



**Desempenho em Ginástica Rítmica: Estudo das características
biológicas, motoras e estruturais**

Amanda Batista

Porto, 2019



Desempenho em Ginástica Rítmica: Estudo das características biológicas, motoras e estruturais

Dissertação apresentada ao Programa Doutoral em Ciências do Desporto (Decreto-Lei nº 74/2006, de 24 de março), com vista ao grau de Doutor em Ciências do Desporto, sob a orientação do Professor Doutor Rui Manuel Garganta da Silva e coorientação da Professora Doutora Maria de Lurdes Tristão Ávila Carvalho.

Amanda Batista

Porto, 2019

FICHA DE CATALOGAÇÃO

Batista, A. (2019). **Desempenho em Ginástica Rítmica: Estudo das características biológicas, motoras e estruturais**. Porto: Dissertação de Doutoramento em Ciências do Desporto apresentada à Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.

Palavras-chave: DESEMPENHO, MORFOLOGIA, MATURAÇÃO, DESEMPENHO MOTOR, CARGA DE TREINO, EXERCÍCIOS DE COMPETIÇÃO, GINÁSTICA RÍTMICA.

DEDICATÓRIA

Aos apaixonados pela Ginástica Rítmica

AGRADECIMENTOS

Desde o início do Doutorado eu sabia que este seria um percurso enriquecedor, mas extremamente difícil. Eu me sentia preparada para embarcar nesta aventura de aprendizado e muito trabalho. Eu tinha tudo muito bem planeado, com prazos definidos para cada etapa do Doutorado. No entanto, eu não contava com as surpresas da vida, de como imprevisível é o nosso amanhã. Assim, finalizo a minha tese de Doutorado muito depois do planeado, mas também já não sou a mesma pessoa. Hoje eu sou uma pessoa muito melhor. Hoje eu sou mãe.

Durante o meu percurso no Doutorado tive artigos rejeitados, artigos publicados, embates com revisores..., mas também tive dois filhos, tive mais de duas centenas de títulos nacionais e internacionais como treinadora de Ginástica Rítmica do Boavista Futebol Clube, tive ginastas integrantes no Quadro das Jovens Promessas, assim como ginastas a representar a Seleção Nacional. Ministrei diversos cursos no Brasil e em Portugal, tornei-me tutora da Federação de Ginástica de Portugal para auxiliar a formação de alguns novos treinadores de Ginástica Rítmica, etc.

Gerir todas as minhas novas funções não era uma tarefa simples. Muitas vezes desanimei. Tantas vezes eu chorei. Tantas noites sem dormir. Foram diversas alterações nos planos. Recomeçar era a palavra de ordem com tantas pausas que se fizeram necessárias. Mas eu não podia desistir. Toda a confiança depositada em mim, assim como todo o apoio que recebi ao longo destes anos me ajudaram a perseverar nesta caminhada. Portanto, tenho de agradecer imensamente a todos que de forma direta ou indireta contribuíram para a construção deste trabalho.

Inicialmente, gostaria de agradecer ao Professor Doutor Rui Garganta por ter aceitado ser meu orientador e por mergulhar comigo no mundo da Ginástica. Muito obrigada por todo o seu tempo dedicado a este trabalho, por cada crítica, correção e sugestão. Agradeço principalmente a liberdade de ação que me permitiu, a qual foi decisiva para que este trabalho contribuísse para o meu desenvolvimento pessoal.

Nem sei como expressar meu profundo agradecimento a minha coorientadora, professora Doutora Lurdes Ávila Carvalho. Não há palavras que traduzam a gratidão por todo o seu empenho e tempo dedicado a este trabalho ao longo destes anos. Obrigada pela compreensão nos momentos mais difíceis. A cada recomeço, novas estratégias e revisão dos objetivos e prazos. Agradeço pelas sugestões e correções minuciosas em todo o trabalho. Obrigada por me apoiar e especialmente por confiar em mim. Muitas das vezes que pensei em desistir do Doutorado, a sua confiança me fez seguir em frente. Eu não poderia te decepcionar. Obrigada por construir junto comigo este sonho. Muito obrigada por fazer o meu Doutorado ser nosso.

Agradeço imensamente ao professor Doutor José Maia, por transmitir seus conhecimentos e suas experiências de vida. Obrigada por todas as vezes que nos encontramos na faculdade ter tido o cuidado de me perguntar pelos meus filhos e por querer saber se estava tudo bem comigo. Embora não seja orientador ou coorientador desta tese, você teve um papel fundamental na construção deste trabalho. Tenho uma admiração profunda por você e agradeço por ser parte integrante deste meu percurso. De quem um dia eu tive medo, hoje tenho um carinho e admiração sem fim.

À Faculdade de Desporto da Universidade do Porto (FADEUP) pelo apoio e acolhimento institucional. Agradeço a todos os professores da FADEUP pelos ensinamentos e contribuição na minha formação acadêmica.

À professora Doutora Olga Vasconcelos, muito obrigada pelo carinho, beijos e abraços que me dá sempre que nos encontramos. Obrigada por me receber tão bem no Laboratório de Aprendizagem Motora. Obrigada pelo apoio neste percurso e por sempre acreditar em mim.

Ao professor Doutor António Fonseca, obrigada por todo o apoio e disponibilidade ao longo destes anos. Agradeço pela sua clareza em todas as nossas conversas e por querer sempre o melhor para mim.

Ao professor Doutor Filipe Conceição, agradeço pelo tempo dedicado a este trabalho, por me ajudar com as minhas infindáveis dúvidas, de forma sempre tão acessível e cuidadosa.

À professora Doutora Eunice Lebre, obrigada pelos ensinamentos e por confiar no meu trabalho desde o Mestrado. Embora durante o meu Doutorado não tenha estado presente, sempre será uma referência para mim.

Ao professor Doutor Carlos Araújo por todo o carinho dedicado a mim, por todos os abraços, palavras de incentivo e por toda a confiança. Obrigada pelo apoio nos momentos difíceis e por ser uma pessoa que eu sei que posso contar.

Aos professores do Gabinete de Ginástica, Mestre Cristina Corte-Real e Mestre Manuel Campos, obrigada pelos momentos, conversas e pelo apoio ao longo destes anos. Vocês são uma referência na Ginástica para mim. Aos professores Doutor André Seabra, Doutor Rui Faria, Doutora Joana Carvalho e Doutor José Soares por serem pessoas tão queridas e disponíveis. Obrigada pelo carinho, pelas conversas, pelo sorriso a cada encontro na faculdade.

Ao professor Doutor Francisco Saavedra (Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro), agradeço por participar na apresentação do meu Projeto do Doutoramento, por acrescentar valor a este trabalho com seus comentários e críticas. Obrigada por todo o carinho e por todas as vezes que nos encontramos em Congressos ter o cuidado de questionar acerca do meu Doutoramento.

Ao professor Doutor Artur Romão (Universidade de Coimbra), obrigada pelas conversas informais no início do Doutoramento. Agradeço também as sugestões e críticas durante o Congresso de Ginástica que me ajudaram a refletir e melhorar este trabalho. Por trás do seu olhar desconfiado e rigoroso, que muitas vezes me amedronta... eu sei que há muito carinho e cuidado. Obrigada pelo apoio e incentivo.

Aos funcionários da FADEUP, em especial ao Sr. Marinho. Aos funcionários da biblioteca Pedro Novais, Nuno Reis, Patrícia Martins, Mafalda Pereira, Virgínia Pinheiro, sempre tão ágeis e eficientes e acima de tudo amáveis e atenciosos. Aos funcionários da Secretaria da Faculdade, especialmente à Maria de Lurdes Domingues por todo o apoio ao longo destes anos, pelo carinho que nos recebe e pela disponibilidade em nos ajudar em todas as questões. Aos funcionários da Informática por toda a disponibilidade e ajuda, assim como os funcionários da Cantina por todo o carinho e amabilidade diária.

À Federação de Ginástica de Portugal por apoiar este trabalho, facilitando todo o processo de recolha da informação junto aos clubes, treinadores e ginastas. Em especial, agradeço ao professor Paulo Barata.

Agradeço a todos os clubes, treinadores e ginastas portuguesas que participaram neste estudo, pela disponibilidade e colaboração. Sem vocês este trabalho não seria possível.

À Confederação Brasileira de Ginástica, em nome da presidente professora Luciene Cacho Rezende e da Comissão Científica, professora Artemis Soares por autorizar a realização da avaliação com as ginastas da Seleção do Brasil. Muito obrigada também à Seleção Brasileira de Ginástica Rítmica, em especial às ginastas, à treinadora Camila Ferezin e assistente técnica Bruna Martins, pela disponibilidade durante a recolha de dados.

Agradeço à professora Doutora Catarina Leandro pelas conversas e sugestões sempre tão cuidadosas, as quais contribuíram com este trabalho.

Muito obrigada a minha equipa de recolha de dados: Luciana Sá, Sissy Frithz, Patrícia Moreira, Monique Albuquerque e Sarita Bacciotti. Sem vocês eu não conseguiria ter feito metade deste trabalho. Obrigada pela dedicação, pela ajuda em todos os momentos.

Aos colegas do Doutoramento: Camila Oliveira, Joana Cerqueira, Joana Ribeiro, Carla Santos, Sofia Cachada, Newton Birigui e Tânia Soares. Começamos juntos, mas cada um seguiu o seu próprio tempo, de qualquer forma sempre torcemos uns pelos outros. Obrigada pelos momentos, pelas risadas, pelos estudos, pela amizade e carinho.

Aos colegas do Laboratório de Cineantropometria e Desempenho Humano: Sara Pereira, Thayse Natacha, Ana Carolina Reyes, Tânia Amorim, Alcebíades Bustamante, Eduardo Guimarães, Carla Santos, Sarita Bacciotti, Fernando Garbeloto, Maickel Padilha, Maryam Nejad, Fernanda Santos, Michele Souza e Raquel Chaves, pelas valiosas contribuições para o meu processo de formação académica. Obrigada pelas conversas, sugestões e críticas, assim como pelos bons momentos de convívio.

Às treinadoras do Boavista: Sara Monteiro, Joana Delgado e Teresa Morgado pela amizade e compressão ao longo desta minha caminhada. Em especial agradeço pelo apoio na fase final do Doutoramento em que vocês estiveram incansavelmente me dando um grande suporte para que eu conseguisse finalizar a tese. Estendo os agradecimentos aos funcionários: Jorge Monteiro, Susana Monteiro, Noémia Romão e Manuel Pina, pelo carinho diário.

Às ginastas do Boavista que acompanharam todo esse percurso. Em especial à ginasta Sofia Bijttebier pelas fotos que integram esta tese.

Às educadoras, assistentes e funcionários do infantário que me deixam descansada, por cuidarem dos meus filhos com tanto carinho.

À professora Mestre Maria Elisa Lemos, professora amiga, mãe. Obrigada por ser uma referência em minha vida. Obrigada por todo o carinho e amor. Mesmo de longe sinto a sua força e confiança.

Às professoras de Ginástica Rítmica de Salvador que me apresentaram esta modalidade apaixonante e por terem contribuído significativamente no meu percurso como ginasta e treinadora.

Aos amigos Isabel e Mário Pinto por serem a minha família portuguesa. Obrigada por todo o carinho dedicado à minha família.

Aos meus amigos Yndiara e Alam que acompanharam todo o meu percurso no Doutorado. Agradeço a amizade e todo o apoio com os meus filhos quando foi preciso. Obrigada por estarem sempre ao nosso lado.

Aos amigos que fiz em Portugal, que fizeram dessa caminhada menos difícil, pelos momentos de convívio regado a felicidade, conversas e boas risadas: Zurk e Diana; Fernanda e Tiago; Janine e Fernando; Sara e Roberto; Naida e Sérgio (e Valéria); Yuri e Natália.

À Tony, Lorena, Clara e Lorenzo. Vocês que retornaram à minha vida e foram uma grata surpresa. Agradeço pela amizade e pelo cuidado conosco.

Obrigada à minha família, que de longe torce por mim. Todas as minhas tias, tios, primos e primas. Muito obrigada pelo amor e união.

À Vinícius e Binha por todos os momentos de convívio, tentando me desligar do Doutorado. Obrigada pelo apoio e amizade ao longo destes anos. À Milene e Lincollin, muito obrigada por cuidarem dos meus filhos como se fossem de vocês, por levarem ao parque, à praia, ao cinema... para eu conseguir estudar. Esse apoio fez a diferença.

À minha amiga Thaís, que eu tenho tanta saudade. Obrigada por existir em minha vida e principalmente por se manter, mesmo com toda essa distância. Você é muito especial para mim, amarela.

À minha irmã Aline, que eu tanto amo. A distância nos uniu e nos fez ver a importância que é ser irmãs. Obrigada por cuidar do meu pai e de Jó. Agradeço por me ver sempre como sua irmã mais nova, que precisa de cuidados. Obrigada por ser madrinha de Mateus. Eu confio muito em você. Obrigada por você existir. Ao meu cunhado Levy por cuidar da minha irmã e fazê-la feliz. Obrigada pelo carinho com os meus filhos e com minha família... você já faz parte dela.

Obrigada Jó, por sua vida de dedicação a mim, à Aline e ao meu pai. Gostaria de agradecer por ser essa pessoa tão especial e enviada por Deus às nossas vidas para ser a minha segunda mãe. Queria muito que Mateus e Tomás pudessem conviver mais tempo com você... eu sei quanto amor você tem guardado no seu coração só para eles.

Ao meu pai, meu exemplo de vida. Gostaria de agradecer por todo o seu amor e dedicação a mim, por ser tão presente apesar de um oceano inteiro nos separar. Por ser a primeira pessoa que eu penso quando tenho um problema, porque eu sei que você vai estar ao meu lado em qualquer situação, é você quem irá ajudar-me. Eu te desejo saúde para que possamos viver ainda muitos anos juntos. Que você possa ver meus meninos crescerem e eles possam aprender com você o que é ser um homem de verdade.

A minha mãe que não está presente fisicamente, mas caminha ao meu lado em todos os momentos, me dando força e coragem para enfrentar as dificuldades da vida e alcançar os meus objetivos. Saudades eternas!

A minha sogra Ana, por ser o meu pilar. Por nos dar a possibilidade de construirmos a nossa carreira profissional. Obrigada por todo o tempo que dedicou aos meus filhos para que eu pudesse estudar e trabalhar. Eu sei que tudo que você fez por mim ao longo destes anos foi com muito carinho.

Obrigada ao amor da minha vida. Uma pessoa que eu tenho uma enorme admiração e orgulho. Obrigada Mirinho por ser um verdadeiro companheiro, pelo apoio ao longo do Mestrado e do Doutorado. Por toda a paciência, doação, dedicação e amor. Minhas vitórias são nossas vitórias. Eu te amo hoje e sempre.

Agradeço aos meus filhos Mateus e Tomás por existirem. Passei a ter outras prioridades e a enxergar a vida de outra forma... muito mais bonita! Vocês tornaram a minha caminhada mais lenta, mas também mais leve e mais feliz. Amo vocês até o infinito.

À Deus, por me guiar em todos os momentos e ser o alicerce da minha vida. Obrigada pela força nos momentos difíceis e por me ajudar a finalizar este percurso no Doutorado.

Não encaro o alargamento dos prazos como um atraso... foi um percurso maior e com mais amor envolvido. Eu faria tudo novamente.

Como não me emocionar? Como não agradecer a vida...

Obrigada a todos!

ÍNDICE GERAL

DEDICATÓRIA	V
AGRADECIMENTOS	VII
ÍNDICE GERAL.....	XIII
ÍNDICE DE TABELAS	XIX
ÍNDICE DE FIGURAS	XXIII
ÍNDICE DE ANEXOS	XXVII
RESUMO.....	XXIX
ABSTRACT.....	XXXI
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	XXXIII
CAPÍTULO I	1
INTRODUÇÃO GERAL	3
1. Exigências formais da Ginástica Rítmica.....	5
2. Organização estrutural da Ginástica Rítmica em Portugal e no Brasil	8
2.1. Ginástica Rítmica em Portugal.....	9
2.2. Ginástica Rítmica no Brasil	10
3. Características biológicas, motoras das ginastas e estruturais em Ginástica Rítmica	12
3.1. Características biológicas	12
3.1.1. Características morfológicas.....	13
3.1.2. Maturação Biológica.....	15
3.2. Características Motoras	17
3.2.1. Flexibilidade e Força em GR.....	17
3.2.2. Assimetria Funcional	23
3.3. Características Estruturais	25
3.3.1. Componentes estruturais do treino	25
3.3.2. Componentes estruturais da competição	29
4. Objetivos.....	31

ORGANIZAÇÃO ESTRUTURAL DA TESE.....	32
1. Justificação da disposição dos estudos empíricos	32
2. Estrutura da tese	35
REFERÊNCIAS.....	39
CAPÍTULO II.....	55
METODOLOGIA GERAL.....	57
1. Caracterização da amostra	57
2. Descrição dos métodos e instrumentos utilizados	58
2.1. Avaliação das ginastas	58
2.1.1. Antropometria.....	59
2.1.2 Composição corporal	60
2.1.3. Somatótipo	60
2.1.4. Maturação biológica	61
2.1.4.1. Maturação Sexual	61
2.1.4.2. Maturação Somática	61
2.1.5. Desempenho motor.....	62
2.1.5.1. Avaliação da Flexibilidade.....	63
2.1.5.2. Avaliação da Força.....	70
2.1.6. Preferência Lateral	73
2.1.7. Desempenho competitivo.....	73
2.1.8. Experiência desportiva e componentes estruturais do treino	74
2.2. Avaliação do conteúdo dos exercícios de competição	75
3. Controlo da qualidade da informação	75
3.1. Antropometria	75
3.2. Desempenho Motor	77
3.3. Conteúdo dos exercícios de competição	78
4. Análise estatística	78
5. Questões Éticas	79
REFERÊNCIAS.....	80
CAPÍTULO III.....	83
ESTUDO I	85
Morphological characteristics of Portuguese rhythmic gymnasts in different competition levels.....	87
Abstract	87
1. Introduction.....	87
2. Materials and Methods	88

3. Results.....	90
4. Discussion	94
5. Conclusions	101
6. References	102
ESTUDO II	107
Biological maturation of Portuguese rhythmic gymnasts in different competition levels of performance	109
Abstract	109
1. Introduction.....	109
2. Materials and methods	111
3. Results.....	112
4. Discussion	115
5. Conclusions	121
6. References	122
ESTUDO III	127
Morphological characteristics and biological maturation of Brazilian and Portuguese gymnasts... ..	129
Abstract	129
1. Introduction.....	130
2. Materials and Methods	130
3. Results	132
4. Discussion	135
5. Conclusions	139
6. References	139
CAPÍTULO IV.....	143
ESTUDO IV	145
Flexibility and functional asymmetry in Rhythmic Gymnastics.....	147
Abstract	147
1. Introduction.....	147
2. Materials and Methods.....	149
3. Results	151
4. Discussion	156
5. Conclusions	164
6. References	165
ESTUDO V.....	171
Strength in Portuguese rhythmic gymnasts of different competition levels	173

Abstract	173
1. Introduction.....	173
2. Materials and Methods.....	175
3. Results	177
4. Discussion	180
5. Conclusions	188
6. References	189
ESTUDO VI.....	193
Flexibility and Strength in Brazilian and Portuguese gymnasts	195
Abstract	195
1. Introduction.....	195
2. Materials and Methods.....	197
3. Results	201
4. Discussion	203
5. Conclusions	208
6. References	208
CAPÍTULO V.....	213
ESTUDO VII.....	215
Training intensity of group in Rhythmic Gymnastics	217
Abstract	217
1. Introduction.....	217
2. Materials and Methods.....	219
3. Results	220
4. Discussion	222
5. Conclusion.....	228
6. References	229
ESTUDO VIII.....	233
Body difficulties in Rhythmic Gymnastics routines	235
Abstract	235
1. Introduction.....	235
2. Materials and Methods.....	237
3. Results	237
4. Discussion	250
5. Conclusions	258
6. References	259

ESTUDO IX	263
Dance steps, dynamic elements with rotation and throw and mastery elements in Rhythmic Gymnastics routines	265
Abstract	265
1. Introduction	265
2. Materials and Methods	267
3. Results	269
4. Discussion	274
5. Conclusion	279
6. References	280
ESTUDO X	283
Estrutura do conteúdo dos exercícios de competição das ginastas portuguesas de elite e ginastas finalistas das Taças do Mundo	285
Resumo	285
Abstract	285
1. Introdução	286
2. Materiais e Métodos	288
3. Resultados	288
4. Discussão	293
5. Conclusões	300
6. Referências	301
CAPÍTULO VI	305
CONSIDERAÇÕES FINAIS	307
INDICAÇÕES PARA O TREINO	327
LIMITAÇÕES DO ESTUDO	337
DESAFIOS FUTUROS	341
REFERÊNCIAS	343
ANEXOS	347

ÍNDICE DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1: Estudos acerca do desempenho motor em Ginástica Rítmica referidos na literatura.....	20
Tabela 2: Quadro resumo da organização da estrutura da tese.....	36

CAPÍTULO II

Tabela 1: Caracterização geral da amostra.....	57
Tabela 2: Medidas antropométricas, respetivas precisões e instrumentos utilizados.....	59
Tabela 3: Descrição dos testes de desempenho motor.....	62
Tabela 4: Regulamento geral por nível de competição e escalão etário	74
Tabela 5: Estimativas de precisão e fiabilidade na coleta de dados antropométricos	76
Tabela 6: Estimativas de fiabilidade na coleta de dados de desempenho motor	77

CAPÍTULO III

ESTUDO I:

MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF PORTUGUESE RHYTHMIC GYMNASTS IN DIFFERENT COMPETITION LEVELS

Table 1: Training and morphological characteristics for complete sample and separated by competition levels.....	90
Table 2: Classification of gymnasts in the different competition levels (Base, 1st division and Elite) ...	93

ESTUDO II:

BIOLOGICAL MATURATION OF PORTUGUESE RHYTHMIC GYMNASTS IN DIFFERENT COMPETITION LEVELS OF PERFORMANCE

Table 1: Training and morphological characteristics in complete sample and separated by competition levels.....	112
Table 2: Summary table of biological maturation of Portuguese gymnasts by competition levels	113
Table 3: Variables of growth, body composition and training by maturation indicators.....	114

ESTUDO III:

MORPHOLOGICAL AND BIOLOGICAL MATURATION CHARACTERISTICS OF BRAZILIAN AND PORTUGUESE GYMNASTS

Table 1: Training and morphological characteristics of Brazil and Portugal National Team	132
Table 2: Summary table of biological maturation of Brazil and Portugal National Team.....	134

CAPÍTULO IV

ESTUDO IV:

FLEXIBILITY AND FUNCTIONAL ASYMMETRY IN RHYTHMIC GYMNASTICS

Table 1: Age and training characteristics of the sample gymnasts	149
Table 2: Summary of flexibility tests (Klentrout et al., 2010)	150
Table 3: Mean, standard deviation and range values achieved in the flexibility tests performed with PLL and NPLL; asymmetry index by competition levels.	152
Table 4: Upper limbs and multi-joint flexibility tests by competition levels. Range values, CV percentage, mean, standard deviation and p values.....	154

ESTUDO V:

STRENGTH IN PORTUGUESE RHYTHMIC GYMNASTS IN DIFFERENT COMPETITION LEVELS

Table 1: Age and training characteristics of the sample gymnasts	175
Table 2: Strength tests (Klentrout et al., 2010)	176
Table 3: Strength tests by competition level	178
Table 4: Classification of gymnasts in the different competition levels (Base, 1st division and Elite) .	179

ESTUDO VI:

FLEXIBILITY AND STRENGTH IN BRAZILIAN AND PORTUGUESE GYMNASTS

Table 1: Age and training characteristics of Brazil and Portugal National Team	197
Table 2: Summary of flexibility tests (Klentrout et al., 2010)	198
Table 3: Summary of strength tests (Klentrout et al., 2010).....	200
Table 4: Individual average values achieved in all flexibility tests performed with preferred and non-preferred lower limb, and respective classification order; asymmetry index in flexibility between lower limbs.....	202
Table 5: Upper limbs and multi-joint flexibility tests of Brazil and Portugal National Team	203
Table 6: Strength tests of Brazil and Portugal National Team	203

CAPÍTULO V

ESTUDO VII:

TRAINING INTENSITY OF GROUP IN RHYTHMIC GYMNASTICS

Table 1: Training activities in Brazil National Team training separated by day periods	220
Table 2: Training intensity according to the training activities by Brazil National Team gymnasts	222

ESTUDO VIII:

BODY DIFFICULTIES IN RHYTHMIC GYMNASTICS ROUTINES

Table 1: Jump elements (images and symbols) used in the Rhythmic Gymnastics routines.	238

Table 2: Balance elements (images and symbols) used in the Rhythmic Gymnastics routines.....	240
Table 3: Rotation images and symbols used in the Rhythmic Gymnastics routines.	243
Table 4: Number of turns in rotation elements most used in the routines, grouped by ranking position	246
Table 5: Total jumps, balance elements and rotation values in the routines, grouped by ranking position.	248
Table 6: Body group values in the routines, grouped by ranking position.....	249

ESTUDO IX:

DANCE STEPS, DYNAMIC ELEMENTS WITH ROTATION AND THROW AND MASTERY ELEMENTS IN RHYTHMIC GYMNASTICS ROUTINES

Table 1: Summary of fundamental and non-fundamental apparatus group elements of the RG-CoP (2013-2016).....	268
Table 2: Summary Table of Additional Criteria of throw, body rotation and catch of apparatus in DER.	269
Table 3: Number of masteries elements with fundamental and non-fundamental group elements in Rhythmic Gymnastics routines clustered according to their ranking position	271
Table 4: Number of rotations and additional criteria performed in the DER per apparatus in the Rhythmic Gymnastics routines clustered according to their ranking position	273
Table 5: Pearson correlations – dependent and independents variables	274

ESTUDO X:

ESTRUTURA DO CONTEÚDO DOS EXERCÍCIOS DE COMPETIÇÃO DAS GINASTAS PORTUGUESAS DE ELITE E GINASTAS FINALISTAS DAS TAÇAS DO MUNDO

Tabela 1: Dados das ginastas finalistas e ginastas portuguesas participantes nas Taças do Mundo Lisboa (2013 e 2014) – Idade, dimensões gerais e conteúdo dos exercícios de competição.	289
Tabela 2: Dificuldades corporais mais utilizadas pelas ginastas finalistas e ginastas portuguesas participantes nas Taças do Mundo Lisboa (2013 e 2014).	292

CAPÍTULO VI

Tabela 1: Principais conclusões sobre as características biológicas das ginastas apresentadas nos estudos I, II e III.....	307
Tabela 2: Principais conclusões sobre as características motoras das ginastas apresentadas nos estudos IV, V e VI.....	309
Tabela 3: Principais conclusões sobre as características estruturais apresentadas nos estudos VII, VIII, IX e X	310
Tabela 4: Imagens e símbolos das dificuldades corporais mais utilizadas nos exercícios de competição nas Taças do Mundo de Lisboa (2013 e 2014) por grupos de <i>ranking</i>	320

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO II

Figura 1: Pontos de referência (0 – 4) do teste 1: Manutenção do MI à frente com ajuda da mão (PLF)	64
Figura 2: Pontos de referência (0 – 4) do teste 2: Manutenção do MI ao lado com ajuda da mão (PLS)	65
Figura 3: Pontos de referência (0 – 4) do teste 3: Manutenção do MI à retaguarda com ajuda da mão (PLB)	65
Figura 4: Pontos de referência (0 – 4) do teste 4: Manutenção do MI à frente sem ajuda da mão (ALF)	66
Figura 5: Pontos de referência (0 – 4) do teste 5: Manutenção do MI ao lado sem ajuda da mão (ALS)	66
Figura 6: Pontos de referência (0 – 4) do teste 6: Manutenção do MI à retaguarda sem ajuda da mão (ALB)	67
Figura 7: Modo de realização do teste 7: Rotação dos membros superiores (RUL)	68
Figura 8: Pontos de referência (0 – 4) do teste 8: Elevação do tronco até a vertical (TLV)	68
Figura 9: Pontos de referência (0 – 4) do teste 9: Elevação máxima do tronco (MTL)	69
Figura 10: Modo de realização do teste 10: <i>Forward stand-and-reach</i> (FSR)	69
Figura 11: Modo de realização do teste 1: <i>Battements</i> à frente (FPK)	71
Figura 12: Modo de realização do teste 2: <i>Battements</i> à retaguarda (BPK)	71
Figura 13: Modo de realização do teste 3: Elevações do tronco (PTE)	71
Figura 14: Modo de realização do teste 4: Abdominais <i>curl-ups</i> (PCU)	72
Figura 15: Modo de realização do teste 5: Saltos duplos com a corda (RSK)	72
Figura 16: Modo de realização do teste 6: <i>Vertical jump test</i> (VTJ)	73

CAPÍTULO III

ESTUDO I:

MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF PORTUGUESE RHYTHMIC GYMNASTS IN DIFFERENT COMPETITION LEVELS

Figure 1: Morphological profile of Portuguese gymnasts by competition levels based in the scores Z.92	
Figure 2: Somatochat of Portuguese gymnasts' body type	93
Figure 3: Somatocharts of Portuguese gymnasts' body type by competition levels	93

ESTUDO III:

MORPHOLOGICAL AND BIOLOGICAL MATURATION CHARACTERISTICS OF BRAZILIAN AND PORTUGUESE GYMNASTS

Figure 1: Morphological profile of Brazil and Portugal National Team based in the scores Z	133

Figure 2: Somatocharts of Brazil and Portugal National Team.....	134

CAPÍTULO IV

ESTUDO IV:

FLEXIBILITY AND FUNCTIONAL ASYMMETRY IN RHYTHMIC GYMNASTICS

Figure 1: Individual analysis of flexibility level by competition levels according to the classes of asymmetry index.	153
Figure 2: Flexibility profile by competitive level.....	155
Figure 3: Flexibility variables with significant correlation with final performance score across competition levels.....	156

ESTUDO V:

STRENGTH IN PORTUGUESE RHYTHMIC GYMNASTS IN DIFFERENT COMPETITION LEVELS

Figure 1: Strength profiles by competitive level.....	178

ESTUDO VI:

FLEXIBILITY AND STRENGTH IN BRAZILIAN AND PORTUGUESE GYMNASTS

Figure 1: Lower limbs flexibility tests of Brazil and Portugal National Team.....	201

CAPÍTULO V

ESTUDO VII:

TRAINING INTENSITY OF GROUP IN RHYTHMIC GYMNASTICS

Figure 1: Intensity of a training session of Brazil National Team.....	221

ESTUDO VIII:

BODY DIFFICULTIES IN RHYTHMIC GYMNASTICS ROUTINES

Figure 1: Predominance of body groups elements in the routines	238
Figure 2: Jumps most used by the finalists in the routines, grouped by ranking position	239
Figure 3: Jump elements least used and not used by the finalists in the routines, grouped by ranking position.....	240
Figure 4: Balance elements most used by the finalists in the routines, grouped by ranking position	241
Figure 5: Balance elements least used and not used by the finalists in the routines, grouped by ranking position.....	242
Figure 6: Rotation elements most used by the finalists in the routines, grouped by ranking position	244
Figure 7: Rotation elements least used and not used by the finalists in the routines, grouped by ranking position.....	245

Figure 8: Number of turns in rotations used in the routines, grouped by ranking position	245
Figure 9: Body difficulties combined with whole body waves or pre-acrobatic elements in the routines, grouped by ranking position	247

ESTUDO IX:

DANCE STEPS, DYNAMIC ELEMENTS WITH ROTATION AND THROW AND MASTERY ELEMENTS IN RHYTHMIC GYMNASTICS ROUTINES

Figure 1: Dance steps data presented in the Rhythmic Gymnastics routines clustered according to their ranking position	270
Figure 2: Combinations of bases and criteria in masteries in Rhythmic Gymnastics routines clustered according to their ranking position.....	270
Figure 3: Masteries performed during a body difficulty elements in the Rhythmic Gymnastics routines clustered according to their ranking position	272

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Documento de divulgação do estudo junto à treinadores e ginastas	349
Anexo 2: Questionários utilizados na coleta da informação das ginastas.....	353
Anexo 3: Ficha de avaliação individual utilizada na recolha da informação.....	359
Anexo 4: Declaração de consentimento entregue aos Encarregados de Educação das ginastas convidadas para o estudo.....	363

RESUMO

Esta tese teve como grande propósito, analisar a variabilidade do desempenho de atletas de Ginástica Rítmica (GR), de diferentes níveis de rendimento em função de fatores biológicos, motores e estruturais. A amostra foi composta por 166 ginastas portuguesas de três níveis de competição (Base, 1ª divisão e Elite) e com idade média de 13.0 ± 0.2 anos; 9 ginastas de elite brasileiras (20.8 ± 1.9 anos) e 72 ginastas de elite participantes das Taças do Mundo de Lisboa em 2013 e 2014 (18.4 ± 2.3 anos). Foram recolhidos dados de antropometria, composição corporal, maturação biológica, desempenho motor, conteúdo dos exercícios de competição e dados caracterizadores do treino (tempo de prática, idade de início na GR, volume e intensidade de treino), assim como foi estimado o somatótipo. As análises estatísticas compreenderam procedimentos univariados e multivariados.

Os principais resultados mostram que as variáveis morfológicas: gordura corporal e comprimento dos membros inferiores e as variáveis de força: elevações do tronco e saltos duplos com a corda foram as que melhor discriminam as ginastas portuguesas por nível de competição. Por outro lado, as variáveis morfológicas: pregas de adiposidade e gordura corporal; variáveis de flexibilidade: flexibilidade de membros inferiores; variáveis de força: *battements* à retaguarda, elevações do tronco e saltos duplos com a corda; variáveis de treino: volume e tempo de prática; foram as que melhor diferenciaram as ginastas de nível mais elevado (Elite) das ginastas de nível mais baixo (Base e 1ª divisão). Os nossos dados sugerem que mais baixos valores de gordura corporal, elevado comprimento do membro inferior, elevados níveis de flexibilidade e de força, mais baixos valores de assimetria funcional, elevado volume de treino e tempo de prática, assim como maturação tardia marcam o perfil da ginasta portuguesa de excelência.

Em ginastas seniores de elite, verificamos que as ginastas brasileiras são mais velhas e têm maior tempo de prática que as ginastas portuguesas, no entanto o volume de treino e a idade de início na GR foram similares. As brasileiras revelaram valores superiores nas medidas antropométricas e composição corporal. Ambos os grupos apresentaram um desenvolvimento maturacional tardio. Em termos motores, as ginastas brasileiras mostraram níveis de força mais elevados que as ginastas portuguesas, enquanto as portuguesas apresentaram menores níveis de assimetria funcional nos testes de flexibilidade. Na análise das características estruturais do treino, 35% da sessão das ginastas de elite brasileiras foi composta por exercícios de intensidade moderada a muito vigorosa. Nas características estruturais da competição, observamos que as ginastas de elite apresentaram, em geral, uma reduzida diversidade e variedade no conteúdo dos exercícios de competição.

Por fim, ao centrarmos a nossa atenção no conjunto de indicadores que favorecem o desempenho em GR, no domínio biológico, a gordura corporal foi o principal preditor morfológico, explicando 15.6% do desempenho e o estado maturacional explicou 11.5% com maior vantagem para as ginastas pré-púberes. No domínio motor, a flexibilidade ativa com membro inferior preferido explicou 21.8% e o teste 'saltos duplos com a corda' explicou 7.2% da variância do desempenho. No domínio estrutural, 16.7% do desempenho foi explicado pelas variáveis: valor total dos saltos, dos equilíbrios, das rotações e das dificuldades mistas.

Das principais conclusões destacamos: (1) as características da morfologia externa das ginastas refletem a seletividade inicial e processual que ocorre na modalidade, enfatizando especialmente a baixa gordura corporal, membros inferiores longos e prevalência da componente ectomorfia no somatótipo; (2) a maturação tardia parece ser comum em ginastas, sobretudo na elite; (3) as exigências motoras da modalidade parecem privilegiar ginastas com elevados níveis de flexibilidade e força, assim como reduzidos níveis de assimetria funcional; (4) a sessão de treino em GR parece ser, em geral, de leve intensidade (os maiores níveis de intensidade de treino correspondem principalmente aos exercícios de competição); (5) os exercícios de competição de ginastas de elite apresentam uma reduzida diversidade, portanto, reforçamos a importância da seleção rigorosa dos elementos durante a composição dos exercícios de competição, assim como a execução técnica e artística, que parecem ter um papel fulcral no desempenho em GR.

Palavras-chave: ginástica rítmica; desempenho; características biológicas, características motoras; características estruturais.

ABSTRACT

The main purpose of this thesis was to analyze the variability of the performance in Rhythmic Gymnastics (RG) athletes of different performance levels according to biological, motor and structural factors. The sample was composed of 166 Portuguese gymnasts of three competition levels (Base, 1st division and Elite) and with mean age of 13.0 ± 0.2 years; 9 elite Brazilian gymnasts (20.8 ± 1.9 years) and 72 elite gymnasts participating in the Lisbon World Cups in 2013 and 2014 (18.4 ± 2.3 years). Data on anthropometry, body composition, biological maturation, motor performance, content of competition routines and data characterizing the training (practice time, age of training onset, training volume and intensity) were collected, as well as the somatotype was estimated. Statistical analysis comprised univariate and multivariate procedures.

The main results show that the morphological variables: body fat and lower limb length; and strength variables: partial trunk elevations and rope skipping were the ones that best discriminate gymnasts by competition levels in Portugal. Furthermore, the morphological variables: skinfolds and body fat; flexibility variables: lower limb flexibility; strength variables: back power kick; partial trunk elevations and rope skipping; training variables: training volume and practice time; were the ones that best differentiated the top-level gymnasts (Elite) from the lower-level gymnasts (Base and 1st division). Therefore, it seems that lower body fat values, high lower limb length, high levels of flexibility and strength, lower functional asymmetry values, high training volume and practice time, as well as late maturation mark the profile of the excellence Portuguese gymnast.

In elite senior gymnasts, we verified that Brazilian gymnasts presented higher age and practice time than the Portuguese gymnasts, however the training volume and the age of training onset were similar. The Brazilian gymnasts showed higher anthropometric measures and body composition values. Both groups presented late maturational development. In the motor performance, Brazilian gymnasts showed higher strength levels than Portuguese gymnasts, while Portuguese gymnasts had lower functional asymmetry levels in the flexibility tests. In the analysis of the structural characteristics of training, 35% of the training session in elite Brazilian gymnasts was composed of exercises of moderate to very vigorous intensity. In the structural characteristics of competition, we observed that the elite gymnasts presented, in general, a reduced diversity and variety in the content of competition routines.

Finally, when we focused the attention on the set of indicators that favor RG performance, in the biological domain, body fat was the main morphological predictor, explaining 15.6% of the performance and the maturational state explained 11.5% with the higher advantage to the prepubertal gymnasts. In the motor domain, active flexibility with preferred lower limb explained 21.8% and the 'rope skipping' test explained 7.2% of the performance variance. In the structural domain, 16.7% of the performance was explained by the variables: total value of jumps, balances, rotations and mixed difficulties.

The main conclusions were: (1) the external morphology characteristics of gymnasts, reflect the initial and processual selectivity that occurs in this modality, emphasizing especially the low body fat, long lower limbs and prevalence of the ectomorph component in the somatotype; (2) late maturation seems to be common in gymnasts, especially in elite gymnasts; (3) the requirements of the sport seem to favor gymnasts with high levels of flexibility and strength, as well as reduced functional asymmetry levels; (4) the training session in RG seems to be generally of low intensity (the higher training intensity levels correspond mainly to the competition routines); (5) elite gymnasts' competition routines present a reduced diversity and variety, so, we emphasize the importance of rigorous selection of elements during the composition of the competition routines, as well as the technical and artistic execution, that seem to have a key role in performance in RG.

Keywords: rhythmic gymnastics, performance, biological characteristics; motor characteristics; structural characteristics.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A – Altura

AI – *Asymmetry Index*

ALB – *Leg up without help of the hand backward* ou Manutenção do membro inferior à retaguarda com ajuda da mão (teste de flexibilidade)

ALF – *Leg up without help of the hand forward* ou Manutenção do membro inferior à frente com ajuda da mão (teste de flexibilidade)

ALS – *Leg up without help of the hand sideways* ou Manutenção do membro inferior ao lado com ajuda da mão (teste de flexibilidade)

AS – Altura sentado

ANOVA – Análise de Variância

CBG – Confederação Brasileira de Ginástica

B – *Breasts (secondary sexual characters)*

BD – *Body difficulty*

BF – *body fat*

BM – *body mass*

BMI – *body mass index*

BNT – *Brazil National Team*

BPK – *Back power kicks* ou *Battements* à retaguarda (teste de força)

CM – Centímetros

CMJ – *Counter Movement Jump*

CP – Código de Pontuação

CV – Coeficiente de variação

DC – Dificuldade corporal

DER – *Dynamic elements with rotation and throw*

DF – Diâmetro bicôndilo femural

DJ – *Drop jump*

DU – diâmetro bicôndilo umeral

ETM – Erro técnico de medida

FC – Frequência cardíaca

FIG – Federação Internacional de Ginástica

FGE – *Fundamental group element*

FGP – Federação de Ginástica de Portugal

FPK – *Front power kicks* ou *Battements* à frente (teste de força)

FSR – *Forward stand-and-reach* ou Flexão do tronco (teste de flexibilidade)

- GA** – Ginástica Artística
- GC** – Gordura corporal
- GEM** – Prega de adiposidade subcutânea geminal
- GR** – Ginástica Rítmica
- GTF** – Grupo técnico fundamental
- GTNF** – Grupo técnico não fundamental
- HR** – *Heart rate*
- IA** – Índice de assimetria
- ID** – Idade decimal
- IMC** – Índice de massa corporal
- IPR** – Índice ponderal recíproco (altura / raiz cúbica da massa corporal)
- KG** – Quilogramas
- LL** – *Lower limb*
- M** – *Masteries elements*
- MÁX** – Máximo
- MC** – Massa corporal
- MI** – Membros inferiores
- MÍN** – Mínimo
- MIP** – Membro Inferior preferido
- MINP** – Membro Inferior não preferido
- ML** – Movimentos livres
- MM** – Milímetros
- MS** – Membros superiores
- MTL** – *Maximum trunk lift* ou Elevação máxima do tronco
- NFGE** – *Non-fundamental group elements*
- NPLL** – *Non-preferred lower limb*
- PAS** – Pregas de adiposidade subcutânea
- PBC** – Perímetro braquial tenso corrigido (perímetro braquial tenso - prega tricipital) / 10
- PCU** – *Partial curl-ups* ou abdominais *curl-ups* (teste de força)
- PGC** – Perímetro geminal corrigido (perímetro geminal – prega geminal) / 10
- PH** – *Pubic hair (secondary sexual characters)*
- PHV** – *Peak height velocity*
- PLB** – *Leg up with help of the hand backward* ou Manutenção do membro inferior à frente sem ajuda da mão (teste de flexibilidade)
- PLF** – *Leg up with help of the hand forward* ou Manutenção do membro inferior ao lado sem ajuda da mão (teste de flexibilidade)
- PLL** – *Preferred lower limb*

PLS – *Leg up with help of the hand sideways* ou Manutenção do membro inferior à retaguarda sem ajuda da mão (teste de flexibilidade)

PNT – *Portuguese National Team*

PTE – *Partial trunk elevations* ou Elevações do tronco (teste de força)

PVA – Pico de Velocidade de Altura

R – Coeficiente de Correlação Intraclasse

REP – Repetições

RG – *Rhythmic Gymnastics*

RG-CoP – *Rhythmic Gymnastics Code of Points*

RSK – *Rope skipping* ou Saltos duplos com a corda (teste de força)

RUL – *Rotation of the upper limbs* ou Rotação dos membros superiores (teste de flexibilidade)

S – *Dance steps*

SEC – *Seconds*

SJ – *Squat jump*

SPSS – *Statistical Package for the Social Sciences*

TLV – *Trunk lift to the vertical* ou Elevação do tronco até à vertical (teste de força)

TM – Taça do Mundo

TRI – Prega de adiposidade subcutânea do tríceps

UL – *Upper limb*

VO₂máx – Consumo máximo de oxigénio

VTJ – *Vertical Jump test* ou Salto vertical (teste de força)

ΣSKF – *Sum of triceps and calf skinfolds*

CAPÍTULO I

Introdução Geral

INTRODUÇÃO GERAL

O desempenho desportivo é influenciado por um conjunto diversificado de fatores técnicos, táticos, físicos e psicológicos (Bompa, 1990). Portanto, é fundamental que os treinadores e responsáveis pela preparação de atletas compreendam o alcance e os mecanismos que condicionam o desempenho (Maia, 1998). Apesar de haver um conjunto de exigências comuns à maioria dos desportos, cada modalidade, apresenta demandas específicas, de modo a desenvolver as características essenciais para atingir o sucesso (Rushall, 1995). Assim, é necessário definir com precisão estas demandas específicas e identificar as variáveis que podem ser melhoradas no processo de treino e que são mais importantes para o atleta em desenvolvimento (Donti et al., 2016).

Deste modo, um dos maiores desafios dos pesquisadores em Ciências do Desporto centra-se na descrição, interpretação e predição do desempenho de atletas de diferentes idades, sexos (Bacciotti, 2016) e níveis de rendimento. Neste sentido, a presente tese debruça o seu olhar sobre o desempenho de atletas de Ginástica Rítmica (GR) de diferentes níveis de rendimento, através da análise de um conjunto de fatores que permitam um entendimento mais esclarecido e profundo da variabilidade do desempenho.

A GR é considerada uma modalidade desportiva recente. Foi reconhecida pela Federação Internacional de Ginástica (FIG) como um desporto independente em 1962 e era chamada de Ginástica Moderna. O primeiro campeonato mundial aconteceu em Budapeste, Hungria em 1963. Em 1975, passou a ser chamada oficialmente de Ginástica Rítmica Desportiva (Nunes, 2000). Em 1984 tornou-se um desporto olímpico com competições individuais nos Jogos Olímpicos de Los Angeles e competições de conjunto em 1996 nos Jogos Olímpicos de Atlanta (Laffranchi, 2001). Finalmente em 2003 o nome foi alterado para Ginástica Rítmica.

Assim, nestes 57 anos de existência como desporto oficial, a GR cresceu em popularidade e é hoje uma atividade desportiva altamente especializada do ponto de vista competitivo e organizacional. É neste contexto de crescimento

competitivo que o sucesso na GR exige das ginastas uma combinação particular de características morfológicas e de maturação biológica, capacidades motoras e competências desportivas que se manifestem de uma forma consistente e que estejam associadas ao seu desempenho.

Esta modalidade está em permanente evolução (Ávila-Carvalho et al., 2012a), e deste modo, desafios contínuos são colocados a treinadores e ginastas em busca do sucesso no treino e em competição. Portanto, em decorrência das exigências na GR, construímos a argumentação da tese em torno de três domínios particulares, complexos e interligados que condicionam o desempenho nesta modalidade:

- O primeiro refere-se ao domínio biológico, através das **características biológicas**, que incluem as características morfológicas (características antropométricas, de composição corporal e somatótipo), e o estado de maturação biológica.
- O segundo refere-se ao domínio motor, através das **características motoras** e centra-se no desempenho motor com especial enfoque nas capacidades motoras flexibilidade e força.
- O terceiro refere-se ao domínio estrutural, através das **características estruturais**, que representam as componentes do treino: volume e intensidade, assim como as variáveis que compõem o conteúdo dos exercícios de competição.

Foi nossa intenção contribuir para um aumento da informação pertinente relativa a esta temática, mas também poder colaborar no trabalho dos treinadores de GR apresentando estratégias de organização e intervenção fundamentadas em pesquisas específicas. A melhoria contínua das estratégias de treino representa um elemento bastante atual, gerado pela necessidade de enriquecer permanentemente a base de dados de conhecimento apoiado nas tendências do processo de treino (Grigoriu et al., 2015).

1. Exigências formais da Ginástica Rítmica

A GR é uma disciplina olímpica essencialmente feminina, caracterizada pelo elevado nível de dificuldade técnica e exigência física. Os movimentos e elementos corporais devem ser realizados em harmonia com a música e coordenados com o manejo dos aparelhos: corda, bola, arco, maçãs e fita. A Federação Internacional de Ginástica (FIG) é responsável pela regulamentação competitiva da GR através do Código de Pontuação (FIG, 2016), o qual orienta ginastas, treinadores e juízes na composição e avaliação dos exercícios de competição. Este Código é reelaborado e alterado a cada ciclo olímpico pelo Comité Técnico da FIG (Ávila-Carvalho et al., 2010b) e tende a elevar, permanentemente, as exigências da modalidade (Oliveira et al., 2004).

As atividades desportivas organizadas e com vertente competitiva têm a necessidade de possuir regulamentos objetivos de avaliação de modo a diferenciar os distintos níveis de desempenho dos atletas (Ávila-Carvalho, 2005). Deste modo, o Código de Pontuação em GR é um documento orientador de uma aferição de critérios de avaliação de forma a permitir a obtenção de um julgamento objetivo e uniforme dos exercícios de competição, assim como possibilita a melhoria do nível de conhecimento dos juízes de forma padronizada e sistematizada (Ávila-Carvalho, 2005). Portanto, o Código de Pontuação em GR define o programa competitivo, a composição do painel de juízes, com suas determinadas funções, os parâmetros de avaliação técnica e estética, além do valor dos elementos de dificuldade (Lebre & Araujo, 2006).

Em termos regulamentares, os exercícios de competição têm de ser realizados num praticável com as dimensões de 13m x 13m, sendo a altura mínima exigida de oito metros (FIG, 2016). Além disso, existem ainda normas específicas da FIG para os aparelhos (peso, tamanho e textura), fato de competição (collants), maquilhagem e emblema ou publicidade (FIG, 2016). Assim, cada país deve seguir rigorosamente as diretrizes da FIG para as competições de ginastas juniores (13-15 anos) e seniores (a partir de 16 anos), no entanto, a regulamentação para competições de ginastas com idade inferior a 13 anos é definida pelas Federações Nacionais filiadas a FIG. Deste modo,

são realizadas adaptações no Código de Pontuação para escalões de formação, competições de níveis inferiores de rendimento e idades mais baixas.

As competições em GR são constituídas por dois programas: individual e conjunto. O programa para ginastas individuais juniores e seniores consiste em quatro exercícios de competição (quatro dos cinco aparelhos: corda, arco, bola, maçãs e fita). Os conjuntos são compostos por cinco ginastas e o programa consiste em dois exercícios: no escalão júnior cada exercício é realizado com um tipo de aparelho e no escalão sénior um exercício é realizado com um tipo de aparelho e o outro exercício com dois tipos de aparelhos (FIG, 2016). No início de cada ciclo olímpico a FIG determina e divulga os aparelhos para as competições individuais e de conjunto correspondente ao respetivo quadriénio.

A duração de cada exercício é de 1'15" a 1'30" para individuais e 2'15" a 2'30" para conjuntos (FIG, 2016), portanto, as ginastas devem apresentar suas melhores competências corporais e com o aparelho em sincronia com a música durante este tempo. A relação música/movimento constitui um dos aspetos fundamentais em GR, contribuindo para a valorização da expressão estética, musical e sensorial das ginastas (Ávila-Carvalho, 2005). A escolha da música tem um grande impacto na composição dos exercícios de competição (Toledo et al., 2018). A música nesta modalidade era essencialmente instrumental, contudo, a partir do ciclo olímpico 2013-2016 foi permitida a utilização de uma música com voz e palavras (FIG, 2012). No atual ciclo olímpico (2017-2020), este número foi ampliado para duas músicas com voz e palavras para exercícios individuais e manteve-se apenas um exercício na especialidade de conjunto (FIG, 2016).

O sistema de pontuação nesta modalidade é extremamente rigoroso e possui uma estrutura capaz de avaliar de modo pormenorizado os exercícios de competição (Santos, 2011). Desta forma, para que a avaliação seja realizada com a máxima riqueza de detalhes, o desempenho em competição é avaliado por dois painéis de juízes: um para dificuldade e um para execução (FIG, 2016). De acordo com o Código de Pontuação (FIG, 2016), o júri de dificuldade no programa individual realiza a avaliação de quatro elementos de dificuldade: dificuldades corporais (saltos, equilíbrios e rotações), combinações de passos

de dança, dificuldades de aparelho e elementos dinâmicos com rotação. No programa de conjuntos são avaliados cinco elementos de dificuldade: dificuldades corporais, dificuldades de trocas, combinações de passos de dança, elementos dinâmicos com rotação e colaborações. O júri de execução em individuais e conjuntos avalia a qualidade dos exercícios de competição (Leandro et al., 2015) e aplica as faltas técnicas e artísticas (FIG, 2016).

Relativamente às exigências de composição dos exercícios de competição individual no atual ciclo olímpico (2017-2020), as dificuldades corporais devem ser escolhidas entre os seus diferentes grupos (saltos, equilíbrios e rotações), executadas de acordo com os requisitos técnicos do Código de Pontuação e em coordenação com pelo menos um elemento técnico do aparelho. A combinação de passos de dança tem de ser realizada com no mínimo um elemento técnico fundamental do aparelho, com duração pelo menos de oito segundos, com um mínimo de duas variedades diferentes de movimento (modalidades, ritmo, direções ou níveis) e de acordo com o tempo, ritmo, caráter e acentos da música. Os elementos dinâmicos de rotação devem ser executados com grande ou médio lançamento do aparelho, mínimo de duas rotações corporais completas e receção do aparelho. A dificuldade de aparelho é definida como uma sincronização particularmente complexa entre o corpo e o aparelho ou o uso interessante/inovador do aparelho (não executado regularmente como padrão de movimentos em GR). Ambos têm de ser realizados com no mínimo uma base e dois critérios ou duas bases e um critério (FIG, 2016).

O Código em vigor (2017-2020) apresentou algumas alterações e considerações em cada um dos elementos de dificuldade relativamente ao Código anterior (2013-2016). No entanto, as exigências no ciclo olímpico anterior para a composição dos exercícios de competição individual não eram genericamente muito diferentes. Podemos considerar duas sensíveis alterações nos elementos de dificuldade. O Código atual extinguiu um dos requisitos presentes nas exigências da combinação de passos de dança, no qual era necessária a execução de um elemento dos grupos técnicos fundamentais ou não fundamentais do aparelho com a mão não dominante. Além disso, foi criada uma definição complementar para a dificuldade de aparelho. O Código anterior

(2013-2016) considerava que este elemento de dificuldade consistia em combinações de elementos do aparelho incomuns, o que tornava o significado deste elemento muito subjetivo. Como alterações mais superficiais podemos citar a mudança da nomenclatura maestrias para dificuldade de aparelho e dos elementos dinâmicos com rotação e lançamento para elementos dinâmicos com rotação, habitualmente chamados de riscos.

Entre as principais alterações regulamentares apresentadas no atual Código de Pontuação (2017-2020) em relação ao Código anterior (2013-2016), podemos destacar as penalizações de execução e a pontuação final de um exercício. As elevadas penalizações de execução presentes no atual Código tornaram mais complexa a tomada de decisão dos treinadores na escolha dos elementos de dificuldade, ou seja, se optam por elementos com maior grau de complexidade, com maior valor e maior risco de erro ou elementos mais simples com maiores possibilidades de execuções perfeitas (Bacciotti, 2016). Além disso, enquanto no Código anterior (2013-2016), as ginastas juniores e seniores apresentavam nota máxima de 18 e 20 pontos, respetivamente, no Código atual não há um limite para a pontuação final de um exercício. Portanto, estas alterações conduziram a GR a desafios mais complexos, com a necessidade de elevação do nível técnico das ginastas para patamares superiores, obrigando a uma reestruturação da configuração do treino e especialmente da composição dos exercícios de competição.

2. Organização estrutural da Ginástica Rítmica em Portugal e no Brasil

Como referido anteriormente, as federações nacionais filiadas à FIG são responsáveis pela modalidade e organização das competições nos seus países. Deste modo, as federações têm o papel de representar, organizar, regulamentar, dirigir, promover e conduzir a GR a nível nacional, desde as categorias de base ao alto rendimento desportivo. De seguida apresentaremos como genericamente está organizada a GR em Portugal e no Brasil.

2.1. Ginástica Rítmica em Portugal

A Federação de Ginástica de Portugal (FGP) é a entidade responsável pela GR em Portugal, está filiada à FIG e foi fundada em 20 de novembro de 1950. Em GR, a FGP engloba sete associações distritais, com um total de 52 instituições filiadas (FGP, 2017). Nesta modalidade existem três níveis de competição nacional: Base, 1ª divisão e Elite; e seis escalões etários: benjamins (6 anos); infantis (7-8 anos); iniciadas (9-10 anos); juvenis (11-12 anos); juniores (13-15 anos); seniores (a partir de 16 anos). Contudo, as ginastas benjamins e infantis fazem parte dos escalões de formação, têm resultados qualitativos e não pertencem a qualquer um dos níveis de competição.

As competições de ginastas juniores e seniores da 1ª Divisão e Elite realizam-se de acordo como programa técnico definido pelo Código de Pontuação FIG em vigor. As competições das ginastas da Base e 1ª divisão com idade inferior a 13 anos realizam-se de acordo como programa técnico definido pelo Código de Pontuação Adaptado, com normas estabelecidas pela FGP, seguindo os princípios do Código de Pontuação da FIG. O nível Elite é composto apenas por ginastas juniores e seniores, as quais são selecionadas pela FGP e formam a Seleção Nacional de Portugal. A FGP define como condição de acesso e manutenção neste seleto grupo, pontuações gerais previamente definidas (Juniões: 51.500 pontos; Seniores: 56.000 pontos) e suficientes para que uma ginasta seja considerada capaz de representar Portugal em competições internacionais.

Por outro lado, não existe nenhum critério pré-definido para que as ginastas integrem o nível Base ou 1ª divisão, pelo que a participação em qualquer um destes níveis é determinada pela preferência e decisão dos treinadores. De acordo com a FGP (FGP, 2008), a existência de diferentes níveis competitivos (1ª divisão e Base) permite a participação de um elevado número de ginastas em competições, dando hipótese de competir não apenas às ginastas com mais capacidades e ou melhores condições de treino, mas também a outras que não possam ou não queiram dedicar tantas horas à prática da GR.

Apenas participam no Campeonato Nacional no nível Base, ginastas

iniciadas, juvenis, juniores e seniores que se tenham qualificado para esta competição no primeiro terço da classificação geral, nos respectivos Campeonatos Distritais. O apuramento para o Campeonato Nacional da 1ª divisão tem sido alterado nas últimas épocas desportivas. Nas épocas desportivas de 2013 a 2017, inicialmente era realizada a Prova de Qualificação, na qual apenas 16 ginastas de cada escalão eram qualificadas para o Campeonato Nacional. Na época desportiva 2017/2018, todas as ginastas inscritas na 1ª divisão obtiveram acesso direto ao Campeonato Nacional, desde que participassem nos Campeonatos Distritais. Na época desportiva 2018/2019 foram definidas novas regras de apuramento. As ginastas deveriam participar nos respectivos Campeonatos Distritais e atingir as seguintes notas mínimas no concurso geral: iniciadas (18.000 pontos); juvenis (29.000 pontos); juniores (30.000 pontos) e seniores (sem nota mínima).

2.2. Ginástica Rítmica no Brasil

A Confederação Brasileira de Ginástica (CBG) é a entidade reguladora da GR no Brasil e está filiada à FIG. A CBG foi fundada em 25 de novembro de 1978 e atualmente engloba 24 federações estaduais. Estas federações são responsáveis pela modalidade e pelas competições ao nível de cada estado. A GR brasileira conta com cinco escalões etários: mirim (até 8 anos), pré-infantil (9-10 anos), infantil (11-12 anos); juvenil (13-15 anos) e adulto (a partir de 16 anos).

Nesta modalidade existem dois níveis de competição nacional: Campeonatos Brasileiros e Torneios Nacionais. Não existe nenhum critério pré-definido para que as ginastas participem dos Campeonatos Brasileiros, portanto a decisão de participação é dos treinadores. Por outro lado, para a participação nos Torneios Nacionais, as ginastas têm de ser apuradas nos Torneios Regionais – 1º a 4º lugar (nível I e II). Além disso, não estão autorizadas a participar nos Torneios Nacionais, ginastas que participam ou participaram em Campeonatos Brasileiros, campeonatos internacionais reconhecidos pela FIG ou de qualquer seletiva nacional.

A formação de seleções nacionais no Brasil para a participação em competições como Taças do Mundo, Campeonatos Mundiais e Jogos Olímpicos é de responsabilidade da Confederação Brasileira de Ginástica (CBG, 2019). Assim, de acordo com a CBG (CBG, 2017b), os critérios para integrar a seleção de individual são: potencial físico e técnico; resultados internacionais e nacionais anteriores; condição geral de saúde; condição física geral, peso e lesões; ser considerada apta pela comissão interdisciplinar da Seleção Brasileira, realizada somente no período previsto de avaliação; respeitar atitudes de ordem, disciplina e os objetivos do programa da avaliação; número de vagas disponíveis; atingir as metas técnicas propostas pela comissão de avaliação para eventos em questão; estar com a documentação pessoal atualizada, inclusive o passaporte.

Os critérios para integrar a seleção nacional de conjunto são: ter pelo menos 16 anos; ter participado de Campeonato Brasileiro e/ou ser medalhista de Individual Geral do Torneio Nacional (nível I) nos escalões Juvenil e Adulto (resultados referentes ao ano anterior); ser considerada apta pela equipe multidisciplinar da Seleção Brasileira de Conjunto; potencial físico, técnico e psicológico; estar com a documentação pessoal atualizada, inclusive o passaporte; respeitar atitudes de ordem, disciplina e os objetivos do planeamento; atingir as metas técnicas propostas pela Comissão técnica para a avaliação (CBG, 2017a). No entanto, as convocatórias de ginastas para a Seleção Nacional individual ou de conjunto são realizadas a partir de momentos de avaliação apenas com ginastas convidadas pela CBG.

As ginastas pertencentes à Seleção do Brasil foram consideradas nesta tese como atletas de elevado nível pelos resultados significativos em contexto internacional e, portanto, com rendimento superior às ginastas portuguesas. Assim, entre os principais êxitos, destacamos que na especialidade de conjunto, a Seleção Brasileira já participou de quatro Jogos Olímpicos (Sydney-2000; Atenas-2004; Pequim-2008; Rio de Janeiro-2016), obteve também resultados significativos como diversos títulos Pan-americanos e Sul-americanos, participações em finais de Taças do Mundo e ainda uma medalha de bronze na Taça do Mundo em 2013 (Bielorrússia). No Campeonato do Mundo em Pésaro – Itália em 2017, o conjunto terminou na 13^a posição no geral, à frente de

importantes seleções como Alemanha e Espanha. Em 2018 a seleção de conjunto cumpriu o seu objetivo, ao ficar em 18º lugar no Campeonato Mundial, em Sófia – Bulgária, e se classificar para o Mundial de 2019, que definirá vagas para os Jogos Olímpicos de Tóquio-2020.

Na especialidade de individual, o Brasil tem evoluído embora ainda esteja um pouco distante das potências nesta especialidade. A Seleção de individual tem no entanto conquistado títulos nas competições: Pan-americanos e Sul-americanos. Em 2016, a ginasta Natália Gáudio participou dos Jogos Olímpicos do Rio de Janeiro – Brasil. Em 2017, a representante do país, foi reserva da final de fita na Taça do Mundo de Kazan – Rússia. No Campeonato do Mundo de Pésaro – Itália, alcançou o 35º lugar no individual geral, com um total de 100 ginastas. Em 2018, na Taça do Mundo de Portimão – Portugal, esta ginasta obteve um feito inédito, por ter sido a primeira ginasta brasileira a disputar uma final de Taça do Mundo, terminando em 4º lugar. Além disso, alcançou a 13ª colocação no individual geral. No Campeonato Mundial, em Sófia, obteve o 24º em fita e ficou entre as 48 melhores no individual geral.

3. Características biológicas, motoras das ginastas e estruturais em Ginástica Rítmica

Em geral, o desempenho pode ser entendido como a expressão visível e, portanto, passível de ser quantificada, de comportamentos de um determinado indivíduo, num contexto próprio e num dado momento (Fleishman, 1964). Deste modo, a interpretação do desempenho em GR em ginastas de diferentes níveis de rendimento será apresentada nesta tese consoante três grupos de variáveis: biológicas, motoras e estruturais.

3.1. Características biológicas

Dentro das características biológicas incluímos particularidades morfológicas e a maturação biológica de atletas da GR descritos na literatura de referência e da especialidade. O entendimento do perfil morfológico e

maturacional das ginastas pode contribuir, de modo bastante significativo para uma melhor compreensão dos níveis de rendimento e do desempenho na modalidade (Hawes & Sovak, 1994).

3.1.1. Características morfológicas

A morfologia das ginastas em GR é determinada por diferentes fatores, como aspetos genéticos, nível de treino, nutrição (Tringali et al., 2014) e maturação biológica (Malina et al., 2016), que favorecem a ótima condição física para a modalidade (Douda et al., 2008). Apesar do Código de Pontuação da FIG não incluir penalizações referentes ao perfil morfológico da ginasta (Ávila-Carvalho et al., 2012b), tais características têm um elevado impacto no desempenho (Claessens et al., 1999; Di Cagno et al., 2009) pois afetam a avaliação dos juízes (Pietrzyk, 2003; Popovic, 2000). De acordo com Claessens et al. (1999), a massa corporal está correlacionada significativa e negativamente com o sucesso.

Por outro lado, segundo Ávila-Carvalho et al. (2012b), aparentemente, no passado, as ginastas em GR eram mais jovens e mais magras do que hoje. Além disso, embora as ginastas atualmente apresentem valores reduzidos de gordura corporal (GC), estes são superiores aos referidos em estudos mais antigos. Os autores acreditam que o aumento na idade da ginasta de elite significa um aumento na longevidade da carreira em GR, e isso pode justificar o novo modelo de aparência corporal de ginastas seniores de alto nível de rendimento (Amigó et al., 2009; Ávila-Carvalho et al., 2012b; Berlutti et al., 2010; Claessens et al., 1999; Georgopoulos et al., 2002).

No entanto, o apelo visual e a estética corporal continuam a ter um papel crítico no sucesso em GR (Ávila-Carvalho et al., 2012b). Assim, as ginastas tentam manter as suas características morfológicas dentro dos padrões exigidos pela modalidade (Boros, 2009; Camargo et al., 2014). A percepção da imagem corporal também se torna um fator fundamental do bem-estar psicológico das ginastas (Manarin et al., 2011; Vernetta et al., 2011). Além disso, como o biótipo e o padrão corporal parecem ser requisitos importantes para um desempenho

eficiente dos movimentos específicos neste desporto (Amigó et al., 2009; Menezes et al., 2014; Poliszczuk & Brod, 2010), Douda et al. (2008) e Šebić-Zuhrić et al. (2008) sugerem que as características morfológicas têm um elevado valor preditivo no desempenho em GR.

Diversos estudos têm apontado que reduzidos valores de GC, corpo longilíneo e anca estreita, membros compridos e delgados, assim como um somatótipo ectomorfo balanceado são importantes critérios de seleção e desempenho, distinguindo as ginastas de elite e não-elite em GR (Ávila-Carvalho et al., 2012b; Camargo et al., 2014; Klentrou & Plyley, 2003; Kritikou et al., 2017; Purenović-Ivanović & Popović, 2014).

A análise das características morfológicas das ginastas pode ser aliada a um tema pouco investigado em GR, que são as assimetrias morfológicas. Embora o corpo humano apresente genericamente uma aparência simétrica, muitos estudos têm demonstrado que as duas metades do corpo são, na realidade, assimétricas. O princípio biológico da simetria bilateral nunca se manifesta com precisão matemática, e mesmo em órgãos homólogos nas duas metades do corpo há quase sempre pequenas diferenças (Zaidi, 2011).

No âmbito do treino desportivo, para Čuk et al. (2012), as mudanças nas características morfológicas podem ser indício de um processo adaptativo do corpo. Os autores realizaram um estudo para verificar se a morfologia externa de ginastas de Ginástica Artística era simétrica, através da mensuração bilateral de três diâmetros, quatro perímetros e cinco pregas de adiposidade subcutânea (PAS) de 40 ginastas de elite ($\bar{x}$ = 23 anos). Não foram encontradas diferenças entre os membros inferiores (MI), no entanto, verificaram diferenças significativas entre as medidas dos membros superiores (MS) no diâmetro umeral, perímetro do antebraço e PAS tricipital e bicipital. Os autores consideram importantes as pesquisas neste sentido e enfatizam que os treinadores devem controlar a simetria dos atletas, dado que diferenças morfológicas podem ser um sinal de sobrecarga e estar na origem de lesões agudas ou crônicas. Contudo, não encontramos estudos referentes às assimetrias morfológicas com atletas da GR.

Deste modo, acreditamos que a ampliação do conhecimento acerca das características morfológicas em GR pode contribuir para a identificação do grau de importância de cada uma delas no desempenho. Além disso, torna-se também relevante para processos de seleção, dada a correlação elevada e significativa entre variáveis morfológicas e o desempenho (Claessens et al., 1999).

3.1.2. Maturação Biológica

A maturação biológica refere-se ao progresso em direção a um estado maduro (Beunen & Malina, 2007). Malina et al. (2016) explicam que a maturação é um processo, enquanto a maturidade é um estado. Este processo de maturação consiste em dois componentes: *timing* e tempo. O *timing* refere-se à idade cronológica em que ocorrem eventos maturacionais específicos, enquanto o tempo se refere à taxa na qual a maturação progride e ambos variam consideravelmente entre os indivíduos (Malina et al., 2016). As etapas deste processo de maturação não ocorrem simultaneamente em todas as crianças e jovens com a mesma idade cronológica, portanto, crianças e jovens com a mesma idade cronológica podem revelar diferenças significativas em relação ao nível maturacional (Malina & Bouchard, 2002).

O estatuto maturacional é definido frequentemente por intermédio de indicadores de maturação sexual (estádios puberais de desenvolvimento e idade da menarca), somática (idade do pico de velocidade de altura) e esquelética (idade óssea) (Baxter-Jones et al., 2002). De acordo com Malina et al. (2004), compreender o significado e a dimensão ocasionada pelo processo de maturação é extremamente importante no âmbito desportivo. Para os autores, agregar conhecimentos acerca desta temática contribuirá para a compreensão das variações biológicas e funcionais dos atletas, dado que a maturação biológica é responsável pela introdução de uma considerável variância na morfologia e no desempenho motor (Malina, 2000).

As variações individuais iniciais, duração e intensidade do salto pubertário influenciam a sua relação com os diferentes compartimentos da massa corporal

e o próprio desempenho desportivo-motor (Quintal et al., 2007). Deste modo, em GR, a análise da maturação biológica é considerada um procedimento importante para compreender as diferenças no crescimento e desenvolvimento físico e motor das ginastas (Baxter-Jones et al., 2003; Beunen & Malina, 2007; Malina et al., 2016).

Um dos tópicos que tem merecido crescente interesse no desporto em geral abrange o estudo da associação entre a variação do estatuto maturacional e a variação do desempenho desportivo em atletas do mesmo escalão etário (Ribeiro, 2012). Em GR, a associação entre a maturação e o desempenho desportivo tem indicado que que ginastas de maturação tardia parecem ter vantagens no desempenho motor nesta modalidade (Baxter-Jones & Helms, 1996; Claessens et al., 2006; Malina et al., 2004; Malina, 2000; Purenović-Ivanović et al., 2017).

Purenović-Ivanović et al. (2017) realizaram um estudo para determinar a possível influência do desenvolvimento puberal em ginastas de diferentes escalões etários no desempenho competitivo (*scores* em competição), e verificaram uma relação negativa de todos os parâmetros de desenvolvimento puberal utilizados no estudo e o desempenho em competição em ginastas seniores. Segundo os autores, os resultados encontrados podem indicar que a maturação tardia é desejável em GR. Além disso, Claessens et al. (2006) compararam ginastas com mesma idade cronológica de diferentes níveis competitivos e observaram que ginastas pré-menarcadas possuem *scores* competitivos mais elevados, em média, que ginastas menarcadas.

Em GR tem sido consistentemente demonstrado que a maturação tardia é muito comum, especialmente em ginastas de elite (Baxter-Jones et al., 2002; Malina et al., 2013; Misigoj-Durakovic, 2012). Sendo assim, diversos estudos (Baxter-Jones et al., 2003; Georgopoulos et al., 1999; Georgopoulos et al., 2001; Klentrou & Plyley, 2003; Maïmoun et al., 2014; Silva, 2007) referem que a idade do início do desenvolvimento maturacional varia muito e é influenciado por diversos fatores como nutrição, hereditariedade, estado de saúde, gordura corporal, volume e intensidade de treino, estresse psicológico crônico e outros.

3.2. Características Motoras

As capacidades motoras fundamentais na GR são flexibilidade, força, resistência, coordenação, agilidade e equilíbrio (Laffranchi, 2005). Bobo & Sierra (1998) sugerem uma relação positiva entre o elevado nível de desenvolvimento das capacidades motoras e os bons resultados em competições de GR. No entanto, diversos autores (Achour Jr., 1995; Cantó et al., 2009; Di Cagno et al., 2008; Silva et al., 2016) enfatizam a importância da flexibilidade e da força para atender as demandas da modalidade, dado que estas capacidades motoras contribuem para a execução de movimentos eficientes (Karloh et al., 2010; Silva et al., 2016). Deste modo, esta tese centrou a sua atenção sobretudo na flexibilidade e na força.

3.2.1. Flexibilidade e Força em GR

O trabalho da flexibilidade assume papel relevante no sucesso em GR (Jemni, 2011; Moraru, 2016), dado que, a maior parte dos movimentos requer uma execução com elevadas amplitudes articulares (FIG, 2012, 2016). Assim, as ginastas devem apresentar elevados níveis de flexibilidade, em especial nas articulações coxofemoral, escápulo-umeral e da coluna vertebral (Jastrjemskaia & Titov, 2006; Llobet, 2000; Róbeva & Rankélova, 1991). Deste modo, sem um nível de flexibilidade adequado torna-se difícil aperfeiçoar a técnica, educar a expressividade e a leveza dos movimentos que são características essenciais da GR (Lisitskaya, 1995). De acordo com Boligon et al. (2015), existe uma associação positiva entre o elevado nível de flexibilidade e a qualificação da ginasta. Portanto, ginastas extremamente flexíveis caracterizam a GR da atualidade (Antualpa, 2005).

Podemos definir a flexibilidade como a capacidade de poder executar movimentos com grande amplitude (Núñez, 2005). Para Araújo (2000, p. 26), é “a amplitude máxima fisiológica passiva de um dado movimento articular”. E (Dantas, 2005, p. 57) considera a flexibilidade como “a qualidade física responsável pela execução voluntária de um movimento de amplitude angular

máxima, por uma articulação ou conjunto de articulações, dentro dos limites morfológicos, sem o risco de provocar lesão”.

Por outro lado, dada a devida importância à flexibilidade, devemos ter em consideração que apenas esta capacidade motora não garante a realização dos elementos com a amplitude necessária, sendo que aliada a esta é necessária uma “força” que permita a ginasta controlar a sua liberdade de expressão e executar os movimentos com a técnica adequada (Silva, 2001). Deste modo, o trabalho da flexibilidade e da força estão intimamente ligados e são considerados imprescindíveis para o alcance de um elevado desempenho desportivo (Achour Jr., 1995; Cantó et al., 2009; Di Cagno et al., 2008).

A força na GR manifesta-se na maior parte dos movimentos e elementos realizados pelas ginastas, dado que uma execução técnica correta, com a amplitude e a intensidade adequadas, apenas é alcançada com um elevado nível de desenvolvimento desta capacidade motora (Bobo & Sierra, 1998; Lebre, 1993). A força é considerada uma capacidade motora básica que determina a eficiência do rendimento em GR (Dick, 1993). As manifestações de força trabalhadas nesta modalidade são a força explosiva e de resistência (Jastrjemskaia & Titov, 2006; Lisitskaya, 1995; Weineck, 1999).

Podemos definir a força explosiva como a capacidade de superar a resistência externa com alta velocidade de contração muscular (Lisitskaya, 1995). O desenvolvimento desta capacidade motora aliada a técnica é imprescindível para uma boa execução dos movimentos e elementos específicos em GR. Assim, destacamos os saltos como exemplo de força explosiva de MI e os lançamentos do aparelho como força explosiva de MS (Laffranchi, 2001).

A força de resistência é entendida como a capacidade de o organismo resistir a fadiga durante uma atividade ou gesto desportivo (Dick, 1993; Lisitskaya, 1995) conservando níveis elevados de funcionamento muscular (Manso, 1999). Em GR podemos sugerir duas formas importantes de manifestação da força de resistência: através da capacidade da ginasta para sustentar a força isométrica, especialmente quando necessita manter partes do corpo em suspensão, como por exemplo nos equilíbrios; assim como na capacidade de manter o nível de potência em exercício dinâmico, como em

corrida, exercícios com resistência ao movimento e exercícios com repetições (Lisitskaya, 1995).

Grigoriu et al. (2015) evidencia a importância do desempenho motor em GR, no entanto, os autores ressaltam que existem poucos materiais documentais que tratam desta temática. A Tabela 1 apresenta alguns dos principais estudos que se dedicaram à análise e avaliação da flexibilidade e força em diferentes contextos da GR. Contudo, encontramos alguma dificuldade em reunir os que utilizassem os mesmos instrumentos e testes para a sua avaliação.

Em geral, os testes de flexibilidade avaliam os níveis de flexibilidade passiva e ativa, mais comumente em diferentes planos: anterior, posterior e lateral (Jemni, 2011). Além disso, os testes de força incluem em geral, exercícios com repetições do movimento, assim como saltos verticais e/ou horizontais.

Tabela 1: Estudos acerca do desempenho motor em Ginástica Rítmica referidos na literatura

Autores	Título do estudo	Força Explosiva	Força de Resistência	Flexibilidade
(Miletić, Katić, et al., 2004)	Some Anthropologic Factors of Performance in Rhythmic Gymnastics Novices	Standing Jump (cm); Vertical Jump (cm); Med-ball-throw (m)	Sit-ups (rep/60sec); Squats (rep/60sec); Bench standing (static);	Sit-and-reach (cm); Left and right split (°)
(Miletić, Sekulic, et al., 2004)	The leaping performance of 7-years-old novice rhythmic gymnasts in highly influenced by the condition of their motor abilities	Vertical Jump (cm); Med-ball-throw (m)	Sit-ups (rep/60sec); Squats (rep/60sec)	Sit-and-reach (cm); Left split (°) and Right split (°)
(Menezes & Fernandes Filho, 2006)	Identification and comparison of dermatoglyphics, somatotype and basic physical aptitude characteristics of rhythmic gymnasts of different qualification levels	Vertical Jump – CMJ (cm)		Flexibilidade coxofemoral (°) e do tronco (°)
(Douda et al., 2008)	Physiological and Anthropometric Determinants of Rhythmic Gymnastics Performance	Standing long jump (cm); Vertical jump – CMJ (cm)	Sit-ups (30rep/sec)	Sit-and-reach (cm); Shoulder flexibility with a yardstick (cm); Side splits forward-right/left leg (cm); Leg-lift tests forward and sideward-right/left legs (°).
(Stadnik et al., 2010)	Avaliação da performance relacionada aos componentes equilíbrio, força e flexibilidade de meninas praticantes de Ginástica Rítmica	Salto vertical – CMJ (cm); Salto horizontal (cm)		Sentar e alcançar (cm)
(Di Cagno et al., 2010)	Preexercise static stretching effect on leaping performance in elite rhythmic gymnasts	Vertical jump – SJ, CMJ and HT (cm); three specific RG jumps		
(Rodriguez et al., 2010)	Evolución y relación de la capacidad de salto y amortiguación en gimnastas de rítmica de alto nivel	Salto vertical – SJ, CMJ (cm)		
(Özengin et al., 2011)	Acute effects of different stretching durations on vertical jump performance in rhythmic gymnasts	Vertical jump (cm)		
(Radaš & Bobić, 2011)	Posture in top-level Croatian rhythmic gymnasts and non-trainees		Sit-ups Abdominal muscles endurance (rep)	Shoulder circumduction (cm); Forward bend on the bench (cm); Right/Left leg forward lift

				(°); Right/Left leg backward lift (°); Back hyperextension (°).
(Gateva, 2011)	Investigations in Rhythmic Gymnastics	Vertical Jump (cm); Jumps with the rope (sec); Sit-ups (sec)	Maximal repeated jumps (rep); Push-ups (rep); Jumps over the rope (rep)	Sideward and forward flexibility (°); Spine Flexibility (cm)
(Rutkauskaitė & Skarbalius, 2009)	Training and sport performance of the 11-12 years old athletes in Rhythmic Gymnastics	Standing long jump on both feet (cm)	Push-ups (rep); Sit-ups (rep); Lifting legs (rep); Jumping into the rope with double turns (rep)	Leg keeping (°); Bridge (cm); Splits (score).
(Rutkauskaitė & Skarbalius, 2011)	Interaction of training and performance of 13-14-year-old athletes in Rhythmic Gymnastics	Standing long jump on both feet (cm)	Push-ups (rep); Sit-ups (rep); Lifting legs (rep); Jumping into the rope with double turns (rep)	Leg keeping (°); Bridge (cm); Splits (score).
(Rutkauskaitė & Skarbalius, 2012)	Models of interaction of intensive training and sport performance of 14-15-year-old athletes in Rhythmic Gymnastics	Standing long jump on both feet (cm)	Push-ups (rep); Sit-ups (rep); Lifting legs (rep); Jumping into the rope with double turns (rep)	Leg keeping (°); Bridge (cm); Splits (score).
(Menezes et al., 2012)	Qualidades físicas de atletas e praticantes de Ginástica Rítmica pré e pós-púberes	Vertical jump (cm)		
(Román et al., 2012)	Perfil y diferencias antropométricas y físicas de gimnastas de tecnificación de las modalidades de artística y rítmica	Salto vertical – SJ, CMJ, DJ (cm)		Extensão do tronco (cm); Rotação dos ombros (cm); Espargata (cm); Flexão do tronco (cm)
(Gateva, 2013)	Investigation of the strength abilities of rhythmic gymnasts	Vertical jump (cm)	Sit ups – 15 rep as quick as possible (sec) Back strength elevation 45° – rep until exhaustion (sec)	
(Piazza et al., 2014)	Effects of resistance training on jumping performance in pre-adolescent rhythmic gymnasts: a randomized controlled study	Vertical jump – SJ, CMJ, HT (cm)		Active Hip Abduction (°); active Hip external rotation (°); active Hip internal rotation (°)
(Del Vecchio et al., 2014)	Nível de aptidão física de atletas de Ginástica Rítmica: Comparações entre categorias etárias	Salto vertical – CMJ (cm) e salto horizontal (cm); arremesso de bola medicinal (m)		Teste de extensão ativa da coluna vertebral (°); Rotação dos ombros (cm); flexão e extensão coxofemoral passiva (°).

(Bordalo et al., 2015)	Comparison of the effect of two sports training methods on the flexibility of Rhythmic gymnasts at different levels of biological maturation			External shoulder rotation (°); lumbar flexion (°)
(Grigoriu et al., 2015)	Using the myotest as a high precision assessment instrument of the explosive force in Rhythmic Gymnastics	Vertical jump – SJ, CMJ (cm)		
(Boligon et al., 2015)	Influence of flexibility in the execution of movements in rhythmic gymnastics			Split (°); Trunk hyperextension (°)
(Moltubakk et al., 2016)	Hamstrings functional properties in athletes with high musculo-skeletal flexibility			Sit-and-reach (cm); Splits test (points)
(Šebić & Ljubojević, 2016)	Construction and validation of specific flexibility tests in Rhythmic Gymnastics			Leg raise bridge; Torso raise from lying on the front; Forearm bridge; Front split with front and back leg raise; Side split with right and left leg raise; Vertical split with forward bend
(Donti et al., 2016)	The relative contribution of physical fitness to the technical execution score in youth rhythmic gymnastics	Vertical jump (cm) – CMJ and DJ from 30 cm height.	Push-ups test (rep/1min); sit-ups (rep/1min); Back extension endurance (rep/30sec)	Shoulder flexion and extension (°); Sit-and-reach (cm); Straight leg raise (°); Sideways leg extension (°); Bridge test (%)
(Agostini et al., 2017)	Analysis of the influence of plyometric training in improving the performance of athletes in Rhythmic Gymnastics	Vertical jump (cm); Horizontal jump (cm)		
(Kritikou et al., 2017)	Correlates of artistry performance scores in preadolescent rhythmic gymnasts	Vertical jump – SJ, CMJ, DJ (cm)	Push-ups test(rep/60 sec); Sit-up test (rep/60sec); Back extension endurance (rep/30sec)	Shoulder flexion and extension (°); Sit-and-reach (cm); Straight leg raise (°); Sideways leg extension (°); Bridge test (%)
(Silva et al., 2018)	The acute effect of a sport-specific stretching routine on the performance of vertical jumps in rhythmic gymnasts	Vertical jump (cm)		Hip flexion amplitude (°)

Legend – CMJ: counter movement jump; SJ: squat jump; DJ: drop jump; HT: hopping test; rep: repetitions; sec: seconds; m: metros; cm: centimeters.

De acordo com a análise dos estudos de desempenho motor em GR referidos na literatura (Tabela 1), é possível verificar que não há um consenso na seleção dos melhores testes para avaliar a flexibilidade e a força de resistência nesta modalidade. Por outro lado, o salto vertical parece ser o método mais comum de avaliação da força explosiva de MI. Diversos autores (Barker & Armstrong, 2011; Lebre, 1993; McGuigan, 2014; Pavanelli, 2004) enfatizam a importância da especificidade dos testes realizados em estudos com atletas. Em GR, o estudo realizado por Di Cagno et al. (2014) sublinhou a vantagem de utilizar testes específicos de ginástica em vez de baterias de teste não específicas validadas.

Os testes gerais nem sempre se correlacionam positivamente com o desempenho competitivo dos atletas (McGuigan, 2014). Deste modo, a aplicação de testes específicos da modalidade é a grande vantagem da pesquisa de campo, dado que possibilita a recolha dos níveis de desempenho motor dos atletas, e permite a aquisição de dados relevantes para os treinadores (Santos & Soares, 2001). Assim, devido à necessidade de uma avaliação padrão do desempenho motor em GR, a FIG desenvolveu baterias de testes (Aleksandrova et al., 2015; Klentrou et al., 2010), com padrões de movimentos corporais e elementos de GR, para garantir um resultado próximo ao contexto específico desta modalidade desportiva.

3.2.2. Assimetria Funcional

Pesquisas acerca das assimetrias funcionais da extremidade superior e inferior são pouco desenvolvidas, especialmente em contexto desportivo. Exell et al. (2012) sugeriram que a assimetria pode levar a uma predisposição para lesão em um membro. Exell et al. (2016) e Čuk & Marinšek (2013) estudaram as assimetrias nos MS e MI, respetivamente, em atletas da Ginástica Artística. Estes autores observaram que as assimetrias têm implicações no desempenho e na lesão. O princípio do desenvolvimento proporcional das capacidades motoras implica estimular a uniformidade e simetria do lado preferido e não preferido do corpo (Lisitskaya, 1995). Assim, a avaliação do desempenho motor incluída nesta tese acompanha uma complexa discussão acerca da assimetria funcional.

Na GR, assim como na maior parte dos desportos individuais, há um predomínio no desenvolvimento de um lado do corpo em relação ao outro (Sousa, 1997), e a lateralidade é o termo comumente utilizado para descrever o comportamento motor assimétrico no uso do lado direito e esquerdo do corpo (Teixeira, 2006). Quando estas diferenças ultrapassam as condições normais, podem causar desequilíbrio no desenvolvimento físico das ginastas e provocar, em alguns casos, alongamento do MI mais utilizado em 2-3 cm, torção da pélvis e/ou escoliose lombar (Lisitskaya, 1995).

Os dois lados do corpo podem ser igualmente hábeis se treinados desde o início de modo equivalente (Arango, 2003). A GR visa exercitar o corpo inteiro, bilateralmente, contudo, na realidade, com o treino dos movimentos específicos, a ginasta, muitas vezes, repete o gesto motor apenas com o lado preferido, em busca de um melhor desempenho, o que acaba por caracterizar uma prática unilateral e pode gerar desequilíbrios musculares (Saladini et al., 2010). Assim sendo, apesar da assimetria natural do corpo humano, sugere-se que a assimetria nesta modalidade é, sobretudo, resultado do treino desequilibrado ao longo do tempo (Lisitskaya, 1995).

Deste modo, as ginastas que treinam com grandes sobrecargas sofrem de evidentes mudanças na postura às alterações patológicas que exigem um tratamento terapêutico. Gallagher (2005) sugere que o mecanismo de sustentação em um MI, posição comumente utilizada em inúmeros exercícios em GR, produz sobrecarga de pressão na grande parte dos segmentos da coluna vertebral, além de acarretar uma momentânea postura escoliótica com convexidade para o mesmo lado. Assim, na execução frequente de equilíbrios sobre apenas um pé, em geral, nos exercícios com elevação do MI preferido e como base o MI não preferido, as ginastas apresentam uma tendência a adquirir uma escoliose, inicialmente invisível, mas depois observada em níveis avançados torna-se delicada sua correção (Volpi da Silva et al., 2008).

Portanto, é imprescindível monitorar o posicionamento correto de todos os segmentos corporais, com o objetivo de aumentar a eficiência de cada exercício, evitar que a ginasta adquira posições inadequadas, bem como, evitar que a continuidade das repetições possa produzir futuras lesões (Llobet, 2000). Assim, os treinadores apresentam um papel essencial nas observações e advertências realizadas durante treino, para que a ginasta reconheça de forma

consciente as suas falhas e devidas correções, pois quando “entende” o que está a executar, o faz com mais eficiência (Laffranchi, 2005).

De acordo com Jemni (2011), é importante estimular uma amplitude de movimento simétrica em ambos os lados do corpo para executar os movimentos e/ou elementos com amplitudes totais. O autor explica que, através de entrevistas pessoais, treinadores de GR revelaram que as ginastas tendem a enfatizar o trabalho com o membro inferior preferido pela exigência adicional existente nesta modalidade do trabalho técnico com os aparelhos. Neste sentido, a avaliação da assimetria funcional é extremamente relevante por permitir monitorizar o desenvolvimento harmonioso do corpo. As assimetrias evidentes podem refletir de modo negativo na preparação física e técnica das ginastas, que a curto prazo se tornam fatores condicionantes do desempenho e a longo prazo podem produzir patologias (Lisitskaya, 1995).

No entanto, Lisitskaya (1995) salienta que não é exigido que ginastas de alto nível realizem os mesmos elementos dos exercícios de competição com ambos os lados, sobretudo, os mais complexos. O sistema biológico não se permite repetir com igual perfeição e de modo pormenorizado a totalidade de ações. Os resultados pretendidos não são alcançados com a repetição idónea de ambos os lados em todos os elementos, mas sim com a aquisição da precisão na ação principal e possíveis diferenças dentro dos limites considerados normais.

3.3. Características Estruturais

As características estruturais envolvem distintos aspetos do treino e da competição em GR, e representam as componentes do treino, assim como as variáveis que compõem o conteúdo dos exercícios de competição.

3.3.1. Componentes estruturais do treino

A eficiência do treino resulta do seu volume, intensidade, densidade e complexidade (Bompa, 1999). Estas componentes estruturais (variáveis de treino) devem ser consideradas no planeamento da dinâmica da carga de treino (Bompa, 1999).

O volume expressa a quantidade de treino (Dantas, 2003), sendo considerado um pré-requisito essencial para que um atleta alcance um elevado desempenho, seja ele predominantemente técnico, tático e/ou físico (Rama, 2016). O volume incorpora a duração do treino, as repetições dos exercícios, assim como a distância percorrida e o peso levantado por unidade de tempo (Bompa, 1999). A intensidade representa a qualidade de treino (Dantas, 2003), e fornece a dimensão do esforço aplicado (Rama, 2016). Quanto mais trabalho o atleta realizar por unidade de tempo, maior a intensidade de treino. Assim, a força de um estímulo depende da carga, da velocidade e da variação dos intervalos ou descanso entre as repetições (Bompa, 1999).

A densidade refere-se à relação, expressa em tempo, entre as fases de treino e recuperação. Uma densidade adequada garante a eficiência do treino e evita que os atletas atinjam um estado crítico de fadiga ou exaustão (Bompa, 1999). Por fim, a complexidade é representada pelo grau de sofisticação de um exercício no treino (Bompa, 1999). As tarefas complexas podem causar dificuldade na aprendizagem e exigem um elevado nível de concentração, que promovem um stresse mental (Rama, 2016). Portanto, quanto mais complexo for o exercício, maiores serão as exigências motoras e provavelmente maiores serão as diferenças interindividuais. Em GR a complexidade está presente especialmente no elevado nível de exigência dos elementos corporais assim como na conjugação destes com os elementos de aparelho. Deste modo, a complexidade em GR está intimamente ligada à dinâmica da carga de treino.

Assim, a dinâmica da carga de treino é considerada a causa que provoca as alterações de adaptação no organismo do atleta (Zakharov & Gomes, 1992). Neste sentido, o controlo da carga de treino, através das componentes estruturais, é um fator fundamental para melhorar a eficiência do treino, prescrever um trabalho específico de acordo com as necessidades dos atletas e além disso, avaliar o processo de treino (Ávila-Carvalho, 2005).

O treino em GR apresenta elevadas exigências desde o volume e intensidade, aos elementos técnicos com elevado nível de dificuldade (complexidade) (Bobo-Arce & Méndez-Rial, 2013). De acordo com Malina et al. (2013), o treino em GR exige um elevado volume, o qual aumenta com o passar dos anos, com a mudança do nível competitivo, assim como, com a aprendizagem de movimentos e elementos com maior nível de complexidade.

Deste modo, o volume de treino tem aumentado nesta modalidade nos últimos anos (Berlutti et al., 2010). Durante os anos 70 e 80 o volume de treino semanal rondava as 15h e 20h, respetivamente (Georgopoulos et al., 2012). Estudos recentes mostram que ginastas de elite treinam de 25-30h por semana e em alguns casos 40h por semana para alcançar a preparação essencial para um bom desempenho devido às altas demandas físicas e técnicas em GR (Ávila-Carvalho et al., 2013; Zetaruk et al., 2006).

A elevada qualidade técnica requerida pelos Códigos de Pontuação (complexidade) tem provocado cada vez mais incrementos no volume de treino (Ávila-Carvalho, 2005). Sendo assim, a maioria dos estudos utiliza o volume de treino (número de horas de treino por semana) em suas análises, no entanto essa informação diz-nos muito pouco sobre a intensidade de treino (Malina et al., 2013). Deste modo, embora o volume de treino seja considerado uma variável extremamente relevante no âmbito da GR, para a avaliação da dinâmica do treino nesta modalidade também é necessária a quantificação da intensidade dos exercícios, assim como o número e a complexidade de todos os conteúdos que compõem a sessão de treino (Botti & Nascimento, 2011).

Portanto, a utilização de indicadores de intensidade nas atividades realizadas durante o treino é fundamental para complementar a informação do volume de treino, de modo a conhecer o tipo de intensidade realizada em cada exercício, partes do treino ou da sessão de treino completa. Com base nestes dados pode-se tentar programar com maior rigor, os exercícios para cada sessão de treino (Palmeiro & Arce, 2004). Não há um consenso acerca do indicador mais adequado para avaliação da intensidade das atividades realizadas no treino em GR, no entanto, esta deve ser feita no contexto de um comportamento desportivo específico da modalidade (Mihaela et al., 2012).

Em geral, a literatura apresenta estudos com a análise da intensidade de esforço em exercícios de competição ou em testes específicos (Ávila-Carvalho & Lebre, 2011b; Fernández-Villarino et al., 2018; Gateva, 2014, 2015; Mihaela et al., 2012; Portier et al., 2006). Ávila-Carvalho & Lebre (2011b) avaliaram a frequência cardíaca (FC) de cinco conjuntos durante a execução do exercício da competição. Mihaela et al. (2012) avaliaram o consumo de oxigénio e outros indicadores fisiológicos, em laboratório, ambiente de treino e em um simulado ambiente de competição em 10 ginastas (15-17 anos). Gateva (2014) realizou a

monitorização da FC e a concentração do lactato sanguíneo durante e após a execução de um exercício de competição de GR em 13 ginastas de alto nível (média de 15.4 anos). Gateva (2015) realizou a mesma análise (monitorização da FC e lactato sanguíneo) em 12 ginastas de alto nível competitivo (15.7 ± 2.1 anos) durante os seguintes testes: $VO_2\text{max}$; teste submáximo em esteira rolante (teste criado pelos autores); *shuttle test*; exercício de competição modificado (teste criado pelos autores); exercício de competição. Fernández-Villarino et al. (2018) avaliaram a FC, a percepção subjetiva de esforço e o número de repetições dos exercícios de competição de sete ginastas (15.7 ± 1.2 anos) durante os exercícios de competição (arco, bola, maçãs e fita) em dez sessões de treino.

Douda et al. (2006) sugerem que a percepção subjetiva de esforço é um indicador apropriado para descrever a intensidade de esforço em exercícios de competição em ginastas de elite. Segundo Douda et al. (2008), a FC é uma variável significativa para explicar o desempenho em GR, especialmente em ginastas não-elite. Fernández-Villarino et al. (2018) consideram que as variáveis FC, percepção subjetiva de esforço e o número de repetições dos exercícios de competição são significativas para controlar os efeitos do treino no desempenho em GR. De acordo com estes autores, elevados níveis de FC e percepção subjetiva de esforço aumentam a pontuação final em exercícios de competição, assim como um maior número de repetições de um exercício melhora a pontuação final, mas este efeito é específico de cada aparelho.

Apenas um estudo foi encontrado com a análise da intensidade de esforço no treino em GR (Portier et al., 2006). Portier et al. (2006) coletaram o consumo máximo de oxigénio e a concentração de lactato em laboratório, após exercícios de competição (corda, arco, bola e maçãs) e após uma sessão de treino com doze ginastas de elite. Acerca da análise da sessão de treino, os autores verificaram que o treino tinha duração de quatro horas (três horas efetivas) e incluiu um aquecimento de 30 minutos, trabalho técnico e quatro exercícios de competição com um ou dois aparelhos. Assim, a intensidade média do treino foi de 55% do $VO_2\text{max}$, uma intensidade muito baixa para permitir uma melhora real nas qualidades aeróbicas, contudo, os autores consideraram que esta representa um gasto energético real para as ginastas, muitas vezes pré-púberes.

Fernández-Villarino et al. (2018) ressaltam que medições realizadas num ambiente de laboratório com avaliações inespecíficas não são o mesmo que

medições efetuadas numa situação real de treino. Neste sentido, para um entendimento mais profundo acerca da intensidade de treino em GR, é fundamental avaliar-se esta componente do treino recorrendo a utilização de instrumentos que não alterem as condições normais da sessão de treino ou provoquem algum desconforto às ginastas interferindo nas ações das mesmas durante os exercícios.

Os acelerómetros podem ser uma possível opção para a avaliação da intensidade de treino, dada a sua característica estrutural (equipamento pequeno e leve) e por ser facilmente colocado na região do quadril e preso por uma banda elástica. Assim, como o equipamento não causa desconforto às ginastas e não prejudica o treino, não há nenhuma interferência do instrumento na resposta das ginastas à avaliação. Acelerómetros são dispositivos eletrônicos que mensuram a aceleração e desaceleração dos movimentos corporais em três eixos: vertical, médio-lateral e anteroposterior (Lagerros & Lagiou, 2007) e permitem uma quantificação objetiva da frequência, duração e intensidade da atividade (Romanzini et al., 2012). Além disso, acelerómetros tem sido amplamente utilizado na avaliação do gasto energético (Crouter et al., 2006).

3.3.2. Componentes estruturais da competição

Os componentes estruturais da competição representam o conteúdo dos exercícios de competição em GR. A organização e ligação de diferentes tipos de elementos coordenados com um determinado acompanhamento musical constituem a base dos exercícios de competição nesta modalidade (Lebre, 1993). A composição destes exercícios é influenciada por diversos fatores qualitativos e quantitativos. Os fatores qualitativos são altamente influenciados por impressões subjetivas e os quantitativos são mais objetivos e, deste modo, mais apropriados para análise da performance e identificação de indicadores de desempenho (Breitkreutz & Hökelmann, 2012; Hökelmann & Blaser, 2009; Hökelmann et al., 2012; Hökelmann et al., 2013).

O reduzido número de estudos realizados acerca da estrutura do conteúdo dos exercícios de competição é justificado pela constante evolução do Código de Pontuação, tanto no que se refere à composição, quanto à execução dos exercícios de competição. Deste modo, essa escassez impossibilita a

confrontação dos resultados (Lebre, 1993). Estas alterações têm acarretado mudanças em determinados indicadores de desempenho relacionados aos exercícios de competição nos últimos anos (Hökermann et al., 2013).

Para Hökermann et al. (2013) o número de elementos corporais e de aparelho, elementos dinâmicos de rotação e lançamento, originalidades e a utilização de espaço podem ser definidos como indicadores quantitativos de desempenho específicos para exercícios individuais. Para os exercícios de conjunto, as autoras incluem na lista de indicadores de desempenho, a sincronia, o número de formações e colaborações.

Verificamos um grande interesse na produção de estudos relacionados a estrutura do conteúdo da composição dos exercícios de conjunto (Ávila-Carvalho, 2012; Ávila-Carvalho et al., 2008a, 2008b; Ávila-Carvalho et al., 2012a; Ávila-Carvalho, Leandro, et al., 2011; Ávila-Carvalho & Lebre, 2011a, 2011b; Ávila-Carvalho, Lebre, et al., 2011; Ávila-Carvalho et al., 2009a; Ávila-Carvalho et al., 2009b, 2009c, 2010a; Ávila-Carvalho et al., 2010b; Hökermann & Blaser, 2006; Hökermann et al., 2012; Kwitniewska et al., 2009; Sierra & Bobo, 2000; Yaping & Tian, 2008). No entanto, encontramos um número reduzido de estudos referente à estrutura do conteúdo da composição dos exercícios de individual (Ávila-Carvalho & Lebre, 2011a; Ávila, 2001; Bobo & Sierra, 2003; Breitreutz & Hökermann, 2012; Caburrasi & Santana, 2003; Cardoso, 2009; Leandro et al., 2016a, 2016b; Leandro et al., 2017; Lebre, 2007; Salvador, 2009). De acordo com Breitreutz & Hökermann (2012), é necessário realizar mais análises de exercícios de competição individual para obter um maior conhecimento acerca da estrutura do desempenho em GR.

A informação quantitativa adquirida a partir de análises da estrutura do conteúdo dos exercícios de competição pode apoiar o processo de treino por revelar pontos fortes e fracos das ginastas da especialidade individual ou de conjunto, assim como, estimar a evolução e determinar o nível de desempenho das ginastas. Além disso, os treinadores e coreógrafos podem utilizar estas informações táticas para auxiliar na criação de novas e promissoras composições (Ávila-Carvalho et al., 2012a; Hökermann et al., 2013). O conhecimento da estrutura do conteúdo da composição dos exercícios de competição de ginastas com elevado nível internacional permite compreender a direção e orientação do trabalho voltado para ginastas deste nível, verificar como

é interpretado o Código de Pontuação e as estratégias de composição utilizadas por treinadoras consideradas de referência (Ávila-Carvalho et al., 2012a).

4. Objetivos

O objetivo geral desta tese é analisar a variabilidade do desempenho em ginastas de diferentes níveis de rendimento em função de fatores biológicos, motores e estruturais.

Para dar resposta a este objetivo geral, foi definido um conjunto objetivos secundários para serem respondidos e enquadrados nos artigos. Estes serão apresentadas a seguir, de acordo com os domínios considerados nesta tese:

- **Domínio biológico:**

- Descrever as características morfológicas e de maturação biológica de ginastas portuguesas, e compará-las em função do seu nível competitivo;
- Definir um perfil morfológico das ginastas de diferentes níveis de rendimento;
- Descrever as características morfológicas e de maturação biológica de ginastas de elite de elevado destaque internacional, e compará-las com as ginastas portuguesas de elite;
- Identificar e quantificar a magnitude de importância das características morfológicas e de maturação biológica que explicam a variabilidade no desempenho desportivo.

- **Domínio motor:**

- Descrever as características motoras de ginastas portuguesas, e compará-las em função do seu nível competitivo;
- Definir um perfil motor das ginastas de diferentes níveis de rendimento;
- Descrever as características motoras de ginastas de elite de elevado destaque internacional e compará-las com as ginastas portuguesas de elite;
- Identificar possíveis assimetrias funcionais em ginastas de diferentes

níveis de rendimento;

- Investigar o poder preditivo dos testes recomendados pela FIG (testes de força) em discriminar ginastas de diferentes níveis competitivos;
- Identificar e quantificar a magnitude de importância das características motoras que explicam a variabilidade no desempenho desportivo.

- **Domínio estrutural:**

- Descrever a intensidade e complexidade do treino de ginastas de elite de elevado destaque internacional;
- Descrever as características estruturais do conteúdo dos exercícios de competição de ginastas de elite em contexto de alto nível de rendimento, e compará-las com as ginastas portuguesas de elite;
- Identificar e quantificar a magnitude de importância das características estruturais do conteúdo dos exercícios de competição que explicam a variabilidade no desempenho desportivo.

ORGANIZAÇÃO ESTRUTURAL DA TESE

1. Justificação da disposição dos estudos empíricos

A GR é um desporto composto por parâmetros estéticos, técnicos e artísticos (Sierra-Palmeiro et al., 2015), deste modo, exige um conjunto de pressupostos muito particulares (Bobo-Arce & Méndez-Rial, 2013). Assim como em outras modalidades em que o aspeto estético e tamanho corporal são muito importantes, em GR, parece ser consensual entre os pesquisadores a relevância dos aspetos da morfologia externa (Frutuoso et al., 2015; Manarin et al., 2011; Purenović-Ivanović et al., 2017), e maturação biológica (Beunen & Malina, 2007; Claessens et al., 2006; Malina, 2000; Purenović-Ivanović et al., 2017) na expressão do rendimento em ginastas. Neste sentido, os estudos 1, 2 e 3 focam-se na análise e comparação das características biológicas (características morfológicas e de maturação biológica) de ginastas de diferentes níveis de

rendimento, bem como na identificação de variáveis biológicas que melhor explicam o desempenho.

O biótipo particular e padrão corporal das ginastas em GR parece ser um requisito fundamental para um desempenho eficiente dos movimentos específicos nesta modalidade (Amigó et al., 2009; Menezes et al., 2014; Poliszczuk & Brod, 2010), no entanto, é também essencial o desenvolvimento de um bom suporte motor para a execução técnica bem-sucedida dos elementos corporais (Hume et al., 1993; Hutchinson et al., 1998), assim como a técnica na manipulação dos aparelhos (Moskovljević et al., 2013). Deste modo, o desempenho técnico depende do desenvolvimento das capacidades motoras (Di Cagno et al., 2009; Miletić, Katić, et al., 2004; Miletić, Sekulic, et al., 2004) e estas são influenciadas diretamente pelas características morfológicas e maturação biológica das ginastas (Beunen & Malina, 2007). Portanto, os estudos 4, 5 e 6 centram a atenção no desempenho motor das ginastas, com especial enfoque nas principais capacidades motoras em GR: flexibilidade e força (Cantó et al., 2009; Di Cagno et al., 2008; Silva et al., 2016), de modo a analisar e comparar os níveis de flexibilidade e força de ginastas de diferentes níveis de rendimento bem como determinar as variáveis motoras que melhor explicam o desempenho.

As características biológicas e motoras exercem um papel fundamental na preparação física e técnica das ginastas, e deste modo, estão profundamente ligadas às características estruturais do treino e da competição. De acordo com o Código de Pontuação (FIG, 2016), os exercícios de competição, os quais correspondem a parte principal do treino em GR, devem incluir apenas movimentos e elementos que possam ser executados com segurança e com elevado nível de proficiência estética e técnica. Assim, tanto o processo de treino, como o conteúdo dos exercícios de competição são organizados em função das demandas da modalidade e, portanto, dependem das diretrizes do Código de Pontuação (Sierra-Palmeiro et al., 2015).

O Código de Pontuação sofre alterações a cada ciclo olímpico e, sendo assim, os requisitos do conteúdo dos exercícios de competição tornam-se mais exigentes e cada vez mais complexos (Lisitskaya, 1995). Como o crescente nível de dificuldade técnica e exigência física na modalidade tem um elevado impacto na pontuação final em competição (Ávila-Carvalho et al., 2008b), por consequência, os treinos em GR, em geral são longos, homogêneos e

repetitivos, para que as ginastas consigam aplicar técnicas de alto nível para atingir a complexidade dos movimentos específicos (Botti & Nascimento, 2011).

Deste modo, torna-se extremamente pertinente conhecer as particularidades (complexidade) e intensidade de treino de ginastas de elite com resultados relevantes a nível internacional (estudo 7). Tratam-se de ginastas de conjunto, uma vez que ginastas individuais de diferentes clubes e/ou nacionalidades têm características de treino distintas.

Além disso, a análise do desempenho em GR não pode deixar de se debruçar sob o conteúdo da composição dos exercícios de competição, uma vez que este, em grande parte, determina o sucesso competitivo. Portanto, a informação quantitativa adquirida a partir da análise do conteúdo dos exercícios de competição de ginastas de elevado nível internacional permite conhecer a seleção e organização dos elementos utilizados por estas ginastas, verificar a direção e orientação de trabalho e assim, perceber como é interpretado o Código de Pontuação, bem como conhecer as estratégias de composição utilizadas pelas treinadoras consideradas de referência (Ávila-Carvalho et al., 2012a). Através desta análise também é possível identificar alguns dos preditores estruturais do desempenho (Breitkreutz & Hökelmann, 2012; Hökelmann & Blaser, 2009; Hökelmann et al., 2012; Hökelmann et al., 2013).

Sendo assim, os estudos 8 e 9 visam identificar os elementos de dificuldade utilizados em exercícios de competição de ginastas seniores de elite em contexto de elevado rendimento desportivo assim como averiguar os preditores estruturais do desempenho. Posteriormente é realizada uma análise e comparação das características estruturais do conteúdo dos exercícios de competição das melhores ginastas de elite em contexto de elevado rendimento desportivo referentes aos estudos anteriores e ginastas seniores portuguesas de elite (Estudo 10), de modo a verificar o que caracteriza as principais diferenças no conteúdo dos exercícios de competição das ginastas portuguesas e a elite mundial.

Diante do exposto, embora as características biológicas e motoras das ginastas, assim como as características estruturais do treino e da competição tenham sido analisadas separadamente, estas condições estão interligadas refletindo o desempenho das ginastas, uma vez que na prática da GR, há uma constante preocupação tanto com o refinamento e melhoria da técnica, quanto

com o desempenho físico e motor das ginastas (Botti & Nascimento, 2011). Portanto, a preparação técnica e tática dos exercícios de competição apenas resultará se as ginastas estiverem fisicamente aptas quer a nível motor quer a nível morfológico. Neste sentido, um elevado desempenho desportivo em GR implica grandes desafios biológicos, motores, técnicos e táticos.

2. Estrutura da tese

Esta tese está estruturada em artigos científicos formatados de acordo com as normas estabelecidas pelos periódicos aos quais foram submetidos. Este modelo de estruturação com a elaboração de estudos, submissão e revisão de pares permite o desenvolvimento progressivo do processo de escrita, promovendo um maior espaço crítico e partilha de conhecimentos. Além disso, torna-se mais rápida a difusão da informação. Assim, de forma a responder adequadamente aos objetivos delineados, esta tese está dividida em seis capítulos:

O capítulo I é composto pela introdução geral, os objetivos, a organização estrutural da tese e a justificação da disposição dos estudos empíricos.

O capítulo II apresenta a metodologia geral.

O capítulo III integra três estudos empíricos relacionados ao domínio biológico (características morfológicas e de maturação biológica). Os dois primeiros investigam as características biológicas das ginastas portuguesas e o terceiro estudo compara as mesmas características em ginastas de elite de elevado destaque internacional (brasileiras) e ginastas portuguesas de elite.

O capítulo IV apresenta três estudos empíricos voltados para o domínio motor. O primeiro e segundo estudos estão focados na análise das principais capacidades motoras na GR (flexibilidade e força) em ginastas portuguesas. O terceiro estudo compara o desempenho motor em ginastas de elite de elevado destaque internacional (brasileiras) e ginastas portuguesas de elite.

O capítulo V é composto por quatro estudos empíricos relacionados ao domínio estrutural, sendo um centrado na análise das componentes do treino, a intensidade, assim como a complexidade da organização do treino em GR, outros dois estudos referentes à análise da estrutura do conteúdo dos exercícios de competição em ginastas de elite em contexto de elevado rendimento

desportivo, e por fim, um estudo que compara a estrutura do conteúdo dos exercícios de competição das melhores ginastas de elite nos estudos anteriores e ginastas portuguesas de elite.

O capítulo VI apresenta as considerações finais, limitações do estudo, indicações para o treino, assim como questões/sugestões para estudos futuros.

A Tabela 2 apresenta um quadro resumo da organização estrutural da tese, incluindo as referências dos estudos que a compõem:

Tabela 2: Quadro resumo da organização da estrutura da tese

Capítulo I	Introdução geral, objetivos, organização estrutural da tese e justificação da disposição dos estudos empíricos.
Capítulo II	Metodologia geral
Capítulo III	Estudo I: Morphological characteristics of Portuguese rhythmic gymnasts in different competition levels Objetivos: (1) Comparar características morfológicas e de treino em ginastas portuguesas de diferentes níveis competitivos; (2) Investigar as variáveis morfológicas com maior poder discriminatório entre os grupos; e (3) Determinar as variáveis morfológicas que melhor explicam desempenho. Artigo aceite para publicação: <i>Collegium Antropologicum Journal</i> Estudo II: Biological maturation of Portuguese rhythmic gymnasts in different competition levels of performance Objetivos: (1) Comparar a maturação biológica em ginastas portuguesas de diferentes níveis competitivos; (2) Investigar como as variáveis morfológicas e de treino se comportam nos diferentes estados e indicadores maturacionais; e (3) Verificar se o estado maturacional influencia o desempenho competitivo. Artigo publicado: <i>International Journal of Physical Education, Fitness and Sports</i> Batista, A.; Garganta, R. & Ávila-Carvalho, L. (2019). Biological maturation of Portuguese rhythmic gymnasts in different competition levels of performance. <i>International Journal of Physical Education, Fitness and Sports</i>, 8 (1): 38-48.

	Estudo III: Morphological characteristics and biological maturation of Brazilian and Portuguese gymnasts Objetivos: (1) Identificar características de treino, morfológicas e de maturação biológica em ginastas de elite brasileiras e portuguesas; (2) comparar essas características entre os grupos. Artigo publicado: <i>International Journal of Morphology</i> Batista, A.; Garganta, R. & Ávila-Carvalho, L. (2019). Morphological characteristics and biological maturation of Brazilian and Portuguese gymnasts. <i>International Journal of Morphology</i>, 37 (2): 561-567.
Capítulo IV	Estudo IV: Flexibility and functional asymmetry in Rhythmic Gymnastics Objetivos: (1) Comparar o nível de flexibilidade de ginastas portuguesas em diferentes níveis competitivos; (2) Investigar possíveis assimetrias funcionais de flexibilidade nas ginastas e suas variações entre os níveis de competição; e (3) Determinar as variáveis de flexibilidade que melhor explicam o desempenho. Artigo publicado: <i>Athens Journal of Sports</i> Batista, A.; Garganta, R.; Ávila-Carvalho, L. (2019). Flexibility and functional asymmetry in Rhythmic Gymnastics. <i>Athens Journal of Sports</i>, 6 (2): 77-94. Estudo V: Strength in Portuguese rhythmic gymnasts of different competition levels Objetivos: (1) Comparar o nível de força de ginastas portuguesas em diferentes níveis competitivos; (2) Investigar as variáveis de força com maior poder discriminatório entre os níveis competitivos; e (3) Determinar as variáveis de força que melhor explicam o desempenho. Artigo publicado: <i>Journal of Physical Education and Sport</i> Batista, A.; Garganta, R.; Ávila-Carvalho, L. (2019). Strength in Portuguese rhythmic gymnasts of different competition levels. <i>Journal of Physical Education</i>

	and Sport, 19 (3): 1213-1221. Estudo VI: Flexibility and Strength in Brazilian and Portuguese gymnasts Objetivos: (1) Identificar os níveis de flexibilidade e força em ginastas de elite brasileiras e portuguesas; (2) comparar essas características entre os grupos; e (3) Investigar possíveis assimetrias funcionais de flexibilidade nas ginastas e suas variações entre os grupos. Artigo publicado: <i>European Journal of Human Movement</i> Batista, A.; Garganta, R.; Ávila-Carvalho, L. (2019). Flexibility and Strength in Brazilian and Portuguese gymnasts. <i>European Journal of Human Movement</i>, 42: 1-21.
Capítulo V	Estudo VII: Training intensity of group in Rhythmic Gymnastics Objetivos: (1) Analisar a intensidade de treino e conhecer a distribuição das atividades realizadas no treino de ginastas de elite. Artigo publicado: <i>Science, Movement and Health Journal</i> Batista, A.; Gomes, T.N.; Garganta, R.; Ávila-Carvalho, L. (2018). Training intensity of group in rhythmic gymnastics. <i>Science, Movement and Health</i>, 18 (1): 17-24. Estudo VIII: Body difficulties in Rhythmic Gymnastics routines Objetivos: (1) Analisar a diversidade e variedade dos elementos de dificuldade corporal utilizados nos exercícios individuais de competição de ginastas de elite; (2) Comparar essas características em diferentes grupos de classificação; e (3) Identificar e hierarquizar as variáveis que mais contribuem para o desempenho (score de dificuldade). Artigo publicado: <i>Science of Gymnastics Journal</i> Batista, A.; Garganta, R.; Ávila-Carvalho, L. (2019). Body difficulties in Rhythmic Gymnastics routines. <i>Science of Gymnastics Journal</i>. 11 (1): 37-55.

	Estudo IX: Dance steps, dynamic elements with rotation and throw and mastery elements in Rhythmic Gymnastics routines Objetivos: Conhecer a diversidade e variedade dos elementos de dificuldade (passos de dança, maestrias e elementos dinâmicos com rotação e lançamento) utilizados nos exercícios individuais de competição de ginastas de elite; (2) Comparar essas características em diferentes grupos de classificação; e (3) Identificar o grau de associação dos elementos de dificuldade e a pontuação final das ginastas. Artigo publicado: <i>Science of Gymnastics Journal</i> Batista, A.; Garganta, R., Ávila-Carvalho, L. (2018). Dance steps, dynamic elements with rotation and throw and mastery elements in Rhythmic Gymnastics routines. <i>Science of Gymnastics Journal</i>. 9 (2): 177-189.
	Estudo X: Estrutura do conteúdo dos exercícios de competição das ginastas portuguesas de elite e ginastas finalistas das Taças do Mundo Objetivos: (1) Comparar a estrutura do conteúdo dos exercícios de competição de ginastas finalistas das Taças do Mundo de Lisboa (2013 e 2014) e ginastas portuguesas presentes em competição. Artigo submetido: Revista Portuguesa de Ciências do Desporto
Capítulo VI	Considerações finais, limitações do estudo, indicações para o treino, questões/sugestões para estudos futuros.

REFERÊNCIAS

Achour Jr., A. (1995). Flexibilidade: Um Componente Fundamental na Aptidão Atlética. *Spint Magazine*, 14(76), 15-18.

- Agostini, B., Palomares, E., Andrade, R., Uchoa, F., & Alves, N. (2017). Analysis of the influence of plyometric training in improving the performance of athletes in Rhythmic Gymnastics. *Motricidade*, 13(2), 71-80.
- Aleksandrova, N., Lebre, E., Dias, H., & Fink, H. (2015). *Age Group development and Competition Program for Rhythmic Gymnastics* (Vol. 2). Lausanne, Switzerland: International Gymnastics Federation.
- Amigó, A., Sala, V., Faciabén, A., Evrard, M., Marginet, M., & Zamora, L. (2009). Talla, peso, somatotipo y composición corporal en gimnastas de élite españolas (gimnasia rítmica) desde la infância hasta la edad adulta. *Apunts Educación Física y Deportes*, 64-74.
- Antualpa, K. F. (2005). *Ginástica Rítmica e Contorcionismo: Primeiras Aproximações*. São Paulo: Dissertação de Licenciatura apresentada a Universidade Estadual de Campinas.
- Arango, L. Z. (2003). El uso de ambas maos posibilita un desarrollo mayor Pediatría [Versão eletrônica]. *Revista Colombiana de Pediatría*, 38. Consult. 08 May 2015, disponível em: <http://www.udea.edu.co/wps/wcm/connect/udea/36b23074-bfe4-4963-827e-9e401877ac48/061+El+uso+de+ambas+manos+posibilita+un+desarrollo+mayor.pdf?MOD=AJPERES>
- Araújo, C. (2000). Correlação entre diferentes métodos lineares e adimensionais de avaliação da mobilidade articular. *Revista Brasileira de Ciências e do Movimento*, 8(2), 27-34.
- Ávila-Carvalho, L. (2005). *Estudo do comportamento da frequência cardíaca e análise dos elementos técnicos em exercícios de conjuntos de Ginástica Rítmica*. Porto: Dissertação de Mestrado apresentada a Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.
- Ávila-Carvalho, L. (2012). *Ginástica Rítmica de alto rendimento desportivo: estudo de variáveis do desempenho na especialidade de conjuntos*. Porto: Dissertação de Doutorado apresentada a Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.
- Ávila-Carvalho, L., Corte-Real, A., Araújo, C., Botelho, M., Lacerda, T., & Lebre, E. (2008a). *Artistic value score for rhythmic gymnastics group exercises in Portimão 2007 world cup series*. Comunicação apresentada em 13th Annual Congress of the European College of Sport Science.
- Ávila-Carvalho, L., Corte-Real, A., Araújo, C., Botelho, M., Lacerda, T., & Lebre, E. (2008b). *Difficulty score for rhythmic gymnastics group exercises in Portimão 2007 world cup series*. Comunicação apresentada em 13th Annual Congress of the European College of Sport Science.

- Ávila-Carvalho, L., Klentrou, P., Palomero, M. L., & Lebre, E. (2012a). Analysis of the Technical Content of Elite Rhythmic Gymnastics Group Routines. *The Open Sports Science Journal*, 5, 146-153.
- Ávila-Carvalho, L., Klentrou, P., Palomero, M. L., & Lebre, E. (2012b). Body composition profile of elite group rhythmic gymnasts. *Science of Gymnastics Journal* 4(1), 21-32.
- Ávila-Carvalho, L., Klentrou, P., Palomero, M. L., & Lebre, E. (2013). Anthropometric profiles and age at menarche in elite group rhythmic gymnasts according to their chronological age. *Science & Sports*, 28(4), 172-180.
- Ávila-Carvalho, L., Leandro, C., & Lebre, E. (2011). 2009 Portimão Rhythmic Gymnastics World Cup. Scores analysis. Comunicação apresentada em Book of abstracts of the 16th Annual Congress of the European College of Sport Science.
- Ávila-Carvalho, L., & Lebre, E. (2011a). As dificuldades dos exercícios individuais e de conjuntos de elite de Ginástica Rítmica. Comunicação apresentada em Motricidade II Simpósio Internacional de Performance Desportiva.
- Ávila-Carvalho, L., & Lebre, E. (2011b). Estudo do comportamento da frequência cardíaca: análise dos elementos técnicos em exercícios de conjuntos de GR Comunicação apresentada em Da Prática à Ciência. Artigos do 2º e 3º Congresso de FGP.
- Ávila-Carvalho, L., Lebre, E., & Palomero, M. L. (2011). Estudio del valor artístico de los ejercicios de conjunto de Gimnasia Rítmica de la Copa del Mundo de Portimão 2007 y 2008. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 103, 68-75.
- Ávila-Carvalho, L., Palomero, M., & Lebre, E. (2009a). Difficulty score in Group Rhythmic Gymnastics. Portimão 2007/2008 World Cup Series. *Palestrica Mileniului III. Civilizatie si sport*, 3(37), 261-267.
- Ávila-Carvalho, L., Palomero, M. L., & Lebre, E. (2009b). Artistic score for rhythmic gymnastics group routines in 2008 Portimão World Cup Series. *Motricidade*, 5(3), 94.
- Ávila-Carvalho, L., Palomero, M. L., & Lebre, E. (2009c). Difficulty score for rhythmic gymnastics group routines in Portimão 2008 World Cup Series. *Motricidade*, 5(3), 93.
- Ávila-Carvalho, L., Palomero, M. L., & Lebre, E. (2010a). Apparatus difficulty in groups routines of elite rhythmic gymnastics at the Portimão 2009 World Cup Series. *Science of Gymnastics Journal*, 2, 29-42.
- Ávila-Carvalho, L., Palomero, M. L., & Lebre, E. (2010b). Mastery and risk with throw in apparatus difficulty of elite rhythmic gymnastics groups. Comunicação

- apresentada em II Seminário Internacional de Ginástica Artística e Rítmica de Competição (SIGARC).
- Ávila, L. (2001). *Estudo do nível de dificuldades dos exercícios de ginástica rítmica nos Jogos Olímpicos de Sidney 2000: avaliação comparada dos códigos de pontuação de Ginástica Rítmica FIG 1997 e FIG 2001* Porto: Dissertação de Licenciatura apresentada a Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.
- Bacciotti, S. M. (2016). *Crescimento, maturação, desempenho motor e fatores do envolvimento no sucesso de ginastas brasileiras*. Porto: Dissertação de Doutorado apresentada a Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.
- Barker, A., & Armstrong, N. (2011). Exercise testing elite young athletes. In A. M. M. Neil Armstrong (Ed.), *The Elite Young Athletes*: Karger.
- Baxter-Jones, A., & Helms, P. (1996). Effects of Training at a Young Age: A Review of the Training of Young Athletes (TOYA) Study. *Pediatric exercise Science* 8(4), 310-327.
- Baxter-Jones, A., Maffulli, N., & Mirwald, R. L. (2003). Does elite competition inhibit growth and maturation in some gymnasts? Probably not. *Pediatr Exerc Science*, 15, 373-382.
- Baxter-Jones, A., Thompson, A., & Malina, R. (2002). Growth and maturation in elite young female athletes. *Sports Med Arthrosc Rev*, 10, 42-49.
- Berlutti, G., Briganti, C., Pamich, T., Torrisi, L., Franco, A., Morino, G., & Caldarone, G. (2010). *Body composition, biological maturation, alimentary habit, anthropometric characteristics in rhythmic gymnastics athletes. From the Florence 1986 European Championships to the Turin 2008 European Championships, Twenty years of evolution.*: Federazione Gimnastica D'Italia.
- Beunen, G., & Malina, R. M. (2007). Growth and Biologic Maturation: Relevance to Athletic Performance. In H. a. B.-O. Hebestreit, O. (Ed.), *The Young Athlete* (pp. 3-17). Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd.
- Bobo-Arce, M., & Méndez-Rial, B. (2013). Determinants of competitive performance in rhythmic gymnastics. A review. *Journal of Human Sport & Exercise* 8(3), 711-717p.
- Bobo, M., & Sierra, E. (1998). *Ximnasia Rítmica Deportiva - Adestramento e competición*. Santiago de Compostela: Editora Lea.
- Bobo, M., & Sierra, E. (2003). *Estudio de las repercusiones de los cambios de código de puntuación en la composición de los ejercicios de gimnasia rítmica en la técnica corporal*. Comunicação apresentada em III Congreso de la Asociación Española de Ciencias del Deporte.

- Boligon, L., Deprá, P. P., & Rinaldi, I. (2015). Influence of flexibility in the execution of movements in rhythmic gymnastics. *Acta Scientiarum. Health Sciences*, 37(2), 141-145.
- Bompa, T. O. (1990). *Theory and methodology of training: the key to athletic performance* (Vol. 2). Dubuque: Kendall/Hunt Publishing Company.
- Bompa, T. O. (1999). *Periodization: Theory and methodology of training* (Vol. 4). United States of America: Human Kinetics.
- Bordalo, M., Portal, M., Cader, S., Perrotta, N., Neto, J., & Dantas, E. (2015). Comparison of the effect of two sports training methods on the flexibility of rhythmic gymnasts at different levels of biological maturation. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 55(5), 457-463.
- Boros, S. (2009). Dietary habits and physical self-concept of elite rhythmic gymnasts. *Biomedical Human Kinetics*, 1, 1-2.
- Botti, M., & Nascimento, J. V. (2011). The teaching-learning-training process in Rhythmic Gymnastics supported by the ecological theory. *Science of Gymnastics Journal*, 3(1), 35-48.
- Breitkreutz, T., & Hökelmann, A. (2012). *Performance analysis in individual competitions in rhythmic gymnastics*. Comunicação apresentada em World Congress of Performance Analysis of Sport IX University of Worcester.
- Caburrasi, E., & Santana, M. (2003). Análisis de las dificultades corporales en los Campeonatos Europeos de Gimnasia Rítmica Deportiva, Granada 2002 [Versão eletrônica], 9(65). Consult. 21-Nov-2016, disponível em: <https://www.efdeportes.com/efd65/grd.htm>
- Camargo, C., Gomez-Campos, R., Cossio-Bolaños, M., Barbeta, V., Arruda, M., & Guerra-Junior, G. (2014). Growth and body composition in Brazilian female rhythmic gymnastics athletes. *Journal of Sports Sciences*, 32(19).
- Cantó, E., Sánchez, A., & Sánchez, J. (2009). Test más apropiados para la valoración funcional del deportista en gimnasia rítmica [Versão eletrônica]. *Efdeportes Revista Digital*, 13. Consult. 4 october 2018, disponível em: <http://www.efdeportes.com/efd129/valoracion-funcional-del-deportista-en-gimnasia-ritmica.htm>
- Cardoso, A. I. (2009). *Avaliação do nível de dificuldade de aparelho dos exercícios individuais de competição de ginástica rítmica das ginastas portuguesas dos escalões juvenil e júnior*. Porto: Dissertação de Mestrado apresentada a Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.
- CBG. (2017a). Critérios para integrar Seleção Brasileira de Conjunto [Versão eletrônica], disponível em:

- http://www.cbginastica.com.br/adm/resources/download_arquivo/133393859951372eaec9a88b267dbae5_5b9ba20b404b8.pdf
- CBG. (2017b). Critérios para integrar Seleção Brasileira de Individual [Versão eletrônica], disponível em: http://www.cbginastica.com.br/adm/resources/download_arquivo/25e22b663fb080f634a2b9611212fc97_5b9ba2952e7a7.pdf
- CBG. (2019). Calendários. Consult. Janeiro/2019, disponível em <http://www.cbginastica.com.br/calendarios>
- Claessens, A., Lefevre, J., Beunen, G., & Malina, R. (2006). Maturity-associated variation in the body size and proportions of elite female gymnasts 14-17 years of age. *Eur J Paediatr*, 165, 186-192.
- Claessens, A., Lefevre, J., Beunen, G., & Malina, R. M. (1999). The contribution of anthropometric characteristics to performance scores in elite female gymnasts. *J Sport Med Phys Fit*, 39, 355-360.
- Crouter, S., Churilla, J., & Bassett, D. (2006). Estimating energy expenditure using accelerometers. *European Journal of applied Physiology*, 98(6), 601-612.
- Čuk, I., & Marinšek, M. (2013). Landing quality in artistic gymnastics is related to landing symmetry. *Biology of Sports*, 30, 29-33.
- Čuk, I., Pajek, M. B., Jakse, B., Pajek, J., & Pecek, M. (2012). Morphologic bilateral differences of top level gymnasts. *Int J. Morphol.*, 30(1), 110-114.
- Dantas, E. (2003). *A prática da preparação física* (Vol. 5). Rio de Janeiro: Shape.
- Dantas, E. (2005). *Alongamento & Flexionamento* (Vol. 5). Rio de Janeiro: Shape.
- Del Vecchio, F. B., Primeira, M., Silva, H. C. d., Dall'Agnol, C., & Galliano, L. M. (2014). Nível de aptidão física de atletas de ginástica rítmica: Comparações entre categorias etárias. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*, 22(3), 5-13.
- Di Cagno, A., Baldari, C., Battaglia, C., Brasili, P., Merni, F., Piazza, M., Toselli, S., Ventrella, A., & Guidetti, L. (2008). Leaping ability and body composition in rhythmic gymnasts for talent identification. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 48(3), 341-346.
- Di Cagno, A., Baldari, C., Battaglia, C., Gallotta, M. G., Videira, M., Piazza, M., & Guidetti, L. (2010). Preexercise static stretching effect on leaping performance in elite rhythmic gymnasts. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(8), 1995-2000.
- Di Cagno, A., Baldari, C., Battaglia, C., Monteiro, M. D., Pappalardo, A., Piazza, M., & Guidetti, L. (2009). Factors influencing performance of competitive and amateur rhythmic gymnastics - Gender differences. *Journal of Science and Medicine in Sport* 12, 411-416.

- Di Cagno, A., Fiorilli, G., Iuliano, E., Aquino, G., Giombini, A., Battaglia, C., Piazza, M., Tsopani, D., & Calcagno, G. (2014). Time-of-Day Effects on Static and Dynamic Balance in Elite Junior Athletes and Untrained Adolescents. *International Journal of Sports Science & Coaching* 9(4), 615-626.
- Dick, F. W. (1993). *Principios del entrenamiento deportivo. Deporte e Entrenamiento*. Barcelona: Editorial Paidotribo.
- Donti, O., Bogdanis, G. C., Kritikou, M., Donti, A., & Theodorakou, K. (2016). The Relative Contribution of Physical Fitness to the Technical Execution Score in Youth Rhythmic Gymnastics. *Journal of Human Kinetics* 51(2), 143-152.
- Douda, H., Avloniti, A., Kasabalis, A., Smilios, L., & Tokmakidis, S. P. (2006). Application of ratings of perceived exertion and physiological responses to maximal effort in rhythmic gymnasts. *International Journal of applied Sports Sciences*, 18(2), 78 - 88.
- Douda, H., Toubekis, A., Avloniti, A., & Tokmakidis, S. (2008). Physiological and anthropometric determinants of rhythmic gymnastics performance. *International Journal Of Sports Physiology And Performance*, 3(1), 41-54.
- Exell, T., Gittoes, M., Irwin, G., & Kerwin, D. (2012). Gait asymmetry: Composite scores for mechanical analyses of sprint running. *Journal of Biomechanics*, 45(6), 1108–1111.
- Exell, T., Robinson, G., & Irwin, G. (2016). Asymmetry analysis of the arm segments during forward handspring on floor. *European Journal of Sport Science*, 16(5), 545–552.
- Fernández-Villarino, M. A., Hernaiz-Sánchez, A., Sierra-Palmeiro, E., & Bobo-Arce, M. (2018). Performance indicators in individual rhythmic gymnastics: Correlations in competition. *Journal of Human Sport and Exercise*, 13(3), 487-493.
- FGP. (2008). Plano de Actividades e Orçamento [Versão eletrónica], disponível em: <http://www.gympor.com/upload/userfiles/File/fgpdocs/ART8/PLAct&OrcFGP2008.pdf>
- FGP. (2017). Relatório e Contas 2017 [Versão eletrónica], disponível em: <http://www.fgp-ginastica.pt/user/downloads/Relat%C3%B3rio%20e%20contas%202017%202017.pdf>
- FIG. (2012). Code of Points for Rhythmic Gymnastics: 2013-2016. Lausanne: Fédération International de Gymnastique. [Versão eletrónica], disponível em: <https://www.scottishgymnastics.org/sites/default/files/imce/disciplines/2012%20-%202016%20Rhythmic%20Code%20of%20Points.pdf>

- FIG. (2016). Code of Points for Rhythmic Gymnastics: 2016-2020. Lausanne: Fédération International de Gymnastique. [Versão eletrônica], disponível em: http://www.fig-gymnastics.com/publicdir/rules/files/rq/RG_CoP%202017-2020_updated%20with%20Errata_February%202017_e.pdf
- Fleishman, E. A. (1964). *The structure and measurement of physical fitness*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
- Frutuoso, A., Coelho, C., & Kraeski, M. (2015). Perfil antropométrico de atletas catarinenses de ginástica rítmica *Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte*, 14(1), 193-205.
- Gallagher, S. (2005). Physical Limitations and Musculoskeletal Complaints Associated With Work in Unusual or Restricted Postures: A Literature Review. *Pittsburgh Research Laboratory: National Institute for Occupational Safety and Health*, 36, 51-61.
- Gateva, M. (2011). Investigations in Rhythmic Gymnastics. In *The science of Gymnastics* (pp. 45-54). USA and Canada: Routledge.
- Gateva, M. (2013). Investigation of the strength abilities of rhythmic gymnasts. *Research in Kinesiology* 41(2), 245-248.
- Gateva, M. (2014). Investigation of the effect of the training load on the athletes in rhythmic and aesthetic group gymnastics during the preparation period. *Research in Kinesiology*, 4(1), 40-44.
- Gateva, M. (2015). Tests to determinate the fitness level in rhythmic gymnastics. *Sport Mont*(43-45), 63-70.
- Georgopoulos, N., Markou, K., Theodoropoulou, A., Paraskevopoulou, P., Varaki, L., Kazantzi, Z., Leglise, M., & Vagenakis, A. (1999). Growth and pubertal development in elite female rhythmic gymnasts. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 84, 4525-4530.
- Georgopoulos, N., Markou, K., Theodoropoulou, A., Vagenakis, G., Benardot, D., Leglise, M., Dimopoulos, J., & Vagenakis, A. (2001). Height Velocity and Skeletal Maturation in Elite Female Rhythmic Gymnasts *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* 86(11), 5159-5164.
- Georgopoulos, N., Markou, K. B., Theodoropoulou, A., Benardot, D., Leglise, M., & Vagenakis, A. G. (2002). Growth retardation in artistic compared with rhythmic elite female gymnasts. *The Journal Of Clinical Endocrinology And Metabolism*, 87(7), 3169-3173.
- Georgopoulos, N., Theodoropoulou, A., Roupas, N., Rottstein, L., Tsekouras, A., Mylonas, P., Vagenakis, G., Koukkou, E., Armeni, A., Sakellaropoulos, G.,

- Leglise, M., Vagenakis, K., & Markou, K. (2012). Growth velocity and final height in elite female rhythmic and artistic gymnasts. *Hormones*, 11(1), 61-69.
- Grigoriou, C., Pelin, R. A., Netolitzchi, M., & Pricop, A. D. (2015). *Using the myotest as a high precision assessment instrument of the explosive force in rhythmic gymnastics*. Comunicação apresentada em 11th International Scientific Conference eLearning and Software for Education.
- Hawes, M. R., & Sovak, D. (1994). Morphological prototypes, assessment and change in elite athletes. *Journal Sports Science*, 12(3), 235-242.
- Hökelmann, A., & Blaser, P. (2006). *Quantitative movement analysis of gymnastic performances in group competitions for qualitative assessment and for performance comparison*. Comunicação apresentada em WCPAS7 Berzsenyi Daniel College.
- Hökelmann, A., & Blaser, P. (2009). 'Bewegungssynchronität als Zielstellung der Individualgenese leistungsrelevanter Techniken in Spitzensport der Rhythmischen Sportgymnastik. Antrag auf Fortsetzung der finanziellen Forderung des prozessbegleitenden Projektes in der "Rhythmischen Sportgymnastik" (Gruppenklassen) für den Zeitraum von 2010 bis 2012' [Synchronism of movement as an aim of the individual genesis of performance-relevant techniques in top-level sport of rhythmic gymnastics. Application for continuation of the financial requirement of the process-accompanying project in the "Rhythmic Gymnastics" (group classification) for the period from 2010 to 2012]. *Otto-von-Guericke University Magdeburg*.
- Hökelmann, A., Breitzkreutz, T., & Livioti, G. (2012). *Changes in performance structure during group competitions in rhythmic gymnastics*. Comunicação apresentada em World Congress of Performance Analysis of Sport IX University of Worcester.
- Hökelmann, A., Livioti, G., & Breitzkreutz, T. (2013). Rhythmic Gymnastics. In P. O. D. a. J. S. Tim McGarry (Ed.), *Routledge Handbook of Sports Performance Analysis*. New York: Routledge.
- Hume, P. A., Hopkins, W. G., Robinson, D. M., Robinson, S. M., & Hollings, S. C. (1993). Predictors of attainment in rhythmic sportive gymnastics. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 33(4), 367-377.
- Hutchinson, M. R., Tremain, L., Christiansen, J., & Beitzel, J. (1998). Improving leaping ability in elite rhythmic gymnasts. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 30, 1543-1547.
- Jastrjemskaia, N., & Titov, Y. (2006). *Rhythmic Gymnastics - Hoop, Ball, Clubs, Ribbon, Rope*. Vermont, EUA: Echo Point Books & Media.

- Jemni, M. (2011). Specific Physical and Physiological assessments of gymnasts. In *The science of Gymnastics* (pp. 32-38). USA and Canada: Routledge.
- Karloh, M., Petry, R., Kraeski, M. H., Matias, T. S., Kraeski, D., & Menezes, F. S. (2010). Alongamento estático versus conceito Mulligan: aplicações no treino de flexibilidade em ginastas. *Revista Fisioterapia e Movimento*, 23(4), 523-533.
- Klentrou, N., Gorbulina, N., Aleksandrova, N., Delle-Chiae, D., Ferrand, C., & Fink, H. (2010). *Age group development program for rhythmic gymnastics: Sample physical testing program*. Lausanne, Switzerland: International Gymnastics Federation.
- Klentrou, P., & Pyley, M. (2003). Onset of puberty, menstrual frequency, and body fat in elite rhythmic gymnasts compared with normal controls. *Br J Sports Med.*, 37(6), 490-494.
- Kritikou, M., Donti, D., Bogdanis, G., Donti, A., & Theodorakou, K. (2017). Correlates of artistry performance scores in preadolescent rhythmic gymnasts. *Science of Gymnastics Journal*, 9(2), 165-177.
- Kwitniewska, A., Dornowski, M., & Hökelmann, A. (2009). Quantitative and Qualitative Analysis of International Standing in Group Competition in the Sport of Rhythmic Gymnastics. *Baltic Journal of Health and Physical Activity*, 1(2), 118-125.
- Laffranchi, B. (2001). *Treinamento desportivo aplicado à ginástica rítmica*. Londrina, Paraná: UNOPAR.
- Laffranchi, B. (2005). *Planejamento, Aplicação e Controle da Preparação Técnica da Ginástica Rítmica: Análise do Rendimento Técnico alcançado nas Temporadas de Competição*. Porto: Dissertação de Doutorado apresentada a Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.
- Lagerros, Y. T., & Lagiou, P. (2007). Assessment of physical activity and energy expenditure in epidemiological research of chronic diseases. *European Journal Epidemiology*, 22(6), 353-362.
- Leandro, C., Ávila-Carvalho, L., Sierra-Palmeiro, E., & Bobo-Arce, M. (2015). Accuracy in judgment: The difficulty score in elite rhythmic gymnastics individual routines. *Science of Gymnastics Journal*, 7(3), 81-93.
- Leandro, C., Ávila-Carvalho, L., Sierra-Palmeiro, E., & Bobo-Arce, M. (2016a). Departure Difficulty Score Vs Final Difficulty Score. The Effect of Performance in Elite Rhythmic Gymnastics. *Athens Journal of Sports*, 3(3), 169-177.
- Leandro, C., Ávila-Carvalho, L., Sierra-Palmeiro, E., & Bobo-Arce, M. (2016b). Technical content of elite Rhythmic Gymnastics. *Science of Gymnastics Journal* 8(1), 85-96.

- Leandro, C., Ávila-Carvalho, L., Sierra-Palmeiro, E., & Bobo-Arce, M. (2017). Individual exercises in Rhythmic Gymnastics: Variety and Diversity. *Apunts Educación Física y Deportes*, 128, 92-107.
- Lebre, E. (1993). *Estudo comparativo das exigências técnicas e morfofuncionais em Ginástica Rítmica Desportiva*. Porto: Dissertação de Doutoramento apresentada a Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.
- Lebre, E. (2007). *Estudo da dificuldade dos exercícios apresentados pelas ginastas individuais na Taça do Mundo de Portimão 2007*. Comunicação apresentada em 2º Congresso Nacional de Formação da Federação de Ginástica de Portugal.
- Lebre, E., & Araujo, C. (2006). *Manual de Ginástica Rítmica*. Porto: Porto Editora.
- Lisitskaya, T. (1995). *Gimnasia Rítmica. Deporte & Entrenamiento*. Barcelona: Editorial Paidotribo.
- Llobet, A. (2000). *Gimnasia Rítmica Deportiva: Teoría y práctica* (Vol. 3). Barcelona: Editorial Paidotribo.
- Maïmoun, L., Georgopoulos, N. A., & Sultan, C. (2014). Endocrine disorders in adolescent and young female athletes: impact on growth, menstrual cycles, and bone mass acquisition. *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, 99(11), 4037-4050.
- Malina, R., Baxter-Jones, A., Armstrong, N., Beunen, G., Caine, D., Daly, R., Lewis, R., Rogol, A., & Russell, K. (2013). Role of Intensive Training in the Growth and Maturation of Artistic Gymnasts. *Sports Med*, 43, 783-802.
- Malina, R., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). *Growth, maturation, and physical activity* (Vol. 2). Champaign: Human Kinetics.
- Malina, R. M. (2000). Growth, Maturation and Performance. In W. G. D. Kirkendall (Ed.), *Exercise and Sport Science* (pp. 425-445). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Malina, R. M., Ackerman, K. E., & Rogol, A. D. (2016). Growth and the Young Female Athlete. In S. C., A. K. & S. A. (Eds.), *The Young Female Athlete*. Switzerland: Springer, Cham.
- Malina, R. M., & Bouchard, C. (2002). *Atividade física do atleta jovem: do crescimento à maturação*. São Paulo: Roca.
- Manarin, G., Oliveira, D., Christofaro, D., & Fernandes, R. (2011). Associação entre a insatisfação corporal e o estado nutricional em jovens ginastas. *Colloquium Vitae*, 3(2), 9-14.
- Manso, J. M. (1999). *La Fuerza: Fundamentación, Valoración y Entrenamiento*. Madrid: Gymnos.
- McGuigan, M. (2014). Evaluation athletic capacities. In D. Joyce & D. Lewindon (Eds.), *High Performance Training for Sports*. Unites States of America: Human Kinetics.

- Menezes, L. S., & Fernandes Filho, J. (2006). Identificação e classificação das características dermatoglíficas, somatotípicas e de qualidades físicas básicas de atletas de GR de diferentes níveis de qualificação desportiva. *Fitness & Performance Journal*, 5(6), 393-401.
- Menezes, L. S., Novaes, J., & Fernandes-Filho, J. (2012). Qualidades físicas de atletas e praticantes de Ginástica Rítmica pré e pós-púberes. *Rev Salud Pública*, 14(2), 238-247.
- Menezes, L. S., Novaes, J., & Fernandes-Filho, J. (2014). Somatotipo de atletas y practicantes de gimnasia rítmica prepubescentes y postpubescentes. *Int J Morphol.*, 32(3), 968-972.
- Mihaela, M., Vasilica, G., & Lavinia, P. (2012). Study about the energy expenditure assessment in rhythmic gymnastics. *Science, Movement and Health*, 12(2).
- Miletić, D., Katić, R., & Maleš, B. (2004). Some anthropologic factors of performance in rhythmic gymnastics novices. *Collegium Antropologicum*, 28(2), 727-737.
- Miletić, D., Sekulic, D., & Wolf-Cvitak, J. (2004). The leaping performance of 7-year-old novice rhythmic gymnasts is highly influenced by the condition of their motor abilities. *Kinesiology*, 36, 35-43.
- Misigoj-Durakovic, M. (2012). Anthropometry in Premenarcheal Female Esthetic Sports Athletes and Ballerinas. In V. R. Preedy (Ed.), *Handbook of Anthropometry* (pp. 1817-1836). New York: Springer.
- Moltubakk, M. M., Eriksrud, O., Paulsen, G., Seynnes, O. R., & Bojsen-Moller, J. (2016). Hamstrings functional properties in athletes with high musculo-skeletal flexibility. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 26, 659-665.
- Moraru, C. E. (2016). *Physical Training in Rhythmic Gymnastics Theory and Practice*. Germany: Lambert Academic Publishing.
- Moskovljević, L., Radisavljević, L., & Dabović, M. (2013). The speed of progress in the apparatus handling technique in rhythmic gymnastics. *Physical Culture*, 67(1), 33-39.
- Núñez, A. M. (2005). Algunas consideraciones acerca del entrenamiento de la Flexibilidad en el Taekwondo [Versão eletrônica]. *EFDeportes Revista Digital*, 10. Consult. Outubro/2018, disponível em: <https://www.efdeportes.com/efd87/taek.htm>
- Oliveira, M., Lourenço, M., & Teixeira, D. (2004). Incidências de lesões nas equipes de Ginástica Rítmica da UNOPAR. *UNOPAR Científica Ciências Biológicas e da Saúde*, 5(6), 29-40.

- Özengin, N., Yildirim, N., Baltacı, G., & Masiulis, N. (2011). Acute effects of different stretching durations on vertical jump performance in rhythmic gymnasts. *Sportas*, 3(82), 16-22.
- Palmeiro, E. S., & Arce, M. B. (2004). *O comportamento da frequência cardíaca em ximnasia rítmica en función da modalidade e do aparato*. Comunicação apresentada em 10º Congresso de Ciencias do Desporto e de Educación Física dos países de língua portuguesa.
- Pavanelli, C. (2004). Testes de avaliação no futebol. In *Ciência do Futebol* (pp. 67-84). Barueri: Editora Manole.
- Piazza, M., Battaglia, C., Fiorilli, G., Innocenti, G., Iuliano, E., Aquino, G., Calcagno, G., Giombini, A., & Di Cagno, A. (2014). Effects of resistance training on jumping performance in pre-adolescent rhythmic gymnasts: a randomized controlled study. *Italian Journal of Anatomy and Embryology*, 119(1), 10-19.
- Pietrzyk, D. (2003). *Relations between morphological structure and performance in female rhythmic gymnasts*. Comunicação apresentada em 8th International Scientific conference.
- Poliszczyk, T., & Brod, D. (2010). Somatic constitution and the ability to maintain dynamic body equilibrium in girls practicing rhythmic gymnastics. *Pédiatrie Endocrinology, Diabetes and Metabolism*, 16(2), 94-99.
- Popovic, R. (2000). International bias detected in judging rhythmic gymnastics competition at Sydney-2000 Olympic Games. *Facta Universitatis. Series: Physical Education and Sport*, 1(7), 1-13.
- Portier, H., Arlettaz, A., Lepanse, B., Lecocq, A. M., Labsy, Z., & Collomp, K. (2006). Estimation de la dépense énergétique en gymnastique rythmique. *Science & Sports*, 21(5), 300-302.
- Purenović-Ivanović, T., & Popović, R. (2014). Somatotype of Top-Level Serbian Rhythmic Gymnasts. *Journal of Human Kinetics*, 40, 181-187.
- Purenović-Ivanović, T., Popović, R., & Moskovljević, L. (2017). The contribution of pubertal development to performance scores in high-level rhythmic gymnasts. *Acta Gymnica*, 47(3), 122-129.
- Quintal, A., Teixeira, A., Freitas, M., Maia, J., Freitas, D., Valdivia, A., Seabra, A., Garganta, R., Almeida, S., & Gouveia, E. (2007). *O atleta infanto-juvenil madeirense: Seleção, performance motora e morfologia externa*: Universidade do Porto e Universidade da Madeira.
- Radaš, J., & Bobić, T. (2011). Posture in top-level Croatian rhythmic gymnasts and non-trainees. *Kinesiology*, 43(1), 64-73.

- Rama, L. (2016). Teoria e Metodologia do Treino - Modalidades individuais. *Plano Nacional de Formação de Treinadores - Manual de Curso de Treinadores de Desporto (Grau I)*, disponível em http://www.idesporto.pt/ficheiros/file/Manuais/Graul/Graul-07a_Metodologia%20Individ.pdf
- Ribeiro, L. P. (2012). *Maturação Biológica em praticantes desportivos nos anos peri-pubertários: Estudo multimétodo e concorrente entre indicadores e protocolos*. Coimbra: Dissertação de Doutoramento apresentada a Universidade de Coimbra.
- Róbeva, N., & Rankélova, M. (1991). *Escola de Campeãs: Ginástica Rítmica Desportiva*. São Paulo: Ícone Editora.
- Rodriguez, I., Molinuelo, J., Rivilla-Garcia, J., Rodenas, A., & Galán, M. (2010). Evolución y relación de la capacidad de salto y amortiguación en gimnastas de rítmica de alto nivel. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 10, 43-50.
- Román, M. L., del Campo, V. L., Solana, R. S., & Martín, J. M. (2012). Perfil y diferencias antropométricas y físicas de gimnastas de tecnificación de las modalidades de artística y rítmica. *Retos. Nuevas tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, 21, 58-62.
- Romanzini, M., Petroski, E. L., & Reichert, F. F. (2012). Limiares de acelerômetros para a estimativa da intensidade da atividade física em crianças e adolescentes: uma revisão sistemática. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 14(1), 102-113.
- Rushall, B. S. (1995). *Mental Skills Training for Sports* (Vol. 2). Canberra, Australia: Australian Coaching Council.
- Rutkauskaitė, R., & Skarbalius, A. (2009). Training and sport performance of the 11-12 year old athletes in rhythmic gymnastics. *Sportas* 1(72), 107-115.
- Rutkauskaitė, R., & Skarbalius, A. (2011). Interaction of training and performance of 13-14-years-old athletes in rhythmic gymnastics. *Sportas*, 3(82), 29-36.
- Rutkauskaitė, R., & Skarbalius, A. (2012). Models and interaction of intensive training and sport performance of 14-15-year-old athletes in rhythmic gymnastics. *Sportas*, 4(87), 57-64.
- Saladini, A., Fogaça-Júnior, O., & Reis, P. (2010). *Saberes sobre o conteúdo dominância lateral: contribuições para a Educação Física*. Comunicação apresentada em Congresso Internacional de Educação Física.
- Salvador, G. (2009). *Avaliação do nível de dificuldade corporal dos exercícios individuais de competição de Ginástica Rítmica das ginastas portuguesas da categoria de juvenil e de junior*. Porto: Dissertação de Mestrado apresentada a Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.

- Santos, A. B. (2011). *Flexibilidade e Força em Ginástica Rítmica: Avaliação de ginastas juniores portuguesas*. Porto: Dissertação de Mestrado apresentada a Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.
- Santos, P., & Soares, J. (2001). Capacidade aeróbia em futebolistas de elite em função da posição específica no jogo. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, 1(2), 7-12.
- Šebić-Zuhrić, L., Tabaković, M., Hmjelovjec, I., & Atiković, A. (2008). Predictive values of morphological characteristics in rhythmic gymnastics. *Sport Scientific And Practical Aspects. International Scientific Journal of Kinesiology*, 5, 45-50.
- Šebić, L., & Ljubojević, A. (2016). *Construction and validation of specific flexibility tests in Rhythmic Gymnastics*. Comunicação apresentada em 2nd International, Sport, Science, Education and Development Conference.
- Sierra-Palmeiro, E., Fernández-Villarino, M., & Bobo-Arce, M. (2015). *Estudio longitudinal (1997-2014) de la técnica de aparatos en al gimnasia rítmica individual de élite*. Comunicação apresentada em 1º Congresso Iberoamericano Desporto, Educação, Atividade Física e Saúde.
- Sierra, E., & Bobo, M. (2000). *Estudio de la variable técnica en los ejercicios de conjunto en gimnasia rítmica deportiva*. Comunicação apresentada em I Congreso de la Asociación Española de Ciencias del Deporte.
- Silva, G., Almeida, A., Rodrigues, S., Szmuchrowski, L., Silva, R., & Drummond, M. (2018). The acute effect of a sport-specific stretching routine on the performance of vertical jumps in rhythmic gymnasts. *Journal of Exercise Physiology*, 21(2), 30-39.
- Silva, J., Oliveira, D., Leme, D., Nascimento Júnior, J., & Anversa, A. L. (2016). Influência do treinamento de flexibilidade e força muscular em atletas de Ginástica Rítmica. *Revista Saúde e Pesquisa*, 9(2), 325-331.
- Silva, M. R. (2001). *Alterações induzidas pelo novo Código de Pontuação no treino de Força em Ginástica Rítmica*. Porto: Dissertação de Licenciatura apresentada a Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.
- Silva, M. R. G. (2007). *Avaliação nutricional e composição corporal* (Vol. 3). Porto: Edições Universidade Fernando Pessoa.
- Sousa, F. M. A. M. (1997). *Biomecânica dos saltos em Ginástica Rítmica Desportiva: Análise Cinemática e caracterização técnica dos principais saltos em Ginástica Rítmica Desportiva*. Porto: Dissertação de Mestrado apresentada a Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.
- Stadnik, A. M., Ulbricht, L., Perin, A., & Ripka, W. L. (2010). Avaliação da performance relacionada aos componentes equilíbrio, força e flexibilidade de meninas

- praticantes de Ginástica Rítmica. [Versão eletrônica]. *EFDeportes*, 15. Consult. 15 may 2016, disponível em: <https://www.efdeportes.com/efd145/avaliacao-de-meninas-praticantes-de-ginastica-ritmica.htm>
- Teixeira, L. A. (2006). *Controle Motor*. Barueri - São Paulo: Manole.
- Toledo, E., Oliveira, M., Scarabelim, M. L., & Assumpção, B. (2018). The impact of the change in the musical attributes of the Code of Points (2013-2016) on the routines in Rhythmic Gymnastics of the Rio 2016 Olympic Games. *Science of Gymnastics Journal*, 10(3), 421-435.
- Tringali, C., Brivio, I., Stucchi, B., Silvestri, I., Scurati, R., Michielon, G., Alberti, G., & Venerando, B. (2014). Prevalence of a characteristic gene profile in high-level rhythmic gymnasts. *J. Sports Sci.*, 32(14), 1409-1415.
- Vernetta, M., Fernández, E., López-Bedoya, J., Gómez-Landero, A., & Oña, A. (2011). Estudio relacional entre el perfil morfológico y estima corporal en la selección andaluza de gimnasia rítmica deportiva *Motricidad. European Journal of Human Movement*, 26, 77-92.
- Volpi da Silva, L., Lopez, L., Costa, M. C., Gomes, Z., & Matsushigue, K. (2008). Avaliação da flexibilidade e análise postural em atletas de Ginástica Rítmica Desportiva: Flexibilidade e Postura na Ginástica Rítmica. *Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte*, 7(1), 59-68.
- Weineck, J. (1999). *Treinamento ideal: Instruções técnicas sobre o desempenho fisiológico, incluindo considerações específicas do treinamento infantil e juvenil* (Vol. 9). São Paulo: Editora Manole.
- Yaping, S., & Tian, X. (2008). A Predictive Analysis on Group Exercise of Chinese Rhythmic Gymnastics at the 2008 Olympic. *Cross-Cultural Communication*, 4(2), 48.
- Zaidi, Z. F. (2011). Body Asymmetries: Incidence, Etiology and Clinical Implications. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(9).
- Zakharov, A., & Gomes, A. (1992). *Ciência do Treinamento Desportivo*. Rio de Janeiro: Grupo Palestra.
- Zetaruk, M., Fors, M. V., Zurakowski, D., Mitchell Jr, W., & Micheli, L. (2006). Recomendaciones para el entrenamiento y prevención de lesiones en gimnastas de rítmica de elite *Apunts Med Esport*, 41(151), 100-106.

CAPÍTULO II

Metodologia Geral

METODOLOGIA GERAL

1. Caracterização da amostra

A amostra foi constituída por 166 ginastas portuguesas, 9 ginastas brasileiras e 72 ginastas presentes nas Taças do Mundo de Lisboa em 2013 e 2014, representando 31 países diferentes. A Tabela 1 apresenta uma caracterização geral da amostra.

Tabela 1: Caracterização geral da amostra

Amostra	Nível de rendimento		Escalão	n	Idade ¹ ($\bar{x}\pm sd$)	Massa Corporal ² ($\bar{x}\pm sd$)	Altura ³ ($\bar{x}\pm sd$)	
Ginastas portuguesas	Ginastas de nível nacional	Base	Juvenil	38	11.1±0.6	38.5±2.4	146.9±6.3	
		Base	Júnior	28	13.2±0.6	47.8±7.1	156.2±4.6	
		Base	Sénior	19	15.6±1.0	55.2±6.9	160.0±4.9	
		1ª divisão	Juvenil	29	11.3±0.7	34.2±4.6	143.2±5.2	
		1ª divisão	Júnior	26	13.2±0.8	43.7±7.1	155.3±8.8	
		1ª divisão	Sénior	17	16.5±1.3	53.4±5.4	162.5±5.7	
Ginastas brasileiras	Ginastas de nível internacional	Elite	Júnior	5	13.0±0.0	38.5±4.6	152.7±6.5	
		Elite	Sénior	4	15.8±1.3	47.7±2.7	159.7±4.7	
Ginastas participantes das TM			Elite	Sénior	9	20.8±1.9	53.1±4.3	164.9±3.4
Elite			Sénior	72	18.4±2.3	49.3±4.0	167.2±4.2	

Legenda – TM: Taças do Mundo de Lisboa em 2013 e 2014; ¹ em anos; ² em quilogramas (kg); ³ em centímetros (cm); $\bar{x}$: média; sd: desvio padrão.

A Tabela 1 mostra que este estudo contou com uma amostra de 166 ginastas portuguesas dos três níveis de competição (Base, 1ª divisão e Elite) e com idades compreendidas entre 11 e 18 anos (13.0 $\pm$ 0.2 anos), correspondendo aos escalões etários: juvenis (11 a 13 anos), juniores (13 a 15 anos) e seniores (a partir de 16 anos). No total foram avaliadas 85 ginastas da Base, 72 ginastas da 1ª divisão e 9 ginastas da Elite. Todas as ginastas portuguesas foram avaliadas pela mesma equipa de avaliadores, nos respetivos locais de treino, no período compreendido entre os meses de janeiro à abril de 2014.

Estiveram presentes na amostra do estudo 97% das ginastas portuguesas participantes dos Campeonatos Nacionais de Base, 1ª divisão e Elite. Além disso, podemos ressaltar que todos os clubes filiados a FGP participaram em

nosso estudo. Deste modo, podemos considerar que a informação da presente tese está alicerçada numa amostra representativa da GR portuguesa.

Este estudo também contou com uma amostra de 9 ginastas seniores brasileiras (Tabela 1) integrantes da Seleção Nacional de conjunto com idades compreendidas entre 18 e 24 anos (20.8 ± 1.9 anos). Estas ginastas foram avaliadas pela mesma equipa de avaliadores, no respetivo local de treino (Centro Nacional de Treinamento em Aracaju – Brasil), em Dezembro de 2015. A Seleção Brasileira de conjunto é formada por ginastas selecionadas em competições individuais e, portanto, antes de integrar o grupo estas tiveram uma expressiva carreira desportiva individual. As ginastas brasileiras de elite apresentam um elevado nível de rendimento em contexto internacional. Além disso, entre as condições de trabalho, este grupo de ginastas possui despesas ao cargo da Confederação Brasileira de Ginástica e remuneração através do contrato de bolsa auxílio junto ao Ministério do Esporte.

Por fim, a amostra deste estudo ainda foi constituída por 72 ginastas de 31 países, com idades entre 16-28 anos (18.4 ± 2.3 anos), as quais participaram nas Taças do Mundo de Lisboa – Portugal, em 2013 e 2014. O conteúdo dos exercícios de competição destas ginastas, assim como das ginastas portuguesas de elite foram analisados. Dado que cada ginasta realiza 4 exercícios (arco, bola, maçãs e fita) em competição, este estudo contou com a análise do conteúdo de um total de 288 exercícios individuais de competição. Além disso, referimos que a idade e dados antropométricos (massa corporal e altura) destas ginastas foram retirados do site da FIG (FIG, 2014).

De seguida serão apresentadas, sequencialmente, a descrição dos métodos e instrumentos utilizados na avaliação das ginastas e dos exercícios de competição, assim como os aspetos relativos ao controle da qualidade da informação, análise estatística e questões éticas.

2. Descrição dos métodos e instrumentos utilizados

2.1. Avaliação das ginastas

2.1.1. Antropometria

As medidas antropométricas (Tabela 2) foram realizadas de acordo com as normas e técnicas recomendadas e descritas no *Anthropometric standardization reference manual* por Lohman et al. (1988). Todas as medidas antropométricas foram efetuadas no início de cada sessão de treino pelo mesmo antropometrista treinado e com o auxílio de assistentes familiarizados com os procedimentos específicos de registro das informações. Além disso, as medições foram realizadas em duplicado ou quando necessário em triplicado.

Tabela 2: Medidas antropométricas, respectivas precisões e instrumentos utilizados

Medidas antropométricas		Precisão	Instrumento utilizado
Dimensões gerais do corpo e comprimento dos seguimentos	Massa corporal (kg)	0.1 kg	Balança portátil de Bioimpedância (Tanita BC-558 Ironman Segmental Body Composition Analyzer)
	Altura (cm)	0.1 cm	Estadiômetro portátil (<i>Personal Caprice Sanny Stadiometer</i> , SP-BR)
	Altura sentado (cm)	0.1 cm	
	Altura do ombro sentado (cm)	0.1 cm	
	Comprimento do membro superior (cm)	0.1 cm	Segmômetro (SEG4, Rosscraft, CA)
	Comprimento do membro inferior (cm)	–	Estimado através da diferença entre a altura em pé e a altura sentado
Diâmetros (cm)	Biacromial, Bicristal, Umeral e Femural	0.1 cm	Compasso pontas redondas (<i>Holtain Ltd.</i> , Inglaterra).
Perímetros (cm)	Braquial relaxado, Braquial tenso, Crural e Geminal	0.1 cm	Fita métrica antropométrica Sanny
Pregas de adiposidade subcutânea (mm)	Tricipital, Subescapular, Supraílica, Abdominal, Crural e Geminal	0.2 mm	Adipômetro (<i>Holtain Skinfold Caliper</i>)

Algumas das medidas antropométricas (altura do ombro sentado, comprimento do membro inferior, comprimento do membro superior e perímetros – braquial relaxado, braquial tenso, crural e geminal), foram realizadas bilateralmente em ginastas de elite.

2.1.2. Composição corporal

A gordura corporal (%GC) foi estimada através da equação proposta por Slaughter et al. (1988), para ginastas com idade inferior a 18 anos: $\%GC = [0.610 * (TRI + GEM)] + 5.1$, onde TRI e GEM correspondem as pregas de adiposidade subcutânea do tríceps e geminal, respectivamente. Para ginastas com idade superior a 18 anos (Siri, 1961): $\%GC = [(4.95/DC) - 4.50] * 100$, onde DC corresponde a densidade corporal e esta foi calculada de acordo com equação proposta por Jackson et. al (1980): $DC (g/m^3) = 1.0994921 - 0.0009929 * (\Sigma PAS1) + 0.0000023 * (\Sigma PAS1)^2 - 0.0001392 * (idade)$, onde $\Sigma PAS1$ = soma das pregas de adiposidade do tríceps, coxa e suprailíaca (mm).

Além disso, foi calculado Índice de Massa Corporal (IMC) através da seguinte equação: $IMC = \text{Massa corporal} / \text{Altura}^2$.

2.1.3. Somatótipo

A determinação do tipo físico (forma do corpo) ou somatótipo, assim como o cálculo dos seus componentes foram efetuados de acordo com os procedimentos descritos por Carter & Heath (1990) e com base em 10 medições antropométricas: massa corporal, altura, diâmetros (bicôndilo umeral e femural), perímetros (braquial tenso e geminal) e pregas de adiposidade subcutânea (tríceps, subescapular, suprailíaca e geminal). De acordo com Carter & Heath (1990), o somatótipo é um indicador da forma, estrutura e composição do corpo humano; e é expresso em uma série de três números ordenados, que correspondem a três componentes:

(1) Endomorfia, indicativo de adiposidade corporal relativa e calculado através da seguinte equação: $\text{endomorfia} = -0.7182 + 0.1451 (X) - 0.00068 (X^2) + 0.0000014 (X^3)$, onde $X = [(soma \text{ das pregas de adiposidade do tríceps, subescapular e suprailíaca}) * (170.18 / \text{altura em cm})]$;

(2) Mesomorfia expressa a robustez músculo esquelética relativa representada pela seguinte equação: $\text{mesomorfia} = (0.858 * DU + 0.601 * DF + 0.188 * PBC + 0.161 * PGC) - (0.131 * A) + 4.5$, onde DU = diâmetro bicôndilo umeral, DF = diâmetro bicôndilo femural, PBC = perímetro braquial tenso corrigido, PGC = perímetro geminal corrigido; A = altura. PBC e PGC são os

perímetros corrigidos pelas pregas de adiposidade subcutânea tricipital e geminal respetivamente como se segue: $PBC = (\text{perímetro braquial tenso} - \text{prega tricipital}) / 10$; $PGC = (\text{perímetro geminal} - \text{prega geminal}) / 10$;

(3) Ectomorfia expressa a linearidade relativa ou magreza. Este componente é marcado pelo IPR, índice ponderal recíproco ($\text{altura} / \sqrt[3]{\text{massa corporal}}$): se $IPR \geq 40.75$, $\text{ectomorfia} = 0.732 * IPR - 28.58$; se $IPR < 40.75$ e > 38.25 , $\text{ectomorfia} = 0.463 * IPR - 17.63$; se $IPR < 38.25$, $\text{ectomorfia} = 0.1$ (Carter, 2002).

2.1.4. Maturação biológica

A maturação biológica foi obtida com base em três indicadores: estádios puberais, idade da menarca e idade do pico de velocidade de altura (PVA). Assim, apresentaremos de seguida a metodologia e instrumentos de recolha para a determinação da maturação sexual e somática das ginastas.

2.1.4.1. Maturação Sexual

Para análise da maturação sexual, as ginastas realizaram uma autoavaliação através de um questionário (anexo 2), que apresenta cinco fases de desenvolvimento dos caracteres sexuais secundários: mamas e pelos pubianos, para podermos determinar o seu estágio puberal (Tanner, 1962). Foram considerados os cinco estádios de desenvolvimento dos caracteres sexuais secundários (Tanner, 1962): o estágio 1 é designado de pré-púbere, os estádios 2 a 4 denominados de púberes, e o estágio 5 corresponde ao pós-púbere ou estado maduro do carácter avaliado. Além disso, a idade da menarca também foi utilizada como indicador de maturação sexual, através do método retrospectivo (Marshall & Tanner, 1986), por meio de questionário (anexo 2).

2.1.4.2. Maturação Somática

Para inferir, indiretamente, a maturação somática, foi utilizado o *Maturity Offset* (Mirwald et al., 2002), que é uma estimativa da distância que a ginasta se encontra, em anos, do seu pico de velocidade de altura (PVA). Deste modo, o

PVA foi estimado através da equação proposta por Mirwald et al. (2002), utilizando as variáveis: idade decimal (ID) (Healy et al., 1981); altura (A); altura sentado (AS); massa corporal (MC); comprimento dos membros inferiores (CMI):

$$\text{Maturity Offset} = -9.376 + [0.0001882 * (\text{CMI} * \text{AS})] + [(0.0022 * (\text{ID} * \text{CMI})) + [(0.005841 * (\text{ID} * \text{AS})) - [0.02658 * (\text{ID} * \text{MC})] + [0.07693 * ((\text{MC}/\text{A}) * 100)].$$

O valor é expresso em anos, para mais (+) ou para menos (-). Uma ginasta com idade somática avançada relativamente à sua idade cronológica em mais de um ano (*offset* maturacional > 1), é classificada como “avançada”. O valor do *offset* maturacional indica o número de anos que a ginasta está para além do PVA. Uma ginasta com idade somática atrasada relativamente à sua idade cronológica em mais de um ano (*offset* maturacional < 1), é classificada como “atrasada” e este valor negativo indica o número de anos aquém do PVA. Por fim, uma ginasta com idade somática dentro do intervalo [-1; 1] relativamente à sua idade cronológica é classificada como “normal”, e o valor do *offset* maturacional indica que a ginasta está a vivenciar o seu PVA. Assim, a idade prevista do PVA é determinada pela diferença entre a idade cronológica à data da avaliação e o valor referente ao *offset* maturacional.

2.1.5. Desempenho motor

Para a avaliação do desempenho motor foram realizados dezasseis testes, voltados para a análise da flexibilidade e da força (explosiva e de resistência) usando movimentos específicos da GR, sendo catorze testes recomendados pela FIG (Klentreu et al., 2010), um teste adaptado pelos autores e um teste proposto por Douda et al. (2008). Os testes de desempenho motor (Tabela 3) foram realizados em ambiente de treino e seguindo rigorosamente o protocolo definido.

Tabela 3: Descrição dos testes de desempenho motor

Componentes do desempenho motor	Testes
Flexibilidade	a. Manutenção do MI à frente com ajuda da mão; b. Manutenção do MI ao lado com ajuda da mão; c. Manutenção do MI à retaguarda com ajuda da mão; d. Manutenção do MI à frente sem ajuda da mão;

	e. Manutenção do MI ao lado sem ajuda da mão; f. Manutenção do MI à retaguarda sem ajuda da mão; g. Rotação dos membros superiores* ¹ ; h. Elevação do tronco até a vertical; i. Elevação máxima do tronco* ² ; j. <i>Forward stand-and-reach</i> .
Força de resistência e resistência muscular localizada	k. <i>Battements</i> à frente; l. <i>Battements</i> à retaguarda; m. Elevações do tronco; n. Abdominais <i>curl-ups</i> ; o. Saltos duplos com a corda
Força explosiva	p. <i>Vertical jump test</i>

*¹: Teste retirado de Douda et al. (2008), *²: Teste adaptado pelos autores de Klentrou et al. (2010).

2.1.5.1. Avaliação da Flexibilidade

A flexibilidade passiva e ativa máxima foi avaliada através de dez movimentos específicos da GR usando as principais articulações: escápulo-umeral, coxofemoral e coluna vertebral. Os testes foram agrupados de acordo com a região anatômica analisada:

- a) Membros inferiores (MI): flexibilidade passiva – manutenção do MI à frente (PLF), ao lado (PLS) ou à retaguarda (PLB) com ajuda da mão; flexibilidade ativa – manutenção do MI à frente (ALF), ao lado (ALS) ou à retaguarda (ALB) sem ajuda da mão.
- b) Membros superiores (MS): rotação dos MS em anteversão e retroversão (RUL).
- c) Testes multiarticulares: elevação do tronco até à vertical (TLV), elevação máxima do tronco (MTL); e *forward stand-and-reach* (FSR).

A maior parte dos testes de flexibilidade (testes de flexibilidade de MI e de elevação do tronco) avalia esta capacidade motora comparando a amplitude de movimento das articulações com uma tabela de classificação (Klentrou et al., 2010). Existem 5 níveis atribuídos a cada movimento, referindo-se à amplitude de movimento máxima possível usando uma escala de 0 a 4 pontos (0 = mau, 1

= satisfatório, 2 = bom, 3 = muito bom e 4 = excelente). Apenas números inteiros foram atribuídos aos resultados. Para movimentos com uma amplitude de movimento entre dois pontos da tabela de classificação, o valor mais baixo foi registrado. Os demais testes de flexibilidade (RUL e FRS) são lineares e os resultados são apresentados em centímetros (cm).

2.1.5.1.1. Testes de flexibilidade de membros inferiores

a) Testes de flexibilidade passiva de membros inferiores

Teste 01: Manutenção do MI à frente com ajuda da mão (PLF)

Objetivo: Avaliar a flexibilidade passiva da articulação coxofemoral.

Medição: Ângulo máximo de amplitude da articulação coxofemoral.

Equipamento: Tabela 5 pontos (tabela de classificação).

Posição: Em pé, com a mão na parede ou noutro suporte.

Ação: Elevar e manter o MI à frente em máxima amplitude com ajuda da mão. Realizar com os dois MI.



Figura 1: Pontos de referência (0 – 4) do teste 1: Manutenção do MI à frente com ajuda da mão (PLF)

Teste 02: Manutenção do MI ao lado com ajuda da mão (PLS)

Objetivo: Avaliar a flexibilidade passiva da articulação coxofemoral.

Medição: Ângulo máximo de amplitude da articulação coxofemoral.

Equipamento: Tabela 5 pontos (tabela de classificação).

Posição: Em pé, com a mão na parede ou noutro suporte.

Ação: Elevar e manter o MI ao lado em máxima amplitude com ajuda da mão. Realizar com os dois MI.

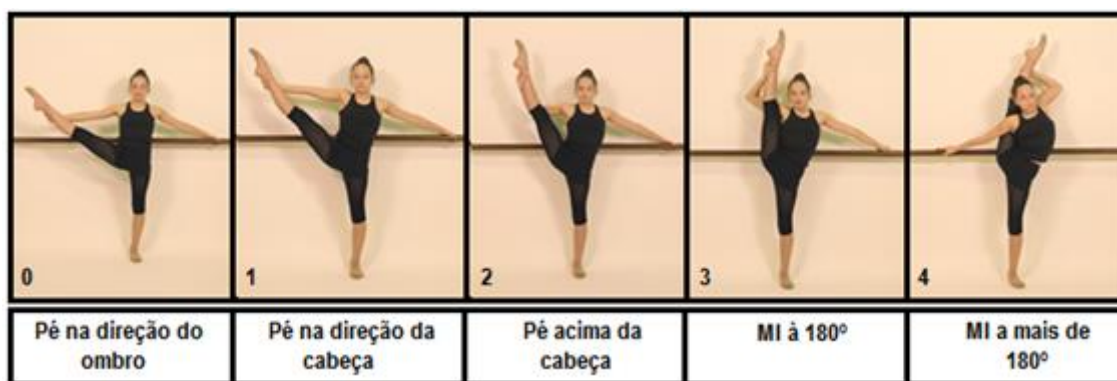


Figura 2: Pontos de referência (0 – 4) do teste 2: Manutenção do MI ao lado com ajuda da mão (PLS)

Teste 03: Manutenção do MI à retaguarda com ajuda da mão (PLB)

Objetivo: Avaliar a flexibilidade passiva da articulação coxofemoral.

Medição: Ângulo máximo de amplitude da articulação coxofemoral.

Equipamento: Tabela 5 pontos (tabela de classificação)

Posição: Em pé, com a mão na parede ou noutro suporte

Ação: Elevar e manter o MI à retaguarda em máxima amplitude com ajuda. Realizar com os dois MI.



Figura 3: Pontos de referência (0 – 4) do teste 3: Manutenção do MI à retaguarda com ajuda da mão (PLB)

a) Testes de flexibilidade ativa de membros inferiores

Teste 04: Manutenção do MI à frente sem ajuda da mão (ALF)

Objetivo: Avaliar a flexibilidade ativa da articulação coxofemoral.

Medição: Ângulo máximo de amplitude da articulação coxofemoral.

Equipamento: Tabela 5 pontos (tabela de classificação).

Posição: Em pé, com a mão na parede ou noutro suporte.

Ação: Elevar e manter o MI à frente em máxima amplitude sem ajuda da mão. Realizar com os dois MI.



Figura 4: Pontos de referência (0 – 4) do teste 4: Manutenção do MI à frente sem ajuda da mão (ALF)

Teste 05: Manutenção do MI ao lado sem ajuda da mão (ALS)

Objetivo: Avaliar a flexibilidade ativa da articulação coxofemoral.

Medição: Ângulo máximo de amplitude da articulação coxofemoral.

Equipamento: Tabela 5 pontos (tabela de classificação).

Posição: Em pé, com a mão na parede ou noutro suporte.

Ação: Elevar e manter o MI ao lado em máxima amplitude sem ajuda da mão. Realizar com os dois MI.



Figura 5: Pontos de referência (0 – 4) do teste 5: Manutenção do MI ao lado sem ajuda da mão (ALS)

Teste 06: Manutenção do MI à retaguarda sem ajuda da mão (ALB)

Objetivo: Avaliar a flexibilidade ativa da articulação coxofemoral.

Medição: Ângulo máximo de amplitude da articulação coxofemoral.

Equipamento: Tabela 5 pontos (tabela de classificação).

Posição: Em pé, com a mão na parede ou noutro suporte.

Ação: Elevar e manter o MI à retaguarda em máxima amplitude sem ajuda. Realizar com os dois MI.

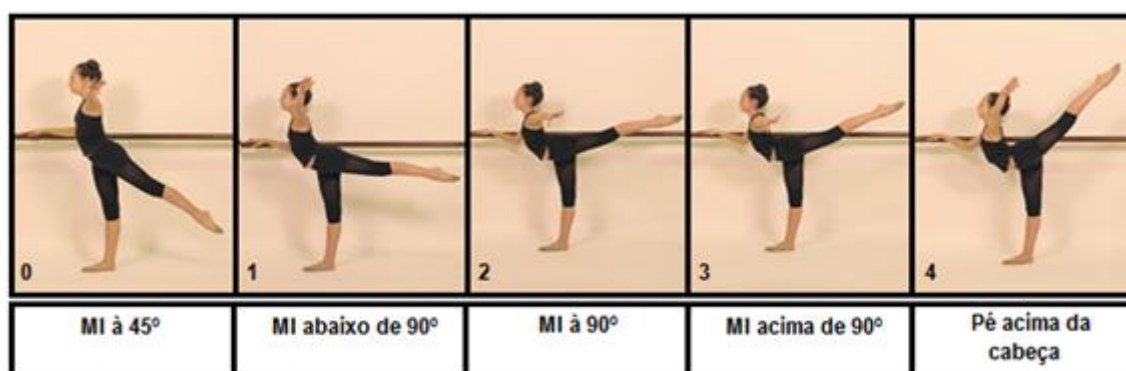


Figura 6: Pontos de referência (0 – 4) do teste 6: Manutenção do MI à retaguarda sem ajuda da mão (ALB)

Nos testes de flexibilidade de MI as ginastas realizaram os exercícios com o membro inferior preferido (MIP) e não preferido (MINP). O MIP é o MI que a ginasta prefere para realizar a tarefa e o MINP é o MI de apoio. Um limite de 15% de diferença bilateral foi estabelecido como o valor máximo para uma diferença dentro da normalidade (ou seja, sem assimetria) entre o MIP e MINP (Marchetti, 2009). O índice de assimetria (IA) foi calculado usando a equação (Chavett et al., 1997): $IA (\%) = [(MIP - MINP) / MIP] * 100$, onde IA representa o índice de assimetria, MIP é o resultado dos testes realizados com o membro inferior preferido (valor médio nos testes de flexibilidade ativa ou/e passiva com MIP) e MINP o resultado dos testes realizados com o membro inferior não preferido (valor médio obtido nos testes de flexibilidade ativa ou/e passiva com MINP).

2.1.5.1.2. Testes de flexibilidade de membros superiores

Teste 07: Rotação dos membros superiores (RUL)*¹

Objetivo: Avaliar a flexibilidade ativa da articulação escápulo-umeral.

Medição: Distância mínima das mãos durante a rotação dos MS.

Equipamento: Régua com escala (cm).

Posição: Em pé, com a régua na frente do corpo com a distância mínima entre as mãos.

Ação: Rotação dos MS estendidos sem inclinação do tronco (anteversão e retroversão).

*¹: Teste retirado de Douda et al. (2008); neste teste foi sugerido às ginastas que realizassem o movimento com a mínima distância entre as mãos, mas sem atingir um desconforto.



Figura 7: Modo de realização do teste 7: Rotação dos membros superiores (RUL)

2.1.5.1.3. Testes de flexibilidade multiarticulares

Entre os testes multiarticulares foram realizados dois testes semelhantes de elevação do tronco, contudo, com amplitudes máximas distintas: elevação do tronco até à vertical (TLV) e elevação máxima do tronco (MTL). O teste de flexibilidade da coluna vertebral (TLV) proposto pela FIG (Klentrou et al., 2010) implica uma amplitude máxima até a posição vertical. Decidimos então incluir um teste adaptado (MTL) com as mesmas exigências da FIG, mas recorrendo à máxima amplitude, uma vez que na GR atual são requeridos níveis superiores de flexibilidade nas articulações da coluna vertebral para a realização dos diversos elementos corporais, como exemplo os saltos com extensão do tronco, em que o Código de Pontuação (FIG, 2016) determina que a ginasta necessita tocar com a cabeça na perna para validar o referido elemento de dificuldade.

Teste 08: Elevação do tronco até a vertical (TLV)

Objetivo: Avaliar a flexibilidade ativa das articulações da coluna vertebral.

Medição: Ângulo máximo de amplitude das articulações da coluna vertebral em movimento de extensão até a posição de 90° em relação aos MI.

Equipamento: Tabela 5 pontos (tabela de classificação).

Posição: Deitada em decúbito ventral.

Ação: Elevação e manutenção do tronco sem ajuda até a vertical.

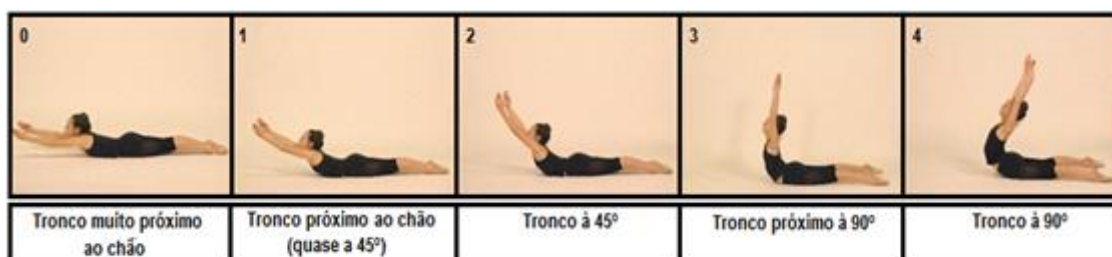


Figura 8: Pontos de referência (0 – 4) do teste 8: Elevação do tronco até a vertical (TLV)

Teste 09: Elevação máxima do tronco (MTL)*²

Objetivo: Avaliar a flexibilidade ativa das articulações da coluna vertebral.

Medição: Ângulo máximo de amplitude das articulações da coluna vertebral em movimento de extensão máxima.

Equipamento: Tabela 5 pontos (tabela de classificação).

Posição: Deitada em decúbito ventral.

Ação: Elevação e manutenção na posição de extensão máxima do tronco sem ajuda.

*²: Teste de flexibilidade adaptado pelos autores de Klentrou et al. (2010).



Figura 9: Pontos de referência (0 – 4) do teste 9: Elevação máxima do tronco (MTL)

Teste 10: Forward stand-and-reach (FSR)

Objetivo: Avaliar a flexibilidade ativa das articulações da coluna vertebral e coxofemoral, assim como isquiotibiais.

Medição: Distância máxima da borda do banco até os dedos das mãos.

Equipamento: Fita métrica.

Posição: Em pé no banco com os joelhos estendidos e dedos dos pés na borda do banco.

Ação: Flexão máxima do tronco. Repetir 4 vezes; na quarta repetição manter a posição de alcance máximo.



Figura 10: Modo de realização do teste 10: Forward stand-and-reach (FSR)

2.1.5.2. Avaliação da Força

Para a avaliação da força, seis testes foram realizados. Parte desses testes são exercícios caracterizados pela execução de movimentos enérgicos, rápidos e contínuos, através do número máximo de repetições num determinado tempo (30 segundos): *Battements* à frente (FPK), *Battements* à retaguarda (BPK), Elevações do tronco (PTE), Abdominais *curl-ups* (PCU) e saltos duplos com a corda (RSK). Portanto, estes movimentos demandam um bom nível de força de resistência, devido à exigência de repetições com potência máxima, ou seja, um ritmo máximo, mantendo a amplitude ideal de movimento com curtos períodos de descanso. A execução dos exercícios foi registrada em vídeo (*Nikon D5300, Tokyo-Japan* e *Samsung VP DX 100, South Korea*) e após análise, foram contabilizadas as repetições válidas de cada ginasta.

Como complemento, as ginastas realizaram o salto vertical (VTJ) (Sargent, 1921), de acordo com a técnica do salto vertical com movimento preparatório (contramovimento), que é a flexão rápida e a extensão do quadril, joelho e tornozelo, em um movimento de projeção corporal vertical (Komi & Bosco, 1978). A técnica de salto foi explicada verbalmente com detalhe, repetida e demonstrada quando necessário. No momento da execução do salto, foi permitido flexionar livremente o MI e mover os MS, para fornecer o maior impulso vertical possível.

2.1.5.2.1. Testes de força

Teste 01: *Battements* à frente (FPK)

Objetivo: Medir a força de resistência e resistência muscular (MI).

Equipamento: Cronômetro.

Posição: Em decúbito dorsal e MI estendidos.

Ação: Elevação de cada MI até a posição vertical alternando o mais rápido possível. A anca em retroversão, MS estendidos e afastados, abdômen contraído, coluna vertebral ereta e apoiada no chão.

Medição: Máximo de repetições em 30 segundos.

.



Figura 11: Modo de realização do teste 1: *Battements à frente* (FPK)

Teste 02: *Battements à retaguarda* (BPK)

Objetivo: Medir a força de resistência e resistência muscular (MI e região dorso-lombar).

Equipamento: Cronômetro.

Posição: Em decúbito ventral e MI estendidos.

Ação: Elevação de cada MI até a posição vertical alternando o mais rápido possível. O quadril em retroversão, abdômen contraído e apoiado no chão. MS em frente, ao lado do corpo ou com cotovelos utilizados como apoio.

Medição: Máximo de repetições em 30 segundos.



Figura 12: Modo de realização do teste 2: *Battements à retaguarda* (BPK)

Teste 03: Elevações do tronco (PTE)

Objetivo: Medir a força de resistência e resistência muscular dos extensores da coluna vertebral.

Equipamento: Cronômetro.

Posição: Em decúbito ventral e MI estendidos.

Ação: Elevação do tronco até a vertical com velocidade máxima. O quadril em retroversão, abdômen contraído, MI estendidos e mãos na cabeça.

Medição: Máximo de repetições em 30 segundos.



Figura 13: Modo de realização do teste 3: Elevações do tronco (PTE)

Teste 04: Abdominais *curl-ups* (BPK)

Objetivo: Medir a força de resistência e resistência muscular (abdômen).

Equipamento: Cronômetro e fita adesiva.

Posição: Em decúbito dorsal, joelhos flexionados a 90°, pés apoiados no chão, pernas ligeiramente afastadas, braços estendidos e paralelos ao tronco, com as palmas das mãos apoiadas no chão. A cabeça em contato com o chão.

Ação: Elevação do tronco, mantendo os calcanhares em contato com o chão, os dedos das mãos avançam, sem levantar do chão, em direção aos calcanhares. Retornar a posição inicial e repetir.

Medição: Máximo de repetições em 30 segundos.



Figura 14: Modo de realização do teste 4: Abdominais *curl-ups* (PCU)

Teste 05: Saltos duplos com a corda (RSK)

Objetivo: Medir a força de resistência e resistência muscular (MI), bem como coordenação específica.

Equipamento: Cronômetro.

Posição: De pé, com a corda parada atrás do corpo.

Ação: Saltos com dupla rotação da corda.

Medição: Máximo de repetições em 30 segundos.



Figura 15: Modo de realização do teste 5: Saltos duplos com a corda (RSK)

Teste 06: Vertical Jump Test (VTJ)

Objetivo: Medir a força explosiva de MI.

Equipamento: Tinta e escala (21x120cm, 1.6 - 2.0m do chão).

Posição: De pé com o ombro dominante a meio metro de distância da parede. O dedo médio da

mão dominante é coberto de tinta. Depois, toca-se na escala fixada na parede para marcar a primeira medida (M1), que é o ponto mais alto alcançado com os pés apoiados no chão.

Ação: Execução do salto vertical de acordo com a técnica de salto vertical com contramovimento para marcar a segunda medida (M2), que se refere ao ponto mais alto alcançado durante o salto, com o mesmo segmento corporal. Três tentativas são permitidas.

Medição: Maior distância (cm) entre M1 a M2.



Figura 16: Modo de realização do teste 6: Vertical jump test (VTJ)

2.1.6. Preferência Lateral

As ginastas informaram durante a avaliação o MI preferido para a realização dos exercícios de flexibilidade. Deste modo, realizamos também o questionário (anexo 2) *Lateral Preference Inventory Questionnaire* (Coren, 1993) com o objetivo de confirmar a direção e a intensidade da preferência lateral. A definição do MI preferido e não preferido era necessária para a realização das análises de flexibilidade e assimetria funcional.

2.1.7. Desempenho competitivo

O desempenho competitivo foi determinado a partir dos resultados alcançados pelas ginastas (notas *all-around*) na principal competição realizada na época desportiva 2013/2014 para cada nível de rendimento: Campeonato Nacional de Base, Campeonato Nacional da 1ª divisão, Campeonato Nacional de Elites. Os resultados foram disponibilizados pela FGP. Os resultados *all-around* em cada nível de competição são distintos, uma vez que o número de aparelhos em competição e as notas máximas são diferentes entre os níveis e escalões etários (Tabela 4). Deste modo, para que as análises estatísticas com todas as ginastas da amostra fossem exequíveis, as notas em competição foram relativizadas através de valores percentuais.

Tabela 4: Regulamento geral por nível de competição e escalão etário

	Base	1ª divisão	Elite
Juvenil (11-13 anos)	2 aparelhos em competição (14 pts cada): Nota máxima 28 pts.	ML (15 pts) + 3 aparelhos em competição (17 pts cada): Nota máxima 66 pts.	
Júnior (13-15 anos)	2 aparelhos em competição (15 pts cada): Nota máxima 30 pts.	4 aparelhos em competição (18 pts cada): Nota máxima 72 pts.	4 aparelhos em competição (18 pts cada): Nota máxima 72 pts.
Sénior (≥16 anos)	2 aparelhos em competição (16 pts cada): Nota máxima 32 pts.	4 aparelhos em competição (18 pts cada): Nota máxima 80 pts.	4 aparelhos em competição (18 pts cada): Nota máxima 80 pts.

Legenda – pts: pontos; ML: movimentos livres (i.e., competição sem utilização de um aparelho).

2.1.8. Experiência desportiva e componentes estruturais do treino

Com base num questionário específico (anexo 3) obtivemos informações acerca do número de anos de prática da GR, bem como sobre o número de dias de treino por semana e horas de treino por dia.

2.1.8.1. Volume de treino

O volume de treino corresponde ao número total de horas de treino por semana e foi determinado através dos dados fornecidos pelas ginastas num questionário (anexo 3): número de dias de treino por semana e horas de treino por dia.

2.1.8.2. Intensidade de treino

Por forma a estimar o dispêndio energético em treino, foram utilizados acelerómetros *ActiGraph GT3X* (*ActiGraph, Pensacola, Florida*) em ginastas de elite. A avaliação foi realizada durante uma sessão de treino (7 horas) com o uso contínuo do equipamento. Os dados foram analisados no *software ActiLife*. O *software* apresenta o tempo em cada nível de intensidade em minutos. Assim, as informações recolhidas permitiram-nos estimar a distribuição da intensidade no treino. Foram utilizados os pontos de corte: baixa intensidade ou repouso (0-2690 counts); moderada intensidade (2691-6166 counts); vigorosa intensidade (6167-9642 counts) e muito vigorosa intensidade (9643 counts) (Freedson et al.,

2011). Além disso, para entender os resultados derivados dos acelerômetros, os tipos (complexidade) e tempo de exercícios realizados pelas ginastas durante a sessão de treino avaliada foram registrados.

2.2. Avaliação do conteúdo dos exercícios de competição

O conteúdo dos exercícios de competição foi analisado de acordo com as regras do Código de Pontuação do ciclo olímpico 2013-2016 (FIG, 2012). Dado que as análises foram realizadas com base nas fichas de dificuldade submetidas previamente à competição pelos treinadores, e não avaliadas pelos juízes, o foco deste estudo foram os elementos de dificuldade contidos nos exercícios de competição: dificuldades corporais, maestrias, combinações de passos de dança e elementos dinâmicos de rotação e lançamento.

3. Controlo da qualidade da informação

O controlo da qualidade da informação foi realizado consoante três grupos de variáveis: antropometria, desempenho motor e conteúdo dos exercícios de competição. Todas as avaliações e momentos foram supervisionados pela pesquisadora responsável pelo estudo e tinha como principais objetivos: (1) Conhecer a resposta da equipa numa situação real de aplicação dos testes; (2) Retirar indicações sobre a disposição dos materiais; (3) Contabilizar o tempo nas tarefas de avaliação; (4) Aferir a fiabilidade dos resultados.

3.1. Antropometria

O controlo da qualidade da informação antropométrica foi efetuado em três etapas. A primeira etapa consistiu na formação da equipa de avaliadores durante duas semanas (carga horária de 10 horas) por um antropometrista do Laboratório de Cineantropometria e Desempenho Humano da Faculdade de Desporto da Universidade do Porto, através da instrução e treino dos marcos anatómicos, posições de referência e técnicas de medição com 50 ginastas de Ginástica Artística do *Sport Club* do Porto.

De seguida, foi conduzido um estudo-piloto com 20 ginastas da GR dos

clubes Associação Académica de Espinho e Boavista Futebol Clube de diferentes níveis de competição, que foram reavaliadas após um intervalo de uma semana para confirmar a qualidade das medições realizadas. Esta etapa foi supervisionada por um antropometrista critério. Os valores de erro técnico de medida (0.01-0.3 cm) e coeficiente de correlação intraclasse (0.96-0.99) revelaram elevada qualidade da informação de todas as medições antropométricas realizadas durante o estudo-piloto.

A terceira etapa refere-se à análise da informação antropométrica obtida na coleta de dados, na qual cada ginasta foi medida duas vezes e uma terceira medição foi feita sempre que a diferença entre as duas medições anteriores estava fora do limite de tolerância admissível para cada medição e a sua réplica. Deste modo, assim como no estudo-piloto, a coleta de dados apresentou uma elevada qualidade da informação de todas as medições antropométricas através das estimativas de precisão (erro técnico de medida) e fiabilidade (coeficiente de correlação intraclasse) dos resultados (Tabela 5).

Tabela 5: Estimativas de precisão e fiabilidade na coleta de dados antropométricos

Variáveis antropométricas		ETM		R	
Altura		0.2 cm		0.993	
Altura sentado		0.3 cm		0.984	
Massa corporal		0.1 kg		0.999	
Altura ombro sentado (D/E)		0.3 cm	0.3 cm	0.976	0.971
Comprimento MS (D/E)		0.2 cm	0.2 cm	0.997	0.993
Comprimento MI (D/E)		0.2 cm	0.2 cm	0.992	0.990
PAS	Tricipital	0.3 mm		0.988	
	Subescapular	0.3 mm		0.979	
	Suprailíaca	0.5 mm		0.990	
	Abdominal	0.4 mm		0.983	
	Crural	0.3 mm		0.991	
	Geminal	0.4 mm		0.989	
Perímetros	Braquial tenso (D/E)	0.2 cm	0.2 cm	0.991	0.992
	Braquial relaxado (D/E)	0.1 cm	0.1 cm	0.998	0.996
	Crural (D/E)	0.2 cm	0.2 cm	0.987	0.985
	Geminal (D/E)	0.2 cm	0.2 cm	0.992	0.989
Diâmetros	Biacromial	0.2 cm		0.977	
	Bicristal	0.2 cm		0.986	
	Bicôndilo-umeral	0.1 cm		0.989	
	Bicôndilo-femural	0.1 cm		0.971	

Legenda – PAS: pregas de adiposidade subcutânea; D: lado direito; E: lado esquerdo; MS: membro superior; MI: membro inferior; ETM: erro técnico de medida; R: coeficiente de correlação intraclasse.

3.2. Desempenho Motor

O controlo de qualidade da informação referente ao desempenho motor decorreu segundo duas etapas. Inicialmente foi conduzido um estudo-piloto com 20 ginastas de GR da Associação Académica de Espinho e Boavista Futebol Clube de diferentes níveis de competição. A execução técnica de cada um dos testes de desempenho motor foi explicada verbalmente com detalhe, repetida e demonstrada quando necessário pelo pesquisador responsável pelo estudo.

Assim, a execução dos testes motores foi filmada (*Nikon D5300, Tokyo-Japan* e *Samsung VP DX 100, South Korea*) e de seguida foram realizadas as avaliações em dois momentos distintos por um juiz internacional com mais de 10 anos de experiência. Os valores do Coeficiente de Concordância de *Kendall* (0.86-0.99) demonstraram elevada qualidade da informação (fiabilidade intra-examinador) de todas avaliações realizadas durante o estudo-piloto.

Posteriormente foi realizada a coleta de dados referente à avaliação de desempenho motor seguindo rigorosamente o protocolo proposto. Novamente todos os testes motores foram filmados (*Nikon D5300, Tokyo-Japan* e *Samsung VP DX 100, South Korea*) e efetuada a segunda etapa do controlo da qualidade da informação. Nesta fase os testes foram analisados por duas juízes internacionais com mais de 10 anos de experiência. Após 10 dias, os juízes repetiram a avaliação. Observamos assim, elevados valores de fiabilidade intra e inter-examinador (coeficiente de concordância de *Kendall* e coeficiente de correlação intraclass) em todos os testes de desempenho motor, o que confirma uma elevada qualidade da informação (Tabela 6).

Tabela 6: Estimativas de fiabilidade na coleta de dados de desempenho motor

Testes de desempenho motor		W de Kendall		R	
Testes de Flexibilidade	Manutenção MI à frente com ajuda (MIP/MINP)	0.882	0.934	0.890	0.967
	Manutenção MI à frente sem ajuda (MIP/MINP)	0.962	0.970	0.899	0.971
	Manutenção MI ao lado com ajuda (MIP/MINP)	0.944	0.936	0.876	0.899
	Manutenção MI ao lado sem ajuda (MIP/MINP)	0.934	0.958	0.921	0.965
	Manutenção MI à retaguarda com ajuda (MIP/MINP)	0.967	0.945	0.963	0.929
	Manutenção MI à retaguarda sem ajuda (MIP/MINP)	0.828	0.854	0.839	0.879
	Elevação do tronco até a vertical	0.999		0.998	
	Elevação máxima do tronco	0.968		0.920	

Testes de Força	Battements à frente	0.981	0.976
	Battements à retaguarda	0.950	0.849
	Elevações do tronco	0.936	0.905
	Abdominais <i>curl-ups</i>	0.991	0.999
	Saltos duplos com a corda	0.988	0.978

Legenda – MI: membro inferior; MIP: membro inferior preferido; MINP: membro inferior não preferido; R: coeficiente de correlação intraclasse.

3.3. Conteúdo dos exercícios de competição

As informações contidas nas fichas de competição foram organizadas em duas bases de dados por dois juízes internacionais com mais de 10 anos experiência. Deste modo, erros de digitação ou de visualização dos dados foram previamente corrigidos através do *double-check* na entrada dos dados.

4. Análise estatística

As análises estatísticas (exploratória, descritiva e inferencial) foram realizadas no programa estatístico SPSS 23.0 (nível de significância fixado em 5%). Recorremos também ao Microsoft Excel 2007 para a construção dos perfis, o *MER Goulding Software Development (Somatotype)* para cálculo das componentes do somatótipo e construção da somatocartas, assim como o *software ActiLife* para a análise da intensidade de treino das ginastas. Os seguintes procedimentos estatísticos foram realizados nos estudos:

- ✓ Testes de Normalidade *Shapiro-Wilk* e *Kolmogorov-Smirnov* de modo a verificar a normalidade das distribuições;
- ✓ Coeficiente de correlação intraclasse e coeficiente de concordância de *Kendall* para analisar a fiabilidade dos resultados;
- ✓ Transformação das variáveis em *score Z* para a criação dos perfis (morfológico e motor);
- ✓ Teste T de medidas independentes, Teste *Mann-Whitney*, Análise de Variância de medidas independentes (ANOVA) e Teste de *Kruskall-Wallis* para comparar grupos de ginastas em diferentes análises;
- ✓ Teste de *Wilcoxon* para comparar os níveis de flexibilidade entre os membros inferior preferido e não preferido;
- ✓ Função Discriminante para verificar as variáveis motoras e morfológicas

que melhor discriminam os grupos de ginastas de diferentes níveis de rendimento;

- ✓ Correlação de *Pearson*, Regressão Linear Simples e Múltipla de modo a verificar as variáveis (biológicas, motoras e estruturais) que melhor explicam o desempenho.

5. Questões Éticas

Os planos da pesquisa e de trabalho de campo foram aprovados pelo Comité de Ética da Faculdade de Desporto da Universidade do Porto, Portugal (Processo CEFAD 20.2013), pela Federação de Ginástica de Portugal, pela Confederação Brasileira de Ginástica, bem como pelo responsável técnico da GR de cada clube participante do estudo. As avaliações foram realizadas de acordo com os padrões éticos da Declaração de Helsinque. O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido foi assinado pelos pais e/ou responsáveis pelas ginastas (anexo 4); foi obtido, também, o consentimento individual de cada ginasta participante do estudo.

REFERÊNCIAS

- Carter, J. E. (2002). *The heath-carter anthropometric somatotype-instruction manual*. San Diego, USA.
- Carter, J. E. L., & Heath, B. H. (1990). *Somatotyping-development and applications*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Chavett, P., Lafortune, M., & Gray, J. (1997). Asymmetry of lower extremity responses to external impact loading. *Hum Mov Sci*, 16(4), 391-406.
- Coren, S. (1993). The Lateral Preference Inventory for measurement of handedness, footedness, eyedness, and earedness: Norms for young adults. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 31(3), 1-3.
- Douda, H., Toubekis, A., Avloniti, A., & Tokmakidis, S. (2008). Physiological and anthropometric determinants of rhythmic gymnastics performance. *International Journal Of Sports Physiology And Performance*, 3(1), 41-54.
- FIG. (2012). Code of Points for Rhythmic Gymnastics: 2013-2016. Lausanne: Fédération International de Gymnastique. [Versão eletrônica], disponível em: <https://www.scottishgymnastics.org/sites/default/files/imce/disciplines/2012%20-%202016%20Rhythmic%20Code%20of%20Points.pdf>
- FIG. (2014). Athletes Biographies. [Versão eletrônica], disponível em: http://www.gymnastics.sport/site/athletes/bio_view.php
- FIG. (2016). Code of Points for Rhythmic Gymnastics: 2016-2020. Lausanne: Fédération International de Gymnastique. [Versão eletrônica], disponível em: http://www.fig-gymnastics.com/publicdir/rules/files/rq/RG_CoP%202017-2020_updated%20with%20Errata_February%202017_e.pdf
- Freedson, P. S., Sasaki, J. E., & John, D. (2011). Validation and comparison of ActiGraph activity monitors. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 14(5), 411-416.
- Healy, M., Lovaic, J., Mandel, S., Tanner, J., Schull, W., & Weiner, J. (1981). The Individual and the Group. In J. A. Weiner (Ed.), *Pratical Human Biology* (pp. 11-23). New York: Academic Press.
- Jackson, A. S., Pollock, M. L., Ward, A. (1980). Generalized equations for predicting body density of women. *Med Sci Sports Exerc*, 12,175-82.
- Klentrou, N., Gorbulina, N., Aleksandrova, N., Delle-Chiae, D., Ferrand, C., & Fink, H. (2010). *Age group development program for rhythmic gymnastics: Sample physical testing program*. Lausanne, Switzerland: International Gymnastics Federation.

- Komi, P., & Bosco, C. (1978). Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 10(4), 261-265.
- Lohman, T. G., Roche, A. F., & Martorell, R. (1988). *Anthropometric Standardization Reference Manual* (Vol. 3). Champaign: Human Kinetics Books.
- Marchetti, P. H. (2009). *Investigações sobre o controle motor e postural nas assimetrias em membros inferiores*. São Paulo: Dissertação de Doutorado apresentada a Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo.
- Marshall, W. A., & Tanner, J. M. (1986). Puberty. In F. F. J. M. Tanner (Ed.), *Human Growth* (Vol. 2, pp. 171-209). New York: Plenum Press.
- Mirwald, R. L., Baxter-Jones, A. D., Bailey, D. A., & Beunen, G. P. (2002). An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(4), 689-694.
- Sargent, D. A. (1921). The Physical Test of a Man. *American Physical Education Review*, 26, 188-194.
- Siri, W. (1961). Body composition from fluid spaces and density. In B. A. Henschel (Ed.), *Techniques for measuring Body Composition* (pp. 223-244). Washington: National Acad. Sci. National Res. Council.
- Slaughter, M., Lohman, T., Boileau, R., Horswill, C., Stillman, R., Van Loan, M., & Bembien, D. (1988). Skinfold aquations for estimation of body fatness in children and Youth. *Hum. Biol.*, 60, 709-723.
- Tanner, J. M. (1962). *Growth at adolescence* (Vol. 2). Oxford: Blackwell Scientific Publications.

CAPÍTULO III

Estudos I, II e III

ESTUDO I

Morphological characteristics of Portuguese rhythmic gymnasts in different competition levels

Amanda Batista¹, Rui Garganta¹ e Lurdes Ávila-Carvalho¹

¹ CIFI²D, Kinanthropometry Lab, Faculty of Sport, University of Porto, Portugal.

Objetivos: (1) Comparar características morfológicas e de treino em ginastas portuguesas de diferentes níveis competitivos; (2) Investigar as variáveis morfológicas com maior poder discriminatório entre os grupos; e (3) Determinar as variáveis morfológicas que melhor explicam o desempenho.

Artigo aceite para publicação:
Colegium Antropologicum Journal

Morphological characteristics of Portuguese rhythmic gymnasts in different competition levels

Abstract

This study aimed to: (1) compare morphological and training characteristics in Portuguese gymnasts across competitive levels; (2) investigate the morphological variables with higher discriminatory power between groups; (3) determine which morphological variables better explain performance. The sample (n=164) consisted of gymnasts at three competition levels (base, 1st division and elite) from Portugal. 19 anthropometric and 2 body composition measurements were performed. Somatotype was defined by Health-Carter method. Training data were collected by interviewing. For the statistical analyses, Kruskal-Wallis test, linear regression and discriminant function were used. Portuguese gymnasts (13.5±2.0 years) presented 43.7±9.3kg of body mass, 152.6±8.9cm of height, 18.5±2.4kg/m² of BMI, 17.5±4.1% of body fat, endomorph-ectomorph somatotype and 16.9±7.5hours/week of training volume. Elite gymnasts differed from other groups in having lower skinfolds and body fat; and higher training volume and training years. The elite and the 1st division showed higher ectomorphy and lower endomorphy component than the base. Thus, the elite presented morphological and training characteristics closer to the international standards, followed by the 1st division and the base. The variables that best discriminate the gymnasts by competition levels were body fat and lower limb length. Furthermore, body fat was the main morphological predictor of performance in competition.

Keywords: anthropometry; body composition; somatotype; rhythmic gymnastics; Portuguese gymnasts.

1. Introduction

Over the last decades, many studies have been performed in order to define what could be the ideal body shape for different sports (Ávila-Carvalho et al., 2013). In Rhythmic Gymnastics (RG) is known that the body dimensions and anthropometric characteristics, among others factors, have a high impact on performance (Di Cagno et al., 2009; Douda et al., 2006; Poliszczuk et al., 2012),

once they affect the evaluation of the judges, although the RG Code of Points does not include penalties for the morphological profile of gymnasts (Ávila-Carvalho et al., 2012, 2013). Furthermore, in a sport of great aesthetics such as RG, the perception of body image becomes a fundamental factor of the psychological well-being of gymnasts (Vernetta et al., 2011).

Morphological characteristics of rhythmic gymnasts are determined by different factors, such as genetic aspects, training level, specific nutritional plans (Tringali et al., 2014) and maturity status (Malina et al., 2016), which favor the optimum physical condition for the sport (Douda et al., 2008). Thus, the particular biotype and body pattern of the rhythmic gymnasts seem to be important requirements for an efficient performance of the specific movements in this modality (Amigó et al., 2009; Menezes et al., 2014; Poliszczuk & Brod, 2010). Šebić-Zuhrić et al. (2008) and Douda et al. (2008) suggest that the morphological characteristics have a high predictive value in RG performance.

The knowledge about the morphological characteristics of gymnasts of different competition levels can contribute to the identification of the degree of importance of each of these characteristics in the performance (Hawes & Sovak, 1994) and becomes relevant to selection processes (Arriaza et al., 2016).

Taking into account the fact that there are no relevant data on the morphological characteristics of Portuguese RG gymnasts in the literature, the purpose of the present study were: (1) compare morphological (anthropometrics measurements, body composition and somatotype) and training characteristics in Portuguese gymnasts across competitive levels; (2) investigate the morphological variables with higher discriminatory power between the groups and (3) determine which morphological variables better explain performance.

2. Materials and Methods

Subjects: 164 Portuguese gymnasts who participated in the district and or national competitions during the 2013/2014 season, in three different levels: Base, 1st division and Elite.

Ethical Considerations: The study protocol was approved by the Ethics Committee of the Faculty of Sport, University of Porto (Portugal) and the Scientific

Committee of the Portugal Gymnastics Federation. The assessments were performed in accordance with the ethical standards of the Helsinki Declaration.

Anthropometrics Measurements and Body Composition:

Anthropometric measurements were obtained according to the protocol established in Anthropometric standardization reference (Lohman et al., 1988). All anthropometric measurements were performed at the beginning of each training session by the same trained anthropometrist assisted by recorders who were familiar with the specific procedures. Body mass (kg) was measured with a portable bio-impedance scale (Tanita BC-558 Ironman Segmental Body Composition Analyzer) with a 0.1 kg precision. Height (cm) and sitting height (cm) were determined to the nearest 0.1 cm using the portable stadiometer Personal Sanny, with the head positioned in the Frankfurt plane. Upper limb length was measured with a Segmometer (Rosscraft). The lower limb length was estimated based on the difference between standing height and sitting height. All diameters (biacromial, bicristal, humerus and femur) were measured to the nearest 0.1 cm with a SH-108 compass round tips. Relaxed and flexed arm, thigh and calf girths were assessed, using an anthropometric measuring tape Sanny, to the nearest 0.1 cm. Triceps, subscapular, suprailiac, abdominal, thigh and calf skinfolds were measured with a Holtain Skinfold Caliper (0.2 mm precision). The measurements were performed in duplicate or when necessary in triplicate. The low values of technical error of measurement verified during the quality control of the information determined a high precision and reliability of the data. Relative body fat (%BF) was calculated using the equation proposed by Slaughter et al. (1988): $[(0.610 * \Sigma SKF) + 5.1]$, where, ΣSKF is the sum of triceps and calf skinfolds. Body mass index (BMI) was calculated from the equation: body mass (kg) / height² (m).

Somatotype: The somatotype and calculation of its components were performed according to the Health-Carter method (Carter & Heath, 1990).

Additional data: Chronological age, age of training onset and training volume were collected using questionnaires (Table 1). Scores in the Portuguese National Championship determined the competitive performance in the sport season 2013/2014.

Statistical Procedures: Statistical analysis was performed using the Statistical Package for Social Sciences (SPSS 23.0). The significance level was set at 5%. Descriptive statistics were performed using the mean and standard

deviation. Kruskal-Wallis test was used to compare competition levels in different analysis. For the construction of morphological profile, the variables were transformed into score Z. Somatotype calculations and their graphical displays in the somatocharts were done in the MER Goulding Software Development. We used also the Discriminant function to verify the variables that maximally separate the groups of gymnasts by competition levels, Pearson Correlation and Linear Regression to determine which morphological variables better explain performance.

3. Results

Table 1 shows the training and morphological characteristics of Portuguese gymnasts and this group separated by competition levels.

Table 1: Training and morphological characteristics for complete sample and separated by competition levels

Competition level		General (n=164)	Base (n=83)	1 st division (n=72)	Elite (n=9)	Proof value
Variables		$\bar{X} \pm sd$	$\bar{X} \pm sd$	$\bar{X} \pm sd$	$\bar{X} \pm sd$	
Age (years)		13.5 $\pm$ 2.0	13.3* $\pm$ 1.9	13.6 $\pm$ 2.1	14.8* $\pm$ 1.8	p=0.016 ^b
Training onset (years)		6.9 $\pm$ 2.4	7.3 $\pm$ 2.6	6.5 $\pm$ 2.2	6.0 $\pm$ 1.5	p=0.082
Years practice (years)		6.2 $\pm$ 3.0	5.6* $\pm$ 3.1	6.7* $\pm$ 2.8	8.2* $\pm$ 1.9	p=0.011 ^{a,b,c}
Training volume (h/week)		16.9 $\pm$ 7.5	13.9* $\pm$ 6.4	18.7* $\pm$ 6.2	31.2* $\pm$ 6.2	p $\leq$ 0.001 ^{a,b,c}
Body mass (kg)		43.7 $\pm$ 9.3	45.1 $\pm$ 9.4	42.1 $\pm$ 9.5	42.6 $\pm$ 6.1	p=0.094
Height (cm)		152.6 $\pm$ 8.9	152.7 $\pm$ 7.8	152.1 $\pm$ 10.3	155.8 $\pm$ 6.6	p=0.489
Upper limb length (cm)		67.0 $\pm$ 4.8	67.2 $\pm$ 4.9	66.6 $\pm$ 4.8	67.9 $\pm$ 3.6	p=0.638
Lower limb length (cm)		73.8 $\pm$ 4.6	73.3 $\pm$ 4.0	74.1 $\pm$ 5.2	76.3 $\pm$ 3.7	p=0.056
Diameters (cm)	Biacromial	33.4 $\pm$ 2.6	33.2 $\pm$ 2.6	33.4 $\pm$ 2.7	34.0 $\pm$ 1.9	p=0.803
	Bicrural	22.7 $\pm$ 2.3	23.0 $\pm$ 2.0	22.5 $\pm$ 2.6	22.5 $\pm$ 1.6	p=0.292
	Humerus	5.2 $\pm$ 0.4	5.3 $\pm$ 0.3	5.2 $\pm$ 0.4	5.4 $\pm$ 0.3	p=0.207
	Femur	7.4 $\pm$ 0.6	7.4 $\pm$ 0.6	7.3 $\pm$ 0.6	7.1 $\pm$ 0.4	p=0.079
Girth (cm)	Relaxed arm	22.1 $\pm$ 2.7	22.5 $\pm$ 2.8	21.8 $\pm$ 2.6	21.0 $\pm$ 1.3	p=0.058
	Flexed arm	23.9 $\pm$ 2.4	24.3 $\pm$ 2.4	23.6 $\pm$ 2.5	23.2 $\pm$ 1.4	p=0.079
	Thigh	44.5 $\pm$ 5.1	45.3 $\pm$ 5.4	43.8 $\pm$ 4.8	42.8 $\pm$ 3.0	p=0.067
	Calf	31.4 $\pm$ 3.1	31.8 $\pm$ 3.3	31.0 $\pm$ 3.0	31.2 $\pm$ 2.1	p=0.181
Skinfolds (mm)	Triceps	10.4 $\pm$ 3.5	11.8* $\pm$ 3.7	9.2* $\pm$ 2.5	6.7* $\pm$ 1.3	p<0.001 ^{a,b,c}
	Subscapular	7.4 $\pm$ 2.8	8.5* $\pm$ 3.2	6.6* $\pm$ 1.9	5.1* $\pm$ 0.5	p<0.001 ^{a,b,c}
	Suprailiac	10.8 $\pm$ 4.9	12.5* $\pm$ 5.3	9.1* $\pm$ 3.7	7.7* $\pm$ 1.6	p<0.001 ^{a,b,c}
	Abdominal	9.4 $\pm$ 4.2	11.0* $\pm$ 4.5	7.9* $\pm$ 3.1	6.0* $\pm$ 1.3	p<0.001 ^{a,b,c}
	Thigh	15.8 $\pm$ 4.5	17.3* $\pm$ 4.7	14.6* $\pm$ 3.8	12.4* $\pm$ 2.2	p<0.001 ^{a,b,c}
	Calf	10.0 $\pm$ 3.6	11.6* $\pm$ 3.2	8.7* $\pm$ 2.8	6.1* $\pm$ 1.3	p<0.001 ^{a,b,c}
Somatotype components	Endomorphy	3.2 $\pm$ 1.1	3.7 $\pm$ 1.1	2.8 $\pm$ 0.8	2.1 $\pm$ 0.4	p<0.001 ^{a,b}
	Mesomorphy	2.6 $\pm$ 0.8	2.8 $\pm$ 0.9	2.5 $\pm$ 0.8	2.1 $\pm$ 0.6	p=0.059
	Ectomorphy	3.4 $\pm$ 1.1	3.0 $\pm$ 1.1	3.6 $\pm$ 1.0	4.2 $\pm$ 0.8	p<0.001 ^{a,b}
Body mass Index (kg/m ²)		18.5 $\pm$ 2.4	19.1* $\pm$ 2.6	17.9* $\pm$ 2.1	17.5* $\pm$ 1.5	p=0.008 ^{a,b}

Body fat (%)	17.5±4.1	19.4*±4.2	18.2*±4.3	14.6*±2.8	p<0.001 ^{a,b,c}

Legend – $\bar{X}$: mean; sd: standard deviation; * $p \leq 0.05$: significant differences – a) Base versus 1st division; b) Base versus Elite; c) 1st division versus Elite.

We verified that the higher the competition level, higher was the training volume per week and years of practice in RG. In the training onset (age at which each child started RG training) were not observed significant differences in the groups, despite the higher the competition level, lower was the training onset.

No significant differences were found in the variables body mass, height, upper and lower limbs length in the competition levels. However, although without statistical significance, the elite gymnasts were taller, showed higher upper and lower limb length than the other gymnasts. In the other anthropometric variables, we can see significant differences in all groups only in the skinfolds measures. The higher the competition level, lower the skinfolds values. Furthermore, although without statistical significance, the higher the competition level, lower the girth measures, except in calf girth. In the diameters measures, the groups presented very close values and no structural pattern was observed in the results found.

In the somatotype components, significant differences were found with respect to endomorphy and ectomorphy. Base level gymnasts showed higher values of endomorphy and lower values of ectomorphy than other groups. The competition levels gymnasts had similar values for the mesomorphy component.

Significant differences were verified also in all body composition variables. The higher the competition level, the lower were the values of %BF and BMI, although significant differences were not observed in BMI between those in the 1st division and elite group.

The morphological profile of Portuguese gymnasts by competition levels (Figure 1) presents clear differences by the groups.

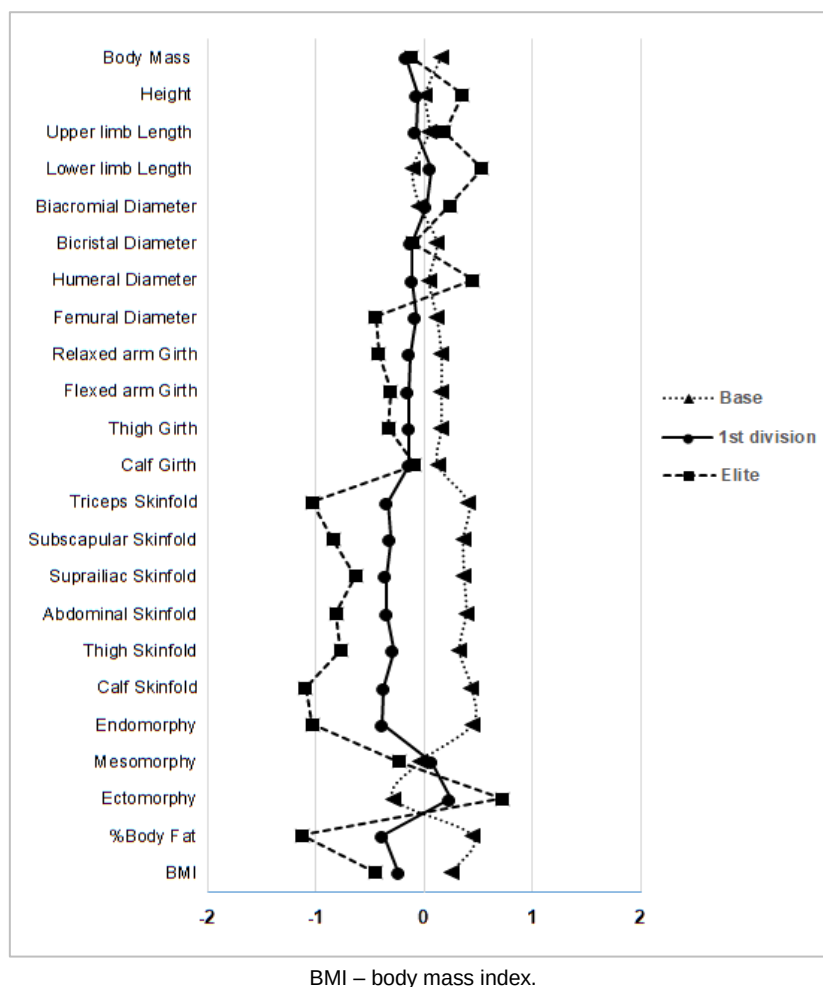
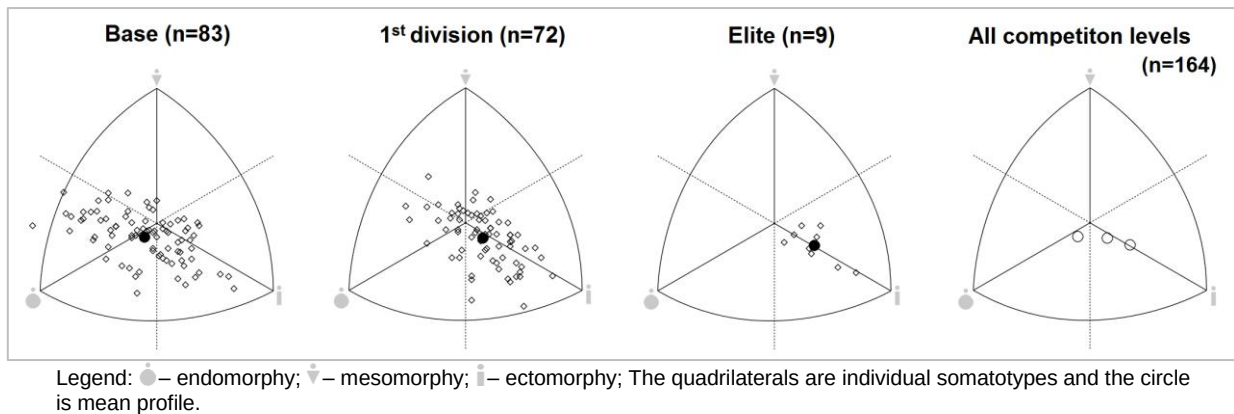
Figure 1: Morphological profile of Portuguese gymnasts by competition levels based in the scores Z

Figure 1 shows that the 1st division and elite gymnasts had similar below average values in body mass. On the other hand, the base level gymnasts presented higher above average values for this variable. In the longitudinal linear measures (height, upper and lower limb length), the elite showed above average values higher than the other groups. In BMI, %BF, skinfolds and girth measures, elite and 1st division gymnasts had values below average, with lower values found in the elite level, except for the calf girth, where the groups showed similar values. The base had values above average in all these measures. We did not identify the structural pattern in the results of diameters measures, with average values, and above and below average values in different groups. In the somatotype components, the groups presented similar values in mesomorphy. The higher the competition level, the lower endomorphy and the higher ectomorphy components were observed. In endomorphy, the elite and the 1st division had values below

average and base had values above average. In ectomorphy the opposite was verified.

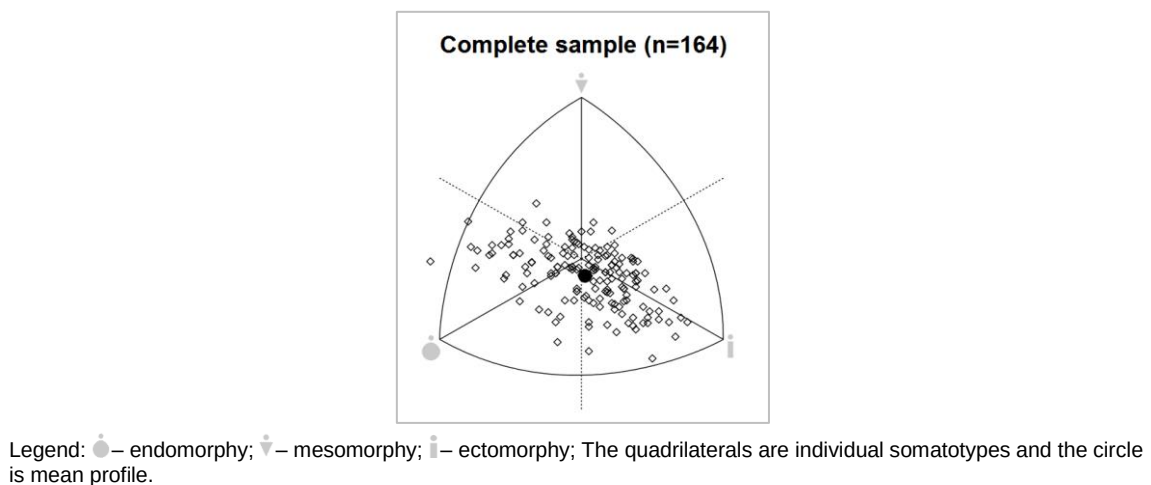
Portuguese gymnasts (n=164) showed an endomorph-ectomorph somatotype, and the values of their components (endomorph, mesomorph and ectomorph, respectively) were 3.2-2.6-3.4. Figure 2 presents all 164 profiles (quadrilaterals) with the mean somatotype (circle).

Figure 2: Somatochat of Portuguese gymnasts' body type



Somatocharts by competition levels is shown in Figure 3. The groups presented different somatotypes ($F=11.91$, $p<0.001$): balanced endomorph (3.7-2.8-3.0) in Base, balanced ectomorph in 1st division and Elite (2.8-2.5-3.6 and 2.1-2.1-4.2, respectively).

Figure 3: Somatocharts of Portuguese gymnasts' body type by competition levels



According to the discriminant analysis, %BF (λ de Wilks = 0.977, $F = 24.679$, $p<0.001$) and lower limb length (λ de Wilks = 0.765, $F = 14.285$, $p<0.001$)

were the variables that maximally differentiated the groups of gymnasts by competition levels. The reclassification in the original groups based on the results of the discriminant function showed that 59.8% of gymnasts were correctly classified (Table 2). We observed that the lower errors of reclassification occurred in the elite level (22.2%). In the base level, 33.7% of gymnasts were reclassified in other competition levels: 30.1% in the 1st division and 3.6% in the elite. The 1st division was the competition level with higher errors of reclassification (50%): 27.8% of gymnasts were reclassified in the elite level and 22.2% in the base level.

Table 2: Classification of gymnasts in the different competition levels (Base, 1st division and Elite)

		Competition Level	Predicted Group Membership*			Total
			Base	1 st division	Elite	
Cross-validated	Count (%)	Base	55 (66.3%)	25 (30.1%)	3 (3.6%)	83 (100%)
		1 st division	16 (22.2%)	36 (50.0%)	20 (27.8%)	72 (100%)
		Elite	0 (0%)	2 (22.2%)	7 (77.8%)	9 (100%)

*59.8% of cases grouped with cross-validation correctly classified.

Finally, the linear regression showed that %BF was the morphological variable that better explained the variability of performance in competition ($F=21.993$; $p<0.001$; adjusted $R^2=0.156$). Only this variable explained 15.6% of the variance of score in the competition. The equation of regression was: Score in competition = $35.109 - 0.419 \times \%BF$; thus, increases in %BF causes a decrease in the score in competition.

4. Discussion

Information about the training characteristics in RG is essential to understanding the effects of such training on the growth and body development of gymnasts (Camargo et al., 2014), once that the morphological characteristics are among the factors that condition the performance in this sport (Di Cagno et al., 2009; Douda et al., 2008; Šebić-Zuhrić et al., 2008).

Portuguese gymnasts presented age of training onset in RG (6.8 ± 2.4 years) according to previous studies: 6.8 ± 1.9 years (Georgopoulos et al., 1999), 7.7 ± 2.2 years (Georgopoulos et al., 2002); 7.4 ± 2.3 years (Theodoropoulou et al., 2005); 6.2 ± 1.9 years (Berlutti et al., 2010); 6.5 ± 1.4 years (Ávila-Carvalho et al., 2012). However, we also observed in our study that the higher the competition

level, lower the age of training onset: 7.3 ± 2.6 years in Base, 6.5 ± 2.2 years in 1st division and 6.0 ± 1.5 years in Elite, although without statistical significance. The age of training onset in elite gymnasts is in accordance with indications by several authors (Georgopoulos et al., 2012; Law et al., 2007; Poliszczuk & Brod, 2010), who suggest that the RG training begins at the early age of 5–6 years and continues throughout childhood and adolescence.

Portuguese gymnasts from different competition levels presented different training volume per week. Elite gymnasts had significantly higher training volume than the remaining groups probably due to high physical and technical requirements in the training and competition, essential to maintain this higher level of sport performance. According to Ávila-Carvalho et al. (2013), to achieve the necessary preparation for a good performance, elite gymnasts train 25-30 hours/week and in some cases, 40 hours/week. The gymnasts who participated in the European Championship of 1986 had a training volume of 21.7 hours/week and in 2008, 36 hours/week (Berlutti et al., 2010). These data demonstrate a tendency to increase the training volume over the recent years. During the seventies and eighties, the requirement was 15 and 20 hours/week, respectively (Georgopoulos et al., 2012). Portuguese elite gymnasts in our study presented higher training volume (31.2 ± 6.2 hours/week) than Portuguese junior elite gymnasts (25.0 ± 0 hours/week) studied by Batista-Santos et al. (2015).

Several studies have pointed that low body fat, narrow and thin bodies and hips, long and thin limbs, and an balanced ectomorphic somatotype are important selection and performance criteria, distinguishing elite from non-elite rhythmic gymnasts (Ávila-Carvalho et al., 2012; Camargo et al., 2014; Douda et al., 2008; Klentrou & Plyley, 2003; Kritikou et al., 2017; Purenović-Ivanović & Popović, 2014). However, it is important to emphasize that the linear body measures (e.g., height, lengths and diameters) tend to have a higher genetic influence than girths, skinfolds, body mass, body fat which can be influenced by training as a result of adaptive processes (Douda et al., 2002). Thus, the anthropometric variables such as the arm span, leg length, and height are identified as determinants of performance, but they cannot be altered by training and mainly depend on the initial and long-term selection processes across ages (Karpenko, 2003).

According to Ávila-Carvalho et al. (2012), apparently, in the past, rhythmic gymnasts were younger and thinner than today. The authors believe that the

increase on elite gymnast's age means an increase of the longevity career in RG, and this can affect the high-level senior gymnasts new body appearance model (Ávila-Carvalho et al., 2012; Berlutti et al., 2010). However, the visual appeal and body aesthetics remain a critical role in the success in RG. Thus, we verified that the elite gymnasts presented lower values of BMI and %BF than other competition levels, although without statistical significance in BMI in Elite ($17.5 \pm 1.5 \text{ kg/m}^2$) versus 1st division ($17.9 \pm 2.1 \text{ kg/m}^2$).

Portuguese gymnasts (13.5 ± 2.0 years) presented body mass of $43.7 \pm 9.3 \text{ kg}$. For this variable, no significant differences were found by the competition levels. However, analyzing body mass by competition levels, as expected, the base level had higher values ($45.1 \pm 9.4 \text{ kg}$). On the other hand, the elite ($42.6 \pm 6.1 \text{ kg}$) and 1st division ($42.1 \pm 9.5 \text{ kg}$) showed similar body mass. Compared to more recent investigations in rhythmic gymnasts aged similarly to those in our study, we verified lower values (Purenović-Ivanović & Popović, 2014) in gymnasts with 13.0 ± 2.8 years and $40.6 \pm 11.3 \text{ kg}$ and higher values (Arriaza et al., 2016) in gymnasts with 13.7 ± 0.8 years and 47.0 kg .

Based on the BMI cut-off points for girls of different ages (Cole & Lobstein, 2012), 85.4% ($n=140$) of Portuguese gymnasts had normal nutritional status (normal weight). However, we found that 11.6% ($n=19$) of gymnasts were underweight: 4 gymnasts in the thinness grade 2 (one from Base level and three from the 1st division); 15 gymnasts in the thinness grade 1 (four from Base level, eight from the 1st division and three from the Elite). On the other hand, although it was not expected, 3.0% ($n=5$) of gymnasts were overweight, all from Base level group.

Georgopoulos et al. (1999) conducted a study with 255 rhythmic gymnasts, aged 14.7 ± 2.1 years, participating in the European Championship in Greece. The gymnasts presented $16.3 \pm 1.8 \text{ kg/m}^2$ of BMI, $16.1 \pm 4.1\%$ of %BF and $42.0 \pm 7.4 \text{ kg}$ of body mass. Theodoropoulou et al. (2005) studied 423 elite rhythmic gymnasts aged 15.9 ± 2.4 years in the period from 1997-2004 on World and European Championships and verified that the values of BMI and %BF were $16.9 \pm 1.8 \text{ kg/m}^2$ and $15.5 \pm 4.6\%$ respectively. Del Vecchio et al. (2014) observed that Brazilian junior gymnasts had $17.1 \pm 1.5 \text{ kg/m}^2$ of BMI. Portuguese gymnasts in our study showed higher values of both BMI ($18.5 \pm 2.4 \text{ kg/m}^2$) and %BF ($17.5 \pm 4.1\%$). When we analyzed the values by competition levels, we found that

only the elite gymnasts had values of BMI ($17.5 \pm 1.5 \text{ kg/m}^2$) and %BF ($14.6 \pm 2.8\%$) closer to the studies reported (Del Vecchio et al., 2014; Georgopoulos et al., 1999; Theodoropoulou et al., 2005).

Klentrou et al. (2010) provide information about the height orientations for rhythmic gymnasts and the authors presented five height intervals according to the age: improbable (+); optimal; possible and improbable (-) height. The Portuguese gymnasts showed an optimal height with respect to age (13.5 ± 2.0 years and 152.6 ± 8.9 cm of height). However, in the analysis by age groups we observed that Portuguese gymnasts (10-11 years) had improbable positive height (144.3 ± 6.4 cm), the gymnasts between 11 to 15 years had an optimal height and the gymnasts between 15 to 18 years presented only possible height with respect to age.

Comparing our complete sample with gymnasts of similar mean age (13.4 ± 1.6 years) studied by Douda et al. (2008), we verified equivalent height values (151.1 ± 9.5 cm). In another study performed by Camargo et al. (2014), the gymnasts of similar mean age (13.4 ± 0.6 years) had 155.9 ± 4.5 cm of height, however, these gymnasts showed a more advanced pubertal stage (peak height velocity +2) than Portuguese gymnasts (peak height velocity +1).

Elite gymnasts had optimal height (Klentrou et al., 2010) and we found that this group presented higher values of height (155.8 ± 6.6 cm) than the Base and the 1st division ones albeit without statistical significance. Further, there was no structural pattern expected in the results found in the height of gymnasts in different competition levels, as elite gymnasts were taller, followed by the base gymnasts and then by the 1st division gymnasts.

The other anthropometric measurements used in our study, including lengths, girth, diameters and skinfolds are little studied, probably due to temporal and operational difficulties in performing this type of assessment in gymnasts.

The lengths of the upper and lower limbs are differential factors in gymnastics. According to Georgopoulos et al. (2002), the short-limbed gymnast would have a greater mechanical advantage in the performance of artistic gymnastics, while a gymnast with long limbs could benefit from a similar advantage in RG. Thus, rhythmic gymnasts are expected to have long and thin extremities (Amigó et al., 2009; Poliszczuk & Brod, 2010). In agreement with that, the elite gymnasts presented higher values of upper and lower limbs length than

other competition levels, although without statistical significance. Unexpectedly, in height and upper limb lengths, the base showed higher values than the 1st division.

In the skinfolds measures, the higher the competition level, the significantly lower were the values observed. Furthermore, although without statistical significance, the higher the competition level, the lower the girth measures, except in calf girth. In the diameters measures, the groups had very close values and there was no the structural pattern in the results found.

Portuguese gymnasts showed lower values of thigh (44.5 ± 5.1 cm) and calf (31.4 ± 3.1 cm) girth, higher values of thigh skinfold (15.8 ± 4.5 mm) and similar values of calf skinfold (10.0 ± 3.6 mm) and femur diameter (7.4 ± 0.6 cm) than Brazilian gymnasts studied by Frutuoso et al. (2016): thigh (45.2 ± 3.0 cm) and calf (33.2 ± 2.3 cm) girth, thigh (14.1 ± 5.0 mm) and calf skinfold (10.0 ± 5.0 mm); femur diameter (7.1 ± 0.4 cm). On the other hand, the elite gymnasts presented lower values in all these measures, except in femur diameter with similar values.

Di Cagno et al. (2008) performed the same diameters measures than our study with junior and senior gymnasts. The gymnasts had higher values in humerus (5.6 ± 0.4 cm and 6.0 ± 0.4 cm) and femur (8.1 ± 0.5 cm and 8.4 ± 0.2 cm) diameters, lower bicristal (22.3 ± 2.7 cm and 25.0 ± 1.3 cm) and biacromial (30.8 ± 3.1 cm and 32.1 ± 1.5 cm) diameters than Portuguese gymnasts (except for bicristal diameter in senior gymnasts). Furthermore, the authors also analyzed the sum of three skinfolds (triceps, subscapular and suprailiac) and found the following values: 21.5 ± 5.9 mm in junior and 21.3 ± 2.4 mm in senior. Thus, it seems that the Portuguese gymnasts presented higher values in the sum of skinfolds (28.5 ± 10.2 mm) than the gymnasts studied by Di Cagno et al. (2008). When compared by different competition levels, only the Elite achieved lower values in the sum of skinfolds: Base (32.8 ± 11.1 mm), 1st division (24.8 ± 7.1 mm) and Elite (19.5 ± 2.9 mm).

Kritikou et al. (2017) showed that the deductions of artistry score in the RG competition presented positive significant correlations with subscapular and suprailiac skinfolds and negative significant correlations with lean body mass. According to the authors, these data indicate that a lean body shape may be indirectly encouraged by the RG Code of Points, as previously suggested by Ávila-Carvalho et al. (2012).

Several authors have proposed that the most common somatotype profile in RG is the balanced ectomorph, which implies a dominance of the ectomorphic component, with similar prevalence and moderate values in the remaining components (Amigó et al., 2009; Camargo et al., 2014; Kritikou et al., 2017; Poliszczuk & Brod, 2010; Purenović-Ivanović & Popović, 2014; Quintero et al., 2011). However, there are studies that found different somatotypes in rhythmic gymnasts such as the mesomorph-ectomorph (Arriaza et al., 2016; Vernetta et al., 2011), as well as the central somatotype (Arriaza et al., 2016; Vernetta et al., 2011), mesomorphic ectomorph (Amigó et al., 2009) and even the balanced endomorph (Quintero et al., 2011).

In the Portuguese sample, the average somatotype was 3.2-2.6-3.4, classified as endomorph-ectomorph, with low mesomorphy component and similar prevalence in the endomorphy and ectomorphy components. Qualitatively, it can be seen as exhibiting a moderate relative fatness and subcutaneous body fat; moderate relative linearity and less volume per unit of height; and a low muscle-skeletal development, with narrow skeletal and muscle diameters (Carter & Heath, 1990).

As previously reported, the gymnasts at different competition levels had similar body mass, height, diameters and girths. However, the higher the competition level, the lower were the %BF and skinfolds measures. We verified also that the higher the competition level, the higher was the training volume. Thus, the 1st division and the Elite (2.8-2.5-3.6 and 2.1-2.1-4.2, respectively) were according to the expected somatotype profile in RG: balanced ectomorph, thus confirming previous evidence on the importance of ectomorphy as a selection criterion in RG (Purenović-Ivanović & Popović, 2014; Vernetta et al., 2011). On the other hand, the Base presented the balanced endomorph (3.7-2.8-3.0) somatotype, which implies a dominance of the endomorphy component, with similar prevalence and moderate values for the mesomorphy and ectomorphy components. The main characteristics of balanced endomorph gymnasts are moderate relative fatness and subcutaneous body fat; low muscle-skeletal development and relative linearity (Carter & Heath, 1990). In accordance with that, the Base level gymnasts showed a significantly higher endomorphy component and a lower ectomorphy component than the other competition levels.

Although this body pattern is not expected in RG, Quintero et al. (2011) observed also a balanced endomorph somatotype in rhythmic gymnasts (15-18 years). However, this sample did not include the elite gymnasts. Menezes et al. (2014) studied the somatotype of Brazilian gymnasts at three different competition levels and showed that higher competition levels presented the balanced ectomorph somatotype (National level 2.7-2.7-4.2 and International level 2.3-2.9-4.2), while gymnasts at the Regional level had an ectomorphic mesomorph somatotype (2.9-3.2-3.5).

The elite Portuguese gymnasts, who represent the highest competition level in our study, are a selected group of girls exposed to RG training since early childhood, and they demonstrated unique characteristics: low %BF, optimal height to their age, a balanced ectomorph somatotype, high training volume and high number of years of practice in the sport. Furthermore, this group showed long extremities, low values of skinfolds and girths measures.

However, the low %BF seem to be one of main parameters to reach high results in RG (Di Cagno et al., 2008; Kritikou et al., 2017). In a study performed by Donti et al. (2016), the %BF was the main morphological characteristic that differentiated qualified and non-qualifiers rhythmic gymnasts in the all-around competition. Furthermore, morphological variables such as body composition have been suggested as significant determinants of the RG competition score (Douda et al., 2008; Purenović-Ivanović & Popović, 2014).

Thus, in the regression analysis, we verified that the %BF was the main morphological predictor of performance in competition and this variable explained alone 15.6% of competition success. On the other hand, we performed also the discriminant analysis to find the morphological variables that better discriminate the three competition levels. The results showed that the %BF and the lower limb length were the variables that maximally separated the groups. We observed that 40.2% of gymnasts presented errors of reclassification in the original groups, i.e. these gymnasts had characteristics less similar to their group of origin and more similar to another group. The lower errors of reclassification occurred in the elite level (22.2%). These gymnasts were reclassified to the 1st division. In the base level, 33.7% of gymnasts were reclassified in other competition levels: 30.1% in the 1st division and 3.6% in the elite. The 1st division was the competition level with higher errors of reclassification (50%): 27.8% of gymnasts were reclassified

in the elite level and 22.2% in the base level. Thus, we showed that some gymnasts of the base and the 1st division were closer in morphological characteristics to the elite. This analysis shows a high inter-individual variability in these groups. However, there are several other contributing factors to performance in RG, thus only the morphological characteristics cannot determine the gymnasts' membership at a certain competition level. Furthermore, in Portugal, the gymnasts compete in the base or 1st division levels depending on the subjective preferences and decisions of the coaches. On the other hand, the elite level is composed of gymnasts selected by the Portugal Gymnastics Federation according to the scores previously attained in specific competitions of the junior and senior categories. These gymnasts form the individual Portugal National RG Team. Therefore, the elite gymnasts have several special characteristics, which allow them to be in this selected group.

5. Conclusions

According to the analysis by the three competition levels of performance, the elite Portuguese gymnasts significantly differed from the base and the 1st division ones in having lower skinfolds and %BF, higher training volume per week and a number of years of practice in RG. The elite and the 1st division showed a significantly higher ectomorphy component and a lower endomorphy component than the base. In addition, although without statistical significance, some data are still substantially relevant: in body mass, the elite and the 1st division presented similar values and lower than the base. In the longitudinal linear measures (height, upper and lower limb length), the elite had higher values than other groups. Contrary to what is expected, in height and upper limb length, the base showed higher values than the 1st division. Furthermore, we verified that the higher the competition level, the lower were the values of BMI and girths measures. In the diameter measures, we observed very close values in all groups without a structural pattern in the results found.

The morphological variables that maximally distinguish the groups of gymnasts by competition levels were %BF and lower limb length. A total of 59.8% of gymnasts were well reclassified in their original groups. Furthermore, %BF was

the main morphological predictor of performance in competition, explaining alone 15.6% of competition success.

Acknowledgements: The authors would like to thank the Portuguese Federation of Gymnastics, the gymnasts and coaches that permitted the making of this study possible.

6. References

- Amigó, A., Sala, V., Faciabén, A., Evrard, M., Marginet, M., & Zamora, L. (2009). Talla, peso, somatotipo y composición corporal en gimnastas de élite españolas (gimnasia rítmica) desde la infancia hasta la edad adulta. *Apunts Educación Física y Deportes*, 64-74.
- Arriaza, E., Rodríguez, C., Carrasco, C., Mardones, C., Niedmann, L., & López-Fuenzalida, A. (2016). Anthropometric Characteristics of Elite Rhythmic Gymnasts. *Int. J. Morphol.*, 34(1), 17-22.
- Ávila-Carvalho, L., Klentrou, P., Palomero, M. L., & Lebre, E. (2012). Body composition profile of elite group rhythmic gymnasts. *Science of Gymnastics Journal* 4(1), 21-32.
- Ávila-Carvalho, L., Klentrou, P., Palomero, M. L., & Lebre, E. (2013). Anthropometric profiles and age at menarche in elite group rhythmic gymnasts according to their chronological age. *Science & Sports*, 28(4), 172-180.
- Batista-Santos, A., Lemos, M. E., Lebre, E., & Ávila-Carvalho, L. (2015). Active And Passive Lower Limb Flexibility In High Level Rhythmic Gymnastics. *Science of Gymnastics Journal*, 7 (2), 55-66.
- Berlutti, G., Briganti, C., Pamich, T., Torrisi, L., Franco, A., Morino, G., & Caldarone, G. (2010). *Body composition, biological maturation, alimentary habit, anthropometric characteristics in rhythmic gymnastics athletes. From the Florence 1986 European Championships to the Turin 2008 European Championships, Twenty years of evolution.*: Federazione Gimnastica D'Italia.
- Camargo, C., Gomez-Campos, R., Cossio-Bolaños, M., Barbata, V., Arruda, M., & Guerra-Junior, G. (2014). Growth and body composition in Brazilian female rhythmic gymnastics athletes. *Journal of Sports Sciences*, 32(19).
- Carter, J. E. L., & Heath, B. H. (1990). *Somatotyping-development and applications*. Cambridge: Cambridge University Press.

- Cole, T., & Lobstein, T. (2012). Extended international (IOTF) body mass index cut-offs for thinness, overweight and obesity. *Pediatric Obesity*, 7(4), 284-294.
- Del Vecchio, F. B., Primeira, M., Silva, H. C. d., Dall'Agnol, C., & Galliano, L. M. (2014). Nível de aptidão física de atletas de ginástica rítmica: Comparações entre categorias etárias. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*, 22(3), 5-13.
- Di Cagno, A., Baldari, C., Battaglia, C., Guidetti, L., & Piazza, M. (2008). Anthropometric characteristics evolution in elite rhythmic gymnasts *It. J. Anat. Embryol.*, 113 (1), 29-36.
- Di Cagno, A., Baldari, C., Battaglia, C., Monteiro, M. D., Pappalardo, A., Piazza, M., & Guidetti, L. (2009). Factors influencing performance of competitive and amateur rhythmic gymnastics - Gender differences. *Journal of Science and Medicine in Sport* 12, 411-416.
- Donti, O., Bogdanis, G. C., Kritikou, M., Donti, A., & Theodorakou, K. (2016). The Relative Contribution of Physical Fitness to the Technical Execution Score in Youth Rhythmic Gymnastics. *Journal of Human Kinetics* 51(2), 143-152.
- Douda, H., Avloniti, A., Kasabalis, A., Smilios, L., & Tokmakidis, S. P. (2006). Application of ratings of perceived exertion and physiological responses to maximal effort in rhythmic gymnasts. *International Journal of applied Sports Sciences*, 18(2), 78 - 88.
- Douda, H., Toubekis, A., Avloniti, A., & Tokmakidis, S. (2008). Physiological and anthropometric determinants of rhythmic gymnastics performance. *International Journal Of Sports Physiology And Performance*, 3(1), 41-54.
- Douda, H. T., Laparidis, K., & Tokmakidis, S. (2002). Long-term training induces specific adaptations on the physique of rhythmic sports and female artistic gymnasts. *European Journal of Sport Science*, 2(3), 1-13.
- Frutuoso, A. S., Diefenthaler, F., Vaz, M. A., & Freitas, C. (2016). Lower limb asymmetries in rhythmic gymnastics athletes. *The International Journal of Sports Physical Therapy* 11(1), 34-43.
- Georgopoulos, N., Markou, K., Theodoropoulou, A., Paraskevopoulou, P., Varaki, L., Kazantzi, Z., Leglise, M., & Vagenakis, A. (1999). Growth and pubertal development in elite female rhythmic gymnasts. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 84, 4525-4530.
- Georgopoulos, N., Markou, K. B., Theodoropoulou, A., Benardot, D., Leglise, M., & Vagenakis, A. G. (2002). Growth retardation in artistic compared with rhythmic elite female gymnasts. *The Journal Of Clinical Endocrinology And Metabolism*, 87(7), 3169-3173.

- Georgopoulos, N., Theodoropoulou, A., Roupas, N., Rottstein, L., Tsekouras, A., Mylonas, P., Vagenakis, G., Koukkou, E., Armeni, A., Sakellaropoulos, G., Leglise, M., Vagenakis, K., & Markou, K. (2012). Growth velocity and final height in elite female rhythmic and artistic gymnasts. *Hormones*, 11(1), 61-69.
- Hawes, M. R., & Sovak, D. (1994). Morphological prototypes, assessment and change in elite athletes. *Journal Sports Science*, 12(3), 235-242.
- Karpenko, L. A. (2003). *Rhythmic gymnastics: textbook*. St. Petersburg: Department of Physical Education.
- Klentrou, N., Gorbulina, N., Aleksandrova, N., Delle-Chiaie, D., Ferrand, C., & Fink, H. (2010). *Age group development program for rhythmic gymnastics: Sample physical testing program*. Lausanne, Switzerland: International Gymnastics Federation.
- Klentrou, P., & Plyley, M. (2003). Onset of puberty, menstrual frequency, and body fat in elite rhythmic gymnasts compared with normal controls. *Br J Sports Med.* , 37(6), 490-494.
- Kritikou, M., Donti, D., Bogdanis, G., Donti, A., & Theodorakou, K. (2017). Correlates of artistry performance scores in preadolescent rhythmic gymnasts. *Science of Gymnastics Journal*, 9(2), 165-177.
- Law, M. P., Côté, J., & Ericsson, K. A. (2007). Characteristics of expert development in rhythmic gymnastics: A retrospective study. *Journal International Journal of Sport and Exercise Psychology* 5(1).
- Lohman, T. G., Roche, A. F., & Martorell, R. (1988). *Anthropometric Standardization Reference Manual* (Vol. 3). Champaign: Human Kinetics Books.
- Malina, R. M., Ackerman, K. E., & Rogol, A. D. (2016). Growth and the Young Female Athlete. In C. Stein, K. Ackerman & A. Straccioli (Eds.), *The Young Female Athlete*. Switzerland: Springer, Cham.
- Menezes, L. S., Novaes, J., & Fernandes-Filho, J. (2014). Somatotipo de atletas y practicantes de gimnasia rítmica prepubescentes y postpubescentes. *Int J Morphol.*, 32(3), 968-972.
- Poliszczuk, T., & Brod, D. (2010). Somatic constitution and the ability to maintain dynamic body equilibrium in girls practicing rhythmic gymnastics. *Pédiatrie Endocrinology, Diabetes and Metabolism*, 16(2), 94-99.
- Poliszczuk, T., Broda, D., & Poliszczuk, D. (2012). Changes in somatic parameters and dynamic balance in female rhythmic gymnasts over a space of two years. *Polish Journal of Sport and Tourism*, 19, 240-252
- Purenović-Ivanović, T., & Popović, R. (2014). Somatotype of Top-Level Serbian Rhythmic Gymnasts. *Journal of Human Kinetics*, 40, 181-187.

- Quintero, B. R., Martín, A. P., & González Henríquez, J. J. (2011). El perfil antropomètric de la gimnàstica rítmica. *Apunts: Educació Física i Esports* 103, 48-55.
- Šebić-Zuhrić, L., Tabaković, M., Hrnjević, I., & Atiković, A. (2008). Predictive values of morphological characteristics in rhythmic gymnastics. . *Sport Scientific And Practical Aspects. International Scientific Journal of Kinesiology*, 5, 45-50.
- Slaughter, M., Lohman, T., Boileau, R., Horswill, C., Stillman, R., Van Loan, M., & Bembien, D. (1988). Skinfold equations for estimation of body fatness in children and Youth. *Hum. Biol.*, 60, 709-723.
- Theodoropoulou, A., Markou, K. B., Vagenakis, G. A., Benardot, D., Leglise, M., Kourounis, G., Vagenakis, A. G., & Georgopoulos, N. A. (2005). Delayed but normally progressed puberty is more pronounced in artistic compared with rhythmic elite gymnasts due to the intensity of training. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 90(11), 6022-6027.
- Tringali, C., Brivio, I., Stucchi, B., Silvestri, I., Scurati, R., Michielon, G., Alberti, G., & Venerando, B. (2014). Prevalence of a characteristic gene profile in high-level rhythmic gymnasts. *J. Sports Sci.*, 32(14), 1409-1415.
- Vernetta, M., Fernández, E., López-Bedoya, J., Gómez-Landero, A., & Oña, A. (2011). Estudio relacional entre el perfil morfológico y estima corporal en la selección andaluza de gimnasia rítmica deportiva *Motricidad. European Journal of Human Movement*, 26, 77-92.

ESTUDO II

Biological maturation of Portuguese rhythmic gymnasts in different competition levels of performance

Amanda Batista¹, Rui Garganta¹ e Lurdes Ávila-Carvalho¹

¹ CIFI²D, Kinanthropometry Lab, Faculty of Sport, University of Porto, Portugal.

Objetivos: (1) Comparar a maturação biológica em ginastas portuguesas de diferentes níveis competitivos; (2) Investigar como as variáveis morfológicas e de treino se comportam nos diferentes estados e indicadores maturacionais; e (3) Verificar se o estado maturacional influencia o desempenho competitivo.

Artigo publicado:

International Journal of Physical Education, Fitness and Sports

Batista, A.; Garganta, R. & Ávila-Carvalho, L. (2019). Biological maturation of Portuguese rhythmic gymnasts in different competition levels of performance. *International Journal of Physical Education, Fitness and Sports*, 8(1): 38-48.

Biological maturation of Portuguese rhythmic gymnasts in different competition levels of performance

Abstract

The aims of the present study were: (1) identify and compare the biological maturity in Portuguese gymnasts across competitive levels; (2) investigate how morphological variables and training volume behave in the different status and indicators of maturity and (3) determinate if the maturity status influences the competitive performance. The sample (n=164) consisted of three competition levels (Base, 1st division and Elite) from Portugal. Anthropometric measurements and body composition were performed. For analysis of biological maturation, the sexual and somatic maturation were evaluated. For the statistical analysis, Mann-Whitney and Kruskal-Wallis tests, Pearson correlation and Linear Regression were used. In total, 63.4% of gymnasts had not yet reached menarche and the higher competition level, lower the number of gymnasts with menarche. On mean, all groups had reached the age at peak height velocity. The higher the competition level, higher the chronological age and age at peak height velocity. Thus, the maturation indicators showed a delay in pubertal development in all competition levels and the elite gymnasts seem present a later pubertal development. The chronological age, the values of body mass, height, BMI and body fat increased with the maturity status according all maturity indicators. However, gymnasts with different maturity status revealed similar training volume. Finally, the maturational status explained 11.5% of competition success with higher advantage in the competitive performance to prepubertal gymnasts. Thus, the premenarcheal status and a higher age at peak height velocity seem to contribute to performance in Rhythmic Gymnastics.

Keywords: biological maturation; sexual maturation; somatic maturation; rhythmic gymnastics; gymnasts.

1. Introduction

Rhythmic Gymnastics (RG) requires a high level of development in motor capacities, flexibility, strength, endurance, coordination, agility, rhythm and balance (Del Vecchio et al., 2014; Douda et al., 2008) in order to perfectly execute

complex body and apparatus elements, harmoniously combining rhythm and movement (Bordalo et al., 2015). Furthermore, the success in this sport is strongly influenced by visual appeal and body aesthetics (Ávila-Carvalho et al., 2013; Klentrou & Plyley, 2003), once that elite rhythmic gymnastics should have an appropriate body size and maintain low body fat (Douda et al., 2008; Misigoj-Durakovic, 2012). However, morphological characteristics of rhythmic gymnasts are determined by different factors, such as genetic aspects, training level and specific nutritional plans (Tringali et al., 2014), which favor the optimum physical condition for the sport (Douda et al., 2008) but can also be associated to alterations in the biological maturation (Ávila-Carvalho et al., 2013; Baxter-Jones et al., 2003; Georgopoulos et al., 1999; Georgopoulos et al., 2001; Klentrou & Plyley, 2003; Maïmoun et al., 2014; Malina et al., 2013; Silva, 2007).

Biological maturation refers to the progress towards a mature state (Beunen & Malina, 2007) and most often is viewed in the context of skeletal (skeletal age), sexual (pubertal stages of development and age at menarche) and somatic (age at peak height velocity) maturation (Baxter-Jones et al., 2002). Malina et al. (2016) explain that maturation is a process, while maturity is a state. This maturation process consists of two components: timing and tempo. Timing refers to the chronological age at which specific maturational events occur, while tempo refers to the rate at which maturation progress, and both vary considerably among individuals (Malina et al., 2016).

The training in RG begins at the early age of 5–6 years and continues throughout childhood and adolescence (Caine et al., 2003; Georgopoulos et al., 2012; Law et al., 2007). The high-level athletes in RG achieve international status long before they become adults (Menezes et al., 2014). Thus, the late menarche is common among rhythmic gymnasts (Ávila-Carvalho et al., 2012, 2013; Georgopoulos et al., 2002; Misigoj-Durakovic, 2012; Purenović-Ivanović et al., 2017). Therefore, gymnasts with same chronological age and belonging in the same age category of competition can have a high variation in the growth and biological maturation (Del Vecchio et al., 2014; Malina et al., 2016).

Thus, the aims of this study were: (1) identify and compare the biological maturity in Portuguese gymnasts across competitive levels; (2) investigate how morphological variables and training volume behave in the different status and

indicators of maturity and (3) determinate if the biological maturity status influences the competitive performance.

2. Materials and methods

Subjects: 164 Portuguese gymnasts who participated in the district and or national competitions during the 2013/2014 season, in three different levels: Base, 1st division and Elite.

Ethical Considerations: Ethics Committee of the Faculty of Sport, University of Porto (Portugal) and Scientific Committee of the Portugal Gymnastics Federation approved the study protocol. The assessments were performed in accordance with the ethical standards of the Helsinki Declaration.

Morphological characteristics: Anthropometric measurements were obtained according to the protocol established in Anthropometric standardization reference manual (Lohman et al., 1988). All anthropometric measurements were performed at the beginning of each training session by the same trained anthropometrist. Body mass (kg) was measured with a portable bio-impedance scale (Tanita BC-558 Ironman Segmental Body Composition Analyzer) with a 0.1 kg precision. Height (cm) and sitting height (cm) were determined to the nearest 0.1 cm using the portable stadiometer Personal Sanny. Triceps and calf skinfolds were measured with a Holtain Skinfold Caliper (0.2 mm precision). The values verified in the assessments were within acceptable limits of technical error of measurement and therefore, the quality control of the information determined a high precision and reliability of the data.

Relative body fat (%BF) was calculated using the equation proposed by Slaughter et al. (1988): $[(0.610 * \Sigma SKF) + 5.1]$, where, ΣSKF is the sum of triceps and calf skinfolds. Body mass index (BMI) was calculated from the equation: body mass (kg) / height² (m).

Biological maturation: For analysis of sexual maturation, menarcheal status and age at menarche (retrospective method) were obtained by questionnaire. To infer, indirectly, the somatic maturation, we used the maturational offset (Mirwald et al., 2002), that it is an estimate of the distance to which an individual is of age at which will occur the peak height velocity (PHV). The value is expressed in years, for more (+) or for less (-). To prediction of age

of PHV the following variables are required: gender, date of birth, date of measurement, height, sitting height and weight. The predicted age at PHV was the difference between age and maturity offset.

Additional data: Chronological age, age of training onset and training volume were collected using questionnaires (Table 1). Scores in the Portuguese National Championship determined the competitive performance in the sport season 2013/2014.

Statistical Procedures: Statistical analysis was performed using the Statistical Package for Social Sciences (SPSS 23.0). The significance level was set at 5%. Descriptive statistics were performed using the mean and standard deviation. Mann-Whitney and Kruskal-Wallis nonparametric tests were used to compare competition levels in different analysis and maturity status. Pearson correlation and linear regression were used to verify the influence of biological maturity status in performance.

3. Results

Table 1 shows the training and morphological characteristics of Portuguese gymnasts and this group separated by competition levels. We observed that, the higher the competition level, higher was the training volume per week. There were no significant differences in the training onset (age at which each gymnast started RG training), although the higher the competition level, lower the age of training onset.

Table 1: Training and morphological characteristics in complete sample and separated by competition levels

Competition Level	General (n=164)	Base (n=83)	1 st division (n=72)	Elite (n=9)	Proof value
Variables	$\bar{x} \pm sd$	$\bar{x} \pm sd$	$\bar{x} \pm sd$	$\bar{x} \pm sd$	
Age (years)	13.5 $\pm$ 2.0	13.3* $\pm$ 1.9	13.6 $\pm$ 2.1	14.8* $\pm$ 1.8	p=0.016 ^b
Training onset (years)	6.9 $\pm$ 2.4	7.3 $\pm$ 2.6	6.5 $\pm$ 2.2	6.0 $\pm$ 1.5	p=0.082
Training volume (h/week)	16.9 $\pm$ 7.5	13.9* $\pm$ 6.4	18.7* $\pm$ 6.2	31.2* $\pm$ 6.2	p<0.001 ^{a,b,c}
Body mass (kg)	43.7 $\pm$ 9.3	45.1 $\pm$ 9.4	42.1 $\pm$ 9.5	42.6 $\pm$ 6.1	p=0.094
Height (cm)	152.6 $\pm$ 8.9	152.7 $\pm$ 7.8	152.1 $\pm$ 10.3	155.8 $\pm$ 6.6	p=0.489
BMI (kg/m ²)	18.5 $\pm$ 2.4	19.1* $\pm$ 2.6	17.9* $\pm$ 2.1	17.5* $\pm$ 1.5	p=0.008 ^{a,b}
Body fat (%)	17.5 $\pm$ 4.1	19.4* $\pm$ 4.2	18.2* $\pm$ 4.3	14.6* $\pm$ 2.8	p<0.001 ^{a,b,c}

Legend – BMI: body mass index; $\bar{x}$: mean; sd: standard deviation; * p $\leq$ 0.05: significant differences – a) base versus 1st division; b) base versus elite; c) 1st division versus elite.

No significant differences were found in the groups in body mass and height, however we verified that elite gymnasts presented higher height values, as well as, the Elite and 1st division had lower body mass values than Base. Significant differences were verified in the body composition variables, except in 1st division versus Elite in BMI. The higher the competition level, lower values of body fat and BMI.

Table 2 presents the maturation data of Portuguese gymnasts and this group separated by competition levels. We observed that only 60 (36.6%) from 164 gymnasts had reached menarche (13.0±1.3 years and range of 10.0 to 16.0 years) and 63.4% had not yet begun to menstruate (12.6±1.4 years and range of 10.6 to 18.1 years). Thus, the higher competition level, lower the number of gymnasts with menarche: Base (43.4%); 1st division (30.6%), Elite (22.2%). The most gymnasts of each group had not yet the menarche. There were significant differences ($p<0.001$) in age at menarche in Base (12.4±1.0 years) versus 1st division (14.0±1.2 years). Although without statistical significance, the age at menarche in Elite was lower than 1st division ($p=0.464$) and higher than Base ($p=0.139$). 88.8% of elite gymnasts had not yet the menarche.

Table 2: Summary table of biological maturation of Portuguese gymnasts by competition levels

Competition levels	Chronological age	Sexual maturation (Menarche)		Somatic Maturation (Maturation Offset)	
		Number and % of gymnasts	Age at menarche	Distance of PHV	Predicted age at PHV
Base (n=83)	13.3±1.9 years	36 (43.4%)	12.4*±1.0 years	0.7±1.4 years	12.6*±0.7 years
1st division (n=72)	13.6±2.1 years	22 (30.6%)	14.0*±1.2 years	0.8±1.7 years	12.9*±1.6 years
Elite (n=9)	14.8±1.8 years	2 (22.2%)	13.5±0.7 years	1.6±1.3 years	13.3*±0.6 years
Total (n=164)	13.5±2.0 years	6 (36.6%)	13.0±1.3 years	0.8±1.6 years	12.7±0.7 years

* $p\leq0.05$: significant differences

Furthermore, the age at PHV by competition level also was presented in Table 2. On mean, all groups had reached the age at PHV. The higher the competition level, higher the chronological age, higher the distance of the PHV (+) and higher the age at PHV. Significant differences were verified in the age at PHV in all groups: Base versus 1st division ($p=0.002$), Base versus Elite ($p=0.003$) and 1st division versus Elite ($p=0.046$).

Table 3 shows the analysis of morphological and training variables (age, body mass, height, BMI, %BF and training volume) of Portuguese gymnasts

according to two maturation indicators: 1. menarche (absence or presence of menarche) and 2. PHV status (-2 to +5). In the analysis of Menarche, we observed that the chronological age, the values of body mass, height, BMI, %BF and training volume were higher in menarcheal than premenarcheal gymnasts. However, significant differences were verified in all variables ($p < 0.001$), except in training volume ($p=0.425$).

Table 3: Variables of growth, body composition and training by maturation indicators

Variables			n (%)	Age (yrs)	BM (kg)	Height (cm)	BMI	%BF	Volume (h)
Maturation Indicators				$\bar{x}\pm sd$	$\bar{x}\pm sd$	$\bar{x}\pm sd$	$\bar{x}\pm sd$	$\bar{x}\pm sd$	$\bar{x}\pm sd$
1	Premenarcheal		104 (63.4%)	12.6* $\pm$ 1.4	38.8* $\pm$ 7.0	148.7* $\pm$ 8.0	17.4* $\pm$ 1.8	16.2* $\pm$ 3.5	16.7 $\pm$ 7.8
	Menarcheal		60 (36.6%)	15.1* $\pm$ 1.9	52.0* $\pm$ 6.6	159.4* $\pm$ 5.8	20.4 $\pm$ 2.1	19.8* $\pm$ 4.1	17.2 $\pm$ 7.0
2	PHV status	-2	4 (2.4%)	11.1 $\pm$ 0.2	26.6 $\pm$ 1.2	134.6 $\pm$ 2.1	14.7 $\pm$ 1.1	13.3 $\pm$ 2.6	14.0 $\pm$ 8.7
		-1	38 (23.3%)	11.5 $\pm$ 0.6	33.8 $\pm$ 3.4	142.4 $\pm$ 3.7	16.7 $\pm$ 1.4	16.4 $\pm$ 3.4	15.9 $\pm$ 8.1
		0	33 (20.2%)	12.3 $\pm$ 0.6 ^h	40.0 $\pm$ 4.5 ^h	149.7 $\pm$ 5.1 ^h	17.8 $\pm$ 1.5 ^h	17.1 $\pm$ 2.9 ^{a,d,e}	15.3 $\pm$ 6.3
		+1	35 (21.3%)	13.4 $\pm$ 0.5	45.7 $\pm$ 5.2	155.8 $\pm$ 4.1	18.8 $\pm$ 1.9	17.5 $\pm$ 3.5	18.1 $\pm$ 7.8
		+2	29 (17.7%)	14.5 $\pm$ 0.7	50.4 $\pm$ 6.3	159.6 $\pm$ 4.9	19.8 $\pm$ 2.1	18.5 $\pm$ 4.9	18.8 $\pm$ 5.6
		+3	14 (8.5%)	16.5 $\pm$ 0.7	55.0 $\pm$ 6.4	161.4 $\pm$ 3.8	19.9 $\pm$ 6.0	20.5 $\pm$ 5.3	15.2 $\pm$ 10.5
		+4	9 (5.5%)	17.9 $\pm$ 0.6	56.0 $\pm$ 4.0	162.2 $\pm$ 3.8	21.3 $\pm$ 1.4	18.8 $\pm$ 5.5	18.6 $\pm$ 6.5
		+5	2 (1.2%)	18.2 $\pm$ 0.1	57.8 $\pm$ 9.9	173.1 $\pm$ 0.2	19.3 $\pm$ 3.4	18.5 $\pm$ 3.5	24.0 $\pm$ 0.0

Legend – $\bar{x}$: mean; sd: standard deviation; BM: Body Mass; BMI: Body mass index; %BF: % body fat; Volume: training volume in hours per week; 1: Menarche – * $p \leq 0.05$: significant differences; 2: PHV status – Significant differences in the variables analyzed when comparing the gymnasts with PHV=0 versus the others PHV status ($p \leq 0.05$: significant differences): a) PHV-2; b) PHV-1; c) PHV+1; d) PHV+2; e) PHV+3; f) PHV+4; g) PHV+5; h) differences in PHV0 and all PHV status.

Table 3 shows also that the PHV occurred (PHV0) at a predicted age of 12.3 $\pm$ 0.6 years ($n=33$). The values of each variable increased with age and somatic maturation status, except the training volume. However, the BMI and %BF in the PHV status +4 and +5 did not follow this trend, probably by reduced sample in these groups and thus, the power of the statistical test and the general analysis of mean values were compromised. There were significant differences ($p \leq 0.05$) in the value of variables at PHV0 and other somatic maturity status in age (PHV-2 to +5), body mass (PHV-2 to +5), height (PHV-2 to +5), BMI (PHV-2 to +5) and %BF (PHV-2, PHV+2 and PHV+3). On the other hand, no significant differences were found in the value of variables at PHV0 and other somatic maturity status in training volume.

According to Linear Regression, we observed that the maturational status explained 11.5% of competitive performance ($F=5.921$; $p=0.001$; R^2 adjusted = 0.115). The regression equation was $y = 15.571 + 3.366 * \text{age at PHV} - 5.573 *$

menarcheal status (where 0 corresponds to premenarcheal and 1 to menarcheal gymnasts).

4. Discussion

Portuguese gymnasts from different competition levels presented different training volume. Elite gymnasts had significantly higher training volume than the remaining groups probably due to high training and competition requirements, essential to maintain this higher level of sport performance (Ávila-Carvalho et al., 2013). According to Misigoj-Durakovic (2012), the training programs in RG can be described as of high intensity, high frequency and long duration. Ávila-Carvalho et al. (2013) explain that to achieve the necessary preparation for a good performance, elite gymnasts train 25-30h/week and in some cases, 40h/week due to the high physical and technical requirements in RG. During the seventies and eighties, the requirement was 15h and 20h per week, respectively (Georgopoulos et al., 2012). The gymnasts who participated in the European Championship of 1986 had a training volume of 21.7h/week and in 2008, 36h/week (Berlutti et al., 2010). These data demonstrate a tendency to increase the training volume over the recent years. Thus, Portuguese elite gymnasts in our study presented number of hours of training per week (31.2 ± 6.2 h/week) according to international records and higher than training volume of 25.0 ± 0 h/week found by Batista-Santos et al. (2015) in Portuguese junior elite gymnasts (13.6 ± 0.3 years).

Regarding to age of initiation in RG, Portuguese gymnasts presented age of training onset (6.8 ± 2.4 years) according to previous studies: 6.8 ± 1.9 years (Georgopoulos et al., 1999), 7.7 ± 2.2 years (Georgopoulos et al., 2002), 7.4 ± 2.3 years (Theodoropoulou et al., 2005), 6.2 ± 1.9 years (Berlutti et al., 2010), 6.5 ± 1.4 years (Ávila-Carvalho et al., 2012). Furthermore, we verified that the higher the competition level, lower the age of training onset: 7.3 ± 2.6 years in Base, 6.5 ± 2.2 years in 1st division and 6.0 ± 1.5 years in Elite, despite significant differences were not found in the groups in this variable.

Information about the training characteristics in RG is essential to understanding the effects of such training on the growth and body development of gymnasts (Camargo et al., 2014). The elite gymnasts presented higher training

volume, lower training onset and lower values of BMI and body fat than other competition levels. These results are in agreement with Claessens et al. (1999), that consider the performance of elite gymnasts negatively correlated with the body fat, once that the success in RG is strongly influenced by visual appeal and body aesthetics (Klentrou & Plyley, 2003).

Georgopoulos et al. (1999) conducted a study with 255 rhythmic gymnasts, aged 14.7 ± 2.1 years, participants in the European Championship in Greece. The gymnasts presented, 16.3 ± 1.8 kg/m² of BMI, $16.1 \pm 4.1\%$ of %BF and 42.0 ± 7.4 kg of body mass. Theodoropoulou et al. (2005) studied 423 elite rhythmic gymnasts aged 15.9 ± 2.4 years in the period from 1997-2004 on World and European Championships and verified that the values of BMI and %BF were 16.9 ± 1.8 kg/m² and $15.5 \pm 4.6\%$ respectively. Del Vecchio et al. (2014) observed that Brazilian junior gymnasts had 17.1 ± 1.5 kg/m² of BMI. Portuguese gymnasts in our study showed higher values of BMI (18.5 ± 2.4 kg/m²) and %BF ($17.5 \pm 4.1\%$). When we analyzed the values by competition levels, we verified that only the elite gymnasts presented values of BMI (17.5 ± 1.5 kg/m²) and %BF ($14.6 \pm 2.8\%$) closer to the studies reported (Del Vecchio et al., 2014; Georgopoulos et al., 1999; Theodoropoulou et al., 2005).

The height is one of most commonly body dimensions used to monitor growth status (Malina et al., 2016). In our study, the Elite showed the higher values of height (155.8 ± 6.6 cm), although statistically the groups had similar height. The Portuguese gymnasts (13.5 ± 2.0 years) presented 152.6 ± 8.9 cm of height, and when compared to gymnasts with similar mean age (13.4 ± 1.6 years) studied by Douda et al. (2008), we verified equivalent height values (151.1 ± 9.5 cm). In other study performed by Camargo et al. (2014), the gymnasts with similar mean age (13.4 ± 0.6 years) had 155.9 ± 4.5 cm of height, however, these gymnasts showed a more advanced pubertal stage (PHV+2) than Portuguese gymnasts (PHV-1).

The analysis of biological maturation is also an important procedure to understand the differences in growth and body development of gymnasts (Baxter-Jones et al., 2003; Beunen & Malina, 2007; Malina et al., 2016), once that it has consistently been shown that late maturity is common in Gymnastics, especially elite gymnasts (Baxter-Jones et al., 2002; Malina et al., 2013; Misigoj-Durakovic,

2012) and that late-maturing gymnasts seem to have advantages in motor performance in this sport (Baxter-Jones & Helms, 1996).

Purenović-Ivanović et al. (2017) performed a study to determine the potential influence of pubertal development in gymnasts of different age categories on the performance scores and verified a negative relationship of all pubertal development parameters used in their study with the performance scores in senior gymnasts, which according to authors, could indicate that late maturation is desirable in RG. Claessens et al. (2006) compared gymnasts from different competitive levels at the same chronological age and verified that premenarcheal gymnasts tend to have higher competitive scores, on average, than post-menarcheal gymnasts. In our study, we observed similar results, once that the maturational status explained 11.5% of competitive performance with higher advantage in the competition success to prepubertal gymnasts.

The main indicator of maturation used in studies with gymnasts is the age at menarche, probably because it is a less invasive method, more easy application, and without the need for anthropometric measurements. The average age for menarche in non-athlete female population is 12.8 years (Djordjevic-Nikic & Moskovljević, 2009), however gymnasts tend to attain menarche later than normal population and girls in other sports (Claessens et al., 1999; Maïmoun et al., 2014). Several studies (Ávila-Carvalho et al., 2012, 2013; Beunen & Malina, 2007; Georgopoulos et al., 2002; Malina et al., 2013; Misigoj-Durakovic, 2012; Purenović-Ivanović et al., 2017; Thomis et al., 2005) indicate that gymnasts have a late age at menarche and age at peak height velocity (PHV), especially in elite gymnasts.

Previously reported studies showed similar age at menarche in gymnasts (in years): 15.0 ± 0.9 years (Muñoz et al., 2004); 14.6 ± 1.5 (Theodoropoulou et al., 2005); 15.9 ± 1.3 (Berlutti et al., 2010); 15.9 ± 1.4 (Ávila-Carvalho et al., 2012); 14.8 ± 1.1 for young and 16.6 ± 1.2 for adult (Ávila-Carvalho et al., 2013); 15.3 ± 1.3 years (Silva & Paiva, 2015). In our study, the mean chronological age of Portuguese gymnasts was 13.5 ± 2.0 years and only 36.6% already had menarche (13.0 ± 1.3 years). We observed also that the higher the competition level, lower number of gymnasts with menarche: Base (43.4%), 1st division (30.6%) and Elite (22.2%). Purenović-Ivanović et al. (2017) verified that the age at menarche in rhythmic gymnasts was 13.6 ± 1.2 years, however, as in our study, only a small

part of the sample (33.3%) already had menarche. The authors also verified that the higher the competition level of gymnasts, the later the menarche onset occurred.

The menarcheal Portuguese gymnasts presented higher values of age, body mass, height, BMI and %BF than premenarcheal gymnasts. Klentrou & Plyley (2003) found similar characteristics, once that menarcheal gymnasts were significantly taller and heavier, with a higher BMI and %BF than premenarcheal gymnasts.

In addition, to infer, indirectly, the somatic maturation, we used the maturational offset (Mirwald et al., 2002), that it is an estimate of the distance to which an individual is of age at which will occur the PHV. Generally, the PHV in girls occurs at about 12 years of age (Malina et al., 2004). We observed that on mean, the Portuguese gymnasts in general and all competition levels had reached the age at PHV. Furthermore, the higher the competition level, higher the age at PHV: Base (12.6 ± 0.7 years); 1st division (12.9 ± 1.6 years) and Elite (13.3 ± 0.6 years). The PHV in Portuguese gymnasts occurred at a predicted age of 12.3 ± 0.6 years ($n=33$), when the gymnasts showed greater improvement in height. Other studies reported similar predicted age of PHV: 13.0 ± 0.7 years (Nurmi-Lawton et al., 2004); 12.9 ± 1.5 years (Thomis et al., 2005); 12.5 ± 0.6 years (Malina et al., 2006) and 12.1 ± 0.8 years (Camargo et al., 2014).

Thus, according to the different analysis of maturation in Portuguese gymnasts in our study, we observed that the gymnasts showed a delay in pubertal development in all competition levels and although without statistical significance in all maturity indicators, we observed the elite gymnasts seem to have a later maturational development.

The elite gymnasts, who represent the higher competition level, are a selected group of girls exposed to intensive training long before menarche (Klentrou & Plyley, 2003). Our data demonstrate its unique characteristics, once that elite Portuguese gymnasts (14.8 ± 1.8 years) presented motivation to maintain low %BF ($14.6 \pm 2.8\%$), high training volume regimen (31.2 ± 6.2 h/week), high number of years of practice in the sport (8.1 ± 1.9 years) and age of training onset (6.0 ± 1.5 years) in accordance with indications by several authors (Caine et al., 2003; Georgopoulos et al., 2012; Law et al., 2007), who suggest that the RG

training begins at the early age of 5–6 years and continues throughout childhood and adolescence.

Several studies (Baxter-Jones et al., 2003; Georgopoulos et al., 1999; Georgopoulos et al., 2001; Klentrou & Plyley, 2003; Maïmoun et al., 2014; Silva, 2007) have referred that the age of the onset of maturational development varies greatly, and is influenced by several factors as nutrition, heredity, state of health, body fat, high volume and intensity training, chronic psychological stress and other. Thus, presently available data, point that the sports training and participation, alone do not likely affect maturation and therefore, do not appear to affect adult height or overall rate of growth (Baxter-Jones et al., 2003; Beunen & Malina, 2007; Georgopoulos et al., 2002; Georgopoulos et al., 2012; Malina et al., 2013). Generally, the gymnasts tend to have a later maturation and therefore, the growth cessation is going to occur at a much later age than girls with average or early maturation (Baxter-Jones et al., 2003).

Our study also was aimed at verify how the training volume of gymnasts behave in the different status and indicators of maturity. The analysis of menarcheal status (presence or absence of the menarche) showed that the menarcheal Portuguese gymnasts presented higher training volume than premenarcheal gymnasts, although without significant differences. Klentrou & Plyley (2003) verified different results, once that menarcheal gymnasts had lower training volume. In the PHV, there was not a structural pattern in the results found in training volume in the different ages and somatic maturation status. Indeed, before reaching PHV, there was an increase in the training volume with the increase of age and maturity status (PHV-2 = 14.0 ± 8.7 h/week; PHV-1 = 15.9 ± 8.1 h/week). However, in the PHV0 (15.3 ± 6.3 h/week) the training volume was lower than PHV-1. From then, we did not observe no structural patter in the training volume with the increase of age and maturity status.

To better understand these results, we analyzed the training volume by age categories of competition (according to rules of Gymnastics Federation of Portugal) and verified that the young gymnasts (11-12 years) had lower training volume (14.8 ± 6.8 h/week). However, the other age categories, junior (13-15 years) and senior (16 years and older) presented similar training volume: 18.4 ± 7.2 h/week and 18.1 ± 8.5 h/week, respectively. So, the gymnasts in the PH0

or more (over 12 years of age), did not necessarily presented a higher training volume.

The analysis of training volume is interesting, once that we observed significant differences in this variable in the three competition levels: Base (13.9 ± 6.4 h/week); 1st division (18.7 ± 6.2 h/week) and Elite (31.2 ± 6.2 h/week), however, when we compared the training volume according to maturity status of the gymnasts, no significant differences were verified. Therefore, gymnasts with different maturity status presented different age, body mass, height, BMI and %BF, but on the other hand, revealed a similar training volume (no sufficiently different at the statistical level).

According to Beunen & Malina (2007), the variation in maturity status influences body dimensions, composition and proportions, and also the performance. Thus, although the age categories in competition is defined only by chronological age, it is important that the coaches consider the maturity status of the gymnasts in the training requirements (Bordalo et al., 2015). Although there is a great interest in understanding how the stages of growth and maturation can be best utilized in sport development, the available data and studies are extremely limited (Malina et al., 2016). We can cite two models to long-term development of young athletes: Long Term Athlete Development (LTAD) (Balyi & Hamilton, 2004; Balyi et al., 2013) and the Youth Physical Development (YPD) (Lloyd & Oliver, 2012, 2014), which are concept of planned, systematic and progressive system of training, competition and recovery of athletes considering their maturity status. The coaches use information about the PHV as a reference point for the development of individualized training programs during the maturation process, although each model present a different organization in the motor capacities training.

RG can be classified as early specialization sport (Balyi & Hamilton, 2004), and we did not find a specific model based on maturity status that could contribute the development of coaches' work. The knowledge and awareness of general patterns of growth and maturation allows that the coaches can recognition of the advantages, risks, and challenges that accompany these biological processes, and thus, to ensure that the training is based on the needs of the individual as opposed to a general approach based a simply on chronological age (Lloyd & Oliver, 2014; Malina et al., 2016).

However, it is not easy to select the better indicator of the maturational state. In our study were used two maturity indicators and they showed that Portuguese gymnasts had a delay in pubertal development in all competition levels. However, according to Malina et al. (2016), measuring maturation can be challenging. The authors explain that there are limitations in all indicators of maturity used in growth studies: skeletal age determination with x-rays exposes children to low dose radiation, is an expensive evaluation and is dependent on experienced individuals to interpret the results; directly observing secondary sexual characteristics is a quite invasive method; surveys questioning breast and pubic hair development have limitations in terms of recall accuracy and possible wrong perception of own body; age at menarche have error associated with recall accuracy and are affected by the tendency to report ages as whole years; age at PHV is an “after-the-fact” indicator. Predicted age at PHV is dependent upon age at prediction and individual differences in actual age at PHV (Malina & Koziel, 2014).

5. Conclusions

In total, 63.4% of Portuguese gymnasts had not yet reached menarche and the higher competition level, lower the number of gymnasts with menarche. In the PHV, on mean, all groups had reached the age at PHV. The higher the competition level, higher the chronological age, higher the distance of the PHV and higher the age at PHV. Thus, the maturation indicators used in our study (age at menarche and age at PHV) showed a delay in pubertal development in all competition levels and we observed that the elite gymnasts seem to present a later maturational development.

We observed also that the chronological age, the values of body mass, height, BMI and %BF increased with the maturity status according to the maturity indicators, although without significant differences in some maturity status. However, gymnasts with different maturity status revealed a similar training volume (indeed, slightly different training volume but with no statistical significance). Finally, the maturational status explained 11.5% of competition success with higher advantage in the competitive performance to prepubertal

gymnasts. Thus, the premenarcheal status and a higher age at PHV seem to contribute to performance in RG.

Acknowledgements: The authors would like to thank the Portuguese Federation of Gymnastics, the gymnasts and coaches that permitted the making of this study possible.

6. References

- Ávila-Carvalho, L., Klentrou, P., Palomero, M. L., & Lebre, E. (2012). Body composition profile of elite group rhythmic gymnasts. *Science of Gymnastics Journal* 4(1), 21-32.
- Ávila-Carvalho, L., Klentrou, P., Palomero, M. L., & Lebre, E. (2013). Anthropometric profiles and age at menarche in elite group rhythmic gymnasts according to their chronological age. *Science & Sports*, 28(4), 172-180.
- Balyi, I., & Hamilton, A. (2004). *Long-Term Athlete Development: Trainability in children and adolescents. Windows of opportunity. Optimal trainability*. Victoria, BC: National Coaching Institute British Columbia & Advanced Training and Performance Ltd.
- Balyi, I., Way, R., & Higgs, C. (2013). *Long-term athlete development*. Champaign: Human Kinetics.
- Batista-Santos, A., Lemos, M. E., Lebre, E., & Ávila-Carvalho, L. (2015). Active And Passive Lower Limb Flexibility In High Level Rhythmic Gymnastics. *Science of Gymnastics Journal*, 7 (2), 55-66.
- Baxter-Jones, A., & Helms, P. (1996). Effects of Training at a Young Age: A Review of the Training of Young Athletes (TOYA) Study. *Pediatric exercise Science* 8(4), 310-327.
- Baxter-Jones, A., Maffulli, N., & Mirwald, R. L. (2003). Does elite competition inhibit growth and maturation in some gymnasts? Probably not. *Pediatr Exerc Science*, 15, 373-382.
- Baxter-Jones, A., Thompson, A., & Malina, R. (2002). Growth and maturation in elite young female athletes. *Sports Med Arthrosc Rev*, 10, 42-49.
- Berlutti, G., Briganti, C., Pamich, T., Torrisi, L., Franco, A., Morino, G., & Caldarone, G. (2010). *Body composition, biological maturation, alimentary habit, anthropometric characteristics in rhythmic gymnastics athletes. From the*

- Florence 1986 European Championships to the Turin 2008 European Championships, Twenty years of evolution.*: Federazione Gimnastica D'Italia.
- Beunen, G., & Malina, R. M. (2007). Growth and Biologic Maturation: Relevance to Athletic Performance. In H. a. B.-O. Hebestreit, O. (Ed.), *The Young Athlete* (pp. 3-17). Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd.
- Bordalo, M., Portal, M., Cader, S., Perrotta, N., Neto, J., & Dantas, E. (2015). Comparison of the effect of two sports training methods on the flexibility of rhythmic gymnasts at different levels of biological maturation. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 55(5), 457-463.
- Caine, D., Bass, S., & Daily, R. (2003). Does elite competition inhibit growth and delay maturation in some gymnasts? Quite possibility. *Pediatric Exercise Science*, 15, 360-372.
- Camargo, C., Gomez-Campos, R., Cossio-Bolaños, M., Barbeta, V., Arruda, M., & Guerra-Junior, G. (2014). Growth and body composition in Brazilian female rhythmic gymnastics athletes. *Journal of Sports Sciences*, 32(19).
- Claessens, A., Lefevre, J., Beunen, G., & Malina, R. (2006). Maturity-associated variation in the body size and proportions of elite female gymnasts 14-17 years of age. *Eur J Paediatr*, 165, 186-192.
- Claessens, A., Lefevre, J., Beunen, G., & Malina, R. M. (1999). The contribution of anthropometric characteristics to performance scores in elite female gymnasts. *J Sport Med Phys Fit*, 39, 355-360.
- Del Vecchio, F. B., Primeira, M., Silva, H. C. d., Dall'Agnol, C., & Galliano, L. M. (2014). Nível de aptidão física de atletas de ginástica rítmica: Comparações entre categorias etárias. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*, 22(3), 5-13.
- Djordjevic-Nikic, M., & Moskovljević, L. (2009). The influence of sports training on the growth and pubertal development in female rhythmic gymnasts. *Physical Culture*, 63(1), 10-16.
- Douda, H., Toubekis, A., Avloniti, A., & Tokmakidis, S. (2008). Physiological and anthropometric determinants of rhythmic gymnastics performance. *International Journal Of Sports Physiology And Performance*, 3(1), 41-54.
- Georgopoulos, N., Markou, K., Theodoropoulou, A., Paraskevopoulou, P., Varaki, L., Kazantzi, Z., Leglise, M., & Vagenakis, A. (1999). Growth and pubertal development in elite female rhythmic gymnasts. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 84, 4525-4530.
- Georgopoulos, N., Markou, K., Theodoropoulou, A., Vagenakis, G., Benardot, D., Leglise, M., Dimopoulos, J., & Vagenakis, A. (2001). Height Velocity and Skeletal

- Maturation in Elite Female Rhythmic Gymnasts *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* 86(11), 5159-5164.
- Georgopoulos, N., Markou, K. B., Theodoropoulou, A., Benardot, D., Leglise, M., & Vagenakis, A. G. (2002). Growth retardation in artistic compared with rhythmic elite female gymnasts. *The Journal Of Clinical Endocrinology And Metabolism*, 87(7), 3169-3173.
- Georgopoulos, N., Theodoropoulou, A., Roupas, N., Rottstein, L., Tsekouras, A., Mylonas, P., Vagenakis, G., Koukkou, E., Armeni, A., Sakellaropoulos, G., Leglise, M., Vagenakis, K., & Markou, K. (2012). Growth velocity and final height in elite female rhythmic and artistic gymnasts. *Hormones*, 11(1), 61-69.
- Klentrou, P., & Plyley, M. (2003). Onset of puberty, menstrual frequency, and body fat in elite rhythmic gymnasts compared with normal controls. *Br J Sports Med.* , 37(6), 490-494.
- Law, M. P., Côté, J., & Ericsson, K. A. (2007). Characteristics of expert development in rhythmic gymnastics: A retrospective study. *Journal International Journal of Sport and Exercise Psychology* 5(1).
- Lloyd, R., & Oliver, J. (2012). The Youth Physical Development Model: A New Approach to Long-Term Athletic Development. *Strength and Conditioning Journal*, 34(3), 61-72.
- Lloyd, R., & Oliver, J. (2014). Developing younger athletes. In D. Joyce & D. Lewindon (Eds.), *High Performance Training for Sports*. Unites States of America: Human Kinetics.
- Lohman, T. G., Roche, A. F., & Martorell, R. (1988). *Anthropometric Standardization Reference Manual* (Vol. 3). Champaign: Human Kinetics Books.
- Maïmoun, L., Georgopoulos, N. A., & Sultan, C. (2014). Endocrine disorders in adolescent and young female athletes: impact on growth, menstrual cycles, and bone mass acquisition. *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, 99(11), 4037-4050.
- Malina, R., Baxter-Jones, A., Armstrong, N., Beunen, G., Caine, D., Daly, R., Lewis, R., Rogol, A., & Russell, K. (2013). Role of Intensive Training in the Growth and Maturation of Artistic Gymnasts. *Sports Med*, 43, 783-802.
- Malina, R., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). *Growth, maturation, and physical activity* (Vol. 2). Champaign: Human Kinetics.
- Malina, R. M., Ackerman, K. E., & Rogol, A. D. (2016). Growth and the Young Female Athlete. In C. Stein, K. Ackerman & A. Straccioli (Eds.), *The Young Female Athlete*. Switzerland: Springer, Cham.

- Malina, R. M., Claessens, A. L., Van Aken, K., Thomis, M., Lefevre, J., Philippaerts, R., & Beunen, G. P. (2006). Maturity offset in gymnasts. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 38, 1342–1347.
- Malina, R. M., & Koziel, S. M. (2014). Validation of maturity offset in a longitudinal sample of Polish girls. *J Sports Sci* 32, 1374-1382.
- Menezes, L. S., Novaes, J., & Fernandes-Filho, J. (2014). Somatotipo de atletas y practicantes de gimnasia rítmica prepubescentes y postpubescentes. *Int J Morphol.*, 32(3), 968-972.
- Mirwald, R. L., Baxter-Jones, A. D., Bailey, D. A., & Beunen, G. P. (2002). An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(4), 689-694.
- Misigoj-Durakovic, M. (2012). Anthropometry in Premenarcheal Female Esthetic Sports Athletes and Ballerinas. In V. R. Preedy (Ed.), *Handbook of Anthropometry* (pp. 1817-1836). New York: Springer.
- Muñoz, M., de la Piedra, C., Barrios, V., Garrido, G., Argente, J. (2004). Changes in bone density and bone markers in rhythmic gymnasts and ballet dancers: implications for puberty and leptin levels. *European Journal of Endocrinology*, 151(4): 491-496.
- Nurmi-Lawton, J. A., Baxter-Jones, A. D. G., Mirwald, R. L., Bishop, J. A., Taylor, P., Cooper, C., & New, S. A. (2004). Evidence of sustained skeletal benefits from impact-loading exercise in young females: A 3-year longitudinal study. *Journal of Bone and Mineral Research*, 19, 314-322.
- Purenović-Ivanović, T., Popović, R., & Moskovljević, L. (2017). The contribution of pubertal development to performance scores in high-level rhythmic gymnasts. *Acta Gymnica*, 47(3), 122-129.
- Silva, M., & Paiva, T. (2015). Low energy availability and low body fat of female gymnasts before an international competition. *Eur J Sport Sci.*, 15(7), 591-599.
- Silva, M. R. G. (2007). *Avaliação nutricional e composição corporal* (Vol. 3). Porto: Edições Universidade Fernando Pessoa.
- Slaughter, M., Lohman, T., Boileau, R., Horswill, C., Stillman, R., Van Loan, M., & Bembien, D. (1988). Skinfold aquations for estimation of body fatness in children and Youth. *Hum. Biol.*, 60, 709-723.
- Theodoropoulou, A., Markou, K. B., Vagenakis, G. A., Benardot, D., Leglise, M., Kourounis, G., Vagenakis, A. G., & Georgopoulos, N. A. (2005). Delayed but normally progressed puberty is more pronounced in artistic compared with rhythmic elite gymnasts due to the intensity of training. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 90(11), 6022-6027.

- Thomis, M., Claessens, A. L., Lefevre, J., Philippaerts, R., Beunen, G. P., & Malina, R. M. (2005). Adolescent growth spurts in female gymnasts. *Journal of Pediatrics*, 146, 239-244.
- Tringali, C., Brivio, I., Stucchi, B., Silvestri, I., Scurati, R., Michielon, G., Alberti, G., & Venerando, B. (2014). Prevalence of a characteristic gene profile in high-level rhythmic gymnasts. *J. Sports Sci.*, 32(14), 1409-1415.

ESTUDO III

Morphological characteristics and biological maturation of Brazilian and Portuguese gymnasts

Amanda Batista¹, Rui Garganta¹ e Lurdes Ávila-Carvalho¹

¹ *CIF²D, Kinanthropometry Lab, Faculty of Sport, University of Porto, Portugal.*

Objetivos: (1) Identificar características de treino, morfológicas e de maturação biológica em ginastas de elite brasileiras e portuguesas; (2) comparar essas características entre os grupos.

Artigo publicado:

International Journal of Morphology

Batista, A.; Garganta, R. & Ávila-Carvalho, L. (2019). Morphological characteristics and biological maturation of Brazilian and Portuguese gymnasts. *International Journal of Morphology*, 37(2): 561-567.

Morphological characteristics and biological maturation of Brazilian and Portuguese gymnasts

Abstract

The morphological characteristics and biological maturation are among the more important factors in the performance in the Rhythmic Gymnastics. Thus, the aims of the present study were: (1) identify the training, morphological and biological maturation characteristics in elite Brazilian and Portuguese gymnasts; (2) compare these characteristics across groups. The Brazilian and Portuguese National Team (13 gymnasts) were studied. Anthropometric and body composition measurements were performed. For analysis of biological maturation, the sexual (pubertal stages and age at menarche) and somatic (offset maturational) maturation were evaluated. The training data were collected by interviewing. For the statistical analysis, Mann-Whitney test was applied. The somatotype and calculation of its components were performed according to the Health-Carter method thought of the MER Goulding Software Development. Brazil and Portugal National Teams presented similar training volume and training onset, however Brazilian gymnasts had higher age and years of practice in Rhythmic Gymnastics than Portuguese gymnasts. Brazilian had higher body mass; height; lower limb length; triceps, subscapular and abdominal skinfolds; relaxed arm and thigh girths; and endomorphy somatotype component than Portuguese. The groups showed different somatotypes: Brazilian (endomorph-ectomorph) and Portuguese (balanced ectomorph), although without statistical significance. The groups demonstrated a late maturational development. Similar breast (stages 3 and 4) and pubic hair (stages 2 and 3) development were verified. In total, 84.6% of gymnasts had reached menarche (15.9 ± 2.6 years) and all gymnasts had reached the age at peak height velocity (15.0 ± 1.2 years). The distance and age at peak height velocity were higher in Brazilian than in Portuguese.

Keywords: rhythmic gymnastics; gymnasts; anthropometry; body composition; biological maturation.

1. Introduction

In Rhythmic Gymnastics (RG), specific morphological characteristics, including somatic dimensions, somatotype and body composition have been considered as contributing factors to the individual high-level physical performance (Arriaza et al., 2016; Ávila-Carvalho et al., 2013; Douda et al., 2008; Tringali et al., 2014). The rhythmic gymnasts are characterized by low body mass and body fat, narrow and thin hips, long and thin limbs, and an ectomorphic somatotype (Ávila-Carvalho et al., 2012; Camargo et al., 2014; Douda et al., 2008; Klentrou & Pyley, 2003; Kritikou et al., 2017).

Thus, the gymnasts attempt to stay their morphological characteristics within the standards required by the sport (Camargo et al., 2014). These aesthetic aspects entail a better execution of specific RG movements (Amigó et al., 2009) and they are valued and subjectively considered in the competitions (Ávila-Carvalho et al., 2013). The perception of body image also is an essential factor of the psychological well-being of gymnasts (Vernetta et al., 2011).

Morphological characteristics of rhythmic gymnasts are determined by different factors, such as genetic aspects, training level, specific nutritional plans (Tringali et al., 2014) and also the maturity status (Malina et al., 2016). Several studies (Ávila-Carvalho et al., 2013; Beunen & Malina, 2007; Georgopoulos et al., 2002; Malina et al., 2013; Purenović-Ivanović et al., 2017; Thomis et al., 2005) indicate that gymnasts have a late in pubertal stages, age at menarche and age at peak height velocity (PHV), especially in elite gymnasts.

Therefore, the aims of the present study were: (1) identify the training, morphological and biological maturation characteristics in elite Brazilian and Portuguese gymnasts; (2) compare these characteristics across groups.

2. Materials and Methods

Subjects: 13 rhythmic elite senior gymnasts were studied – nine from Brazilian National Team (BNT) and four from Portuguese National Team (PNT).

Ethical Considerations: The study protocol was approved by Ethics Committee of the Faculty of Sport, University of Porto (Portugal), Scientific Committee of Brazil and Portugal Gymnastics Federation.

Morphological characteristics: Anthropometric measurements were obtained according to the protocol established in Anthropometric standardization reference manual (Lohman et al., 1988). All measures were performed at the beginning of each training session by the same trained anthropometrist. Body mass (kg) was measured with a portable bio-impedance scale (Tanita BC-558 Ironman Segmental Body Composition Analyzer). Height (cm) and sitting height (cm) were determined using the portable stadiometer Personal Sanny. The lower limb length was estimated based on the difference between standing height and sitting height. Upper limb length was measured with a Segmometer (Rosscraft). All diameters (biacromial, bicristal, humerus and femur) were measured with a SH-108 compass round tips. Relaxed and flexed arm, thigh and calf girths were assessed, using an anthropometric measuring tape Sanny. Triceps, subscapular, suprailiac, abdominal, thigh and calf skinfolds were measured with a Holtain Skinfold Caliper. Furthermore, relative body fat (%BF) was calculated using gender and age-specific equations. For gymnasts under 18 years, we used the equation developed by Slaughter et al. (1988) and for gymnasts over 18 years the equation proposed by Siri (1961). Body mass index (BMI) was calculated using the equation: $\text{body mass (kg)} / \text{height}^2 \text{ (m)}$.

Somatotype: The somatotype and calculation of its components were performed according to the Health-Carter method (Carter & Heath, 1990).

Biological maturation: For analysis of sexual maturation, the gymnasts performed a self-assessment to determine their pubertal stage (Tanner, 1962), through the five phases of development of secondary sexual characteristics: breasts and pubic hair (Tanner, 1962). Menarcheal status and age at menarche (retrospective method) were obtained by questionnaire. To infer, indirectly, the somatic maturation, we used the maturational offset (Mirwald et al., 2002), that it is an estimate of the distance to which an individual is of age at which will occur the peak height velocity (PHV). The value is expressed in years, for more (+) or for less (-). The predicted age at PHV was the difference between chronological age and maturity offset.

Additional data: Chronological age, age of training onset and training volume were collected using questionnaires.

Statistical Procedures: Statistical analysis was performed using the Statistical Package for Social Sciences (SPSS 23.0). The significance level was

set at 5%. Descriptive statistics were performed using the mean and standard deviation. We applied Mann-Whitney non-parametric test to compare the PNT and BNT. Somatotype calculations and their graphical displays in the somatocharts were done in the MER Goulding Software Development.

3. Results

In the training characteristics, Table 1 shows that BNT and PNT had similar training volume and training onset. However, BNT was significantly older ($p=0.003$) and with more years of practice in RG ($p=0.006$) than PNT.

Table 1: Training and morphological characteristics of Brazil and Portugal National Team

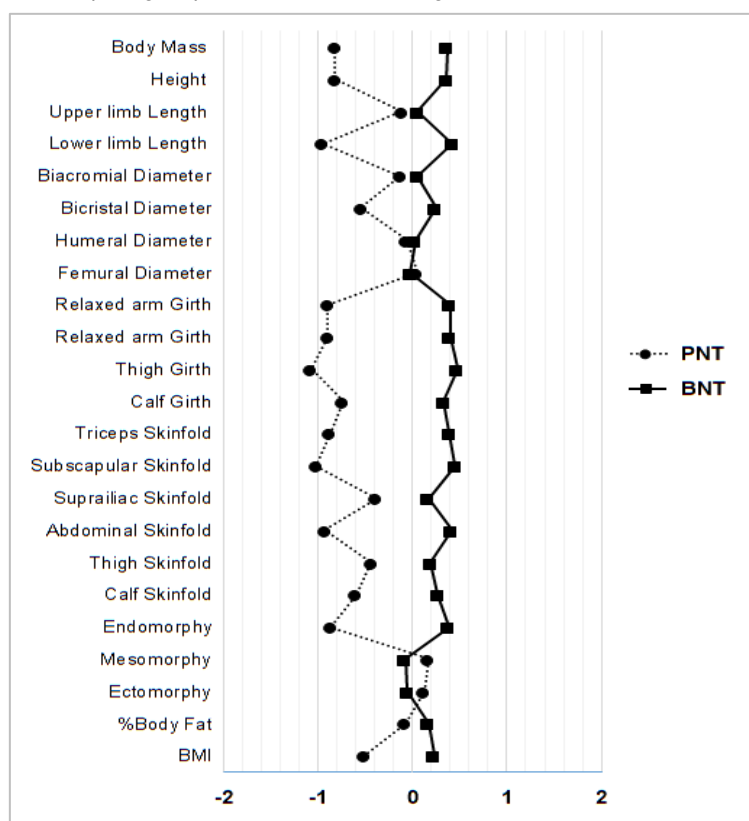
Variables		General (n=13) $\bar{x}\pm sd$	BNT (n=9) $\bar{x}\pm sd$	PNT (n=4) $\bar{x}\pm sd$	p value
Age (years)		19.2 $\pm$ 2.9	21.1 $\pm$ 1.8	16.5 $\pm$ 1.2	0.003*
Training volume (hours/week)		35.5 $\pm$ 1.7	36.0 $\pm$ 0.0	34.5 $\pm$ 3.0	0.503
Training onset (years)		6.9 $\pm$ 2.2	6.8 $\pm$ 2.5	7.0 $\pm$ 1.2	0.872
RG practice (years)		12.4 $\pm$ 3.4	14.0 $\pm$ 2.4	8.8 $\pm$ 2.2	0.006*
Body Mass (kg)		51.4 $\pm$ 4.6	53.1 $\pm$ 4.3	47.7 $\pm$ 2.7	0.034*
Height (cm)		163.3 $\pm$ 4.4	164.9 $\pm$ 3.4	159.7 $\pm$ 4.7	0.050*
Upper limb Length (cm)		69.9 $\pm$ 2.4	70.0 $\pm$ 2.1	69.6 $\pm$ 3.1	0.940
Lower limb Length (cm)		80.0 $\pm$ 3.1	81.3 $\pm$ 1.7	77.2 $\pm$ 3.7	0.050*
Skinfolds (mm)	Triceps	10.2 $\pm$ 3.6	11.6 $\pm$ 3.5	7.0 $\pm$ 1.0	0.011*
	Subscapular	6.9 $\pm$ 1.5	7.6 $\pm$ 1.3	5.3 $\pm$ 0.5	0.006*
	Suprailiac	9.5 $\pm$ 1.6	9.8 $\pm$ 1.7	8.9 $\pm$ 1.4	0.260
	Abdominal	9.1 $\pm$ 2.2	10.0 $\pm$ 1.9	7.0 $\pm$ 1.2	0.020*
	Thigh	13.7 $\pm$ 2.5	14.2 $\pm$ 2.5	12.7 $\pm$ 2.5	0.260
	Calf	7.6 $\pm$ 2.4	8.2 $\pm$ 2.5	6.2 $\pm$ 1.5	0.199
Girth (cm)	Flexed arm	25.1 $\pm$ 1.6	25.7 $\pm$ 1.6	23.9 $\pm$ 0.5	0.076
	Relaxed arm	23.3 $\pm$ 1.9	24.1 $\pm$ 1.8	21.6 $\pm$ 0.2	0.034*
	Thigh	47.9 $\pm$ 2.3	48.9 $\pm$ 1.7	45.4 $\pm$ 1.3	0.011*
	Calf	34.3 $\pm$ 1.9	34.9 $\pm$ 1.8	33.0 $\pm$ 1.3	0.106
Diameters (cm)	Biacromial	35.5 $\pm$ 0.9	35.6 $\pm$ 0.9	35.4 $\pm$ 0.8	0.825
	Bicristal	24.4 $\pm$ 1.6	24.8 $\pm$ 1.8	23.5 $\pm$ 0.4	0.260
	Humerus	5.3 $\pm$ 0.3	5.3 $\pm$ 0.2	5.3 $\pm$ 0.3	0.825
	Femur	7.3 $\pm$ 0.4	7.3 $\pm$ 0.5	7.3 $\pm$ 0.1	0.710
Somatotype components	Endomorphy	2.8 $\pm$ 0.6	3.0 $\pm$ 0.6	2.3 $\pm$ 0.2	0.029*
	Mesomorphy	2.0 $\pm$ 0.5	2.0 $\pm$ 0.6	2.1 $\pm$ 0.3	0.295
	Ectomorphy	3.6 $\pm$ 0.5	3.6 $\pm$ 0.6	3.7 $\pm$ 0.6	0.216
Body Composition	% Body Fat (BF)	15.7 $\pm$ 3.3	15.1 $\pm$ 2.1	13.2 $\pm$ 1.4	0.199
	BMI (kg/m ²)	19.3 $\pm$ 1.0	19.5 $\pm$ 1.1	18.7 $\pm$ 0.6	0.260

Legend – BNT: Brazil National Team; PNT: Portugal National Team; $\bar{x}$: mean; sd: standard deviation; BMI: body mass index; * $p\leq 0.05$: significant differences.

BNT presented higher values in all anthropometrics measurements than PNT (Table 1), although significant differences were found only in 44.4% of variables: body mass; height; lower limb length; skinfolds triceps, subscapular, abdominal; girths relaxed arm and thigh. The same happened to the body composition analysis. We also observed higher values in all variables in BNT, although without statistical significance. In the somatotype components, significant differences were observed in the endomorphy component and similar values were found in the mesomorphy and ectomorphy components.

The morphological profile of BNT and PNT (Figure 1) shows a clear difference in the groups. BNT achieved above average values and higher than PNT in all morphological variables, except in femur diameter, where the values were similar in both groups. PNT was below average in 95.7% of variables.

Figure 1: Morphological profile of Brazil and Portugal National Team based in the scores Z

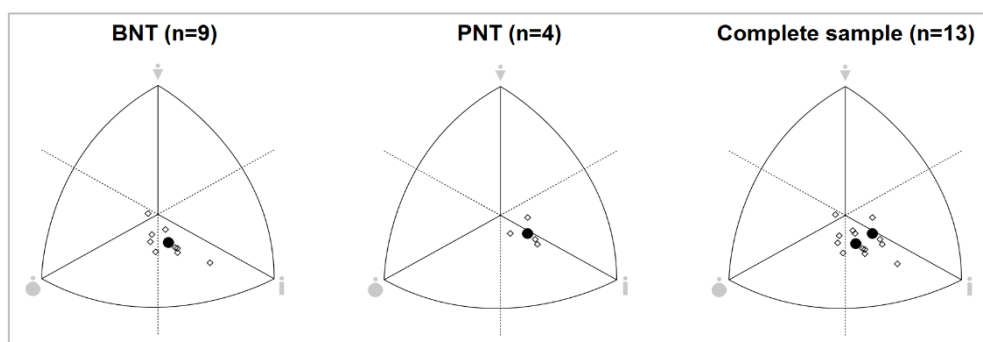


Legend – BNT: Brazil National Team; PNT: Portugal National Team.

The somatocharts by National Teams are shown in Figure 2. BNT (3.0-2.0-3.6) showed an endomorphic ectomorph somatotype and PNT (2.3-2.1-3.7) was classified as balanced ectomorph somatotype. However, there were no significant differences in the groups ($F=2.08$, $p=0.175$). The gymnasts from BNT

were distributed in profiles central (22%), endomorph-ectomorph (33%) and balanced ectomorph (44%). On the other hand, the gymnasts from PNT were distributed in profiles mesomorphic ectomorph (25%) and balanced ectomorph (75%). Thus, 53.9% of the individual somatotypes of the gymnasts sample were classified in a balanced ectomorph profile.

Figure 2: Somatocharts of Brazil and Portugal National Team



Legend – ●: endomorphy; ▼: mesomorphy; ■: ectomorphy; The quadrilaterals are individual somatotypes and the circle is mean profile; BNT: Brazil National Team; PNT: Portugal National Team.

Table 2 presents the maturation data of Brazilian and Portuguese gymnasts: sexual and somatic maturation.

Table 2: Summary table of biological maturation of Brazil and Portugal National Team

Biological Maturation		National Team		
		BNT (n=9)	PNT (n=4)	Total (n=13)
Sexual Maturation	Pubertal Stages analyses (number and % gymnasts)			
	Breast (B)			
	B3	3 (33.3%)	3 (75.0%)	6 (46.2%)
	B4	4 (44.5%)	1 (25.0%)	5 (38.5%)
	B5	2 (22.2%)	–	2 (15.3%)
	Pubic Hair (PH)			
	PH2	3 (33.3%)	1 (25.0%)	4 (30.8%)
	PH3	4 (44.5%)	3 (75.0%)	7 (53.8%)
	PH4	1 (11.1%)	–	1 (7.7%)
	PH5	1 (11.1%)	–	1 (7.7%)
	Menarche			
	Number and % gymnasts	9 (100%)	2 (50%)	11 (84.6%)
	Age at Menarche	16.6±2.2 years	13.0±1.4 years	15.9±2.6 years
Somatic Maturation	Offset Maturation			
	Distance of PHV	5.5*±1.1 years	2.8*±0.9 years	4.7±1.7 years
	Age at PHV	15.6*±0.9 years	13.7*±0.4 years	14.9±1.2 years

Legend – BNT: Brazil National Team; PNT: Portugal National Team; PHV: peak height velocity; * p≤0.05: significant differences.

There were no significant differences in the groups in the breast ($p=0.199$) and pubic hair ($p=0.148$) development. The gymnasts from both groups were mainly in stages 3 and 4 (84.7%) in breast development, and in stages 2 and 3 (84.6%) in pubic hair development. 84.6% of gymnasts had reached menarche (15.9 ± 2.6 years). Furthermore, all gymnasts had reached the age at PHV (14.9 ± 1.2 years). The age at menarche, distance of PHV ($p=0.003$) and age at PHV ($p=0.003$) were higher in BNT than in PNT. However, significant differences were not found in age at menarche ($p=0.073$), probably due the reduced Portuguese sample, once that only two gymnasts (50%) reported menarche.

4. Discussion

BNT gymnasts had more time to practice in RG (14.0 ± 2.4 years) and they were older (21.1 ± 1.8 years) than PNT gymnasts (age 16.5 ± 1.2 years and practice of 8.8 ± 2.2 years). The training volume also was higher in BNT (36.0 ± 0.0 hours/week) than PNT (34.5 ± 3.0 hours/week), despite without statistical significance. Further, both groups present a training load (hours/week) according to international recommendations that suggest more than 30 hours/week (Georgopoulos et al., 2002; Malina et al., 2013). On the other hand, Ávila-Carvalho et al. (2013) observed a higher training volume in elite senior gymnasts (39.5 ± 7.0 hours/week for young gymnasts and 41.4 ± 5.9 hours/week for adult gymnasts). The authors also analyzed the training volume in some RG studies with elite gymnasts done in previous years and concluded that there was an increase training in hours that starts at the second half of first decade of this century. Di Cagno et al. (2008) found similar training volume values (39.8 ± 0.6 hours/week) in elite senior gymnasts (17.8 ± 1.5 years). According to Berlutti et al. (2010), the gymnasts who participated in the European Championship of 1986 trained 21.7 hours/week and in 2008, 36 hours/week. These data demonstrate a tendency to increase the training volume over the recent years, probably due to the high physical and technical requirements in RG (Ávila-Carvalho et al., 2013).

The morphological characteristics are one of the important factors in the performance in RG (Arriaza et al., 2016; Ávila-Carvalho et al., 2013; Douda et al., 2008; Tringali et al., 2014), once that the success in this sport is strongly

influenced by visual appeal and body aesthetics (Ávila-Carvalho et al., 2013; Klentrou & Plyley, 2003).

Several authors have proposed that the most common somatotype profile in RG is the balanced ectomorph, which implies a dominance of the ectomorphic component, similar prevalence and moderate values in the remaining components (Amigó et al., 2009; Camargo et al., 2014; Kritikou et al., 2017; Quintero et al., 2011). However, there are studies that verified different somatotypes in gymnasts: the mesomorph-ectomorph (Arriaza et al., 2016; Vernetta et al., 2011), as well as the central somatotype (Arriaza et al., 2016; Vernetta et al., 2011), mesomorphic ectomorph (Amigó et al., 2009) and even the balanced endomorph (Quintero et al., 2011). In our study, BNT showed an endomorphic ectomorph somatotype (3.0-2.0-3.6), i.e., it included ectomorph gymnasts, the majority of whom had an accentuated endomorphic component. On the other hand, PNT presented a balanced ectomorph somatotype (2.3-2.1-3.7), i.e. the ectomorphy component was dominant. In total, 53.9% of the individual somatotypes of the gymnasts sample were classified in a balanced ectomorph profile: 44% from BNT and 75% from PNT.

The groups analyzed in our study showed different morphological characteristics. The BNT presented higher values in all anthropometric and body composition variables than PNT, probably due to being older and possible genetic factors. The BNT (21.1 ± 1.8 years) had similar values of body mass and lower values of height to the some studies with elite gymnasts older than 18 years (Amigó et al., 2009; Ávila-Carvalho et al., 2013; Berlutti et al., 2010; Georgopoulos et al., 1999). The same was observed when we compared the body mass and height of PNT (16.5 ± 1.2 years) with studies about gymnasts under the age of 18 years (Arriaza et al., 2016; Di Cagno et al., 2008; Georgopoulos et al., 2002). Thus, we verified higher BMI values in both groups than in previously reported studies, except in Arriaza et al. (2016) that the gymnasts had BMI of 20.1 kg/m^2 .

Few studies with anthropometric measurements including lengths, girth, diameters and skinfolds were found, probably by the temporal and operational difficulty in performing this type of assessment in elite gymnasts. BNT and PNT had lower values of thigh girth than elite senior gymnasts studied by Ávila-Carvalho et al. (2013). BNT and PNT presented lower values of bicristal, humerus

and femur diameters; and higher values of biacromial diameters than elite senior gymnasts in a study performed by Di Cagno et al. (2008). Furthermore, these authors also analyzed the sum of triceps, subscapular and suprailiac skinfolds (21.3 ± 2.4 mm) and found higher values than PNT (21.2 ± 2.0 mm) and lower than BNT (29.0 ± 5.4 mm).

In the previously reported studies with elite senior gymnasts, there were studies with lower %BF: $11.2 \pm 1.0\%$ (Di Cagno et al., 2008); $11.3 \pm 1.4\%$ (Amigó et al., 2009); $12.0 \pm 1.5\%$ (Quintero et al., 2011); and other with higher %BF: $17.6 \pm 3.0\%$ (Berlutti et al., 2010); and $16.7 \pm 2.9\%$ (Ávila-Carvalho et al., 2012), than our study: BNT ($15.1 \pm 2.1\%$) and PNT ($13.2 \pm 1.4\%$). According to Ávila-Carvalho et al. (2012), %BF it is not a measure of success in RG nowadays, although, female gymnasts have lower body mass and %BF than a reference population (Malina et al., 2016). This sport requires gymnasts to be in good shape and to maintain a thin body type with the lowest possible body fat (Purenović-Ivanović et al., 2017). Klentrou & Plyley (2003) observed that the mean %BF of the gymnasts from two nationalities (Greek: $14.3 \pm 0.5\%$ and Canadian: $16.2 \pm 0.4\%$) was significantly lower than the control subjects (Greek: $21.1 \pm 1.0\%$ and Canadian: $25.1 \pm 1.3\%$).

Ávila-Carvalho et al. (2012) referred that apparently, in the past, RG gymnasts were younger and thinner than today. The authors believe that the increase on elite gymnast's age means an increase of the longevity career in RG, and this can affect the high-level senior gymnasts new body appearance model (Ávila-Carvalho et al., 2012; Berlutti et al., 2010). However, morphological characteristics of rhythmic gymnasts are determined by several factors, such as genetic aspects, training requirements, specific nutritional plans (Tringali et al., 2014), sport season periods where the data are taken (Amigó et al., 2009) and maturity status (Malina et al., 2016).

Several studies (Ávila-Carvalho et al., 2012, 2013; Beunen & Malina, 2007; Georgopoulos et al., 2002; Malina et al., 2013; Purenović-Ivanović et al., 2017; Thomis et al., 2005) indicate that gymnasts have a late in pubertal stages, age at menarche and age at peak height velocity (PHV), especially in elite gymnasts. However, the main indicator of maturation used in studies with gymnasts is the age at menarche, probably because it is a less invasive method, easier application, and without anthropometric measures.

In elite RG gymnasts, more recent studies showed similar age at menarche (in years): 15.9 ± 1.3 (Berlutti et al., 2010); 15.9 ± 1.4 (Ávila-Carvalho et al., 2012); 14.8 ± 1.1 for young and 16.6 ± 1.2 for adult (Ávila-Carvalho et al., 2013), 15.3 ± 1.3 (Silva & Paiva, 2015). In our study, 84.6% of gymnasts already had reached menarche (15.9 ± 2.6 years): 100% from BNT (16.6 ± 2.2 years) and 50% from PNT (13.0 ± 1.4 years). In the study performed by Georgopoulos et al. (1999), the mean age at menarche of gymnasts was significantly delayed from that of their mothers and sisters; was positively correlated to the training intensity and to the difference between chronological age (14.7 ± 2.1 years) and bone age (13.6 ± 1.9 years); and was negatively correlated to body fat.

The pubertal stages verified in our study showed that the gymnasts were not yet in the mature state. The most gymnasts were in stages three and four (84.7%) in breast development, and in stages two and three (84.6%) in pubic hair development. We found similar data to Purenović-Ivanović et al. (2017) in the pubertal stages (breast development), once that the authors observed in 15 senior gymnasts (17.5 ± 1.4 years), stages between the phases three to five (mean 3.8 ± 0.6) and in our study, the gymnasts presented the same range (mean 3.7 ± 0.8).

According to Malina et al. (2004), generally the PHV in girls occurs at about 12 years of age, although the timing of each event (the growth spurt, PHV and termination of growth) is variable among individuals (Malina et al., 2016). In our study, the gymnasts had reached the age at PHV (14.9 ± 1.2 years), and both groups presented a later age of PHV: 15.6 ± 0.9 years (BNT) and 13.7 ± 0.4 years (PNT). Thomis et al. (2005) verified that individually fitted growth curves for 13 female gymnasts followed, on average, from 8.7 to 15.5 years, indicating also a later age at PHV compared to a reference general population.

Therefore, according to the maturational data observed in our study, the BNT and PNT showed a delay in the maturation. Several authors (Baxter-Jones et al., 2003; Georgopoulos et al., 1999; Klentrou & Plyley, 2003; Maïmoun et al., 2014) suggest that the delay in the growth and maturation occurs due to the different factors: nutrition, heredity, state of health, body fat, high volume and intensity training, chronic psychological stress and other. Furthermore, presently available data, point that the sports training, alone do not likely affect maturation

and therefore, adult final height was not expected to be affected (Baxter-Jones et al., 2003; Beunen & Malina, 2007; Georgopoulos et al., 2002; Malina et al., 2013).

Although these data are extremely relevant, one of the limitations of the study is the small sample size. The power of the statistical tests is decreased in studies with reduced samples, however, the reality of the sport shows that elite athletes are a restricted group and for that reason, the number is reduced.

5. Conclusions

BNT and PNT presented similar training volume and training onset, however Brazilian gymnasts had higher age and years of practice in RG than Portuguese gymnasts. The groups showed different morphological characteristics. The older and experienced gymnasts had higher values in all anthropometric and body composition variables, however only the variables body mass; height; lower limb length; triceps, subscapular and abdominal skinfolds; relaxed arm and thigh girths presented significant differences. The groups also showed different somatotypes: BNT (endomorph ectomorph) and PNT (balanced ectomorph), although without statistical significance. Finally, the groups demonstrated a delay in maturational development. Similar breast (stages 3 and 4) and pubic hair (stages 2 and 3) development were verified. In total, 84.6% of gymnasts had reached menarche (15.9 ± 2.6 years) and all gymnasts had reached the age at peak height velocity (14.9 ± 1.2 years). The age at menarche, distance and age at PHV were higher in Brazilian than in Portuguese, although significant differences were not found in age at menarche.

Acknowledgements: The authors would like to thank the Brazilian and Portuguese Federation of Gymnastics, the gymnasts and coaches that permitted the making of this study possible.

6. References

Amigó, A., Sala, V., Faciabén, A., Evrard, M., Marginet, M., & Zamora, L. (2009). Talla, peso, somatotipo y composición corporal en gimnastas de élite españolas

- (gimnasia rítmica) desde la infância hasta la edad adulta. *Apunts Educación Física y Deportes*, 64-74.
- Arriaza, E., Rodríguez, C., Carrasco, C., Mardones, C., Niedmann, L., & López-Fuenzalida, A. (2016). Anthropometric Characteristics of Elite Rhythmic Gymnasts. *Int. J. Morphol.*, 34(1), 17-22.
- Ávila-Carvalho, L., Klentrou, P., Palomero, M. L., & Lebre, E. (2012). Body composition profile of elite group rhythmic gymnasts. *Science of Gymnastics Journal* 4(1), 21-32.
- Ávila-Carvalho, L., Klentrou, P., Palomero, M. L., & Lebre, E. (2013). Anthropometric profiles and age at menarche in elite group rhythmic gymnasts according to their chronological age. *Science & Sports*, 28(4), 172-180.
- Baxter-Jones, A., Maffulli, N., & Mirwald, R. L. (2003). Does elite competition inhibit growth and maturation in some gymnasts? Probably not. *Pediatr Exerc Science*, 15, 373-382.
- Berlutti, G., Briganti, C., Pamich, T., Torrisi, L., Franco, A., Morino, G., & Caldarone, G. (2010). *Body composition, biological maturation, alimentary habit, anthropometric characteristics in rhythmic gymnastics athletes. From the Florence 1986 European Championships to the Turin 2008 European Championships, Twenty years of evolution.*: Federazione Gimnastica D'Italia.
- Beunen, G., & Malina, R. M. (2007). Growth and Biologic Maturation: Relevance to Athletic Performance. In H. a. B.-O. Hebestreit, O. (Ed.), *The Young Athlete* (pp. 3-17). Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd.
- Camargo, C., Gomez-Campos, R., Cossio-Bolaños, M., Barbata, V., Arruda, M., & Guerra-Junior, G. (2014). Growth and body composition in Brazilian female rhythmic gymnastics athletes. *Journal of Sports Sciences*, 32(19).
- Carter, J. E. L., & Heath, B. H. (1990). *Somatotyping-development and applications*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Di Cagno, A., Baldari, C., Battaglia, C., Guidetti, L., & Piazza, M. (2008). Anthropometric characteristics evolution in elite rhythmic gymnasts *It. J. Anat. Embryol.*, 113 (1), 29-36.
- Douda, H., Toubekis, A., Avloniti, A., & Tokmakidis, S. (2008). Physiological and anthropometric determinants of rhythmic gymnastics performance. *International Journal Of Sports Physiology And Performance*, 3(1), 41-54.
- Georgopoulos, N., Markou, K., Theodoropoulou, A., Paraskevopoulou, P., Varaki, L., Kazantzi, Z., Leglise, M., & Vagenakis, A. (1999). Growth and pubertal development in elite female rhythmic gymnasts. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 84, 4525-4530.

- Georgopoulos, N., Markou, K. B., Theodoropoulou, A., Benardot, D., Leglise, M., & Vagenakis, A. G. (2002). Growth retardation in artistic compared with rhythmic elite female gymnasts. *The Journal Of Clinical Endocrinology And Metabolism*, 87(7), 3169-3173.
- Klentrou, P., & Plyley, M. (2003). Onset of puberty, menstrual frequency, and body fat in elite rhythmic gymnasts compared with normal controls. *Br J Sports Med.* , 37(6), 490-494.
- Kritikou, M., Donti, D., Bogdanis, G., Donti, A., & Theodorakou, K. (2017). Correlates of artistry performance scores in preadolescent rhythmic gymnasts. *Science of Gymnastics Journal*, 9(2), 165-177.
- Lohman, T. G., Roche, A. F., & Martorell, R. (1988). *Anthropometric Standardization Reference Manual* (Vol. 3). Champaign: Human Kinetics Books.
- Maïmoun, L., Georgopoulos, N. A., & Sultan, C. (2014). Endocrine disorders in adolescent and young female athletes: impact on growth, menstrual cycles, and bone mass acquisition. *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, 99(11), 4037-4050.
- Malina, R., Baxter-Jones, A., Armstrong, N., Beunen, G., Caine, D., Daly, R., Lewis, R., Rogol, A., & Russell, K. (2013). Role of Intensive Training in the Growth and Maturation of Artistic Gymnasts. *Sports Med*, 43, 783-802.
- Malina, R., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). *Growth, maturation, and physical activity* (Vol. 2). Champaign: Human Kinetics.
- Malina, R. M., Ackerman, K. E., & Rogol, A. D. (2016). Growth and the Young Female Athlete. In C. Stein, K. Ackerman & A. Straccioli (Eds.), *The Young Female Athlete*. Switzerland: Springer, Cham.
- Mirwald, R. L., Baxter-Jones, A. D., Bailey, D. A., & Beunen, G. P. (2002). An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(4), 689-694.
- Purenović-Ivanović, T., Popović, R., & Moskovljević, L. (2017). The contribution of pubertal development to performance scores in high-level rhythmic gymnasts. *Acta Gymnica*, 47(3), 122-129.
- Quintero, B. R., Martín, A. P., & González Henríquez, J. J. (2011). El perfil antropomètric de la gimnàstica rítmica. *Apunts: Educació Física i Esports* 103, 48-55.
- Silva, M., & Paiva, T. (2015). Low energy availability and low body fat of female gymnasts before an international competition. *Eur J Sport Sci.* , 15(7), 591-599.
- Siri, W. (1961). Body composition from fluid spaces and density. In B. A. Henschel (Ed.), *Techniques for measuring Body Composition* (pp. 223-244). Washington: National Acad. Sci. National Res. Council.

- Slaughter, M., Lohman, T., Boileau, R., Horswill, C., Stillman, R., Van Loan, M., & Bembien, D. (1988). Skinfold equations for estimation of body fatness in children and Youth. *Hum. Biol.*, 60, 709-723.
- Tanner, J. M. (1962). *Growth at adolescence* (Vol. 2). Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- Thomis, M., Claessens, A. L., Lefevre, J., Philippaerts, R., Beunen, G. P., & Malina, R. M. (2005). Adolescent growth spurts in female gymnasts. *Journal of Pediatrics*, 146, 239-244.
- Tringali, C., Brivio, I., Stucchi, B., Silvestri, I., Scurati, R., Michielon, G., Alberti, G., & Venerando, B. (2014). Prevalence of a characteristic gene profile in high-level rhythmic gymnasts. *J. Sports Sci.*, 32(14), 1409-1415.
- Vernetta, M., Fernández, E., López-Bedoya, J., Gómez-Landero, A., & Oña, A. (2011). Estudio relacional entre el perfil morfológico y estima corporal en la selección andaluza de gimnasia rítmica deportiva *Motricidad. European Journal of Human Movement*, 26, 77-92.

CAPÍTULO IV

Estudos IV, V e VI

ESTUDO IV

Flexibility and functional asymmetry in Rhythmic Gymnastics

Amanda Batista¹, Rui Garganta¹ e Lurdes Ávila-Carvalho¹

¹ CIFI²D, Kinanthropometry Lab, Faculty of Sport, University of Porto, Portugal.

Objetivos: (1) Comparar o nível de flexibilidade de ginastas portuguesas em diferentes níveis competitivos; (2) Investigar possíveis assimetrias funcionais de flexibilidade nas ginastas e suas variações entre os níveis de competição; e (3) Determinar as variáveis de flexibilidade que melhor explicam o desempenho.

Artigo publicado:

Athens Journal of Sports

Batista, A.; Garganta, R.; Ávila-Carvalho, L. (2019). Flexibility and functional asymmetry in Rhythmic Gymnastics. *Athens Journal of Sports*, 6 (2): 77-94.

Flexibility and functional asymmetry in Rhythmic Gymnastics

Abstract

This study aimed to compare the flexibility level in Portuguese rhythmic gymnasts across competitive levels; investigate possible functional asymmetries in the gymnasts and its variations across the competitive levels; and determine which flexibility variables better explain performance. Participants included young gymnasts (n=157) in three competitive levels (Base, 1st division and Elite), who performed ten specific passive and active flexibility tests were used. The asymmetry index was calculated and a limit of 15% bilateral difference was established as normal flexibility difference in the lower limbs. Upper and lower limbs, as well as multi-joint flexibility increased with higher competition level, although these differences were not significant between 1st division and Elite in upper limbs and multi-joint tests. All groups showed differences in passive and active flexibility between preferred and non-preferred lower limb. In addition, the higher the competition level, lower the asymmetry level. Functional asymmetry was found in 69% and 71% of the gymnasts in passive and active flexibility, respectively. Finally, active flexibility with preferred lower limb explained 21.8% of the variance in performance with some differences in the variables explaining performance across levels.

Keywords: Rhythmic Gymnastics; Portuguese gymnasts; flexibility; functional asymmetry; performance.

1. Introduction

In Rhythmic Gymnastics (RG), flexibility, strength, endurance, coordination, agility, balance and rhythm are essential to develop motor skills at a high level (Polat & Günay, 2016) in order to perfectly execute body and apparatus movements (Bordalo et al., 2015). Thus, the development of gymnasts requires a particular training process and a specific theoretical and practical knowledge of the sport (Bobo-Arce & Méndez-Rial, 2013).

Flexibility is one of main physical capacities that have been identified as contributing factors to performance in RG (Di Cagno et al., 2009; Douda et al., 2008; Miletic, Sekulic, et al., 2004; Rutkauskaitė & Skarbalius, 2009, 2011). It is

characterized by the amplitude of the movements that depends on the joint mobility expressed by the anatomical properties of the joints, and the muscle elasticity expressed by the level of stretching of the muscles (Laffranchi, 2001). Rhythmic gymnasts should have high levels of flexibility, especially in the hip, scapulohumeral and spine joints (Jastrjembskaia & Titov, 2006; Stadnik et al., 2010; Volpi da Silva et al., 2008).

In fact, flexibility increases, even if not linearly, the possibility of executing different movements, thus, providing a higher gymnasts' technical level and consequently an improvement in competition results (Boligon et al., 2015). In contrast, insufficient flexibility hinders the performance in certain body elements (Jastrjembskaia & Titov, 2006) and makes it more difficult to perfect the technique, to educate the expressiveness and to demonstrate the lightness of the movements that are essential characteristics in this sport (Lisitskaya, 1995). Appropriate levels of flexibility are a precondition for proper performance of all basic body elements (jumps, balance and rotation) (Miletić, Katić, et al., 2004).

RG aims to exercise the body bilaterally, however, in reality, to achieve high performance, the gymnast often performs repetitive motor actions only with the preferred side, which eventually encourages unilateral training (Teixeira & Paroli, 2000; Zaidi, 2011). Thus, despite the natural asymmetry of the human body, it is suggested that the functional asymmetry in this sport is mainly the result of training (Lisitskaya, 1995). According to Lisitskaya (1995), the apparent asymmetries may reflect negatively on the physical and technical preparation of gymnasts, which in the short-term become performance conditioning factors and in the long-term can produce pathologies. The importance of this study is justified by the necessity of more information about flexibility of rhythmic gymnasts from different competition levels, functional asymmetry and predictors of performance in RG. This information is a basic element of work to RG coaches, so they can to perform organizational and intervention strategies based on specific research.

The objectives of this study were: (1) to identify and compare the flexibility level in Portuguese gymnasts across competitive levels, (2) investigate possible functional asymmetries in the gymnasts and its variations across the competitive levels, and (3) determine the flexibility variables that better explain RG performance.

2. Materials and Methods

Participants: 157 Portuguese gymnasts who participated in the district and or national competitions during the 2013/2014 season, in three different levels: Base, 1st division and Elite.

Age and training characteristics: chronological age, practice experience (number of years of RG training), age of training onset and training volume were collected using questionnaires (Table 1).

Table 1: Age and training characteristics of the sample gymnasts

VARIABLES	Base (n=82)	1 st division (n=66)	Elite (n=9)
Age (years)	13.3±2.0	13.5±2.1	14.8±1.8
Training volume (hours/week)	13.9±6.4	18.5*±6.4	31.2*±6.2
RG practice (years)	5.6*±3.2	6.6*±2.6	8.2*±1.9
Training onset (years)	7.2±2.6	6.4±1.9	6.0±1.5

Legend – *p≤0.05: significant differences

Ethical Considerations: The study protocol was approved by the Ethics Committee of the Faculty of Sport, University of Porto – Portugal and Scientific Committee of the Portugal Gymnastics Federation. The assessments were performed in accordance with the ethical standards of the Helsinki Declaration.

Flexibility Measurements: The maximum passive and active flexibility was measured using ten specific RG movements of main joints: hip, shoulders and spine, according to the International Gymnastics Federation (FIG) recommended tests (Klentrout et al., 2010). The tests were grouped according to the anatomical region analyzed (Table 2). In brief, passive flexibility of lower limbs (LL) was assessed using leg up with help of the hand forward (PLF), sideways (PLS) and backward (PLB). LL active flexibility was assessed using leg up without help of the hand forward (ALF), sideways (ALS) and backward (ALB). Upper limb (UL) flexibility was assessed using shoulder rotation with stick in anteversion and retroversion (RUL). Multi-joint flexibility was assessed lying on the floor (face down) with lift of the trunk to the vertical (TLV) and maximum trunk lift (MTL), as well as using forward stand-and-reach test (FSR).

Table 2: Summary of flexibility tests (Klentrou et al., 2010)

TEST	Leg up with help of the hand (PL)	Leg up without help of the hand (AL)	Rotation of the upper limbs (RUL)* ¹	Trunk Lift (TL)	Forward Stand-and-Reach (FSR)
PURPOSE	To evaluate the passive flexibility of the hip joint.	To evaluate the active flexibility of the hip joint.	To evaluate the active flexibility of the scapulohumeral joint	To evaluate the active flexibility of the spinal joints.	To evaluate the active flexibility of the spinal and hip joints.
MEASURE	Maximum amplitude angle of the hip joint.	Maximum amplitude angle of the hip joint.	Minimum distance of hands during the rotation of upper limbs	Amplitude angle of the spinal joints in extension movement (according to the defined limits: 90° or maximum amplitude)	Maximum distance of fingers from the edge of the bench.
EQUIPAMENT	Table 5 points (chart for rating)	Table 5 points (chart for rating)	Ruler with scale (cm)	Table 5 points (chart for rating)	Measuring tape
POSITION	Standing straight (wall, bar or backrest)	Standing straight (wall, bar or backrest)	Standing with the ruler in front of the body with the minimum distance between hands	Lying on the stomach	Standing on the bench with knees fully extended and toes at the edge of the bench
ACTION	Leg up forward (PLF), sideways (PLS) or backward (PLB) to maximum with help of the hand. Perform with both legs.	Leg up forward (ALF), sideways (ALS) or backward (ALB) to maximum without help of the hand. Perform with both legs.	Rotation of the extended upper limbs back without trunk inclination (anteversion and retroversion)	Lift trunk upwards, without help until vertical (TLV) or the maximum extent (MTL)* ² .	Leaning forward and reach toward the ground. Repeat 4 times; on the fourth trial, hold the position of maximum reach for one complete second.

Legend – *¹: Test from Doua et al. (2008), *²: Test adapted from Klentrou et al. (2010).

The majority of these tests (PL, AL and TL) assess flexibility by comparing each joint's range of motion with a reference chart. For each movement, the range of motion is scored using a scale from 0 to 4 points (0 = poor, 1 = satisfactory, 2 = good, 3 = very good and 4 = excellent). Since only whole numbers are used to score, for movements with a range of motion between two points of the assessment chart, the next lower value was registered. The remaining tests (RUL and FRS) are linear flexibility tests and the results are presented in centimetres (cm).

In the LL flexibility tests (PL and AL in Table 1), the gymnasts performed the exercises with preferred (PLL) and non-preferred LL (NPLL). The PLL is the leg that gymnast prefers to perform the task and the NPLL is the support leg. For the analysis of LL flexibility tests, the results were grouped according with the origin of action (passive or active flexibility) and the preference of LL in performing the movement (PLL or NPLL), i.e., it was assigned two values for passive flexibility (one value for PLL and one value for NPLL). The mean values of tests PLF, PLS and PLB were then used in the analyze for passive flexibility. Likewise,

for active flexibility (one value for PLL and one value for NPLL) the mean values of tests ALF, ALS and ALB were calculated and used in the analyze.

Furthermore, in the LL flexibility tests, a limit of 15% bilateral difference was established as the maximum value for a normal difference (i.e. no asymmetry) between PLL and NPLL (Marchetti, 2009). The asymmetry index (AI) was calculated using the equation (Chavett et al., 1997): $AI (\%) = [(PLL - NPLL)/PLL] * 100$, where AI represents the asymmetry index, PLL is the preferred lower limb test result (mean value achieved in the active or and passive flexibility tests with PLL) and NPLL is the non-preferred lower limb test result (mean value achieved in the active or and passive flexibility tests with NPLL).

The flexibility tests were conducted in training environment following strictly the protocol proposed. Two cameras (Nikon D5300, Tokyo-Japan and Samsung VP DX 100, South Korea) were used to register the images and videos. The videos were then analyzed by two international judges in two different occasions 10 days apart. We observed high values of intra-examiner reliability – Kendall Coefficient of Concordance (0.83-0.97) and inter-examiner reliability – Intraclass Correlation Coefficient (0.84-0.97), which confirms a high quality of information.

Additional data: Scores in the Portuguese National Championship determined the competitive performance in the sport season 2013/2014.

Statistical Procedures: Statistical analysis was performed using the Statistical Package for Social Sciences (SPSS 23.0). The significance level was set at 5%. Descriptive statistics were performed using the mean, standard deviation, median, minimum and maximum values. Kruskal-Wallis and Wilcoxon tests were used to compare flexibility scores across competition levels. Pearson correlation and linear regression were used to verify the variables that explain performance.

3. Results

Lower Limb flexibility tests: Table 3 shows that passive flexibility was higher than active flexibility with both PLL and NPLL in all groups ($p < 0.001$). Furthermore, there is a high inter-individual variability in the groups in both

flexibility analysis and LL. According to the asymmetry index, we found higher asymmetries levels in active than passive flexibility.

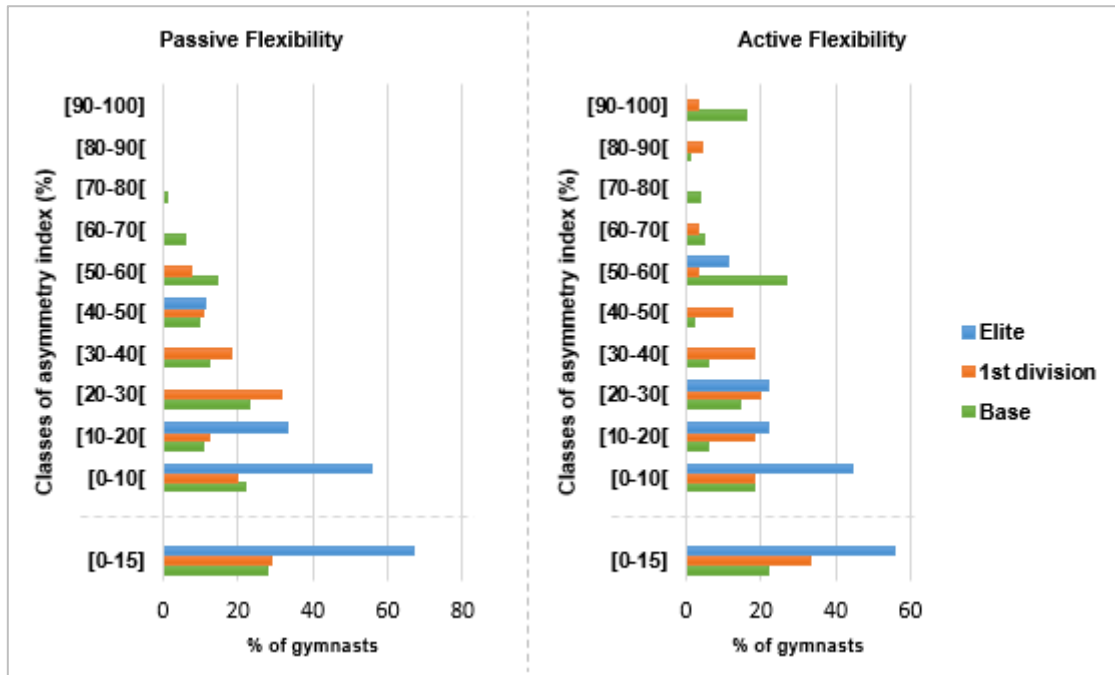
When we compared LL flexibility between competition levels (Table 3), we found that all groups had significant differences ($p \leq 0.05$) in all LL flexibility tests (passive and active). Thus, the higher the competition level, better the flexibility results with both PLL and NPLL.

Table 3: Mean, standard deviation and range values achieved in the flexibility tests performed with PLL and NPLL; asymmetry index by competition levels

	Competition level	PLL ($\bar{x} \pm sd$)	NPLL ($\bar{x} \pm sd$)	PLL Range (pts)	NPLL Range (pts)	AI (%)
Passive Flexibility^{*1,2,3}	Base	2.1 $\pm$ 0.8	1.5 $\pm$ 0.6	0.3 – 4.0	0.3 – 3.3	28.6%
	1st division	3.2 $\pm$ 0.6	2.4 $\pm$ 0.7	0.7 – 4.0	0.7 – 4.0	25.0%
	Elite	3.7 $\pm$ 0.5	3.3 $\pm$ 0.6	2.7 – 4.0	2.3 – 4.0	10.8%
	All groups	2.6 $\pm$ 0.9	2.0 $\pm$ 0.9	0.3 – 4.0	0.3 – 4.0	23.0%
Active Flexibility^{*1,2,3}	Base	1.4 $\pm$ 0.8	0.9 $\pm$ 0.7	0 – 3.0	0 – 2.7	35.7%
	1st division	2.4 $\pm$ 0.6	1.7 $\pm$ 0.7	0 – 3.7	0 – 3.3	29.2%
	Elite	2.9 $\pm$ 0.6	2.4 $\pm$ 0.6	2.0 – 3.7	1.3 – 3.3	17.2%
	All groups	1.9 $\pm$ 0.9	1.3 $\pm$ 0.9	0 – 3.7	0 – 3.3	31.6%

Legend – $\bar{x}$: mean; sd: standard deviation; PLL: preferred lower limb; NPLL: non-preferred lower limb; pts: points; AI: asymmetry index; ^{*1}: $p \leq 0.05$ – significant differences between all groups (base vs. 1st division; base vs. elite; 1st division vs. elite); ^{*2}: $p \leq 0.05$ – significant differences between lower limbs (PLL vs. NPLL); ^{*3}: $p \leq 0.05$ – significant differences in passive versus active flexibility with preferred and non-preferred lower limb in all competition levels.

Furthermore, significant differences were found in PLL versus NPLL in all groups in both passive ($p < 0.001$) and active ($p < 0.001$) flexibility tests. According to asymmetry index (Table 3), the higher the competition level, lower the functional asymmetries levels between LL. Figure 1 presents the flexibility asymmetry index by competition level. According to the recommended limit of 15% bilateral difference between PLL and NPLL (Marchetti, 2009), we observed high asymmetries levels in flexibility: overall, 69.4 and 71.4% of gymnasts in this study presenting different functional asymmetry levels in passive and active flexibility, respectively.

Figure 1: Individual analysis of flexibility level by competition levels according to the classes of asymmetry index

The elite gymnasts had lower asymmetry levels and furthermore, the majority of the gymnasts in this group did not present the referred functional asymmetry. On the other hand, the 1st division and Base showed functional asymmetries of different and higher magnitude.

Upper limbs and multi-joint testing: The gymnasts presented the same performance for shoulder turn in anteversion and retroversion, therefore, only one value was presented in the results of RUL test. In the UL and multi-joint flexibility tests (Table 4), the higher the competition level, higher the flexibility in all tests performed. However, significant differences were found in all tests between the Base level and the other two competition levels, i.e., 1st division and Elite. No significant differences were found between 1st division and Elite: RUL ($p=0.393$); FSR ($p=0.195$); TLV ($p=0.349$); MTL ($p=0.468$).

Table 4: Upper limbs and multi-joint flexibility tests by competition levels. Range values, CV percentage, mean, standard deviation and p values

Tests	Base (n=82)			1 st division (n=66)			Elite (n=9)			Proof Value
	Range	CV (%)	$\bar{x} \pm sd$	Range	CV (%)	$\bar{x} \pm sd$	Range	CV (%)	$\bar{x} \pm sd$	
RUL (cm)	0 – 62.0	63.1%	24.9 ^{1,2} ±15.7	0 – 61.0	106.7%	15.0 ¹ ±16.0	0 – 38.0	147.6%	8.2 ² ±12.1	0.000*
FSR (cm)	0 – 38.5	40.4%	18.3 ^{1,2} ±7.4	-13.0 – 34.8	35.5%	21.7 ¹ ±7.7	21.7 – 28.2	8%	24.7 ² ±2.0	0.001*
TLV (pts)	0 – 4.0	51.9%	2.7 ^{1,2} ±1.4	1.0 – 4.0	15.8%	3.8 ¹ ±0.6	4.0 – 4.0	0%	4.0 ² ±0.0	0.000*
MTL (pts)	0 – 4.0	76.5%	1.7 ^{1,2} ±1.3	0 – 4.0	31.3%	3.2 ¹ ±1.0	2.0 – 4.0	19.4%	3.6 ² ±0.7	0.000*

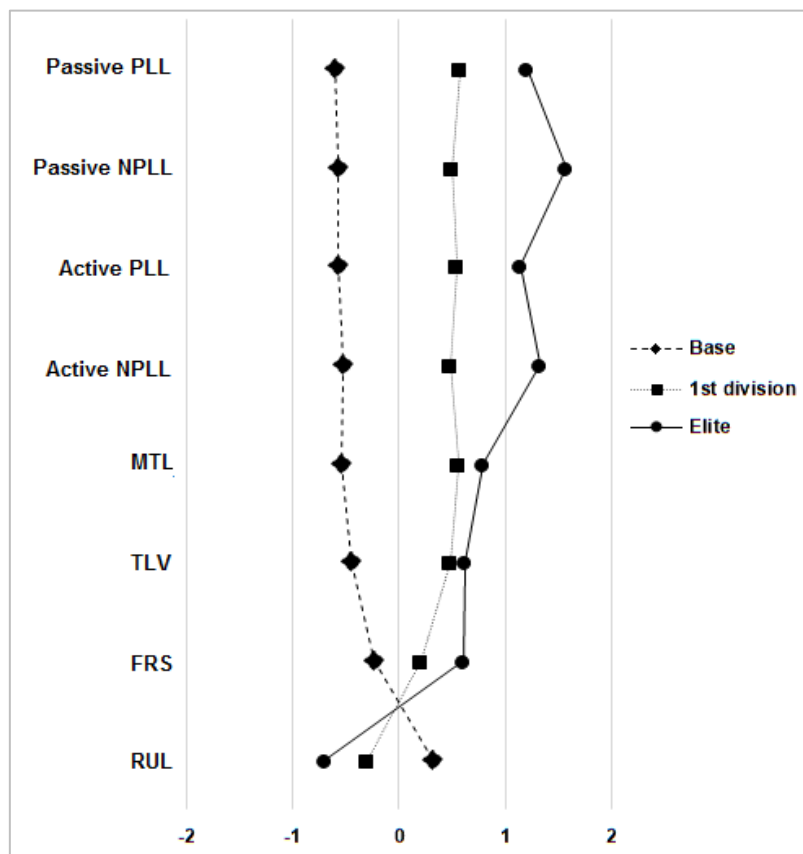
Legend – $\bar{x}$: mean; sd: standard deviation; RUL: rotation of the upper limbs; FSR: forward stand-and-reach; TLV: trunk lift vertical; MTL: maximum trunk lift; pts: points; *p≤0.05: significant differences – ¹: Base versus 1st division; ²: Base versus Elite. CV: coefficient of variation.

Furthermore, the range and standard deviation values (Table 4) evidence the high dispersion of results especially in Base and 1st division levels. The coefficient of variation (%) calculated using mean and standard deviation shows that the higher the competition level, lower the inter-individual variability, except in the RUL test, where the Elite level presented a higher dispersion around the mean.

In TLV, 69.4% of gymnasts reached an excellent level (4) and in MTL only 35% of gymnasts obtained the same flexibility level. This difference is more evident when we analyzed the results by competition level. Excellent level was achieved by 48.8% (TLV) and 13.4% (MTL) of gymnasts from Base; 90.9% (TLV) and 57.6% (MTL) of gymnasts from 1st division; 100% (TLV) and 66.7% (MTL) of elite gymnasts. Thus, significant differences were found in TLV versus MTL in Base (p<0.001) and 1st division (p<0.001).

Flexibility Profile: Figure 2 shows the flexibility profiles by competitive level. We confirmed a clear advantage of the Elite level in all flexibility tests. As expected, 1st division presented intermediate results, with higher values than Base and lower than Elite. This group also showed a lower variability in the results. The Base obtained the lower results in all flexibility tests and with below average values.

Figure 2: Flexibility profile by competitive level



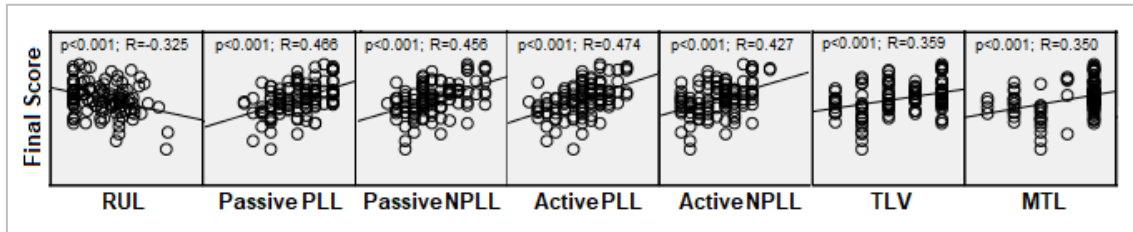
Legend – Passive PLL: Passive flexibility with preferred lower limb; Passive NPLL: Passive flexibility with non-preferred lower limb; Active PLL: Active flexibility with preferred lower limb; Active NPLL: Active flexibility with non-preferred lower limb; MTL: Maximum Trunk Lift; TLV: Trunk Lift Vertical; FRS: Forward Stand-and-Reach; RUL: Rotation of upper limbs.

The analysis of RUL test is different from the other flexibility tests (Figure 2). The results in this test showed the same progression: Base with lower results, followed by 1st division and Elite with the best results.

Analyzing all flexibility variables and the competitive performance of gymnasts, the RUL, TLV and MTL, as well as the LL scores (passive PLL/NPLL and active PLL/NPLL) were significantly correlated with performance scores (Figure 3). Thus, the higher the flexibility in the LL tests, in TLV and MTL tests,

higher the score in competition while the lower the values achieved in RUL test, higher the score in competition.

Figure 3: Flexibility variables with significant correlation with final performance score across competition levels



Legend – RUL: Rotation of the upper limbs; PLL: Preferred lower limb; NPLL: Non-preferred lower limb; TLV: Trunk Lift Vertical; MTL: Maximum Trunk Lift; * $p \leq 0.05$: significant differences; R: correlation value.

However, only the active flexibility tests with PLL (active PLL) presented statistical significance in the model of linear regression ($p < 0.001$; $F = 31.623$). According to R^2 adjusted, this variable explained 21.8% of variance of performance. The regression equation was: Performance Score = $45.919 + 4.884 \cdot \text{Active PLL}$; therefore, the higher the active flexibility with PLL, higher the score in competition. On the other hand, analyzing the groups by competition level, significant correlations of moderate intensity were found between the performance score and different flexibility variables: Base (Active PLL; Passive PLL and TLV); 1st division (all variables, except the FRS test); and Elite (Active PLL). Thus, there is no common pattern in the results of linear regression across competition levels. Specifically, only Active PLL explained part of the performance in the Base ($p = 0.001$; $F = 11.526$; R^2 adjusted = 0.145; $y = 46.958 + 4.531 \cdot \text{Active PLL}$) and Elite ($p = 0.032$; $F = 7.129$; R^2 adjusted = 0.434; $y = 51.306 + 5.938 \cdot \text{Active PLL}$) groups while for 1st division the predicting variables were Passive PLL and RUL ($p = 0.001$; $F = 8.958$; R^2 adjusted = 0.295; $y = 38.412 + 5.850 \cdot \text{Passive PLL} - 0.168 \cdot \text{RUL}$).

4. Discussion

The participants of this study were competitive RG gymnasts from three competitive levels in Portugal (Base, 1st division and Elite). The gymnasts competing in the Base and 1st division levels are selected by their coaches.

Portugal Gymnastics Federation selects the elite gymnasts through predefined criteria in the junior and senior categories. These gymnasts form the individual Portugal National RG Team. To stay in the Elite level at the end of each sports season, the gymnast must keep scores previously defined and sufficient for to be considered able to represent Portugal in international competitions. As expected, the number of training hours per week are different between the Elite (31.2 ± 6.2 hours per week) and the other groups (13.9 ± 6.4 and 18.5 ± 6.4 hour per week for Base and 1st division respectively). Ávila-Carvalho et al. (2013) explain that to achieve the necessary preparation for a good performance in RG, elite gymnasts train 25-30 hours per week and in some cases, 40 hours per week. The elite gymnasts also had more years of practice in RG. We observed that the higher the competition level, higher number of years of practice: 8.2 ± 1.9 years (Elite), 6.6 ± 2.6 years (1st division) and 5.6 ± 3.2 years (Base). In addition, the higher the competition level, lower the age of training onset: 6.0 ± 1.5 years (Elite), 6.4 ± 1.9 years (1st division) and 7.2 ± 2.6 years (Base). The age of training onset in elite gymnasts is in accordance with indications by several authors (Georgopoulos et al., 2002; Law et al., 2007; Poliszczuk & Brod, 2010), who suggest that the RG training begins at the early age of 5–6 years and continues throughout childhood and adolescence. Thus, the training onset, training years and training volume are related to deliberate practice and the necessity of athletes to have a minimum time of experience in order to be successful in the sport (Ericsson et al., 1993). In this sense, to make a National Team demands a hard work and effort over many years.

Therefore, to achieve great performances in RG, the daily work should be detailed, planned, organized and multilateral towards the harmonious development of the gymnasts' body, and the adaptations of their body to the requirements of this sport (Laffranchi, 2001). Indeed, the multilateral and harmonious development is very important in the flexibility work (Lisitskaya, 1995). The flexibility assumes a determinant role in RG performance because high ranges of motion are required in this sport (Sands et al., 2016). Furthermore, the flexibility is essential also in the execution of most body difficulty elements

present in the RG Code of Points (Douda et al., 2008; Fernandez-Villarino et al., 2013).

In RG, the gymnasts should have flexible joints, especially in the hip, shoulders and spine (Jastrjemskaia & Titov, 2006; Stadnik et al., 2010; Volpi da Silva et al., 2008). Thus, the maximum passive and active flexibility was measured in our study in specific RG movements using these main joints. According to McGuigan (2014), the choice of tests should be specific to the sport, because general tests do not always correlate well with athletes' competitive performance. Therefore, we use tests recommended by FIG. The LL flexibility tests were performed on the bar and are composed by exercises daily used in the training sessions (Laffranchi, 2001; Lebre & Araujo, 2006). This justifies the familiarity demonstrated by gymnasts in most tests. According to Laffranchi (2001), the exercises on the bar have as objective the development of the physical capacities and the assimilation of the basic positions of the RG to a correct and conscious postural attitude, facilitating, outside the bar, the execution of the movements. In the LL flexibility tests, we observed higher values in passive flexibility than active flexibility in all groups. However, these results were expected, once that the passive flexibility is higher than active flexibility (Weineck, 2003). The success in RG significantly depends on the level of motor capacities, in particular, flexibility (Šebić & Ljubojević, 2016).

Similar flexibility tests were performed by Batista-Santos, Lemos, et al. (2015) in a longitudinal study with elite Portuguese gymnasts. The authors confirmed high homogeneity in the results achieved by gymnasts with both PLL and NPLL with a range of 3 to 4 points. On the other hand, Batista-Santos, Bobo-Arce, et al. (2015) used the same tests in a study with gymnasts from different competition levels and found a high inter-individual variability in the results. Furthermore, the authors observed that 86.7% of gymnasts presented high indexes of flexibility asymmetry between the PLL and NPLL. In a study conducted by Douda et al. (2008), the following flexibility tests were used in elite and non-elite gymnasts: side splits with right and left leg forward, where the tester measured the distance of the middle of the inferior side of the lateral malleolus from the floor in centimeters; and leg-lift tests forward and sideward with the right

and left leg, where a goniometer was used to determine the maximum amplitude in degrees. The authors confirmed higher flexibility values in elite gymnasts, although these gymnasts showed on average higher differences between the right and left legs in all tests. However, this point was not analyzed by the authors in the study.

Although, RG aims to exercise the entire body bilaterally, in order to achieve high performance, repetitive motor actions only with the preferred side are repetitively performed in training, which eventually characterizes a unilateral practice (Teixeira & Paroli, 2000; Zaidi, 2011) and may still cause muscle imbalances (Lisitskaya, 1995). Thus, the analysis of LL flexibility in RG promotes a very important discussion about the functional motor asymmetries. Indeed, when we compared the flexibility between LL, we observed that in general, 69.4% and 71.4% of the gymnasts in this study presented different functional asymmetries in passive and active flexibility, respectively, according to a limit of 15% bilateral difference between PLL and NPLL proposed by Marchetti (2009). Furthermore, we found functional asymmetries of different magnitude among groups. However, higher the competition level, the lower the functional asymmetry.

Despite the mean value of asymmetry index in passive flexibility in elite gymnasts (10.8%) was lower than limit proposed (15%), significant differences were observed in PLL and NPLL probably because 33.3% of gymnasts presented asymmetry index between 16.7% and 41.7%.

In light of the above, the functional asymmetry is mainly the result of long-term RG training and generally the consequence of wrong work, which is identified later making its correction more complex (Lisitskaya, 1995). Thus, the persistent asymmetric load, through the support mechanism in one leg, which is often used in the RG training, is one of the factors that make gymnasts more prone to scoliosis (Volpi da Silva et al., 2008). Lisitskaya (1995) suggests that when these differences exceed normal limits, they may cause imbalances in the physical development of gymnasts and in some cases can cause stretches of 2 or 3 cm of the LL most used, pelvic torsion or lumbar scoliosis.

The motor experience may either strengthen the preference for a particular body side or decrease the intensity of this preference to equalize the two sides, when the LL are appropriately stimulated (Zaidi, 2011). Some studies (Andrade, 2012; Cobalchini & Silva, 2008; Teixeira, 2001; Teixeira et al., 2003), support the idea that improving and increasing the use of NPLL through specific and targeted training processes to this effect it promotes a reduction of the functional asymmetries. In this sense, Teixeira (2001) carried out a study to verify if functional asymmetries established during the long-term practice of motor skills in soccer could be modified as an effect of increased training with the NPLL. The author found that the differences were reduced with more targeted training for player necessities, showing the high potential of the emphasis in the practice on the NPLL to modify functional asymmetries in the performance. In Martins et al. (2009) study, the authors evaluate the amplitude of the hip flexion movement of 52 Brazilian gymnasts, and observed that the gymnasts presented higher flexibility level with PLL than NPLL. We believe that if flexibility levels were evaluated without considering functional asymmetry, we would be promoting a strengthening of unilateral practice in RG. Therefore, the functional asymmetry evaluation is extremely important in this sport, once that it allows the analysis of the harmonious development of the gymnast's body (Batista-Santos, Bobo-Arce, et al., 2015). Furthermore, the evident asymmetries can reflect negatively in the physical and technical preparation of the gymnasts and, in many cases, can cause changes in the posture (Lisitskaya, 1995). Thus, to avoid the gradual development of functional asymmetries in RG, it is necessary to highlight the importance of bilateral work. The coaches have a fundamental role in the correct physical preparation of the gymnasts. In addition, they have the responsibility to motivate the gymnasts to work both LL with the same intensity in order to avoid the overload of one body side and decompensations that in the long-term can induce injuries and or high asymmetries levels (Batista-Santos, Bobo-Arce, et al., 2015).

Frutuoso et al. (2016) studied the influence of lateral preference of the lower extremity on anthropometric, range of motion, and isokinetic torque measurements of RG athletes. The bilateral torque asymmetry was accepted as

being normal up to a 10% level. The authors observed the preferred limb showed larger thigh girth and anatomical cross-sectional area, higher ankle dorsiflexor range of motion and higher torque production in some muscles (hip flexor at $60^{\circ}\cdot s^{-1}$ and plantarflexor at $180^{\circ}\cdot s^{-1}$) compared to the non-preferred limb. Thus, the authors considered that the bilateral differences seem to be strictly related to lateral preference and RG training.

Sometimes the shoulders flexibility training is neglected during RG training due to lack of time or even by other priorities of coaches (Santos, 2011), although this joint is very important in RG (Palmer, 2003). In our study, the higher the competitive level, better the results in the RUL test. Indeed, the higher the competitive level, the higher the training volume and, probably, the greater time dedicated to the training of physical capacities. Several authors (Douda et al., 2008; Radaš & Bobić, 2011; Román et al., 2012) also used the shoulder flexibility test used in our study. These studies presented different types of samples: Douda et al. (2008) evaluated the shoulders flexibility in elite (16.0 ± 11.5 cm) and non-elite (17.3 ± 12.7 cm) gymnasts, Radaš & Bobić (2011) evaluated gymnasts (38.6 ± 11.5 cm) and non-gymnasts (75.9 ± 19.1 cm), Román et al. (2012) evaluated artistic (58.5 ± 12.3 cm) and rhythmic gymnasts (24.0 ± 22.4 cm). We observed that no result was better than the Portuguese gymnasts from 1st division (15.0 ± 16.0 cm) and Elite (8.2 ± 12.1 cm). Furthermore, the results with high standard deviation values show that this test generally present a high inter-individual variability.

The other multi-jointing test used in our study was the FRS test (forward stand-and-reach). We confirmed that the higher the competitive level, the higher the values achieved by gymnasts in this test. No studies were found with this test included in the flexibility evaluation. However, the sit-and-reach test (SAR) was used as a flexibility test for rhythmic gymnasts in some studies (Douda et al., 2008; Miletić, Katić, et al., 2004; Miletić, Sekulic, et al., 2004). The values reached in the SAR test are naturally higher than in the FRS test, once that the FRS test use the level of the feet as zero mark, while the SAR test usually have the zero mark before the feet. Therefore, the results of these different tests cannot be directly compared.

The RG also demands a high level of spinal flexibility, since the gymnasts present in their competition routines many movements and elements that require a great amplitude of spine joints (Santos, 2011). Therefore, this capacity is trained intensively from very young ages (Sands et al., 2016).

Boligon et al. (2015) performed a study to evaluate the relation between flexibility and execution/validation of five elements of RG present in the RG-CoP (FIG, 2012). Among the flexibility movements used in the analysis, the gymnasts performed the trunk hyperextension (the gymnast stood in lying prone, with the legs closed, overstretched the trunk with the arms outstretched, and held this position for five seconds without assistance). High correlations ($r = -0.76$) were found between the score of technical elements and trunk flexibility. The negative sign of the correlation means that the higher the score, the lower the trunk angle, which means a higher range of motion. These authors concluded that the trunk flexibility has a great importance in perfectly executing the technical elements evaluated, and suggested that it is also important for other flexibility elements that use this multi-joint body segment.

The test proposed by FIG to assess the level of spine flexibility corresponds to a body difficulty element included in the current Code of Points (FIG, 2016), but are not usually used in the competition routines because of its low value. However, this movement is widely used in RG training for the work of flexibility and strength, performed through of exercises with repetitions and or position maintenance. Although it is a test with the objective of evaluating the flexibility level of the spinal joints, strength is also important in the execution of this movement. Thus, we felt the need to include another test with the same movement, but with a higher amplitude degree, in which we could get a greater discriminatory power between gymnasts of our study.

The TLV test with trunk lift until to the vertical as well as the MTL test with maximum trunk lift were applied in our study. As expected, many gymnasts reached level 4 in the TLV test and obtained lower results in the MTL test as the extension movement of the spine to the maximum amplitude necessitates a higher level of spine flexibility. The TLV test implies flexibility and strength for position maintenance and we verified that there were gymnasts with limited

flexibility levels in the spine joints that have been able to achieve the excellent result (level 4) in this test, probably due to the sufficient combination of flexibility and strength. On the other hand, many gymnasts with high spine flexibility failed to achieve the higher level in the MTL test. This result is probably due to the gymnasts showing high flexibility in spine joints, but not yet presenting sufficient strength to maintain the determined position.

Del Vecchio et al. (2014) evaluated the spine flexibility with the same movement of maximum spinal extension used in our study (in MTL test) but with hands behind the head and in degrees. The authors observed that the higher the age category, better the results in this test: young 115.2 ± 26.2 degrees, junior 101.2 ± 16.6 degrees; and senior 93.8 ± 29.3 degrees.

The spinal extension movement with the extended arms or with hands behind the head have different difficulty levels. This movement performed with the extended arms as is defined in the test of spine flexibility used in our study, increase the intensity muscular contraction in the exercise. Since it departs the weight of the UL of the spine and the hip, i.e., it departs the weight of the centre of mass, and the higher the distance, the higher the difficulty of performing the exercise (Campos, 2000).

Kritikou et al. (2017) developed a study to examine the association between artistry score, physical abilities and anthropometric characteristics in 46 national level competitive rhythmic gymnasts (aged 9.9 ± 1.3 years). Among the physical tests, the authors used tests to main joints: hip (straight leg raise and sideways leg extension in degrees), spine (spinal flexibility ratio in percentage) and shoulders (shoulder flexion in degrees). These variables presented a significantly negative correlation with artistry score and or to its separate sub-components, expression, music and movement (in deduction points). Thus, the authors verified that the higher the flexibility level, lower the artistry penalization, showing the importance of flexibility in these joints. Furthermore, the sideways leg extension was the variable that demonstrated the higher contribution to the variance of the artistry score and its sub-components unity and music and movement.

Finally, all flexibility variables used in our study (except the FRS test) were significantly correlated with the score in competition. However, only the active flexibility tests with PLL (variable Active PLL) presented statistical significance in the model of linear regression and explained 21.8% of variance of performance. This result shows the essential importance of active flexibility in RG, once that the flexibility and strength in this sport must have a closely connected work and are considered essential to achieve a high-level performance (Cantó et al., 2009; Di Cagno et al., 2008).

Analyzing the groups by competition level, we found different variables explaining the variance in performance in each competition level: Active PLL in Base (14.5%) and Elite (43.4%); Passive PLL and RUL in 1st division (29.5%). Therefore, in addition to the active flexibility of LL, the passive flexibility of LL and shoulders flexibility seem to be essential to success in RG. Indeed, it is important to note that all variables (except the FRS test) presented statistical significance in the simple regression model, demonstrating the high relevance of all flexibility tests performed in our study. However, due probably to the collinearity observed in some variables, not all of them were significant in the multi-linear regression model. The FRS test was not “sensitive” to the analysis of the competitive results, according to the non-significance presented, probably because the rhythmic gymnasts have already acquired a high level of hamstrings and lower back flexibility (Kritikou et al., 2017).

5. Conclusions

In the upper limbs, lower limbs and multi-joint flexibility tests, we observed that the higher the competition level, better the flexibility results, although significant differences were not found between 1st division and Elite levels in upper limb and multi-joint flexibility tests. In the lower limb flexibility tests, all groups showed differences in passive and active flexibility between preferred and non-preferred lower limb. In addition, the higher the competition level, lower the asymmetry level. Only 30.6% of gymnasts in passive flexibility (28.1% in Base; 28.8% in 1st division and 66.7% in Elite) and 28.7% of gymnasts in active flexibility

(22.0% in Base; 33.3% in 1st division and 55.6% in Elite) presented bilateral differences according to the limits considered normal. Therefore, 69.4% and 71.4% of gymnasts in this study had functional asymmetry of different magnitude in passive and active flexibility, respectively. Finally, we observed that among the variables analyzed in the study, the active flexibility with preferred lower limb explained 21.8% of variance of success in competition. Analyzing the groups by competition levels, different variables explained the success in competition: active flexibility with preferred lower limb in Base and Elite; passive flexibility with preferred lower limb and rotation of the upper limbs in 1st division.

Acknowledgments: The authors would like to thank the Portuguese Federation of Gymnastics, the gymnasts and coaches that permitted the making of this study possible.

6. References

- Andrade, J. (2012). *Efeito do treino do membro não preferido no desempenho motor e na assimetria motora funcional de jovens futebolistas*. Porto: Dissertação de Mestrado apresentada a Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.
- Ávila-Carvalho, L., Klentrou, P., Palomero, M. L., & Lebre, E. (2013). Anthropometric profiles and age at menarche in elite group rhythmic gymnasts according to their chronological age. *Science & Sports*, 28(4), 172-180.
- Batista-Santos, A., Bobo-Arce, M., Lebre, E., & Ávila-Carvalho, L. (2015). Flexibilidad en gimnasia rítmica: asimetría funcional en gimnastas júnior portuguesas *Apunts. Educación Física y Deportes*, 120, 19-26.
- Batista-Santos, A., Lemos, M. E., Lebre, E., & Ávila-Carvalho, L. (2015). Active And Passive Lower Limb Flexibility In High Level Rhythmic Gymnastics. *Science of Gymnastics Journal*, 7 (2), 55-66.
- Bobo-Arce, M., & Méndez-Rial, B. (2013). Determinants of competitive performance in rhythmic gymnastics. A review. *Journal of Human Sport & Exercise* 8(3), 711-717p.
- Boligon, L., Deprá, P. P., & Rinaldi, I. (2015). Influence of flexibility in the execution of movements in rhythmic gymnastics. *Acta Scientiarum. Health Sciences*, 37(2), 141-145.

- Bordalo, M., Portal, M., Cader, S., Perrotta, N., Neto, J., & Dantas, E. (2015). Comparison of the effect of two sports training methods on the flexibility of rhythmic gymnasts at different levels of biological maturation. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 55(5), 457-463.
- Campos, M. A. (2000). *Biomecânica da Musculação* (Vol. 1). Rio de Janeiro: Sprint.
- Cantó, E., Sánchez, A., & Sánchez, J. (2009). Test más apropiados para la valoración funcional del deportista en gimnasia rítmica [Versão eletrônica]. *Efdeportes Revista Digital*, 13. Consult. 4 october 2018, disponível em: <http://www.efdeportes.com/efd129/valoracion-funcional-del-deportista-en-gimnasia-ritmica.htm>
- Chavett, P., Lafortune, M., & Gray, J. (1997). Asymmetry of lower extremity responses to external impact loading. *Hum Mov Sci*, 16(4), 391-406.
- Cobalchini, R., & Silva, E. R. (2008). Treinabilidade do membro inferior não-dominante em atletas infantis de futebol [Versão eletrônica]. *EFDeportes*, 13, disponível em: <http://www.efdeportes.com/efd125/treinabilidade-do-membro-inferior-nao-dominante-em-atletas-infantis-de-futebol.htm>
- Del Vecchio, F. B., Primeira, M., Silva, H. C. d., Dall'Agnol, C., & Galliano, L. M. (2014). Nível de aptidão física de atletas de ginástica rítmica: Comparações entre categorias etárias. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*, 22(3), 5-13.
- Di Cagno, A., Baldari, C., Battaglia, C., Brasili, P., Merni, F., Piazza, M., Toselli, S., Ventrella, A., & Guidetti, L. (2008). Leaping ability and body composition in rhythmic gymnasts for talent identification. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 48(3), 341-346.
- Di Cagno, A., Baldari, C., Battaglia, C., Monteiro, M. D., Pappalardo, A., Piazza, M., & Guidetti, L. (2009). Factors influencing performance of competitive and amateur rhythmic gymnastics - Gender differences. *Journal of Science and Medicine in Sport* 12, 411-416.
- Douda, H., Toubekis, A., Avloniti, A., & Tokmakidis, S. (2008). Physiological and anthropometric determinants of rhythmic gymnastics performance. *International Journal Of Sports Physiology And Performance*, 3(1), 41-54.
- Ericsson, K. A., Krampe, R. T., & Tesch-Römer, C. (1993). The Role of Deliberate Practice in the Acquisition of Expert Performance. *Psychological Review* 100(3), 363-406.
- Fernandez-Villarino, M., M, B.-A., & Sierra-Palmeiro, E. (2013). Practical Skills of Rhythmic Gymnastics Judges. *Journal of Human Kinetics*, 39, 243-249.

- FIG. (2012). Code of Points for Rhythmic Gymnastics: 2013-2016. Lausanne: Fédération International de Gymnastique. [Versão eletrônica], disponível em: <https://www.scottishgymnastics.org/sites/default/files/imce/disciplines/2012%20-%202016%20Rhythmic%20Code%20of%20Points.pdf>
- FIG. (2016). Code of Points for Rhythmic Gymnastics: 2016-2020. Lausanne: Fédération International de Gymnastique. [Versão eletrônica], disponível em: http://www.fig-gymnastics.com/publicdir/rules/files/rq/RG_CoP%202017-2020_updated%20with%20Errata_February%202017_e.pdf
- Frutuoso, A. S., Diefenthaeler, F., Vaz, M. A., & Freitas, C. (2016). Lower limb asymmetries in rhythmic gymnastics athletes. *The International Journal of Sports Physical Therapy* 11(1), 34-43.
- Georgopoulos, N., Markou, K. B., Theodoropoulou, A., Benardot, D., Leglise, M., & Vagenakis, A. G. (2002). Growth retardation in artistic compared with rhythmic elite female gymnasts. *The Journal Of Clinical Endocrinology And Metabolism*, 87(7), 3169-3173.
- Jastrjemskaia, N., & Titov, Y. (2006). *Rhythmic Gymnastics - Hoop, Ball, Clubs, Ribbon, Rope*. Vermont, EUA: Echo Point Books & Media.
- Klentrou, N., Gorbulina, N., Aleksandrova, N., Delle-Chiae, D., Ferrand, C., & Fink, H. (2010). *Age group development program for rhythmic gymnastics: Sample physical testing program*. Lausanne, Switzerland: International Gymnastics Federation.
- Kritikou, M., Donti, D., Bogdanis, G., Donti, A., & Theodorakou, K. (2017). Correlates of artistry performance scores in preadolescent rhythmic gymnasts. *Science of Gymnastics Journal*, 9(2), 165-177.
- Laffranchi, B. (2001). *Treinamento desportivo aplicado à ginástica rítmica*. Londrina, Paraná: UNOPAR.
- Law, M. P., Côté, J., & Ericsson, K. A. (2007). Characteristics of expert development in rhythmic gymnastics: A retrospective study. *Journal International Journal of Sport and Exercise Psychology* 5(1).
- Lebre, E., & Araujo, C. (2006). *Manual de Ginástica Rítmica*. Porto: Porto Editora.
- Lisitskaya, T. (1995). *Gimnasia Rítmica. Deporte & Entrenamiento*. Barcelona: Editorial Paidotribo.
- Marchetti, P. H. (2009). *Investigações sobre o controle motor e postural nas assimetrias em membros inferiores*. São Paulo: Dissertação de Doutorado apresentada a Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo.

- Martins, L., Signoretti, A., Oliveira, L., & Lucena, G. (2009). Avaliação goniométrica da articulação do quadril em ginastas rítmicas da cidade de Natal/RN. *Revista de Ciência & Saúde, special*.
- McGuigan, M. (2014). Evaluation athletic capacities. In D. Joyce & D. Lewindon (Eds.), *High Performance Training for Sports*. Unites States of America: Human Kinetics.
- Miletić, D., Katić, R., & Maleš, B. (2004). Some anthropologic factors of performance in rhythmic gymnastics novices. *Collegium Antropologicum*, 28(2), 727-737.
- Miletić, D., Sekulic, D., & Wolf-Cvitak, J. (2004). The leaping performance of 7-year-old novice rhythmic gymnasts is highly influenced by the condition of their motor abilities. *Kinesiology*, 36, 35-43.
- Palmer, H. C. (2003). *Teaching Rhythmic Gymnastics: A Developmentally Appropriate Approach* (Vol. 1): Champaign, IL: Human Kinetics.
- Polat, S., & Günay, M. (2016). Comparison of Eight Weeks Rhythmic Gymnastics, Pilates and Combined Training in Terms of Some Physical, Physiological and Motoric Parameters. *International Journal of Human Movement and Sports Sciences*, 4(4), 61-69.
- Poliszczyk, T., & Brod, D. (2010). Somatic constitution and the ability to maintain dynamic body equilibrium in girls practicing rhythmic gymnastics. *Pédiatrie Endocrinology, Diabetes and Metabolism*, 16(2), 94-99.
- Radaš, J., & Bobić, T. (2011). Posture in top-level Croatian rhythmic gymnasts and non-trainees. *Kinesiology*, 43(1), 64-73.
- Román, M. L., del Campo, V. L., Solana, R. S., & Martín, J. M. (2012). Perfil y diferencias antropométricas y físicas de gimnastas de tecnificación de las modalidades de artística y rítmica. *Retos. Nuevas tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, 21, 58-62.
- Rutkauskaitė, R., & Skarbalius, A. (2009). Training and sport performance of the 11-12 year old athletes in rhythmic gymnastics. *Sportas* 1(72), 107-115.
- Rutkauskaitė, R., & Skarbalius, A. (2011). Interaction of training and performance of 13-14-years-old athletes in rhythmic gymnastics. *Sportas*, 3(82), 29-36.
- Sands, W., McNeal, J., Penitente, G., Murray, S., Nassar, L., Jemni, M., Mizuguchi, S., & Stone, M. (2016). Stretching the Spines of Gymnasts: A Review. *Sports Med*, 46, 315-327.
- Santos, A. B. (2011). *Flexibilidade e Força em Ginástica Rítmica: Avaliação de ginastas juniores portuguesas*. Porto: Dissertação de Mestrado apresentada a Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.

- Šebić, L., & Ljubojević, A. (2016). *Construction and validation of specific flexibility tests in Rhythmic Gymnastics*. Comunicação apresentada em 2nd International, Sport, Science, Education and Development Conference.
- Stadnik, A. M., Ulbricht, L., Perin, A., & Ripka, W. L. (2010). Avaliação da performance relacionada aos componentes equilíbrio, força e flexibilidade de meninas praticantes de Ginástica Rítmica. [Versão eletrônica]. *EFDeportes*, 15. Consult. 15 may 2016, disponível em: <http://www.efdeportes.com/efd145/avaliacao-de-meninas-praticantes-de-ginastica-ritmica.htm>
- Teixeira, L. A. (2001). Prática diferencial e assimetrias laterais em tarefas motoras relacionadas ao Futebol. In *Lateralidade e comportamento motor: assimetrias laterais de desempenho e transferência interlateral de aprendizagem* (pp. 69-79). São Paulo: Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo.
- Teixeira, L. A., & Paroli, R. (2000). Assimetrias Laterais em Ações Motoras: Preferência Versus Desempenho. *Motriz* 6(1), 1-8.
- Teixeira, L. A., Silva, M. V., & Carvalho, M. (2003). Reduction of lateral asymmetries in dribbling: the role of bilateral practice. *Laterality*, 8(1), 53-65.
- Volpi da Silva, L., Lopez, L., Costa, M. C., Gomes, Z., & Matsushigue, K. (2008). Avaliação da flexibilidade e análise postural em atletas de Ginástica Rítmica Desportiva: Flexibilidade e Postura na Ginástica Rítmica. *Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte*, 7(1), 59-68.
- Weineck, J. (2003). *Treinamento Ideal* (Vol. 9). São Paulo: Manole.
- Zaidi, Z. F. (2011). Body Asymmetries: Incidence, Etiology and Clinical Implications. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(9).

ESTUDO V

Strength in Portuguese rhythmic gymnasts of different competition levels

Amanda Batista¹, Rui Garganta¹ e Lurdes Ávila-Carvalho¹

¹ *CIFI²D, Kinanthropometry Lab, Faculty of Sport, University of Porto, Portugal.*

Objetivos: (1) Comparar o nível de força de ginastas portuguesas em diferentes níveis competitivos; (2) Investigar as variáveis de força com maior poder discriminatório entre os níveis competitivos; e (3) Determinar as variáveis de força que melhor explicam o desempenho.

Artigo publicado:

Journal of Physical Education and Sport

Batista, A.; Garganta, R.; Ávila-Carvalho, L. (2019). Strength in Portuguese rhythmic gymnasts of different competition levels. *Journal of Physical Education and Sport*, 19 (3): 1213-1221.

Strength in Portuguese rhythmic gymnasts of different competition levels

Abstract

The present study aimed to: (1) compare the strength level in Portuguese rhythmic gymnasts across competitive levels; (2) investigate the strength variables with higher discriminatory power between the groups and (3) determine which strength variables better explain performance. Participants included young gymnasts (n=164) in three competitive levels (Base, 1st division and Elite). Six specific strength tests were used. For the statistical analyses, Kruskal-Wallis test, Discriminant Function, Person Correlation and Linear Regression were applied. The 1st division and Elite reached higher results than Base in all strength tests. We observed a statistically significant superiority from Elite only in 50% of tests (Back power kick; Partial trunk elevations and Rope skipping tests). The partial trunk elevations and rope skipping tests were the strength variables with higher discriminatory power between the competition levels. 59.1% of gymnasts were well reclassified in the original groups. Finally, rope skipping test explained 7.2% of the variance in performance with some differences in the variables explaining performance across levels.

Keywords: rhythmic gymnastics; performance; gymnasts; resistance strength; muscular endurance; explosive strength.

1. Introduction

Rhythmic gymnastics (RG) is a sport that demands a hard, prolonged and constant physical training throughout the entire sports career (Román et al., 2012). The high performance is achieved through carefully organized and planned training according to requirements of the sport (Laffranchi, 2001). For a correct technical execution of the elements and movements in RG, with the appropriate range and intensity, is necessary a high level of development of the strength (Bobo & Sierra, 1998).

The RG requires explosive strength vertically and horizontally in the jumps, which must have high range and quick execution, explosive strength of upper

limbs to execute big throws of apparatus, explosive strength and resistance strength to execute and to keep the balances and rotations (Silva et al., 2016). The strength contributes to a better performance evaluation of the RG elements (Miletić, Sekulic, et al., 2004). Thus, the increase in strength levels extends the motor repertory of gymnasts (Román et al., 2012), improves the physical and technical performance (Gateva, 2013), and the speed with which competitive routines are executed (Miletić, Sekulic, et al., 2004). Therefore, strength has been identified as one of determinants variables in the competitive performance in this sport (Di Cagno et al., 2009; Douda et al., 2008; Rutkauskaitė & Skarbalius, 2009, 2011; Silva et al., 2016).

Generally, the strength has been evaluated in rhythmic gymnasts with exercises that are far from the reality of RG. Several authors analyzed the explosive strength through only the vertical jump (Benck et al., 2002; Del Vecchio et al., 2014; Grigoriu et al., 2015; Kums et al., 2005; Menezes & Fernandes Filho, 2006; Román et al., 2012) or vertical and horizontal jumps (Dobrijević et al., 2014; Stadnik et al., 2010). Di Cagno et al. (2009) assessed the vertical jump and included three RG specific jumps in their study. Other authors extended the evaluation of strength with tests of explosive strength and strength endurance (Donti et al., 2016; Douda et al., 2007; Douda et al., 2008; Gateva, 2011, 2013; Miletić, Katić, et al., 2004; Miletić, Sekulic, et al., 2004; Rutkauskaitė & Skarbalius, 2009, 2011, 2012). However, the studies do not usually use tests with specific movements of RG. Few studies (Batista-Santos et al., 2016; Donti et al., 2016; Gateva, 2011, 2013; Rutkauskaitė & Skarbalius, 2009, 2011, 2012) had at least one strength test with similar characteristics of the sport specific requirements.

Several authors (Barker & Armstrong, 2011; Lebre, 1993; McGuigan, 2014) emphasize the importance of the specificity of the tests performed in the studies with athletes. This specificity is the great advantage of field research, as it enables the collection of motor performance levels of athletes, and allows the acquisition of relevant data to the coaches (Santos & Soares, 2001). According to McGuigan (2014), general tests do not always correlate well with athletes' competitive performance. Thus, due to the necessity of a standard assessment

of motor performance in RG, the International Federation of Gymnastics (FIG) created tests (Klentrou et al., 2010) with body movements' patterns and RG elements, to ensure a close result to the context of the sport.

The objectives of this study were: (1) compare the strength level in Portuguese gymnasts across competitive levels; (2) investigate the strength variables with higher discriminatory power between the groups and (3) determine the strength variables that better explain RG performance.

2. Materials and Methods

Participants: 164 Portuguese gymnasts who participated in the district and/or national competitions during the 2013/2014 season, in three different levels: Base, 1st division and Elite.

Age and training characteristics: chronological age, practice experience (number of years of RG training), age of training onset and training volume were collected using questionnaires (Table 1).

Table 1: Age and training characteristics of the sample gymnasts

Variables	Base (n=84) $\bar{x} \pm sd$	1st division (n=71) $\bar{x} \pm sd$	Elite (n=9) $\bar{x} \pm sd$
Age (years)	13.5 $\pm$ 2.3	13.6 $\pm$ 2.1	14.8 $\pm$ 1.8
Training onset (years)	7.2 $\pm$ 2.6	6.4 $\pm$ 2.2	6.0 $\pm$ 1.5
RG practice (years)	5.7* $\pm$ 3.1	6.7* $\pm$ 2.8	8.2* $\pm$ 1.9
Training volume (h/week)	13.9* $\pm$ 6.3	18.7* $\pm$ 6.2	31.2* $\pm$ 6.2

Legend – *p $\leq$ 0.05: significant differences

Ethical Considerations: Ethics Committee of the Faculty of Sport, University of Porto – Portugal and Scientific Committee of the Portugal Gymnastics Federation, approved the study protocol. The assessments were performed in accordance with the ethical standards of the Helsinki Declaration.

Strength Measurement: The FIG recommended tests (Klentrou et al., 2010) were used to assess the resistance strength, muscular endurance and explosive strength levels using RG specific movements. Six tests were performed. Part of these tests (Table 2) are exercises characterized by execution of energetic, fast and continuous movements, by performing the maximum

number of repetitions in a given time (30 seconds): front power kicks (FPK), back power kicks (BPK), partial trunk elevations (PTE), partial curl-ups (PCU) and rope skipping (RSK). Therefore, it required the gymnasts to have a good level of strength, due to the requirement of repetitions with maximum power, i.e., a maximum rhythm, keeping the optimal range of motion with short rest periods. The exercises execution was recorded in video and the valid repetitions for each gymnast were counted. In addition, the gymnasts performed the vertical jump test (VTJ) (Sargent, 1921) according to the vertical jumping technique with countermovement jump, which is the rapid flexion and hip extension, knee and ankle, in a body projection movement vertical (Komi & Bosco, 1978) (Table 2). The jumping technique was explained in detail verbally, repeated and demonstrated as needed. In the jump time, it was allowed to freely flex the LL and move the upper limbs, to provide the largest possible vertical impulse.

Table 2: Strength tests (Klentrou et al., 2010)

TEST	Front power kick (FPK)	Back power kick (BPK)	Partial Trunk Elevations (PTE)	Partial Curl-Ups (PCU)	Rope skipping (RSK)	Vertical Jump (VTJ)
PURPOSE	To measure resistance strength and muscular endurance (lower limbs).	To measure resistance strength and muscular endurance (lower limbs).	To measure resistance strength and muscular endurance (back).	To measure resistance strength and muscular endurance (abdomen).	To measure RG resistance strength, muscular endurance (lower limbs) and coordination.	To measure explosive strength (lower limbs).
EQUIPMENT	Stopwatch			Stopwatch and masking tape	Stopwatch	Ink and scale. (21x120cm, 1.6 – 2.0m from the ground).
POSITION	Lying on the back with legs straight.	Lying on the stomach with legs straight.	Lying on the stomach with legs straight.	Lying on the back, knees bent at 90°, feet flat on the floor, legs slightly apart, arms straight and parallel to the trunk with palms of hands resting on the floor. The head is in contact with the floor.	Standing with the rope stop behind the body or with movement in eight.	Standing with dominant shoulder half a foot away from the wall. The middle finger of the dominant hand is covered ink. After, touch in the scale fixed to the wall, and mark the first measure (M1), which is the highest point reached with feet flat on the ground.
ACTION	Lifting each leg to vertical position and alternating as many times as possible. The hips in retroversion, upper limbs extended and apart, contracted abdomen, spine upright and fully supported on the ground.	Lifting each leg to vertical position and altering as many times as possible. The hips in retroversion, upper limbs in forward, next to the body or the elbows used as support, contracted abdomen and fully supported on the ground.	Lifting the trunk to the vertical with maximum speed. The hips in retroversion, contracted abdomen, lower limbs extended and hands on the head.	Initial phase involves “flattening out” of lower back region, followed by a slow “curling up” of the upper spine. Keeping heels in contact with the floor, the hands move forward, without to lift of the floor, towards the heels. Return the start position.	Double jumps with the rope.	Execution of vertical jump according to the vertical jumping technique with countermovement jump, to mark the second measure (M2), that it refers to the highest point reached during the jump, with the same body segment. Three trials are allowed.
MEASURE	Maximum repetitions in 30 seconds.					The highest distance (cm) from M1 to M2.

The tests were conducted in training environment following strictly the protocol proposed. Two cameras (Nikon D5300, Tokyo-Japan and Samsung VP DX 100, South Korea) were used to register the videos. Two international judges analyzed the tests in two different occasions 10 days apart. We observed high values of intra-examiner reliability – Kendall Coefficient of Concordance (0.94-0.99) and inter-examiner reliability – Intraclass Correlation Coefficient (0.85-0.99), which confirms a high quality of information.

Additional data: Scores in the Portuguese National Championship determined the competitive performance in the sport season 2013/2014.

Statistical Procedures: Statistical analysis was performed using the Statistical Package for Social Sciences (SPSS 23.0). The significance level was set at 5%. Descriptive statistics were performed using the mean and standard deviation. Kruskal-Wallis test was used to compare strength scores across competition levels. For the construction of strength profile, the variables were transformed into score Z. We used also the Discriminant function for identify the variables that maximally separate the groups of gymnasts by competition level. Person correlation and linear regression were used to verify the variables that better explain the RG performance.

3. Results

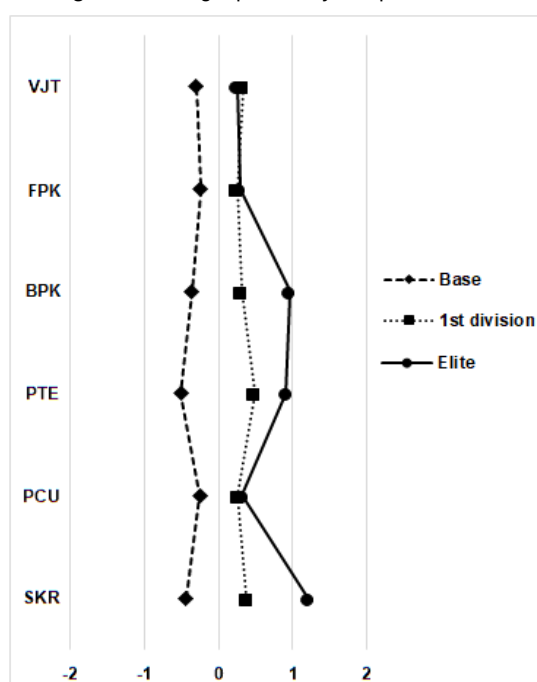
Strength tests: The 1st division and Elite reached higher results than Base in all strength tests (Table 3). The Elite achieved better results than 1st division in all strength tests, except in VTJ test, despite significant differences were found only in BPK, PTE and RSK tests. Thus, we observed a statistically significant superiority from Elite comparing to Base and 1st division only in 50% of tests (BPK, PTE and RSK). A positive point found in the analysis of the results obtained by Elite can be interpreted by the standard deviation values, as it is possible to observe a lower inter-individual variability in all strength tests.

Table 3: Strength tests by competition level

Competition levels		Complete sample (n=164)	Base (n=84)	1st division (n=71)	Elite (n=9)	p value
Variables		$\bar{x} \pm sd$	$\bar{x} \pm sd$	$\bar{x} \pm sd$	$\bar{x} \pm sd$	
Physical tests	VTJ (cm)	32.7 $\pm$ 5.3	31.1 $\pm$ 4.8	34.5 $\pm$ 5.5	34.1 $\pm$ 2.9	p=0.050 ^{*1,2}
	FPK (rep)	27.8 $\pm$ 3.7	26.9 $\pm$ 4.1	28.8 $\pm$ 3.1	28.9 $\pm$ 1.8	p=0.008 ^{*1,2}
	BPK (rep)	19.6 $\pm$ 8.0	16.7 $\pm$ 8.0	22.0 $\pm$ 7.0	27.2 $\pm$ 2.1	p<0.000 ^{*1,2,3}
	PTE (rep)	14.5 $\pm$ 8.5	10.2 $\pm$ 8.7	18.6 $\pm$ 5.4	22.2 $\pm$ 3.2	p<0.000 ^{*1,2,3}
	PCU (rep)	15.5 $\pm$ 3.3	14.7 $\pm$ 3.7	16.4 $\pm$ 2.6	16.6 $\pm$ 1.6	p=0.008 ^{*1,2}
	RSK (rep)	24.2 $\pm$ 15.2	17.4 $\pm$ 13.8	29.8 $\pm$ 13.3	42.4 $\pm$ 3.8	p<0.000 ^{*1,2,3}

Legend – $\bar{x}$: mean; sd: standard deviation; VTJ: vertical jump test; FPK: front power kick; BPK: back power kick; PTE: partial trunk elevations; PCU: partial curl-ups; RSK: skipping with rope; *p≤0.05: significant differences – ^{*1}: Base versus 1st division; ^{*2}: Base versus Elite; ^{*3}: 1st division versus Elite.

Strength Profile: Figure 1 presents the strength profiles by competitive level. We verified a clear disadvantage of Base in all strength tests, once that this group obtained the lower results in all tests and with below average values. The 1st division showed a higher stability in the results with above average values in all tests. The Elite presented a higher oscillation in the results, with a less linear profile, once that were verified values above the average (BPK, PTE and RSK tests) as well as values near the mean and similar to the 1st division (VTJ, FPK and PCU tests).

Figure 1: Strength profiles by competitive levels

Legend – VTJ: vertical jump test; FPK: front power kick; BPK: back power kick; PTE: partial trunk elevations; PCU: partial curl-ups; RSK: skipping with rope.

Discriminatory power of strength variables: PTE (λ de Wilks = 0.0.757, $F = 15.453$, $p < 0.001$) and RSK test (λ de Wilks = 0.718, $F = 10.542$, $p < 0.001$) were the variables that maximally separate the groups of gymnasts by competition level. The reclassification in the original groups based on the results of the discriminant function showed that 59.1% of gymnasts were well reclassified (Table 4).

Table 4: Classification of gymnasts in the different competition levels (Base, 1st division and Elite)

		Competition Level	Predicted Group Membership*			Total
			Base	1 st division	Elite	
Cross-validated	Count (%)	Base	57 (67.9%)	18 (21.4%)	9 (10.7%)	84 (100%)
		1 st division	15 (21.1%)	32 (45.1%)	24 (33.8%)	71 (100%)
		Elite	0 (0%)	1 (11.1%)	8 (88.9%)	9 (100%)

Legend – *59.1% of cases grouped with cross-validation correctly classified.

We observed that the lower errors of reclassification occurred in Elite (11.1%). In Base, 32.1% of gymnasts were reclassified in the other competition levels: 21.4% to 1st division and 10.7% to Elite. The 1st division was the competition level with higher errors of reclassification (54.9%): 21.1% of gymnasts were reclassified to Base and 33.8% to Elite.

Strength variables and performance: Analyzing all strength variables and the performance, we observed that the tests BPK ($p=0.038$; ρ of Pearson=0.162) and RSK ($p<0.001$; ρ of Pearson=0.278) were significantly correlated with the performance score. Thus, the higher the results in these tests, higher the performance score. However, only the RSK test presented statistical significance in the model of linear regression ($p<0.001$; $F=13.600$). According to R^2 adjusted, this variable explained 7.2% of variance of performance. The regression equation was: Performance score = $27.627 + 0.488 \cdot \text{RSK}$; therefore, increases in the RSK promotes an increase in the performance score.

On the other hand, analyzing the group by competition level, significant correlations were found in the final performance score and different strength variables: Base (VTJ: $p=0.006$, ρ of Pearson=0.296; and RSK: $p<0.001$, ρ of Pearson=0.376); 1st division (PTE: $p=0.003$, ρ of Pearson=0.348; PCU: $p=0.005$,

ρ of Pearson=0.328; RSK: $p=0.025$, ρ of Pearson=0.265); and Elite (without significant correlations). Thus, there is no common pattern in the results of linear regression across competition levels. Specifically, only RSK explained part of the performance in the Base level ($p<0.001$; $F=13.505$; R^2 adjusted=0.131; $y=30.387+0.648*RSK$), while for 1st division the predicting variables were PTE and PCU ($p=0.001$; $F=7.168$; R^2 adjusted=0.150; $y=-36.597+1.437*PTE + 2.620*PCU$). In Elite, no significant variables were found in the model of linear regression.

4. Discussion

In RG in Portugal, there is three competitive levels (Base, 1st division and Elite). The Elite is the main and higher competitive level. Thus, Elite is formed by best Portuguese gymnasts selected by Portugal Gymnastics Federation through predefined criteria. This group represents the individual Portugal National Team. The 1st division is the second competitive level. From this group the gymnasts are selected for Elite. Therefore, the 1st division is formed by quality gymnasts with aspirations to integrate the National Team. Base is the third competitive level with lower demands. However, the gymnasts competing in the Base and 1st division levels are selected by their coaches.

The training process in RG has high demands in the technical elements with a high complexity level (Bobo-Arce & Méndez-Rial, 2013). According to Milić, Katić, et al. (2004), appropriate levels of strength are a precondition for proper performance of all basic body elements in RG. Lower limb explosive strength is a key ability in elements in the body group jumps/leaps. Back and abdominal muscle control are the basis for a successful technical performance in elements of other body groups: rotations and balances (Gateva, 2013).

Thus, a proper physical preparation level is an essential prerequisite for an excellent technical performance (Gateva, 2013). In contrast, a limited physical preparation level is one of the major problems appearing into the RG practice. According to Monem et al. (2011) is often a result of the coaches' negligence due to their focusing mainly on the technical preparation.

The strength is one of the main physical capacities that have been identified as contributing factors to performance in RG (Di Cagno et al., 2009; Douda et al., 2008; Rutkauskaitė & Skarbalius, 2009, 2011; Silva et al., 2016). However, there are few studies about the physical capacities in RG in which specific problems as strength is reviewed (Gateva, 2013). The choice of tests should consider the specificity of the sport, to approach the most of the main characteristics (Barker & Armstrong, 2011; McGuigan, 2014). According to McGuigan (2014), general tests do not always correlate well with athletes' competitive performance. Therefore, the author considers essential to critically examine which tests are used and do not choose tests solely because they have been used or because the equipment and expertise are available.

Gateva (2015) explains that some adequate fitness tests to assess the cardiovascular and specific endurance in RG had to be created in her study: submaximal treadmill test (2 minutes) and specific modified gymnastics routine (2 minutes). Some other sports also have lack of specific assessment as a study in climbing (Michailov et al., 2014).

The strength tests recommended by FIG (Klentrou et al., 2010) used in our study present exercises widely used in training sessions and competition routines that provides results close to the reality of RG. These tests measure the main and most important muscle groups in rhythmic gymnasts' body according to the specificity of the referred sport. Thus, the gymnasts of all competition levels demonstrated familiarity with most of the exercises evaluated, as these are daily used in the training sessions in order to develop mainly capabilities as flexibility and strength. Thus, the main peculiarities observed in the accomplishment of each strength test are presented below:

- In Front Power Kick (FPK), some gymnasts showed lack of coordination in the proposed motion. A LL performs the action of battement while the other remains supported on the ground. The second LL only starts the action when the first LL returns to the starting position. The most common mistake among the gymnasts was the elevation of the second LL during the time of the return of the first LL, performing a movement of "scissors" with the LL. This error was probably

verified because, overall, the battements exercises with LL forward are executed with a higher number of repetitions with each LL.

- In Back power kicks (BPK), the main difficulties observed were: elevation of LL until 90° and/or maintenance of hip position during the execution of the movement. Some gymnasts needed to raise the hip from the ground to achieve the desired range of LL (90°), which was not allowed. Thus, each time the gymnast did not reach the correct form of the evaluated exercise, repetition was considered invalid. We also verified gymnasts who achieved the required range only with the dominant lower limb.

- In Partial Trunk Elevations (PTE), some gymnasts presented difficulty to correctly perform the desired movement probably because they had a limited degree of flexibility in the spine joints and therefore these gymnasts did not show facility to raise the trunk to the vertical. However, other gymnasts with extreme flexibility did not also achieve excellent results in this test due to low capacity explosive strength and muscular endurance in the spinal region.

- The partial curl-up (PCU) is a less familiar exercise between the gymnasts, as it has some rules and details (such as the arms/hands movement in the exercise execution) rarely used in the training practice. However, it is true that the gymnasts perform daily various types of abdominal exercises and so this is a muscular area quite worked.

- In skipping with the rope (RSK), several gymnasts had difficulties in the correct execution of the skipping and the lack of technical apparatus was the main cause of the low results in this test. In the proposed time (30") many gymnasts made more attempts than double skips with rope. Some gymnasts did not fail to perform a single repetition. In addition, there were gymnasts with better technical apparatus level that presented poor results because they failed in one or two skipping by inattention.

- In the vertical jump test (VTJ), the jumping technique was explained in detail verbally, repeated and demonstrated as needed. No gymnast showed difficulty in the execution of this test. However, the height of the jump can be affected by the effective use of arms and how the gymnast flexes her knees before jumping (Komi & Bosco, 1978).

All details of the tests FPK, BPK, PTE and PCU had been previously explained and the gymnasts made at least one repetition of the exercise, in order to verify the correct execution. However, many gymnasts had repetitions cancelled because they did not perform the proposed movement correctly during the evaluation. In these tests, overall, there is common pattern in the results across competition levels, in the following order: FPK, BPK, PTE, PCU, except in the Base, which the gymnasts achieved better results in the PCU than PTE test. The characteristics of the tests help to justify the results found. The FPK and BPK tests had better results probably due to the weight of the trunk and upper limbs to be higher than weight of the lower limbs, which perform the movement in practice. Thus, the body remains stable on the ground and the gymnast can execute the faster repetitions. On the other hand, in the PTE and PCU tests, to lift the trunk up to the vertical, as the lower limbs are lighter, there is higher instability in the body. Therefore, is natural that the gymnasts present higher difficulty and need to apply a higher strength level for the accomplishment of each repetition and as consequence, the movement becomes slower.

The BPK test obtained lower results than FPK test, probably because although these tests have a similar execution, different muscular groups are requested. To the execution of the FPK test is necessary muscular endurance in the abdomen and hip flexors, while that to the BPK test imply muscular endurance especially in the hip extensors and back extensors.

To the execution of the PTE test, the strength concentration is especially in the back extensors and to the PCU test in the abdomen. However, to do a good execution in the PTE test a minimum of spinal flexibility is required. The gymnasts from 1st division and Elite achieved better results in PTE than PCU test, probably due mainly to the smaller familiarity shown by gymnasts in this test or perhaps by a lower abdominal than back strength. On the other hand, the gymnasts from Base obtained higher results in PCU than PTE test. During the evaluation, it was clear the difficulty of the gymnasts of this group to perform the PTE test due to limited back flexibility and strength. These gymnasts also showed a slight familiarity with the PCU test.

Overall, the differences verified in these tests (FPK, BPK, PTE and PCU) also can be justified by a probable higher strength in the muscles of the hip and lower limbs than in the muscles of the abdomen and spine. The VTJ and RSK tests were not included in this comparison because they have different characteristics. Although the RSK test was also evaluated according to the number of repetitions in 30", the executed movement is naturally faster than the remaining strength tests. Furthermore, the VTJ test is a single movement and evaluated in centimeter. Thus, as expected, the best results in the strength repetitions tests were achieved in the RSK test (1st division and Elite). However, the technical ability has influence in this test. The gymnasts from Base presented a lower conjunction between technical execution and strength.

Comparing the results obtained by gymnasts in the strength assessment, according to the competition level, we observed that, as expected, the 1st division and Elite reached higher results than Base in all tests. The Elite also achieved better results than 1st division in all strength tests (except in the VTJ test), despite significant differences were found only in BPK, PTE and RSK tests. Thus, we observed a statistically significant superiority from Elite comparing to Base and 1st division only in 50% of strength tests (BPK, PTE and RSK).

In the RSK test was possible to verify higher supremacy of Elite. This group reached on mean 42.4 ± 3.8 repetitions in 30", which corresponds to about 1.41 repetitions per second. The high number of repetitions and reduced standard deviation value demonstrate that the Elite had excellent technical and physical quality in the exercise assessed, as a higher inter-individual homogeneity.

A similar test to the RSK test was used in three studies (Rutkauskaitė & Skarbalius, 2009, 2011, 2012), which were aimed at determine the impact of specific training on sport performance in rhythmic gymnasts with 11-12, 13-14 and 14-15 years, respectively. According to the authors, among the physical fitness tests used in these studies, the "test of jumping into rope with double turns" evaluated the specific muscular endurance. However, the results of each test were not presented.

In the BPK test the Elite almost reached on mean one repetition per second (0.91 repetitions per second). Thus, in this test, the Elite needed only

18.4" and 24.1" to obtain the marks achieved by Base (16.7 ± 8.0 rep) and 1st division (22.0 ± 7.0 rep) in 30", respectively, probably due to a higher strength in the hip extensors and back extensors. Therefore, the order of results reached in the PTE test can be also supported by this justification. The higher back strength of Elite probably ensured the better results in the PTE test: Elite (22.2 ± 3.2 rep); 1st division (18.6 ± 5.4 rep) and Base (10.2 ± 8.7 rep). The strength in back extensors is important in order to hyperextend the trunk in jumps, balances, rotations and acrobatic elements, and regain a firm standing position throughout all movements especially in a competitive routine (Kritikou et al., 2017).

In the Kritikou et al. (2017) study, they analyzed the association between artistry score, physical abilities and anthropometric characteristics in 46 national level competitive rhythmic gymnasts (aged 9.9 ± 1.3 years). Among the physical tests, the authors used the back extension endurance test with characteristics and requirements of the PTE test used in our study. However, the arms position was not explained in the test description and during the movement execution, the examiner assisted by anchoring the gymnasts' feet on the ground. The back extension endurance test presented a significantly negative correlation with artistry score as well as to its separate sub-components, expression, music and movement (in deduction points). Thus, the authors verified that the higher the number of repetitions in the back extension endurance test, lower the artistry penalization, showing the importance of the musculature of this region. Results from the regression analysis revealed that muscular endurance of the back extensors significantly contributed to the expression score.

The gymnasts presented on mean 24.0 ± 4.0 repetitions in the back extension endurance test (Kritikou et al., 2017) and therefore, higher results than all groups in our study. Yet, some details in the movement execution' requirements can provide higher easiness or difficulty in the performance. Consequently, they influence the total number of repetitions performed by gymnasts. In the spinal extension movement, the fixation of the feet and/or lower limbs on the ground, assisted by some support or a person, allow the execution of the movement with more velocity and amplitude. Thus, whereas Kritikou et al. (2017) used the movement assisted by an examiner (anchoring the gymnasts'

feet on the ground), in our study the gymnasts performed the spinal extension movement without any support or help, which increase the intensity muscular contraction in the exercise. Therefore, the tests have different difficulty levels and the lower results by Portuguese gymnasts can be justify by this difference in the movement execution.

In the FPK and PCU tests, although the Elite achieved higher results than 1st division and Base levels, significant differences were not observed in Elite and 1st division, once that these groups presented the same number of repetitions by second. In the FPK and PCU tests, the gymnasts from 1st division and Elite levels reached on mean 0.96 and 0.55 repetitions per second respectively, while the Base obtained 0.90 (FPK test) and 0.49 (PCU test) repetitions per second.

Miletić, Sekulic, et al. (2004) conducted a study with 55 gymnasts (7.1 ± 0.3 years) and one of the physical tests was the sit-ups. This test has some different characteristics of the PCU test, performed in our study, and it was performed with twice the execution time. Thus, the gymnasts achieved 22.7 ± 8.6 repetitions in 60". The test with 60" implies a higher endurance so it is not possible to do a direct relation with the results and to conclude that in the half of this time (30") the gymnasts can reach half of the total number of repetitions.

Finally, the elite (34.1 ± 2.9 cm) and 1st division (34.5 ± 5.5 cm) gymnasts presented a higher lower limbs' explosive strength level than base gymnasts (31.1 ± 4.8 cm), according to the results achieved in the VTJ test. The vertical jump is widely used in the different elements in RG (Menezes et al., 2012), so, several previous research resorted to different devices to evaluate the vertical jump of gymnasts (Del Vecchio et al. 2014; Donti et al. 2016; Douda et al. 2008; Gateva 2011, 2013; Grigoriu et al. 2015; Kritikou et al. 2017; Menezes & Filho, 2006; Menezes et al. 2012; Miletić et al. 2004; Miletić et al. 2004; Román et al. 2012; Rutkauskaitė & Skarbalius, 2009, 2011, 2012; Silva et al. 2016; Stadnik et al. 2010). The VTJ test is still highly used for its simplicity and easy application.

Thus, Miletić, Sekulic, et al. (2004) found lower values in the VTJ test (21.2 ± 4.4 cm) in younger gymnasts (7.1 ± 0.3 years). Menezes et al. (2012) observed higher values than in our study: 35.1 ± 3.5 cm, 38.0 ± 4.3 cm and 40.1 ± 2.7 cm, respectively at state, national and international levels. Further, the authors

verified that the gymnasts, who had already menstruated, presented higher results in the vertical jump.

Therefore, generally, it was expected a statistically superior result from Elite in all strength tests, once that this group should be composed of the best Portuguese gymnasts. However, this group was statistically superior to the Base and 1st division levels only in 50% of strength tests (BPK, PTE and RSK). Other negative point was shown in the strength profile. The Elite presented the higher oscillation in the results, with a less linear profile, once that this group showed values above the average (BPK, PTE and RSK tests), as well as values near the mean and similar to the 1st division (VTJ, FPK and PCU tests). The 1st division had a lower variability in the results with above average values in all tests.

The low inter-individual variability in all strength tests can be considered a positive point found in the analysis of the results obtained by Elite.

According to results observed in the strength tests, the variables that maximally discriminate the groups of gymnasts by competition level were PTE and RSK tests. The reclassification in the original groups based on the results of the discriminant function showed that 59.1% of gymnasts were well reclassified. Thus, the other 40.9% of gymnasts presented results in the PTE and RSK tests very different from those reached by gymnasts belonging to their competition level. Therefore, they were reclassified and included in the groups that showed closer results. The lower errors of reclassification occurred in Elite, once that only 11.1% of gymnasts were reclassified to the 1st division. In Base, 32.1% of gymnasts were reclassified in the other competition level: 21.4% to 1st division and 10.7% to Elite. The 1st division was the competition level with higher errors of reclassification (54.9%). There were gymnasts with results closer to the Base (21.1%) and the Elite (33.8%).

For the evolution of RG training and performance, Danti et al. (2016) explain that there is a need to identify the physical fitness variables that can be improved in the training process and are more important for the developing athlete. Thus, we investigate the strength variables that better explained the performance. Initially, we verified that BPK and RSK tests were significantly correlated with the performance score and so, the higher the results in these

tests, higher the performance score. However, only the RSK test presented statistical significance in the model of linear regression, and this variable explained 7.2% of variance of performance. Therefore, the increases in the RSK promotes an increase in the performance score.

Analyzing the group by competition level, significant correlations were found in the performance score and different strength variables: Base (VTJ and RSK tests); 1st division (PTE, PCU and RSK tests) and Elite (without significant correlations). Thus, there is no common pattern in the results of linear regression and therefore, different variables explaining the variance in performance in each competition level: RSK test in Base (13.1%); PTE and PCU tests in 1st division (15%) and no significant variables were found in the model of linear regression in Elite level.

Thereby, different strength variables showed to make the difference in the competition success in RG. In this sense, according to several authors (Di Cagno et al., 2009; Douda et al., 2008; Rutkauskaitė & Skarbalius, 2009, 2011; Silva et al., 2016), the strength is considered one of the main components of physical fitness that contribute to the performance in RG. This study provides information on values of physical fitness (strength) of rhythmic gymnasts from different competition levels from Portugal. It is extremely important to know the national reality, as well as to verify the differences in the groups in varied domains, besides the competitive results, thus, helping coaches monitoring training and selection processes.

5. Conclusions

The 1st division and Elite levels reached higher results than Base in the strength tests. However, the statistically significant superiority from Elite comparing to Base and 1st division levels was observed only in 50% of strength tests (BPK, PTE and RSK). The PTE and RSK tests were the strength variables with higher discriminatory power between the competition levels. 59.1% of gymnasts were well reclassified in the original groups. Furthermore, RSK test presented statistical significance in the linear regression model and this variable

explained 7.2% of variance in performance with some differences in the variables explaining performance across levels. Whereas the RSK test explained 13.1% of performance in Base, in 1st division the predicted variables were PTE and PCU tests, which explained 15% of variance in performance. In Elite, no significant variables were found in the model of linear regression.

Acknowledgments: The authors would like to thank the Portuguese Federation of Gymnastics, the gymnasts and coaches that permitted the making of this study possible.

6. References

- Barker, A., & Armstrong, N. (2011). Exercise testing elite young athletes. In A. M. M. Neil Armstrong (Ed.), *The Elite Young Athletes*: Karger.
- Batista-Santos, A., Lebre, E., & Ávila-Carvalho, L. (2016). Explosive power of lower limbs in rhythmic gymnastics athletes in different competitive levels. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*, 30(1), 41-50.
- Benck, J., Damsgaard, R., Saekmose, A., Jorgensen, P., Jorgensen, K., & Klausen, K. (2002). Anaerobic power and muscle strength characteristics of 11 years old elite and non-elite boys and girls from gymnastics, team handball, tennis and swimming. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 12, 171-178.
- Bobo-Arce, M., & Méndez-Rial, B. (2013). Determinants of competitive performance in rhythmic gymnastics. A review. *Journal of Human Sport & Exercise* 8(3), 711-717p.
- Bobo, M., & Sierra, E. (1998). *Ximnasia Rítmica Deportiva - Adestramento e competición*. Santiago de Compostela: Editora Lea.
- Del Vecchio, F. B., Primeira, M., Silva, H. C. d., Dall'Agnol, C., & Galliano, L. M. (2014). Nível de aptidão física de atletas de ginástica rítmica: Comparações entre categorias etárias. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*, 22(3), 5-13.
- Di Cagno, A., Baldari, C., Battaglia, C., Monteiro, M. D., Pappalardo, A., Piazza, M., & Guidetti, L. (2009). Factors influencing performance of competitive and amateur rhythmic gymnastics - Gender differences. *Journal of Science and Medicine in Sport* 12, 411-416.

- Dobrijević, S., Dabović, M., & Moskovljević, L. (2014). The analysis of motor abilities development trend conducted on young girls engaged in practising rhythmic gymnastics. *Physical Culture* 68(2), 138-149.
- Donti, O., Bogdanis, G. C., Kritikou, M., Donti, A., & Theodorakou, K. (2016). The Relative Contribution of Physical Fitness to the Technical Execution Score in Youth Rhythmic Gymnastics. *Journal of Human Kinetics* 51(2), 143-152.
- Douda, H., Avloniti, A., Kasabalis, A., & Tokmakidis, S. P. (2007). Adaptations on Physical Performance Characteristics after a 6-Month Specific Training in Rhythmic Gymnasts. *Medical problems of performing artists*, 22(1), 10-17.
- Douda, H., Toubekis, A., Avloniti, A., & Tokmakidis, S. (2008). Physiological and anthropometric determinants of rhythmic gymnastics performance. *International Journal Of Sports Physiology And Performance*, 3(1), 41-54.
- Gateva, M. (2011). Investigations in Rhythmic Gymnastics. In *The science of Gymnastics* (pp. 45-54). USA and Canada: Routledge.
- Gateva, M. (2013). Investigation of the strength abilities of rhythmic gymnasts. *Research in Kinesiology* 41(2), 245-248.
- Gateva, M. (2015). Tests to determinate the fitness level in rhythmic gymnastics. *Sport Mont*(43-45), 63-70.
- Grigoriou, C., Pelin, R. A., Netolitzchi, M., & Pricop, A. D. (2015). *Using the myotest as a high precision assessment instrument of the explosive force in rhythmic gymnastics* Comunicação apresentada em 11th International Scientific Conference eLearning and Software for Education.
- Klentrou, N., Gorbulina, N., Aleksandrova, N., Delle-Chiae, D., Ferrand, C., & Fink, H. (2010). *Age group development program for rhythmic gymnastics: Sample physical testing program*. Lausanne, Switzerland: International Gymnastics Federation.
- Komi, P., & Bosco, C. (1978). Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 10(4), 261-265.
- Kritikou, M., Donti, D., Bogdanis, G., Donti, A., & Theodorakou, K. (2017). Correlates of artistry performance scores in preadolescent rhythmic gymnasts. *Science of Gymnastics Journal*, 9(2), 165-177.
- Kums, T., Ereline, J., Gapeyeva, H., & Pääsuke, M. (2005). Vertical jumping performance in young rhythmic gymnasts. *Biology of Sport*, 22(3), 237-246.

- Laffranchi, B. (2001). *Treinamento desportivo aplicado à ginástica rítmica*. Londrina, Paraná: UNOPAR.
- Lebre, E. (1993). *Estudo comparativo das exigências técnicas e morfofuncionais em Ginástica Rítmica Desportiva*. Porto: Dissertação de Mestrado apresentada a Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.
- McGuigan, M. (2014). Evaluation athletic capacities. In D. Joyce & D. Lewindon (Eds.), *High Performance Training for Sports*. Unites States of America: Human Kinetics.
- Menezes, L. S., & Fernandes Filho, J. (2006). Identificação e classificação das características dermatoglíficas, somatotípicas e de qualidades físicas básicas de atletas de GR de diferentes níveis de qualificação desportiva. *Fitness & Performance Journal*, 5(6), 393-401.
- Menezes, L. S., Novaes, J., & Fernandes-Filho, J. (2012). Qualidades físicas de atletas e praticantes de Ginástica Rítmica pré e pós-púberes. *Rev Salud Pública*, 14(2), 238-247.
- Michailov, M., Pentcheva, B., Bonova, I., Boyanov, D., Jeynov, B., Mateev, G., & Stefanova, D. (2014, 9-12 October 2014). *High peak oxygen consumption in rock climbing*. Comunicação apresentada em Physical Education and Sport - Competence for life, Sofia, Bulgaria.
- Miletić, D., Katić, R., & Maleš, B. (2004). Some anthropologic factors of performance in rhythmic gymnastics novices. *Collegium Antropologicum*, 28(2), 727-737.
- Miletić, D., Sekulic, D., & Wolf-Cvitak, J. (2004). The leaping performance of 7-year-old novice rhythmic gymnasts is highly influenced by the condition of their motor abilities. *Kinesiology*, 36, 35-43.
- Monem, J., Sands, W., Salmela, J., P., H., & Gateva, M. (2011). *The Science Of Gymnastics* London and New York: Routledge Taylor and Francis Group.
- Román, M. L., del Campo, V. L., Solana, R. S., & Martín, J. M. (2012). Perfil y diferencias antropométricas y físicas de gimnastas de tecnificación de las modalidades de artística y rítmica. *Retos. Nuevas tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, 21, 58-62.
- Rutkauskaitė, R., & Skarbalius, A. (2009). Training and sport performance of the 11-12 year old athletes in rhythmic gymnastics. *Sportas* 1(72), 107-115.
- Rutkauskaitė, R., & Skarbalius, A. (2011). Interaction of training and performance of 13-14-years-old athletes in rhythmic gymnastics. *Sportas*, 3(82), 29-36.

- Rutkauskaitė, R., & Skarbalius, A. (2012). Models and interaction of intensive training and sport performance of 14-15-year-old athletes in rhythmic gymnastics. *Sportas*, 4(87), 57-64.
- Santos, P., & Soares, J. (2001). Capacidade aeróbia em futebolistas de elite em função da posição específica no jogo. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, 1(2), 7-12.
- Sargent, D. A. (1921). The Physical Test of a Man. *American Physical Education Review*, 26, 188-194.
- Silva, J., Oliveira, D., Leme, D., Nascimento Júnior, J., & Anversa, A. L. (2016). Influência do treinamento de flexibilidade e força muscular em atletas de Ginástica Rítmica. *Revista Saúde e Pesquisa*, 9(2), 325-331.
- Stadnik, A. M. W., Ulbricht, L., Perin, A., & Ripka, W. L. (2010). Avaliação da performance relacionada aos componentes equilíbrio, força e flexibilidade de meninas praticantes de Ginástica Rítmica. [Versão eletrônica]. *EFDeportes*, 15. Consult. 15 may 2016, disponível em: <http://www.efdeportes.com/efd145/avaliacao-de-meninas-praticantes-de-ginastica-ritmica.htm>

ESTUDO VI

Flexibility and Strength in Brazilian and Portuguese gymnasts

Amanda Batista¹, Rui Garganta¹ e Lurdes Ávila-Carvalho¹

¹ CIFI²D, Kinanthropometry Lab, Faculty of Sport, University of Porto, Portugal.

Objetivos: (1) Identificar os níveis de flexibilidade e força em ginastas de elite brasileiras e portuguesas; (2) comparar essas características entre os grupos; e (3) Investigar possíveis assimetrias funcionais de flexibilidade nas ginastas e suas variações entre os grupos.

Artigo publicado:

European Journal of Human Movement

Batista, A.; Garganta, R.; Ávila-Carvalho, L. (2019). Flexibility and Strength in Brazilian and Portuguese gymnasts. *European Journal of Human Movement*, 42: 1-21.

Flexibility and Strength in Brazilian and Portuguese gymnasts

Abstract

The purpose of this study was: 1) compare the flexibility and strength levels and 2) investigate possible functional asymmetries in flexibility in gymnasts from two National Teams of Rhythmic Gymnastics. Participants included nine gymnasts from Brazilian National Team (BNT) (20.8 ± 1.9 years) and four gymnasts from Portuguese National Team (PNT) (15.8 ± 1.3 years). Ten specific flexibility tests and six specific strength tests were used. The Mann-Whitney and Wilcoxon tests were applied. The Brazilian National Team was composed by older gymnasts with more years of practice than Portuguese National Team. The groups obtained similar training volume. Brazilian gymnasts showed an advantage in all strength tests, although significant differences were observed in 66.7% of tests. On the other hand, the Portuguese gymnasts reached higher results than Brazilian gymnasts in the spine and shoulders flexibility, although without statistical significance, as well as lower levels of functional asymmetries. In the lower limbs flexibility, the groups showed excellent results with preferred lower limb. However, functional asymmetries in the flexibility tests were found in 88.9% and 50% of Brazilian and Portuguese gymnasts, respectively. Therefore, we cannot observe an absolute superiority of one National Team in the motor performance.

Keywords: rhythmic gymnastics; Brazilian gymnasts; Portuguese gymnasts; flexibility; strength; motor capacities.

1. Introduction

Rhythmic gymnastics (RG) is a sport that requires high specific assumptions and, therefore, the training process has high demands from the volume and intensity, and technical elements with a high difficulty level (Bobo-Arce & Méndez-Rial, 2013). The sport performance is influenced by several technical, tactical, physical and psychological factors (Laffranchi, 2001). In RG, the motor capacities may clearly affect the performance (Di Cagno et al., 2009; Douda et al., 2008; Miletić, Katić, et al., 2004). For competitive success and

identification of potential talent in RG, the main motor capacities are flexibility, strength, coordination, rhythm, balance, agility and endurance (Douda et al., 2008; Laffranchi, 2001).

Most specialists in RG see flexibility as the fundamental motor capacity for this sport (Moraru, 2016). However, only the flexibility does not guarantee the best execution of the elements with the necessary range and intensity, it is needed a "strength" that allows the gymnast to control her freedom of expression and perform the movements with the proper technique (Silva, 2001). Therefore, the correct technical performance is only possible if a high level of strength development is achieved (Bobo & Sierra, 1998).

Thus, flexibility and strength play a key role in the great technical demand and a good interaction between these motor capacities is recommended for high quality performance (Polat & Günay, 2016), once that appropriate levels of flexibility and explosive strength are a precondition for proper performance of all basic body elements (jumps, balance and rotation) (Miletić, Katić, et al., 2004). The improvement of these motor capacities increases the possibility of executing different movements, thus, providing a higher gymnasts' technical level (Boligon et al., 2015; Silva et al., 2016).

In RG, the high technical demand with the execution of increasingly complex elements requires an increasing volume of training (Vernetta et al., 2016). The high level gymnasts train on average 25-30 hours per week (Zetaruk et al., 2006) and, in some cases, 40 hours per week (Ávila-Carvalho et al., 2013) in order to achieve the necessary preparation for a good performance.

The increase of training volume in RG has been pointed out by some authors (Ávila-Carvalho et al., 2013; Georgopoulos et al., 2012; Zetaruk et al., 2006) as the main characteristic of the training process in elite gymnasts of nowadays. According to Douda et al. (2002), the prolonged training volume of elite gymnasts can induce structural changes in their motion system, through of specific unilateral adaptations, due to partial use in the lower limbs. In RG, like most sports have a tendency to prioritize the work with the preferred body side (Sousa, 1997). Bilateral asymmetry is accepted as being normal up to 10% (Croisier, 2004) or 15% (Marchetti, 2009).

The objectives of this study were: (1) compare the flexibility and strength levels in Brazil (BNT) and Portugal National Teams (PNT) RG gymnasts; (2) investigate possible functional asymmetries in flexibility in the gymnasts.

Therefore, the purpose of this study was to compare the flexibility and strength levels in Brazil (BNT) and Portugal National Teams (PNT) RG gymnasts, in addition to identify possible functional asymmetries in flexibility in the gymnasts of study.

2. Materials and Methods

Subjects: 13 rhythmic elite senior gymnasts (n=13) participated in this study: nine gymnasts from BNT and four gymnasts from PNT.

Age and training characteristics: chronological age, years of RG training and training volume were collected using questionnaires (Table 1).

Table 1: Age and training characteristics of Brazil and Portugal National Team

Variables	BNT (n=9)	PNT (n=4)	p value
Age (years)	20.8±1.9	15.8±1.3	0.003*
Training volume (hours/week)	36.0±0.0	34.5±3.0	0.503
RG practice (years)	14.0±2.4	8.8±2.2	0.006*

Legend – BNT: Brazil National Team; PNT: Portugal National Team; * $p \leq 0.05$: significant differences.

Ethical Considerations: The study protocol was approved by the Ethics Committee of Faculty of Sport, University of Porto, Portugal. The requests were sent to the Scientific Committee of Brazil and Portugal Gymnastics Federation, which after being informed about the study, its scientific value and multiple benefits, approved the study, allowing the testing to be conducted during the BNT and PNT training sessions. All testing was performed in accordance with the ethical standards of the Helsinki Declaration.

Physical Tests: The International Gymnastics Federation (FIG) recommended tests (Klentrout et al., 2010) were used to assess the levels of flexibility, resistance and explosive strength using RG specific movements. The tests were conducted in training environment following strictly the protocol proposed. A Nikon Photographic Camera and a Samsung Video Camera were

used to register the images and videos. After, the tests were analyzed by two international judges with more than 10 years of experience. After 10 days, the judges repeated the evaluation. We observed high values of intra-examiner reliability (Kendall Coefficient of Concordance) and inter-examiner reliability (Intraclass Correlation Coefficient), which confirms a high quality of information.

Flexibility Measurements: The maximum passive and active flexibility was measured in ten specific RG movements using main joints: hip, scapulohumeral and spine. Eight of these tests – Leg up forward with help of the hand (PLF), sideways (PLS) or backward (PLB); Leg up forward without help of the hand (ALF), sideways (ALS) or backward (ALB); From lying on the floor (face down) lift the trunk to the vertical (TLV) and maximum trunk lift (MTL) measure – assess the flexibility comparing joint(s) range of motion against with an assessment chart (Table 2). There are 5 levels attributed to each movement, referring to the maximum possible range of motion using a scale from 0 to 4 points (0 = poor, 1 = satisfactory, 2 = good, 3 = very good and 4 = excellent). Only whole numbers were attributed to results. For movements with a range of movement between two points of the assessment chart, the next lower value was registered. The second part includes two linear tests (Table 2): Forward Stand-and Reach (FSR) and Rotation of the upper limbs (RUL).

Table 2: Summary of flexibility tests (Klentrou et al., 2010)

TEST	Leg up with help of the hand (PL)	Leg up without help of the hand (AL)	Rotation of the upper limbs (RUL)* ¹	Trunk Lift (TL)	Forward Stand-and-Reach (FSR)
PURPOSE	To evaluate the passive flexibility of the hip joint.	To evaluate the active flexibility of the hip joint.	To evaluate the active flexibility of the scapulohumeral joint	To evaluate the active flexibility of the spinal joints.	To evaluate the active flexibility of the spinal and hip joints.
MEASURE	Maximum amplitude angle of the hip joint.	Maximum amplitude angle of the hip joint.	Minimum distance of hands during the rotation of upper limbs	Amplitude angle of the spinal joints in extension movement (according to the defined limits: 90° or maximum amplitude)	Maximum distance of fingers from the edge of the bench.
EQUIPAMENT	Table 5 points (chart for rating)	Table 5 points (chart for rating)	Ruler with scale (cm)	Table 5 points (chart for rating)	Measuring tape
POSITION	Standing straight (wall, bar or backrest)	Standing straight (wall, bar or backrest)	Standing with the ruler in front of the body with the minimum distance between hands	Lying on the stomach	Standing on the bench with knees fully extended and toes at the edge of the bench
ACTION	Leg up forward (PLF), sideways (PLS) or backward	Leg up forward (ALF), sideways (ALS) or backward	Rotation of the extended upper limbs back without trunk	Lift trunk upwards, without help until vertical (TLV) or	Leaning forward and reach toward the ground. Repeat 4

	(PLB) to maximum with help of the hand. Perform with both legs.	(ALB) to maximum without help of the hand. Perform with both legs.	inclination (anteversion and retroversion)	the maximum extent (MTL)* ² .	times; on the fourth trial, hold the position of maximum reach for one complete second.

Legend – *¹: Test from Douda et al. (2008); *²: Test adapted from Klentrou et al. (2010).

In the lower limb (LL) flexibility tests (L1 and L2), the gymnasts performed the exercises with preferred (PLL) and non-preferred lower limb (NPLL). The PLL is the leg that gymnast prefers to perform the task and the NPLL is the support leg. A limit of 15% bilateral difference was established as the maximum value for a normal difference (i.e. no asymmetry) between PLL and NPLL (Marchetti, 2009). The asymmetry index (AI) was calculated using the equation (Chavett et al., 1997): $AI (\%) = [(PLL - NPLL) / PLL] * 100$, where AI represents the asymmetry index, PLL is the preferred lower limb test result (mean value achieved in the active and passive flexibility tests with PLL) and NPLL the non-preferred lower limb test result (mean value achieved in the active and passive flexibility tests with NPLL).

Resistance and explosive strength measurements: Six tests were performed. Part of these tests (Table 3) are exercises characterized by execution of energetic, fast and continuous movements, by performing the maximum number of repetitions in a given time (30 seconds): front power kicks (FPK), back power kicks (BPK), partial trunk elevations (PTE), partial curl-ups (PCU) and rope skipping (RSK). Therefore, it required the gymnasts to have a good level of strength, due to the requirement of repetitions with maximum power, i.e., a maximum rhythm, keeping the optimal range of motion with short rest periods. We record in video the exercise execution and after the valid repetitions for each gymnast were counted.

Table 3: Summary of strength tests (Klentrou et al., 2010)

TEST	Front power kick (FPK)	Back power kick (BPK)	Partial Trunk Elevations (PTE)	Partial Curl-Ups (PCU)	Rope skipping (RSK)	Vertical Jump test (VTJ)
PURPOSE	To measure resistance strength and muscular endurance (lower limbs).	To measure resistance strength and muscular endurance (lower limbs).	To measure resistance strength and muscular endurance (back).	To measure resistance strength and muscular endurance (abdomen).	To measure resistance strength, muscular endurance (lower limbs) and specific coordination.	To measure explosive strength (lower limbs).
EQUIPAMENT	Stopwatch			Stopwatch and masking tape	Stopwatch	Ink and scale. (21x120cm, 1.6 – 2.0m from the ground).
POSITION	Lying on the back with legs straight.	Lying on the stomach with legs straight.	Lying on the stomach with legs straight.	Lying on the back, knees bent at 90°, feet flat on the floor, legs slightly apart, arms straight and parallel to the trunk with palms of hands resting on the floor. The head is in contact with the floor.	Standing with the rope stop behind the body or with movement in eight.	Standing with dominant shoulder half a foot away from the wall. The middle finger of the dominant hand is covered ink. After, touch in the scale fixed to the wall, and mark the first measure (M1), which is the highest point reached with feet flat on the ground.
ACTION	Lifting each leg to vertical position and alternating as many times as possible. The hips in retroversion, upper limbs extended and apart, contracted abdomen, spine upright and fully supported on the ground.	Lifting each leg to vertical position and altering as many times as possible. The hips in retroversion, upper limbs in forward, next to the body or the elbows used as support, contracted abdomen and fully supported on the ground.	Lifting the trunk to the vertical with maximum speed. The hips in retroversion, contracted abdomen, lower limbs extended and hands on the head.	Initial phase involves "flattening out" of lower back region, followed by a slow "curling up" of the upper spine. Keeping heels in contact with the floor, the hands move forward, without to lift of the floor, towards the heels. Return the start position – repeat.	Double jumps with the rope.	Execution of vertical jump according to the vertical jumping technique with countermovement jump, to mark the second measure (M2), that it refers to the highest point reached during the jump, with the same body segment. Three trials are allowed.
MEASURE	Maximum repetitions in 30 seconds.					The highest distance (cm) from M1 to M2.

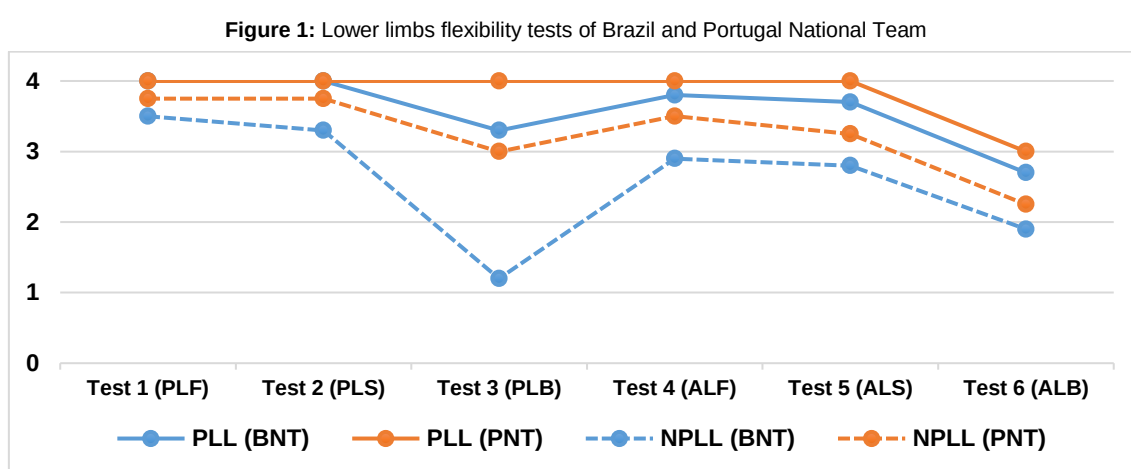
In addition, the gymnasts performed the vertical jump (VTJ) (Sargent, 1921), according to the vertical jumping technique with countermovement jump, which is the rapid flexion and hip extension, knee and ankle, in a vertical body projection movement vertical (Komi & Bosco, 1978). The jumping technique was explained in detail verbally, repeated and demonstrated as needed. In the jump time, it was allowed to freely flex the LL and move the upper limbs, to provide the largest possible vertical impulse.

Statistical Procedures: Statistical analysis was performed using the Statistical Package for Social Sciences (SPSS 23.0). The significance level was set at 5%. Descriptive statistics were performed using the mean, standard deviation, median, minimum and maximum values. Mann-Whitney test was

applied to compare flexibility and strength scores across National Teams. Further, Wilcoxon test was used to compare the preferred and non-preferred body sides in the flexibility tests.

3. Results

Flexibility measurements: Figure 1 shows that BNT and PNT presented higher results in the flexibility test performed with PLL than NPLL.



Legend –BNT: Brazil National Team; PNT: Portugal National Team; Passive flexibility tests – PLF: Leg up forward with help of the hand; PLS: Leg up sideways with help of the hand; PLB: Leg up backward with help of the hand; Active flexibility tests – ALF: Leg up forward without help of the hand; ALS: Leg up sideways without help of the hand; ALB: Leg up backward without help of the hand. * $p \leq 0.05$: significant differences.

When we compared the flexibility results achieved between National Teams (Figure 1), significant differences were observed only in one test with NPLL ($p=0.034$): Leg up backward with help of the hand (PLB test). Whereas the PNT obtained 3.0 ± 1.4 points, BNT reached 1.33 ± 0.70 points in referred test.

No differences were found in BNT and PNT in the flexibility tests with PLL: PLF ($p=1.000$); PLS ($p=1.000$); PLB ($p=0.131$); ALF ($p=0.325$); ALS ($p=0.124$); ALB ($p=0.724$); and with NPLL: PLF ($p=0.181$); PLS ($p=0.083$); ALF ($p=0.110$); ALS ($p=0.214$); ALB ($p=0.669$). However, although without statistical significance, PNT achieved higher flexibility levels than BNT in all tests, except in PLF and PLS tests with PLL, where both groups reached the maximum results.

In the functional asymmetry analysis, we verified significant differences in PLL and NPLL in all flexibility tests performed by BNT: PLF ($p=0.014$); PLS

($p=0.011$); PLB ($p=0.017$); ALF ($p=0.005$); ALS ($p=0.035$); ALB ($p=0.014$), and in only one test by PNT: ALS ($p=0.049$). Thus, it was important to verify the functional asymmetry levels by the asymmetry index. We can see, in Table 4, the functional asymmetry levels per gymnast of both groups. The values of PLL and NPLL in the Table 4 correspond to the mean values of passive and active flexibility tests with PLL and NPLL, respectively.

Table 4: Individual average values achieved in all flexibility tests performed with preferred and non-preferred lower limb, and respective classification order; asymmetry index in flexibility between lower limbs

Gymnast	National Team	Mean (PLL)	Mean (NPLL)	Asymmetry Index
1	PNT	4.00 (1)	3.8 (1)	4.2%
2	BNT	3.8 (2)	3.7 (2)	4.2%
3	PNT	3.8 (2)	3.5 (3)	8.7%
4	BNT	2.8 (5)	2.3 (8)	17.7%
5	BNT	3.5 (4)	2.8 (5)	19.1%
6	PNT	3.8 (2)	3.0 (4)	21.7%
7	BNT	3.7 (3)	2.8 (5)	22.9%
8	PNT	3.7 (3)	2.7 (6)	27.3%
9	BNT	2.8 (5)	2.0 (9)	29.3%
10	BNT	3.8 (2)	2.5 (7)	34.7%
11	BNT	3.8 (2)	2.5 (7)	34.7%
12	BNT	3.8 (2)	2.5 (7)	34.7%
13	BNT	3.5 (4)	2.2 (9)	38.0%

Legend – BNT: Brazil National Team; PNT: Portugal National Team.

Table 4 shows that 76.9% gymnasts of this study presented functional asymmetry of different magnitudes (17.7 to 38.0%).

In UL and multi-joint flexibility tests (Table 5), no significant differences were found in the groups, however, despite not statistically significant, some results were substantially relevant. PNT presented better results (11.5 ± 18.1 cm) than BNT (27.6 ± 25.5 cm) in the shoulder test (RUL). The high standard deviation values showed a high inter-individual variability in both groups. In FSR test, the groups presented similar results although the minimum and maximum values showed a high inter-individual variability especially in BNT. In TLV test, 100% of PNT and 88.9% of BNT achieved an excellent level (4). On the other hand, in MTL test, we observed lower results in BNT: 11.1% (level 4); 77.8% (level 3) and 11.1% (level 0). PNT showed better results: 75% (level 4) and 25% (level 3).

Thus, significant differences were found in TLV versus MTL only in BNT ($p=0.005$).

Table 5: Upper limbs and multi-joint flexibility tests of Brazil and Portugal National Team

Flexibility tests	General		BNT (n=9)				PNT (n=4)				p value
	$\bar{x}\pm sd$	Med	Min	Max	$\bar{x}\pm sd$	Med	Min	Max	$\bar{x}\pm sd$	Med	
RUL (cm)	22.7 $\pm$ 24.0	8	0	78.0	27.6 $\pm$ 25.5	27.0	0	38.0	11.5 $\pm$ 18.1	4.0	0.260
FSR (cm)	25.6 $\pm$ 6.5	25.4	12.4	36.5	26.0 $\pm$ 7.8	25.6	21.7	28.2	24.7 $\pm$ 2.8	24.5	0.825
TLV ⁽¹⁾	3.8 $\pm$ 0.8	4	1	4	3.7* $\pm$ 1.0	4	4	4	4.0 $\pm$ 1.0	4	0.825
MTL ⁽¹⁾	3.1 $\pm$ 1.0	3	0	4	2.8* $\pm$ 1.1	3	3	4	3.8 $\pm$ 0.5	3	0.076

Legend – BNT: Brazil National Team; PNT: Portugal National Team; $\bar{x}$: mean; sd: standard deviation; RUL: Rotation of the upper limbs; FSR: Forward Stand-and-Reach; TLV: Trunk Lift Vertical; MTL: Maximum Trunk Lift; ⁽¹⁾: measure Table 5 points; Med: Median; $p\leq 0.05$: significant differences

Resistance and explosive strength measurements: BNT presented better results than PNT in all strength tests (Table 6), although these differences were significant only in FPK, BPK, PCU and VTJ tests. Thus, there is a pattern in the results of both groups in strength tests, in the following order: RSK, FPK, BPK, PTE, PCU.

Table 6: Strength tests of Brazil and Portugal National Team

Strength tests	General			BNT (n=9)			PNT (n=4)			p value
	Min	Max	$\bar{x}\pm sd$	Min	Max	$\bar{x}\pm sd$	Min	Max	$\bar{x}\pm sd$	
FPK (rep)	26	39	32.9 $\pm$ 4.0	31	39	34.8 $\pm$ 2.9	26	30	28.5 $\pm$ 1.7	0.003*
BPK (rep)	26	34	30.2 $\pm$ 2.5	28	34	31.1 $\pm$ 2.2	26	30	28.3 $\pm$ 2.1	0.050*
PTE (rep)	16	27	22.8 $\pm$ 2.7	22	27	23.8 $\pm$ 1.8	16	24	20.5 $\pm$ 3.4	0.106
PCU (rep)	15	22	17.9 $\pm$ 2.4	16	22	18.9 $\pm$ 2.2	15	16	15.5 $\pm$ 0.6	0.006*
RSK (rep)	39	49	45.6 $\pm$ 3.1	44	49	47.0 $\pm$ 2.0	39	47	43.8 $\pm$ 3.4	0.111
VTJ (cm)	31.2	53.5	41.4 $\pm$ 8.0	39.0	53.5	47.1 $\pm$ 5.6	31.2	36.8	34.3 $\pm$ 2.3	0.016*

Legend – BNT: Brazil National Team; PNT: Portugal National Team; $\bar{x}$: mean; sd: standard deviation; FPK: Front power kicks; BPK: Back power kicks; PTE: Partial trunk elevations; PCU: Partial curl-ups; RSK: Skipping with the rope; VTJ: Vertical jump test; rep: repetitions. * $p\leq 0.05$: significant differences

4. Discussion

The best senior gymnasts from Brazil and Portugal participated in this study. To be part of a Senior National Team demands a hard work and effort over many years. A National Team has to be a special team, and composed by top athletes from their respective countries (Alves, 2003).

BNT gymnasts had more time to practice in RG (14.0 ± 2.4 years) and they were older (20.8 ± 1.9 years) than PNT gymnasts (age 16.5 ± 1.2 years and practice of 8.8 ± 2.2 years). This higher experience may be one of the justifications for the results found in our study. The training volume was also higher in BNT 36.0 ± 0.0 hours/week against 34.5 ± 3.0 hours per week in PNT, although, both groups present an hours/week training load according to international recommendations that suggest more than 30 hours per week. During the seventies and eighties, the requirement was 15 hours and 20 hours per week, respectively (Georgopoulos et al., 2012). Other authors explain that to achieve the necessary preparation for a good performance, elite gymnasts train 25-30 hours per week and in some cases, 40 hours per week due to the high physical and technical requirements in RG (Ávila-Carvalho et al., 2013; Zetaruk et al., 2006).

Ávila-Carvalho et al. (2013) observed high training volume in elite gymnasts (39.5 ± 7.0 hours per week for young gymnasts and 41.4 ± 5.9 hours per week for adult gymnasts). The authors also analyzed the training volume in elite gymnasts in some RG studies done in previous years and concluded that there was an increase training in hours that starts at the second half of first decade of this century. Di Cagno et al. (2008) found similar training volume values (39.8 ± 0.6 hours per week) in elite senior gymnasts (17.8 ± 1.5 years). According to Berlutti et al. (2010), the gymnasts who participated in the European Championship of 1986 trained 21.7 hours per week and in 2008, 36 hours per week. These data demonstrate a tendency to increase the training volume over the recent years.

In RG, the high technical demand with the execution of increasingly complex elements requires an increasing volume of training (Vernetta et al., 2016), once that great performances in in this sport are the results of detailed, planned, organized and as well as a multilateral work towards the harmonious development of the gymnasts' body, and the adaptations of their body to the requirements of RG (Laffranchi, 2001).

In the physical tests performed, the gymnasts demonstrated familiarity with most exercises, since these are daily used in practice (Laffranchi, 2001; Lebre & Araujo, 2006).

In flexibility evaluation, we verified that the gymnasts showed high and similar flexibility levels in passive and active flexibility tests (forward and side), which require only flexibility of hip joint. On the other hand, in passive and active backward flexibility tests, we observed lower values, probably due to the necessary combination between flexibility in hip and spine joints to perform these skills successfully.

While the most BNT gymnasts reached maximum values in the TLV (88.9%), we verified in MTL results, different spine flexibility levels, where only 11.1% of gymnasts achieved the maximum level. All PNT gymnasts maintained a higher regularity, as all gymnasts obtained excellent results in TLV and 75% in MTL. This difficulty reflects the results presented in passive and active backward flexibility especially in BNT gymnasts.

On the other hand, Palmer (2003) points the importance of shoulder flexibility in RG. Douda et al. (2008) evaluated the flexibility of scapulohumeral joint in elite (16.0 ± 11.5 cm) and non-elite (17.3 ± 12.7 cm) gymnasts and the authors found lower values in BNT gymnasts (27.6 ± 25.5 cm) and higher values in PNT gymnasts (11.5 ± 18.1 cm). We verified a high inter individual variability when this test was performed. In the FSR, BNT (26.0 ± 7.8 cm) and PNT (24.7 ± 2.8 cm) gymnasts presented similar results. We observed higher values than the results found in sit-and reach test by Douda et al. (2008) in elite (22.2 ± 3.5 cm) and non-elite gymnasts (23.6 ± 4.5 cm).

Great performances in this sport are the results of detailed, planned, organized and as well as a multilateral work towards the harmonious development of the gymnasts' body, and the adaptations of their body to the demands of RG (Laffranchi, 2001).

When we compared PLL and NPLL in the LL flexibility tests, the results were not expected due to the high level of gymnasts and high training volume of both groups. BNT presented significant differences in the body sides in all flexibility tests, while PNT gymnasts only in one test (ALS). However, we observed that 50% of PNT and 88.9% of BNT gymnasts showed different functional asymmetries levels, according to the limit of 15% bilateral difference established as the maximum value for a normal difference between PLL and

NPLL (Marchetti, 2009). In RG, as in most individual sports, there is a predominance in the development of one body side (Sousa, 1997) and laterality is the term used to describe the asymmetric behaviour in the use of right and left body side (Teixeira, 2006). When these differences exceed normal conditions, they can cause imbalance in the physical development of the gymnasts and induce, an elongation of the most used LL, pelvic torsion and/or lumbar scoliosis (Lisitskaya, 1995). Both body sides may be equally skilful if trained equivalently from the outset (Arango, 2003). Thus, although there is a natural asymmetry of the human body, it is suggested that the asymmetry in this modality is mainly a training result (Lisitskaya, 1995).

According to Batista-Santos et al. (2015), an emphasis is given to the preferred limb through executing a higher number of repetitions or because of the greater intensity and interest of the gymnast to perform the exercise with the “best” limb. Therefore, studies about this topic are very important to know the flexibility and asymmetry levels of the gymnasts, and to induce a reflection on the type of work that is being developed with gymnasts. Some of apparent asymmetries, according to Lisitskaya (1995), may reflect negatively on physical and technical preparation of gymnasts, which in the short-term become performance conditioning factors and in long-term, can produce pathologies. Batista-Santos et al. (2015) analyzed the flexibility levels and functional asymmetry in Portuguese junior gymnasts (13.7 ± 0.2 years), and they verified that 86.7% of gymnasts presented high indexes of flexibility asymmetries between the preferred and non-preferred limbs of different magnitudes.

The strength tests used in this study measures the main and most important muscle groups in rhythmic gymnasts' body. According to Gateva (2013), LL explosive strength is a key ability in the body group exercises – jumps and leaps. Back and abdominal muscle control is the basis for a successful technical performance in the other body group exercises – rotations and balances.

In repetition tests, the gymnasts achieved best results in RPK (45.6 ± 3.1 rep), on mean 1.52 repetitions per second. This movement is naturally faster than the remaining exercises evaluated. The technical ability has influenced this test.

However, all gymnasts did not present execution errors, where it could change the results. The lower expressive results were presented in PCU (17.9 ± 2.4 rep). It's probable that for smaller familiarity this was shown by gymnasts in this test. It was necessary 1.68" to perform each repetition of curl-ups.

We verified similar values in front and back power kicks (FPK and BPK), due to the similar execution, although different muscular groups are requested (FPK: hip flexors - iliopsoas, sartorius and rectus femoris; rectus abdominis. BPK: hip extensors - gluteal and hamstrings; lumbar square; iliopsoas; psoas minor). In these tests, the gymnasts used 0.91" and 0.99", respectively, to achieve each repetition. The values achieved in PTE are also among the lower results, although this exercise is usually used in the training gymnastics, as the battements exercises (FPK and BPK).

Therefore, we consider that FPK and BPK tests showed better results, probably because the trunk and UL weight are higher than LL weight that perform in the movement practice. Thus, the body remains more stable on the ground and the gymnast can perform faster repetitions. On the other hand, in PTE and PCU, as the LL are lighter, because a body instability, when the trunk elevation is carried out until the vertical. Thus, the gymnast presents a greater difficulty and requires more strength to perform the execution of each repetition, and as result, the movement becomes slower. In these exercises, with the fixing of LL, insurance by some support or colleague, it would be possible to execute the movements with more speed and amplitude.

We also believe that these differences could also be justified if the gymnasts having higher strength levels in LL muscles as well as in the spine muscles.

In VTJ, BNT gymnasts (47.1 ± 5.6 cm) reached higher values than elite (37.5 ± 3.5 cm) and non-elite (35.9 ± 3.5 cm) gymnasts studied by Douda et al. (2008). However, PNT gymnasts (34.3 ± 2.3 cm) showed lower results.

When comparing BNT and PNT we observed that BNT gymnasts presented a clear advantage in all strength tests performed. This superiority can be justified by higher training volume, higher training intensity, older and experience in RG and/or possible genetic factors of BNT gymnasts.

5. Conclusions

BNT was composed by older gymnasts, with more years of RG practice and higher training volume than PNT gymnasts. These characteristics (age and experience) can probably explain the results found in our study. The older and experienced gymnasts presented a clear advantage in all strength tests. In flexibility assessment in spine joints and scapulohumeral joint, the younger gymnasts showed higher results and in the hip joints, both groups showed excellent results with PLL, due to the high requirement of this motor capacity in RG. However, 88.9% of BNT and 50% of PNT gymnasts had different functional asymmetries levels in flexibility of the LL, probably as a result of unilateral training in the years of practice. Therefore, we did not observe an absolute superiority of one of the groups analyzed.

Acknowledgments: The authors would like to thank the Brazilian and Portuguese Federation of Gymnastics, the gymnasts and coaches that permitted the making of this study possible.

6. References

- Alves, L. F. P. P. (2003). *Análise das acções defensivas da Selecção Sénior feminina de Hóquei em Patins, nas Finais de 1999, 2000 e 2001*. Maia - Portugal: Dissertação de Licenciatura apresentada ao Instituto Superior da Maia.
- Arango, L. Z. (2003). El uso de ambas maos posibilita un desarrollo mayor Pediatría [Versão eletrónica]. *Revista Colombiana de Pediatría*, 38. Consult. 08 May 2015, disponível em: <http://www.encolombia.com/medicina/pediatrica/pediatrica38303-crianza1.htm>.
- Ávila-Carvalho, L., Klentrou, P., Palomero, M. L., & Lebre, E. (2013). Anthropometric profiles and age at menarche in elite group rhythmic gymnasts according to their chronological age. *Science & Sports*, 28(4), 172-180.

- Batista-Santos, A., Bobo-Arce, M., Lebre, E., & Ávila-Carvalho, L. (2015). Flexibilidad en gimnasia rítmica: asimetría funcional en gimnastas júnior portuguesas *Apunts. Educación Física y Deportes*, 120, 19-26.
- Berlutti, G., Briganti, C., Pamich, T., Torrisi, L., Franco, A., Morino, G., & Caldarone, G. (2010). *Body composition, biological maturation, alimentary habit, anthropometric characteristics in rhythmic gymnastics athletes. From the Florence 1986 European Championships to the Turin 2008 European Championships, Twenty years of evolution.*: Federazione Gimnastica D'Italia.
- Bobo-Arce, M., & Méndez-Rial, B. (2013). Determinants of competitive performance in rhythmic gymnastics. A review. *Journal of Human Sport & Exercise* 8(3), 711-717p.
- Bobo, M., & Sierra, E. (1998). *Ximnasia Rítmica Deportiva - Adestramento e competición*. Santiago de Compostela: Editora Lea.
- Boligon, L., Deprá, P. P., & Rinaldi, I. (2015). Influence of flexibility in the execution of movements in rhythmic gymnastics. *Acta Scientiarum. Health Sciences*, 37(2), 141-145.
- Chavett, P., Lafortune, M., & Gray, J. (1997). Asymmetry of lower extremity responses to external impact loading. *Hum Mov Sci*, 16(4), 391-406.
- Croisier, J. (2004). Muscular imbalance and acute lower extremity muscle injuries in sport. *Int Sport Med J*, 5(3), 169-176.
- Di Cagno, A., Baldari, C., Battaglia, C., Guidetti, L., & Piazza, M. (2008). Anthropometric characteristics evolution in elite rhythmic gymnasts *It. J. Anat. Embryol.*, 113 (1), 29-36.
- Di Cagno, A., Baldari, C., Battaglia, C., Monteiro, M. D., Pappalardo, A., Piazza, M., & Guidetti, L. (2009). Factors influencing performance of competitive and amateur rhythmic gymnastics - Gender differences. *Journal of Science and Medicine in Sport* 12, 411-416.
- Douda, H., Toubekis, A., Avloniti, A., & Tokmakidis, S. (2008). Physiological and anthropometric determinants of rhythmic gymnastics performance. *International Journal Of Sports Physiology And Performance*, 3(1), 41-54.
- Douda, H. T., Laparidis, K., & Tokmakidis, S. (2002). Long-term training induces specific adaptations on the physique of rhythmic sports and female artistic gymnasts. *European Journal of Sport Science*, 2(3), 1-13.
- Gateva, M. (2013). Investigation of the strength abilities of rhythmic gymnasts. *Research in Kinesiology* 41(2), 245-248.

- Georgopoulos, N., Theodoropoulou, A., Roupas, N., Rottstein, L., Tsekouras, A., Mylonas, P., Vagenakis, G., Koukkou, E., Armeni, A., Sakellaropoulos, G., Leglise, M., Vagenakis, K., & Markou, K. (2012). Growth velocity and final height in elite female rhythmic and artistic gymnasts. *Hormones*, 11(1), 61-69.
- Klentrou, N., Gorbulina, N., Aleksandrova, N., Delle-Chiaie, D., Ferrand, C., & Fink, H. (2010). *Age group development program for rhythmic gymnastics: Sample physical testing program*. Lausanne, Switzerland: International Gymnastics Federation.
- Komi, P., & Bosco, C. (1978). Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 10(4), 261-265.
- Laffranchi, B. (2001). *Treinamento desportivo aplicado à ginástica rítmica*. Londrina, Paraná: UNOPAR.
- Lebre, E., & Araujo, C. (2006). *Manual de Ginástica Rítmica*. Porto: Porto Editora.
- Lisitskaya, T. (1995). *Gimnasia Rítmica. Deporte & Entrenamiento*. Barcelona: Editorial Paidotribo.
- Marchetti, P. H. (2009). *Investigações sobre o controle motor e postural nas assimetrias em membros inferiores*. São Paulo: Dissertação de Doutorado apresentada a Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo.
- Miletić, D., Katić, R., & Maleš, B. (2004). Some anthropologic factors of performance in rhythmic gymnastics novices. *Collegium Antropologicum*, 28(2), 727-737.
- Miletić, D., Sekulic, D., & Wolf-Cvitak, J. (2004). The leaping performance of 7-year-old novice rhythmic gymnasts is highly influenced by the condition of their motor abilities. *Kinesiology*, 36, 35-43.
- Moraru, C. E. (2016). *Physical Training in Rhythmic Gymnastics Theory and Practice*. Germany: Lambert Academic Publishing.
- Palmer, H. C. (2003). *Teaching Rhythmic Gymnastics: A Developmentally Appropriate Approach* (Vol. 1): Champaign, IL: Human Kinetics.
- Polat, S., & Günay, M. (2016). Comparison of Eight Weeks Rhythmic Gymnastics, Pilates and Combined Training in Terms of Some Physical, Physiological and Motoric Parameters. *International Journal of Human Movement and Sports Sciences*, 4(4), 61-69.
- Sargent, D. A. (1921). The Physical Test of a Man. *American Physical Education Review*, 26, 188-194.

- Silva, J., Oliveira, D., Leme, D., Nascimento Júnior, J., & Anversa, A. L. (2016). Influência do treinamento de flexibilidade e força muscular em atletas de Ginástica Rítmica. *Revista Saúde e Pesquisa*, 9(2), 325-331.
- Silva, M. R. (2001). *Alterações induzidas pelo novo Código de Pontuação no treino de Força em Ginástica Rítmica*. Dissertação de Licenciatura apresentada a Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade do Porto.
- Sousa, F. M. A. M. (1997). *Biomecânica dos saltos em Ginástica Rítmica Desportiva: Análise Cinemática e caracterização técnica dos principais saltos em Ginástica Rítmica Desportiva*. Porto: Dissertação de Mestrado apresentada a Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.
- Teixeira, L. A. (2006). *Controle Motor*. Barueri - São Paulo: Manole.
- Vernetta, M., Montosab, I., & López-Bedoya, J. (2016). Análisis de las lesiones deportivas en jóvenes practicantes de gimnasia rítmica de competición en categoría infantil. *Rev Andal Med Deporte*, 9(3), 105-109.
- Zetaruk, M., Fors, M. V., Zurakowski, D., Mitchell Jr, W., & Micheli, L. (2006). Recomendaciones para el entrenamiento y prevención de lesiones en gimnastas de rítmica de elite *Apunts Med Esport*, 41(151), 100-106.

CAPÍTULO V

Estudos VII, VIII, IX e X

ESTUDO VII

Training intensity of group in Rhythmic Gymnastics

Amanda Batista¹, Thayse Natacha Gomes¹, Rui Garganta¹ e Lurdes Ávila-Carvalho¹

¹ CIFI²D, Kinanthropometry Lab, Faculty of Sport, University of Porto, Portugal.

Objetivos: (1) Analisar a intensidade de treino e conhecer a distribuição das atividades realizadas no treino de ginastas de elite.

Artigo publicado:

Science, Movement and Health Journal

Batista, A.; Gomes, T.N.; Garganta, R.; Ávila-Carvalho, L. (2018). Training intensity of group in rhythmic gymnastics. *Science, Movement and Health*, 18 (1): 17-24.

Training intensity of group in Rhythmic Gymnastics

Abstract

The aim of this study was to analyze the training intensity and training activities in rhythmic gymnasts. Nine gymnasts, from Brazilian National Group Team (20.8 ± 1.9 years old), were studied. Accelerometers (ActiGraph, model GT3X+) were used to estimate the gymnast's energy expenditure during training session, in two periods – morning and afternoon. Training activities (types of exercises performed) in the evaluated session were recorded. The gymnasts were in the basic preparatory period of periodization and it was observed that moderate to very vigorous intensity exercises composed 35% of training session. The most part of the training presented light intensity training activities (65%). We observed the following training activities in the training session: flexibility training, ballet, warm-up, apparatus and body technique, routines (parts and isolate elements) and conditioning. The higher intensity level in the training (moderate to very vigorous intensity exercises) corresponding especially to the training of routines parts. Several exercises characterized by a hard work of strength and muscular endurance (ballet and warm-up) were classified as light intensity probably due to lack of changes in the body axis and/or displacement. On the other hand, the RG training is composed also by light intensity exercises (specific exercises such as flexibility training, apparatus handling techniques, etc.) and moments (stops for explanations and corrections) that are essential for the improvement of technique, tactics and physical development in gymnasts' performance.

Keywords: rhythmic gymnastics; training intensity; training activities; accelerometers.

1. Introduction

Rhythmic Gymnastics (RG) is a complex sport that combines elements of ballet, gymnastics, dance and apparatus manipulation (rope, ball, hoop, clubs and ribbon) (Gateva, 2011). There are two competitions in the RG program: individual and group competitions. The program for senior individual gymnasts

usually consists of four routines, and for senior groups consists of two routines, with one type of apparatus and two types of apparatus. The duration of the routines ranges from 1'15" to 1'30" for individual, and from 2'15" to 2'30" for groups (FIG, 2016).

The performance in competition is evaluated by two panels of judges: difficulty and execution, but there are specific evaluation criteria for individual and group programs. In the difficulty component, the panel evaluates the routines content, which, according to the Code of Points (FIG, 2016) for individual program, is composed by four parts: body difficulty elements, dance steps combinations, dynamic elements with rotation, and apparatus difficulty; and for group program there are five parts: body difficulty elements, exchange difficulty, dance steps combinations, dynamic elements with rotation, and collaborations. For the execution component, the panel evaluates the performance quality during the routines and applies technical and artistic faults.

The group competition is the most complex type of RG program due to its complexity, higher duration time of competition' routine and dynamic composition that need to be simultaneously performed by five gymnasts using one or two types of apparatus, executing a variety of athletes' movement interactions with synchronous and asynchronous movements (Victorii et al., 2014). Thus, the group competition is a singular spectacle in the RG, especially by harmony, synchrony and expression of the gymnasts (Bueno, 2010). However, an incessant workout routine, with a detailed planning and organization of the training is needed to achieve success (Laffranchi, 2005).

The group workout involves several factors for a high performance: the physical, technical, tactical, intellectual and psychological preparation. Therefore, the RG training should be planned, systematic and guided by scientific principles and by coach practice gained with successful experiences (Laffranchi, 2005).

The training volume in RG has increased over the recent years (Berlutti et al., 2010). During the 70's and 80's the requirement was 15h and 20h per week, respectively (Georgopoulos et al., 2012). Elite gymnasts train 25-30h per week and, in some cases, 40h per week to achieve the essential preparation for a good performance, due to the high physical and technical requirements in RG (Ávila-

Carvalho et al., 2013; Zetaruk et al., 2006). Thus, most studies use the weekly training volume (hours of training per week) but this tells us very little about training intensity (Malina et al., 2013).

Volume is the training quantity (number of training hours, number of exercises, number of repetitions per exercise, distance travelled, etc.) and intensity is the training quality (speed, space, rest time – passive or active rest, amplitude of movements, etc.) (Dantas, 2003). More specifically in the RG, Laffranchi (2005) points out the procedures that can be used for the progression of the training load or increasing its intensity: execution of isolated elements and/or whole exercises without mistakes; execution of body elements used in the routine without mistakes; increasing the number of repetitions of whole exercises; increasing the speed of execution of elements from the general and specific physical preparation; reducing of rest intervals among whole exercises.

Therefore, an important question is to know how the high amount of training hours in RG has been used. Thus, the aim of this study was to analyze the training intensity and training activities in RG group gymnasts.

2. Materials and Methods

Subjects: Nine Brazilian rhythmic elite senior gymnasts from Brazil National Group Team (BNT) participated in this study (20.8 ± 1.9 years), with a mean of 14.0 ± 2.4 years of RG practice, and 36.0 ± 0.0 hours per week of training volume.

Ethical Considerations: Ethics Committee of the Faculty of Sport, University of Porto, Portugal, approved the study protocol. The requests were sent to the Scientific Committee of the Brazilian Gymnastics Federation, which after being informed about the study, its scientific value and multiple benefits, approved the study, allowing the testing be conducted during the BNT training sessions. All testing was performed in accordance with the ethical standards of the Helsinki Declaration.

Training intensity: Accelerometers (ActiGraph, model GT3X+) were used to estimate the energy expenditure of gymnasts through the time spent in the

training activities during a training session (7 hours), split in two periods – morning and afternoon. The data were analyzed in the ActiLife software. This information allowed us to estimate the distribution of training intensity. The cut points (Freedson et al., 2011) were used to determine the intensity levels: light (≤ 2690 counts per minute); moderate (2691-6166 counts per minute) vigorous (6167-9642 counts per minute) and very vigorous (>9642 counts per minute). The software presents the length of time in each intensity level in minutes.

Training activities: to understand the results derived from the accelerometers, the types of exercises performed by gymnasts during the training session evaluated were registered.

Statistical Procedures: Descriptive statistics were performed using the mean values and frequencies.

3. Results

Table 1 presents the time spent in the training activities in training session evaluated (two periods – morning and afternoon). It is important to note that two gymnasts presented some body limitations due to injuries, meaning that they had to perform adapted exercises. The gymnasts in our study were in the basic preparatory period of periodization.

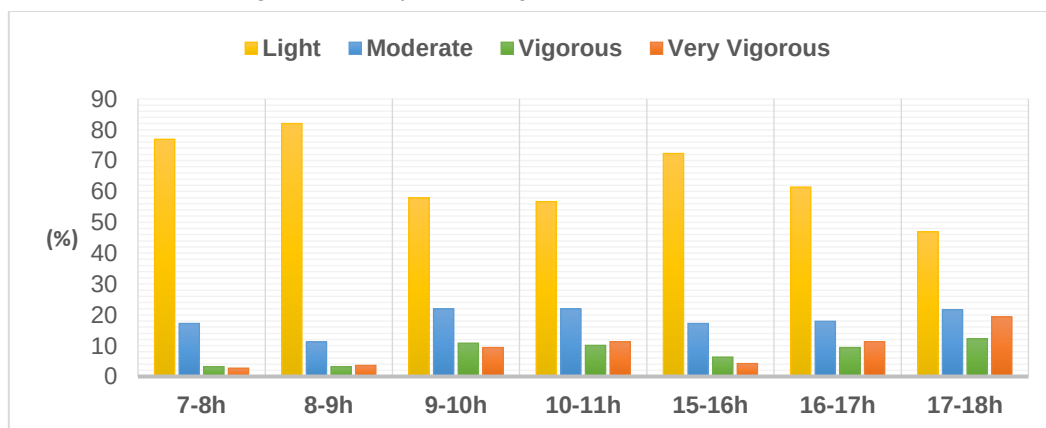
Table 1: Training activities in Brazil National Team training separated by day periods

Morning Training (7h-11h)		Afternoon Training (15h-18h)	
7h to 7h10 (10')	Free stretching;	15h to 15h40 (40')	Warm-up in the floor (flexibility, strength, balance and endurance – use of many abdominal exercises and battements);
7h10 to 7h25 (15')	Passive flexibility (use of bench);	15h41 to 16h04 (23')	Exercises with displacement in lines (balances and several battements – use of body difficulties of routine);
7h25 to 7h55 (30')	Ballet Bar;	16h04 to 16h15 (11')	Hoop technique without displacement;
7h55 to 7h59 (4')	Fouetté Pivots (Center);	16h15 to 16h22 (7')	Break;
8h to 8h25 (25')	Diagonal ballet exercises;	16h22 to 16h26 (4')	Explanation of the next exercises;
8h25 to 8h29 (4')	Fouetté Pivots (Center);	16h26 to 17h03 (37')	- Circuit with jumps and rotations (all gymnasts) – Stops for heart rate evaluation; - Circuit with speed exercises using clubs

8h30 to 8h43 (13')	Break;		and hoop (exercises with all gymnasts at the same time and others with one gymnast at a time). For each fault the gymnast should do the 5 push-ups;
8h43 to 9h46 (1h3')	Ribbon technique with and without displacement – subsequent inclusion of pre-acrobatics and body difficulties;	17h03 to 17h10 (7')	Break;
9h46 to 9h52 (6')	Break;	17h10 to 17h46 (36')	Training of parts of routine with music and some changes in the routine composition (2 hoops and 6 clubs);
9h52 to 10h48 (56')	Training of collaborations and exchanges; and parts of routine (5 ribbons).	17h46 to 18h (14')	Break and free stretching.

Concerning to the intensity of training session, information from the accelerometer suggest that only 35% of the training session had activities and exercises of moderate to very vigorous intensities (18.3% of moderate intensity, and 16.7% of vigorous and very vigorous intensities) (Figure 1).

Figure 1: Intensity of a training session of Brazil National Team



On the other hand, about 65% of the training session was composed by activities and exercises classified as light intensity by accelerometers.

A gradual increase in time used to perform very vigorous intensity exercises, during both morning (7h-11h) and afternoon (15-18h) training session (Figure 1). Furthermore, we observed higher training intensity (very vigorous intensity) in both evaluated period when the gymnasts were training the routines parts.

Table 2 shows the percentage of training intensity according to training activities performed by gymnasts separated by training hours.

Table 2: Training intensity according to the training activities by Brazil National Team gymnasts

Training hours	% of training intensity according to the training activities
7h-8h	Light (76.9%): Flexibility training; several explanations and corrections of exercises; Ballet Bar exercises not captured by accelerometers. Moderate to very vigorous (23.1%): Ballet Bar and Fouetté pivots.
8h-9h	Light (82.0%): Break; waiting time between exercises in Diagonal Ballet; Ribbon technique without displacement; several explanations and corrections of exercises. Moderate to very vigorous (18.0%): Diagonal Ballet and Fouetté pivots.
9h-10h	Light (57.9%): Break; explanations and corrections of exercises. Moderate to very vigorous (42.1%): Ribbon technique with displacement and body movements.
10h-11h	Light (56.7%): Explanations and corrections of exercises; end of training 12 minutes before established time. Moderate to very vigorous (43.3%): Training of collaborations and exchanges; and parts of routine.
15h-16h	Light (72.3%): Warm-up performed in the floor – several exercises not captured by accelerometers; explanations and corrections of exercises. Moderate to very vigorous (27.7%): Exercises with displacement in lines.
16h-17h	Light (61.4%): Hoop technique without displacement; Break; explanations and corrections of exercises. Moderate to very vigorous (38.6%): Circuit training.
17h-18h	Light (46.9%): Explanations and corrections of exercises; Break; free stretching. Moderate to very vigorous (53.1%): Training of parts of routine with music.

The light intensity in the training was composed mainly by important training activities in RG (such as flexibility training, warm-up and apparatus handling) and several stops to explanations and corrections of exercises.

We cannot characterize specifically the training activities as moderate, vigorous and very vigorous intensities, once that each training activity was formed by a set of exercises with different intensities.

4. Discussion

According to Bobo-Arce & Méndez-Rial (2013), the training process in RG has high demands in volume and intensity, and technical elements with a high difficulty level. Some authors (Ávila-Carvalho et al., 2013; Berlutti et al., 2010; Georgopoulos et al., 2012; Zetaruk et al., 2006) have pointed out the increase of

training volume in RG as the main characteristic of the training process in elite gymnasts in nowadays due to the high physical and technical requirements in RG. Ávila-Carvalho et al. (2013) analyzed the training volume in elite gymnasts in some previous RG studies and concluded that there was an increase in training hours that starts at the second half of first decade of this century.

However, according to Malina et al. (2013), hours per week provide limited information about demands placed in the training in gymnastics. Training hours include a considerable “down time” or reduced activity (explanations, corrections, waiting between repetitions, recovery, nutrition breaks, etc.). For the authors, the training in gymnastics is more complex than hours per week. Thus, the analysis of training intensity, in contrast to time, is more relevant to the questions of our study. However, the training intensity measured by the gymnasts' energy expenditure applying field tests in RG training has not been studied. Despite of this, is no consensus regarding to the best method that should be used to assess the training intensity in RG, we chose to use accelerometers, given their structural characteristics (small and light device), being easily placed in the hip region and secured by an elastic band. The device does not cause discomfort to the gymnasts and, therefore, it does not interfere in the gymnast's actions during the training session. Thus, there is not any interference of the instrument in the response. Accelerometers are electronic devices that measure the acceleration deceleration of body movements on three axes: vertical, mid-lateral and anteroposterior (Lagerros & Lagiou, 2007) and allow an objective quantification of the frequency, duration and intensity of physical activity (Romanzini et al., 2012). Accelerometers has been widely used in the assessment of energy expenditure (Crouter et al., 2006).

The main disadvantage of this device was the difficulty of register some types of body movements, such as exercises without body movements and/or displacement that are usually performed in RG training. According to Lagerros & Lagiou (2007) this device does not capture isometric activities, muscle work against an external strength (as to lift or carry weights), treadmill walking, rowing or skating, and it can may underestimate the physical activity. In addition, the accelerometers present less accurate records of movements of body segments

to which they are not positioned (Cliff et al., 2009). Therefore, several exercises performed in RG training were considered of light intensity due to the lack of body axis changes, although there was a high work of strength and muscular endurance, such the ballet and warm-up exercises, apparatus handling techniques training (ribbon, clubs and hoop) and some body technique training. Furthermore, as expected, the stops for corrections and explanations of exercises also were considered of light intensity. However, these breaks are very important for improve the technique, tactics, intellectual, and psychological preparation in RG. A mistake of a single or several gymnasts in the group routine can cause an imbalance in the whole composition, which turn leads to a teamwork failure (Victorii et al., 2014). Thus, the constant effort for perfection in the execution of group technical elements constitutes an objective and fundamental direction in the preparation of gymnasts (Avilés et al., 2014).

Moraru (2012) explains that preventing and correcting mistakes is crucial in the RG training and it directly influences the performance. For the author, the use of feedback (any piece of sensorial information regarding the move) is one of the most important processes used in sportive training both for correcting mistakes and learning. According to Schmidt & Wrisberg (2008), the extrinsic feedback can be of two types: “knowledge of result” – usually achieved verbally. It is essential in improving performance and learning, as the athletes cannot notice and correct all their imperfections and mistakes. “Knowledge of performance” – it offers additional information about the cinematic characteristics of the move performed by the athlete. Unlike this, the “knowledge of result” provides information about the success of the movement in relation to the main set goal. In the evaluated training session, we observed several moments of both types of extrinsic feedback.

The RG training sessions were generally long, homogeneous, and repetitive (Botti & Nascimento, 2011). The training activities are composed of static, dynamic exercises, with changes in posture, different velocities and strength implications, which probably cause different effects on the body's response (Ávila-Carvalho & Lebre, 2011). For elite gymnasts, the training include neuromuscular activation, stretching, ballet, technique training, apparatus

manipulation and routines (Miletić et al., 2004) with variations according to the phase of the periodization and/or context of the training (Law et al., 2007).

Law et al. (2007) compared the early activity involvement, hours spent in training activities, rating of training resources and health in Olympic versus international gymnasts. From the results, all gymnasts showed to perform the same practice activities in the training session: warm-up, ballet, technique training, routines and conditioning. The warm-up was done to prepare the body for the other exercises in the training session. This activity included jogging and stretching. Ballet consisted of a regimented routine of exercises designed to improve and refine movements. Technique training consisted in learning, correction and repetition of new skills that would be used in the routines. Furthermore, during technique training, the routines were segmented and gymnasts worked on specific parts of the routine individually. Routine training referred to practicing routines that had been choreographed for competition. Conditioning activities were described as activities designed to improve motor capacities such as strength, flexibility and cardiovascular fitness (Law et al., 2007). The same phases were observed in the BNT training session: stretching, warm-up, ballet, technique training (body and apparatus technique), routines (routines parts and isolated elements) and conditioning.

The BNT gymnasts started the training session with a ballet lesson (1 hour and 30 minutes). The aim of the ballet lesson varies according to gymnasts needs. In evaluated training session, the ballet was carried out mainly on the bar and the aims were to improve the placement of the hip, intense footwork and half point, battements and rotations. These exercises are extremely important for gymnasts' performance, but they were not considered as high intensity by accelerometer. The work of the ballet on the bar is one of the most important contributors to the development of gymnasts at an early stage and to the training of the specific physical preparation to elite gymnasts (Lebre & Araujo, 2006).

The initial warm-up in afternoon training, with duration of 40 minutes, was performed on the ground. The gymnasts executed several exercises for flexibility, strength and muscular endurance, with movements focused on work of foot, legs,

arms and posture, although without any displacement and small body axis changes, and therefore, they were classified as light intensity.

The training sessions are not always equal, due to the daily aims of the coach, the necessity to offer different stimuli to the gymnasts, oscillation of training loads (volume x intensity) and according to the periodization period that the training session is inserted. Thus, the intensity and structure of the training depends on several factors. According to Laffranchi (2005), the oscillation of the training loads implies a variation in the number of elements repetitions, training of parts and whole routine in a week. The author refers that differences in training loads are related to differences in volume and intensity with the purpose to achieve an improvement in performance.

In the training session evaluated, gymnasts were in the basic preparatory period of the periodization. The main aim of this period is to achieve a good physical and technical base through an extensive and generalized work with high volume to sustain the training in the whole season (Laffranchi, 2005). Dantas (2003) explains that during the basic preparatory period, the volume training has a high preponderance over the intensity. In the specific period, the intensity acquires preponderance over the volume. This preponderance is accentuated during the competition period and reversed in the transitional period. Accordingly, we verified that the training of whole routines was not the main focus. The routine training consisted especially of routines parts repetitions with and without music. The routine parts is a series of 7-15 elements of a composition connected and executed without interruption. The whole routine is the complete composition, forming a compact block, which all movements should be connected, always in connection with the music (Laffranchi, 2005).

We observed that the training of routine parts, exchanges elements and collaborations elements showed the higher values of vigorous to very vigorous intensity in the evaluated training session. The gymnasts repeat several times their routines (isolated elements, parts and/or whole routines) in the training with reduced recovery time, and usually it is expected a combination between technical effectiveness, safety and high-intensity effort (Jemni et al., 2003). Thus,

the effort of gymnasts seems to develop under aerobic and anaerobic conditions (Ávila-Carvalho & Lebre, 2011).

Mihaela et al. (2012) assessed the oxygen consumption and other physiological indicators, under lab, training and simulated competitive conditions in 10 rhythmic gymnasts aged 15 to 17 years old. In the training conditions of group gymnasts, the highest heart rate (HR) mean values were observed in the routine training: 140 bpm in routine parts; 152 bpm in half-whole routines; and 180 bpm in whole routines. Ávila-Carvalho & Lebre (2011) evaluated the HR of five groups during the execution of the competition routine and the authors verified that the mean HR values ranged from 166.5 ± 14.6 bpm to 177.1 ± 14.0 bpm and the maximum HR values ranged from 180.4 ± 8.3 bpm to 188.4 ± 8.4 bpm. Some other studies applied laboratory and field tests to assess the physiological indicators (oxygen consumption, HR and other) in individual rhythmic gymnasts to determine the level of fitness – cardiovascular and specific endurance (Gateva, 2014, 2015; Portier et al., 2006).

Gateva (2014) performed the HR monitoring and concentration of the blood lactate during and after the execution of a RG routine in 13 high-level gymnasts (average 15.4 years old). The maximal HR values during the execution of the routines were reached at the end of the routine (maximal HR at 200 bpm, and the minimum at 187 bpm). The maximal values of blood lactate were achieved after performing a routine (12.8 mmol/l), and the lowest measured values were above the anaerobic threshold (4.8 mmol/l). Therefore, RG routine had an anaerobic regime of work with HR values 180-195 bpm; lactate above 10 mmol/l. The author concluded that the loading varies from sub-maximal to maximal during the competitive routine in RG.

Gateva (2015) performed the same analysis (HR monitoring and blood lactate) in twelve high-level rhythmic gymnasts (15.7 ± 2.1 years old) during the following tests: VO_2 max; 2 min submaximal treadmill test – authors' test; 2 min shuttle test; 2 min specific modified gymnastics routine – authors' tests; competitive routine. As main results, the authors verified that the lowest values of HR were achieved on the submaximal laboratory test – 186.2 bpm and the highest after RG routine – 194.1 ± 4.2 bpm. The laboratory and shuttle tests

provoked higher values of concentration of the blood lactate compared to gymnastics routines. The routine showed higher demands on the gymnasts' body systems' than the other three applied tests.

In Portier et al. (2006) study maximal oxygen uptake and lactate concentration were collected in laboratory after four routines (rope, clubs, hoop and ball) and after a training session (4 hours) in twelve elite gymnasts. The training included a warm-up, technical work, and four competition routines. The average training intensity was 55% of the $\text{VO}_{2\text{max}}$, which was low to allow a real improvement in aerobic capacities, but which represents a real expenditure of energy for these gymnasts. The intensity of the hoop, clubs and rope routines was around $\text{VO}_{2\text{max}}$ while the intensity of ball routine was close to 70% of $\text{VO}_{2\text{max}}$. The lactate concentrations were higher in hoop, clubs and rope routines than in laboratory. There was no correlation between oxygen uptake and blood lactate concentrations and the performance level of each gymnast. RG was characterized as an anaerobic sport. However, at the same time, the study showed a high demand for aerobic and anaerobic metabolism during RG training.

These studies (Gateva, 2014, 2015; Portier et al., 2006) point the high intensity level in the training of the competitive routines in RG. These data are in agreement with our results, in which the higher intensity levels (vigorous and very vigorous intensities) were verified in the training of routines parts when compared to the other training activities. The RG routines have a short duration and the exercise intensity is maximum in some moments. It is not continuously submaximal or maximal, as in cyclic sports (Ávila-Carvalho & Lebre, 2011). In fact, the performance in gymnastics is characterized by intermittent effort (Jemni et al., 2003), in which there are phases of rest or low intensity and phases of high intensity of variable duration, generally not allowing a complete recovery (Ávila-Carvalho & Lebre, 2011).

5. Conclusion

The assessment of intensity in a training session (7 hours) of BNT gymnasts, showed that only 35% of the training (2h27min) consisted of training

activities of moderate to very vigorous intensities, corresponding especially to the routines parts training. The most part of the training session evaluated presented light intensity training activities (65%).

We observed the following training activities in the training session: flexibility training, ballet, warm-up, apparatus and body technique, routines (parts and isolate elements) and conditioning.

The records of training activities performed by gymnasts are one stand to be possible to identify the reasons of the high values of light training intensity. Several exercises performed with a high work of strength and muscular endurance were considered of light intensity probably due to lack of movement and/or displacement, as the accelerometers measure the actions intensity through the body axis changes. However, it is important to consider that the daily training in RG has several aims. The RG training is composed also by light intensity exercises (specific exercises such as flexibility training, apparatus handling techniques, etc.) and moments (stops for explanations and corrections) that are essential for the improvement of technique, tactics, physical, intellectual and psychological preparation.

This analysis refers to the evaluation of a training session and therefore it is not possible to generalize the observed data, or reach conclusions about the training intensity in RG. This is a point of support for research in this direction, in order to know and understand how it is structured the training intensity in RG.

Acknowledgments: The authors would like to thank the Brazilian Federation of Gymnastics, the gymnasts and coaches that permitted the making of this study possible.

6. References

- Ávila-Carvalho, L., Klentrou, P., Palomero, M. L., & Lebre, E. (2013). Anthropometric profiles and age at menarche in elite group rhythmic gymnasts according to their chronological age. *Science & Sports*, 28(4), 172-180.
- Ávila-Carvalho, L., & Lebre, E. (2011). *Estudo do comportamento da frequência cardíaca: análise dos elementos técnicos em exercícios de conjuntos de GR*

- Comunicação apresentada em Da Prática à Ciência. Artigos do 2º e 3º Congresso de FGP.
- Avilés, M. I., Díaz, Y. G., & Borrás, N. O. (2014). Reflections on planning and control of sport training in Rhythmic Gymnastics. In L. M. Schiavon, T. Heinen, M. Bortoleto, M. Nunomura & E. Toledo (Eds.), *High performance Gymnastics*. Germany: Arete Verlag.
- Berlutti, G., Briganti, C., Pamich, T., Torrisi, L., Franco, A., Morino, G., & Caldarone, G. (2010). *Body composition, biological maturation, alimentary habit, anthropometric characteristics in rhythmic gymnastics athletes. From the Florence 1986 European Championships to the Turin 2008 European Championships, Twenty years of evolution.*: Federazione Gimnastica D'Italia.
- Bobo-Arce, M., & Méndez-Rial, B. (2013). Determinants of competitive performance in rhythmic gymnastics. A review. *Journal of Human Sport & Exercise* 8(3), 711-717p.
- Botti, M., & Nascimento, J. V. (2011). The teaching-learning-training process in Rhythmic Gymnastics supported by the ecological theory. *Science of Gymnastics Journal*, 3(1), 35-48.
- Bueno, T. F. (2010). Ginástica Rítmica. Exercício de conjunto: cinco ginastas, um só corpo. In E. Paoliello & E. Toledo (Eds.), *Possibilidades da Ginástica Rítmica*. São Paulo: Phorte Editora.
- Cliff, D. P., Reilly, J. J., & Okely, A. D. (2009). Methodological considerations in using accelerometers to assess habitual physical activity in children aged 0-5 years. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(5), 557-567.
- Crouter, S., Churilla, J., & Bassett, D. (2006). Estimating energy expenditure using accelerometers. *European Journal of applied Physiology*, 98(6), 601-612.
- Dantas, E. (2003). *A prática da preparação física* (Vol. 5). Rio de Janeiro: Shape.
- FIG. (2016). Code of Points for Rhythmic Gymnastics: 2016-2020. Lausanne: Fédération International de Gymnastique. [Versão eletrônica], disponível em: http://www.fig-gymnastics.com/publicdir/rules/files/rq/RG_CoP%202017-2020_updated%20with%20Errata_February%202017_e.pdf
- Freedson, P. S., Sasaki, J. E., & John, D. (2011). Validation and comparison of ActiGraph activity monitors. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 14(5), 411-416.
- Gateva, M. (2011). Investigations in Rhythmic Gymnastics. In *The science of Gymnastics* (pp. 45-54). USA and Canada: Routledge.

- Gateva, M. (2014). Investigation of the effect of the training load on the athletes in rhythmic and aesthetic group gymnastics during the preparation period. *Research in Kinesiology*, 4(1), 40-44.
- Gateva, M. (2015). Tests to determinate the fitness level in rhythmic gymnastics. *Sport Mont*(43-45), 63-70.
- Georgopoulos, N., Theodoropoulou, A., Roupas, N., Rottstein, L., Tsekouras, A., Mylonas, P., Vagenakis, G., Koukkou, E., Armeni, A., Sakellaropoulos, G., Leglise, M., Vagenakis, K., & Markou, K. (2012). Growth velocity and final height in elite female rhythmic and artistic gymnasts. *Hormones*, 11(1), 61-69.
- Jemni, M., Friemel, F., Sands, W., & Delamarche, P. (2003). Effect of active and passive recovery on blood lactate and performance during simulated competition in high level gymnasts. *Can.J.Appl.Physiol.*, 28(2), 240-256.
- Laffranchi, B. (2005). *Planejamento, Aplicação e Controle da Preparação Técnica da Ginástica Rítmica: Análise do Rendimento Técnico alcançado nas Temporadas de Competição*. Porto: Dissertação de Doutorado apresentada a Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.
- Lagerros, Y. T., & Lagiou, P. (2007). Assessment of physical activity and energy expenditure in epidemiological research of chronic diseases. *European Journal Epidemiology*, 22(6), 353-362.
- Law, M. P., Côté, J., & Ericsson, K. A. (2007). Characteristics of expert development in rhythmic gymnastics: A retrospective study. *Journal International Journal of Sport and Exercise Psychology* 5(1).
- Lebre, E., & Araujo, C. (2006). *Manual de Ginástica Rítmica*. Porto: Porto Editora.
- Malina, R., Baxter-Jones, A., Armstrong, N., Beunen, G., Caine, D., Daly, R., Lewis, R., Rogol, A., & Russell, K. (2013). Role of Intensive Training in the Growth and Maturation of Artistic Gymnasts. *Sports Med*, 43, 783-802.
- Mihaela, M., Vasilica, G., & Lavinia, P. (2012). Study about the energy expenditure assessment in rhythmic gymnastics. *Science, Movement and Health*, 12(2).
- Miletić, D., Katić, R., & Maleš, B. (2004). Some anthropologic factors of performance in rhythmic gymnastics novices. *Collegium Antropologicum*, 28(2), 727-737.
- Moraru, C. (2012). Feedback in rhythmic gymnastics as a process of correcting technical mistakes *Sport si Societate. Revista de Educatie Fizica, Sport si Stiinte Conexe*, 12(2).

- Portier, H., Arlettaz, A., Lèpanse, B., Lecocq, A. M., Labsy, Z., & Collomp, K. (2006). Estimation de la dépense énergétique en gymnastique rythmique. *Science & Sports*, 21(5), 300-302.
- Romanzini, M., Petroski, E. L., & Reichert, F. F. (2012). Limiares de acelerômetros para a estimativa da intensidade da atividade física em crianças e adolescentes: uma revisão sistemática. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 14(1), 102-113.
- Schmidt, R. A., & Wrisberg, C. A. (2008). *Motor Learning and Performance - A Situation-Based Learning Approach* (Vol. 4). USA: Human Kinetics.
- Victorii, L., Valentin, S., Tara, O., Iryn, R., & Ulyan, P. (2014). Special physical training program in rhythmic gymnastics group exercises. *Journal of Physical Education and Sport*, 14(1), 1340 - 1347.
- Zetaruk, M., Fors, M. V., Zurakowski, D., Mitchell Jr, W., & Micheli, L. (2006). Recomendaciones para el entrenamiento y prevención de lesiones en gimnastas de rítmica de elite *Apunts Med Esport*, 41(151), 100-106.

ESTUDO VIII

Body difficulties in Rhythmic Gymnastics routines

Amanda Batista¹, Rui Garganta¹ e Lurdes Ávila-Carvalho¹

¹ CIFI²D, Kinanthropometry Lab, Faculty of Sport, University of Porto, Portugal.

Objetivos: (1) Analisar a diversidade e variedade dos elementos de dificuldade corporal utilizados nos exercícios individuais de competição de ginastas de elite; (2) Comparar essas características em diferentes grupos de classificação; e (3) Identificar e hierarquizar as variáveis que mais contribuem para o desempenho (score de dificuldade).

Artigo publicado:

Science of Gymnastics Journal

Batista, A.; Garganta, R., Ávila-Carvalho, L. (2019). Body difficulties in Rhythmic Gymnastics routines. *Science of Gymnastics Journal*. 11 (1): 37-55.

Body difficulties in Rhythmic Gymnastics routines

Abstract

The aims of this study were: (1) to analyze the diversity and variety of body difficulty elements in individual routines of elite rhythmic gymnasts that competed at the 2013 and 2014 Lisbon World Cup; (2) to compare these characteristics across different ranking groups; (3) to identify and hierarchize the variables that most contribute to the success in the difficulty score in competition. 288 routines were analyzed based on difficulty, according to the 2013-2016 Code of Points. The gymnasts were divided into three groups according to their ranking routine. For statistical analyses, Kruskal-Wallis and Mann-Whitney tests, Pearson correlation and multiple regression were used. Among all body difficulties, the rotation elements were the group with the most variety, while jump elements had the least variety. Gymnasts tend to use the same jumps, balance elements and rotations in all their routines. The gymnasts in the finals (finalists) presented a higher number of complex elements (mixed and multiple difficulties) than the other groups. However, the best gymnasts showed a lower variety in the choice of body difficulties. Their routines focused on rotation elements and number of turns. Lower occurrences of balance and jump elements were verified. We identified the following hierarchy of importance of the variables that contribute to the success in the difficulty score: value of rotations, value of jumps, value of balance elements and value of mixed difficulties. Therefore, the rotation elements presented a higher importance in the routines in Rhythmic Gymnastics in the Olympic cycle 2013-2016.

Keywords: body difficulty; rhythmic gymnastics routines; elite gymnasts.

1. Introduction

The first time that a Rhythmic Gymnastics (RG) individual participated in the Olympic Games was in 1984 in Los Angeles. Since then, the standard of individual performance has improved tremendously. The development of RG and the increased complexity in competition routines are reflected in the continuous

revisions and changes of the international competitive RG Code of Points (RG-CoP) (Sierra-Palmeiro et al., 2015). Every 4 years, at the end of the Olympic Games, this Code is improved and published by the International Gymnastics Federation (FIG) (Ávila-Carvalho et al., 2010) with the main purpose of providing a more objective evaluation of the competition routines and promoting the development of the sport (Ávila-Carvalho et al., 2012).

In the Olympic cycle 2013-2016, two panels of judges evaluated the performance in competition: one for difficulty and one for execution. The difficulty jury of individual programs consisted of the analysis of the four difficulty elements: body difficulties (BD), dance steps, apparatus mastery and dynamic elements with rotation and throw (DER). At each competition, the gymnasts presented an official difficulty form with all difficulties listed. The execution jury evaluate the quality of the routines (Leandro et al., 2015) and applies the technical and artistic faults (FIG, 2012).

Gymnasts can incorporate six to nine BD in one routine – a minimum of two and a maximum of four body difficulty elements from each body group: jumps, balance elements and rotations (FIG, 2012). There are 150 different samples of BD in five levels which were used isolated, in series (jumps or pivots), mixed and/or multiples (only pivots) (FIG, 2012). The distribution of these BD in the RG-CoP was as follows: 50 jumps, 54 balance elements and 46 rotations. Specific additional criteria to each body group could be included in the BD elements.

According to Agopyan (2014), we can detect the effects of the RG-CoP rules in the routines through the analysis of elite RG routines; however, the author explains that very few studies have analyzed the difficulty elements used in elite RG individual routines. For Lebre (1993), the probable justification is the constant evolution of the RG-CoP requirements, regarding both the composition and the implementation. Thus, it becomes difficult to compare the results. Quantitative information obtained from the analysis of the elite routines is important because this data allow us to identify the main areas and categories of elements used, and study the relative importance of these elements, which can meet the current trends of RG, promoting a better training process.

Therefore, the aims of this study were to analyze the BD diversity and variety of elements used in individual routines of elite rhythmic gymnasts who competed at the 2013 and 2014 Lisbon RG World Cup, and to compare these characteristics across different ranking groups. In addition to this, the aim was to identify and hierarchize the variables that most contribute to the success in the difficulty final score in competition.

2. Materials and Methods

Gymnasts and Data Collection: A total of 288 individual routines from 31 countries performed at the 2013 and 2014 Lisbon RG World Cup (Portugal) were analyzed according to the 2013-2016 RG-CoP rules (FIG, 2012). This study was approved by the RG World Cup Organization.

Each participant performed four routines (hoop, ball, clubs and ribbon) and the analysis was carried out based on the difficulty forms submitted prior to the competition by the coaches, and not evaluated by the judges. The 72 gymnasts were divided into three groups according to their ranking routine in each apparatus: 1st group (Finalists) – 1st to 8th place in the ranking; 2nd group – 9th to 22nd place in the ranking; 3rd group – 23rd to 36th place in the ranking.

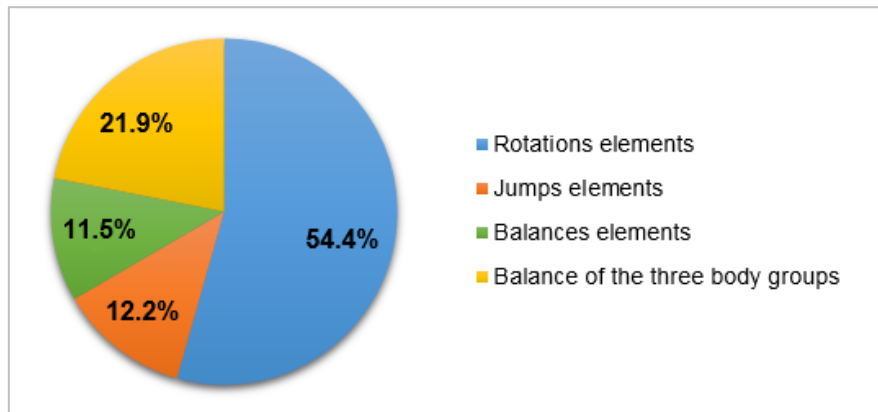
Two international RG judges conducted the analysis. The high intraclass correlation coefficient values in the relative reliability analysis: intra-examiner (0.98) and inter-examiner (0.97) demonstrated high objectivity in the evaluations.

Statistical Procedures: Statistical analysis was performed using the Statistical Package for Social Sciences (SPSS 20.0). The significance level was set at 5%. Descriptive statistics were calculated using the mean, standard deviation (SD) and range values. Kruskal-Wallis' and Mann-Whitney's non-parametric tests were used to compare the ranking groups. Pearson Correlation and multiple regression were performed to analyze the association and degree of influence of the BD in the gymnasts' difficulty final score.

3. Results

Body Difficulties (BD): 97.6% of the routines presented the maximum number of BD (9). Figure 1 shows that the most routines presented a predominance of rotation elements (54.4%) and lower predominance of balance and jump elements were verified.

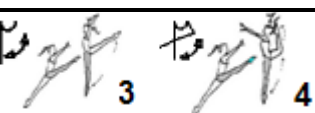
Figure 1: Predominance of body groups elements in the routines

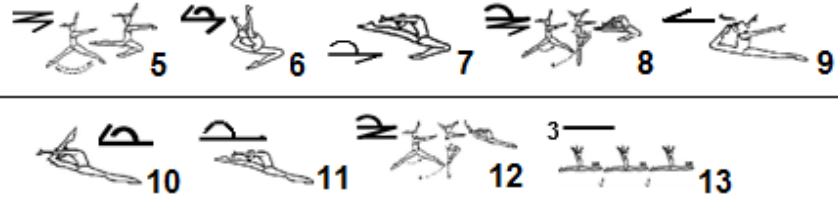
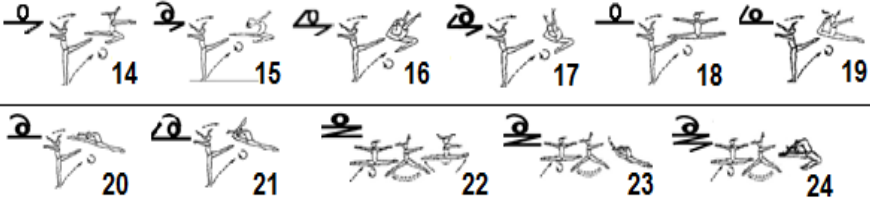


Number and Type of BD: We observed 25 different shapes of jump elements, 21 balance elements and 27 rotation elements in the routines. The BD per body group were divided into subgroups, based on the RG-CoP criteria (different rows according to the body's group's characteristics).

Jump Elements: Table 1 presents the jump elements from the RG-CoP (FIG, 2012) used at the 2013 and 2014 Lisbon World Cup. The jump elements most used in the routines were no. 18 (62.5%), no. 20 (53.1%) and no. 15 (35.5%).

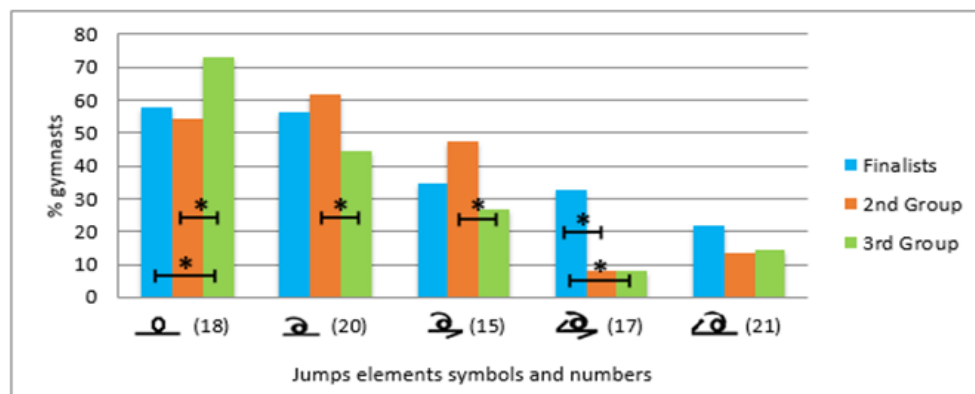
Table 1: Jump elements (images and symbols) used in the Rhythmic Gymnastics routines

Jump images and symbols from the RG-CoP (2013-2016)	
Straddle jumps	 1
"Cossack"	 2
"Entrelacé"	 3 4

Split and stag leaps	 Diagrams of split and stag leaps numbered 5 through 13. Diagrams 5-9 are in the first row, and 10-13 are in the second row.
Turning split leaps	 Diagrams of turning split leaps numbered 14 through 24. Diagrams 14-19 are in the first row, and 20-24 are in the second row.
Butterfly	 Diagram of a butterfly jump numbered 25.

The jump elements preferred by finalists are displayed in Figure 2: no. 18 (57.8%), no. 20 (56.3%), no. 15 (34.4%), no. 17 (32.8%) and no. 21 (21.9%). This type of jump “jeté with turn” contains the highest values in the RG-CoP (FIG, 2012).

Figure 2: Jumps most used by the finalists in the routines, grouped by ranking position



* $p \leq 0.05$: Significant differences

Significant differences were found in the ranking groups in jumps no. 18, 20, 15 and 17 (Table 1). The 3rd group of gymnasts showed a significantly higher number of jumps no. 18 ($p \leq 0.05$). The finalists and 2nd group incorporated a similar number of this BD. Significant differences in the jumps no. 20 and 15 were verified in the 2nd group versus 3rd group ($p < 0.001$). It can be seen that the 2nd and 3rd groups had a higher and a lower number of these jumps in the routines,

respectively. The finalists presented the highest number of jumps no. 17 and 21 compared to the remaining groups, although significant differences can be observed only in jump no. 17 in the finalist group versus 2nd group ($p=0.002$) and finalists versus 3rd group ($p<0.001$).

Figure 3 shows the jump elements least used by finalists: no. 19 (9.4%), no. 11 (6.3%), and no. 7 (3.1%). Jumps no. 2, 8, 9, 10, 12, 16, 23 and 24 were used only in 1.6% of the finalists' routines. However, no significant differences were found between ranking groups.

Figure 3: Jump elements least used and not used by the finalists in the routines, grouped by ranking position

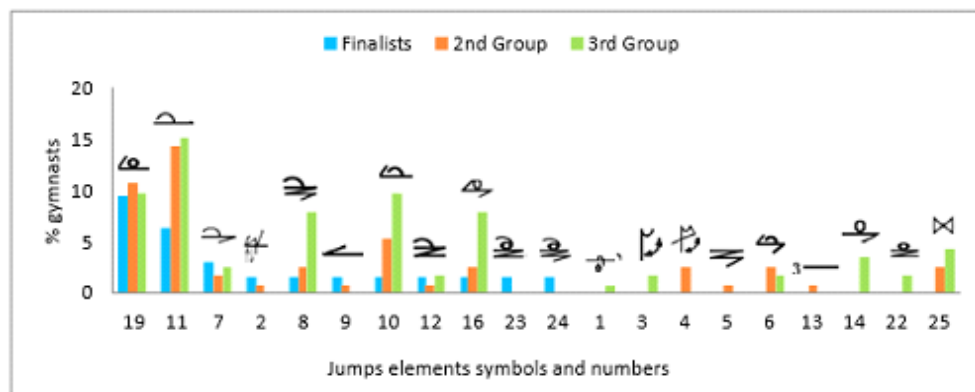


Figure 3 also includes the jump elements not used by finalists (Table 1). These jump elements were not frequently used in routines, therefore, no significant differences were found between ranking groups.

Balance Elements: Table 2 presents the balance elements from the RG-CoP (FIG, 2012) used at the 2013 and 2014 Lisbon World Cup. The balance elements most used in the routines were no. 16 (68.8%); no. 13 (49.0%); no. 14 (48.3%) and no. 15 (39.9%).

Table 2: Balance elements (images and symbols) used in the Rhythmic Gymnastics routines

Balance images and symbols from the RG-CoP (2013-2016)	
Free leg at horizontal level in different directions, body bent forwards, backwards, sideways	

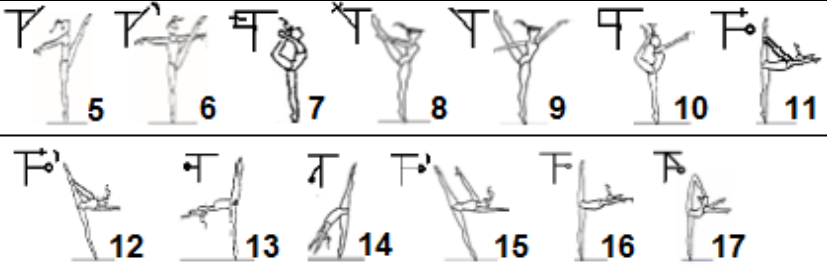
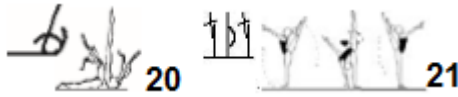
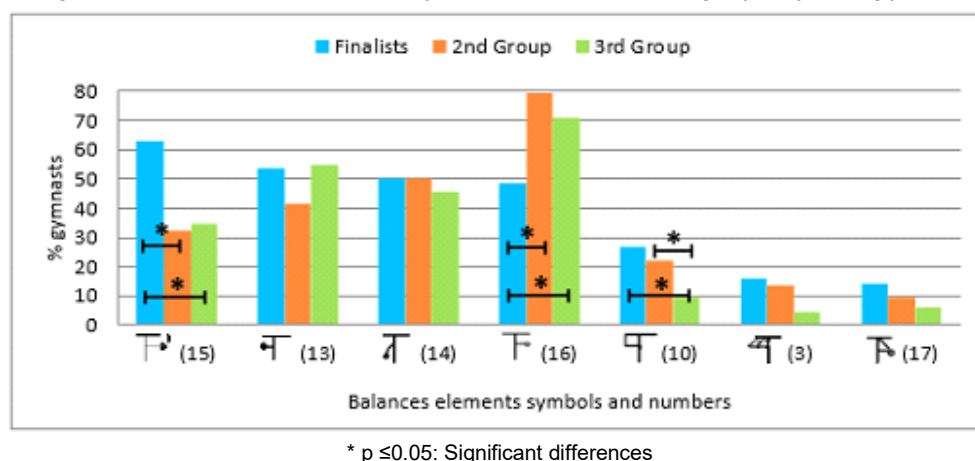
Free leg high up in different directions; body at the horizontal level or below, with or without help	
Fouetté (min. 3 different shapes without help of the hands, on "relevé" with a min. of 1 turn of 90° or 180°)	 Leg above horizontal for 2 shapes min+ min 1 turn
Dynamic balance with full body wave	
Dynamic balance with or without leg movement with support on various parts of the body	

Figure 4 displays the balance elements used by finalists: no. 15 (62.5%), no. 13 (53.1%), no. 14 (50%), no. 16 (48.4%), no. 10 (26.6%), no. 3 (15.6%) and no. 17 (14.1%). These balance elements (except no. 3) are executed with the free leg high up in different directions; body at the horizontal level or below, with or without help.

Figure 4: Balance elements most used by the finalists in the routines, grouped by ranking position

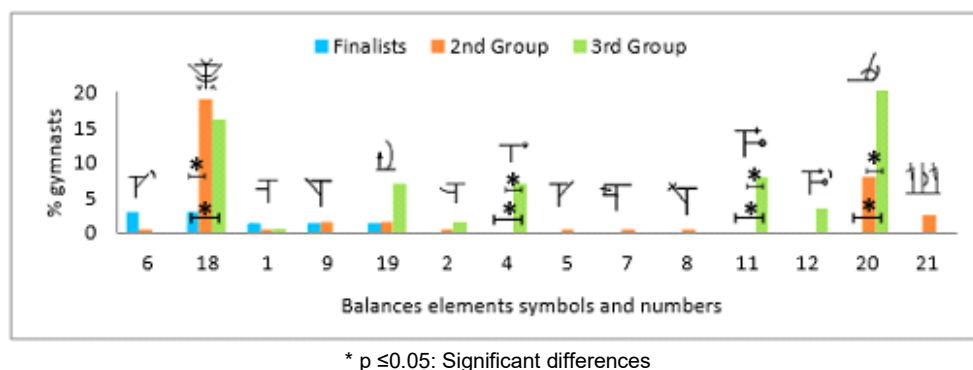


Significant differences were found in the ranking groups in balance elements no. 15, 16 and 10 (Table 2). We verified a significantly higher number

of balance elements no. 15 in the finalists' routines. Significant differences were observed in the finalists versus 2nd ($p=0.003$) and 3rd ($p=0.022$) groups. Conversely, the finalists presented a lower number of balance elements no. 16 when compared to the other groups. Significant differences were observed in the usage of balance element no. 16 by the finalists versus 2nd ($p<0.001$) and 3rd ($p=0.039$) groups. Balance elements no. 10, 3 and 17 were mostly used by finalists and least used by the 3rd group, however, significant differences were only observed in balance element no. 10, in the finalists and 2nd group versus 3rd group ($p<0.001$).

Figure 5 shows that the balance elements least used by finalists were no. 6 and 18 in 3.1% of the routines, and no. 1, 9 and 19 in 1.6% of the routines. Balance element no. 18 was most used by the 2nd and 3rd groups than by the finalists. Therefore, significant differences were found in the finalists versus 2nd ($p=0.006$) and 3rd ($p=0.013$) groups.

Figure 5: Balance elements least used and not used by the finalists in the routines, grouped by ranking position

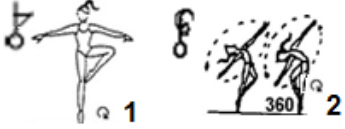
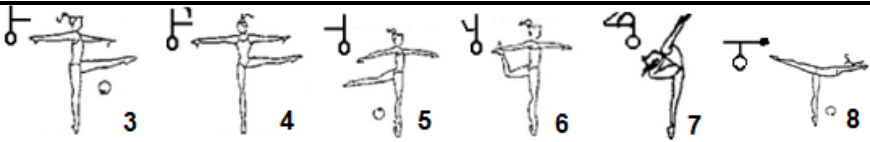
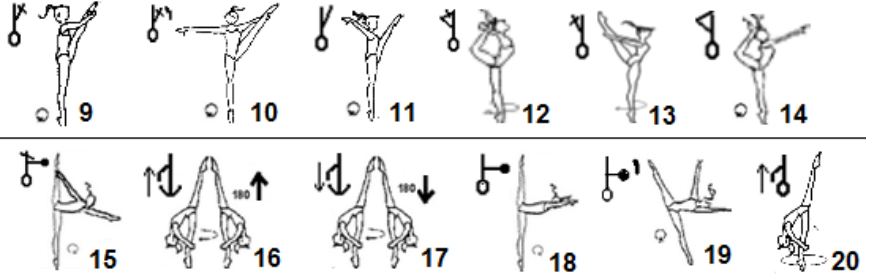
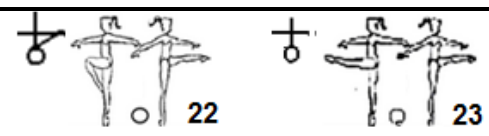


We verified significant differences in the finalists and 2nd group versus 3rd group ($p \leq 0.05$) in some balance elements that were not performed by finalist gymnasts (Figure 5): no. 4, 11 and 20.

Balance Elements on Flat Foot: According to the RG-CoP (FIG, 2012), the balance elements may be performed on flat foot. 9.4% of the finalists, 23.2% and 11.6% of the 2nd and 3rd groups, respectively, included one balance element on flat foot. The balance element most used (91.1%) on flat foot in all groups was no. 16 (Table 2). The other balance elements used on flat foot were no. 17 and 14 (Table 2).

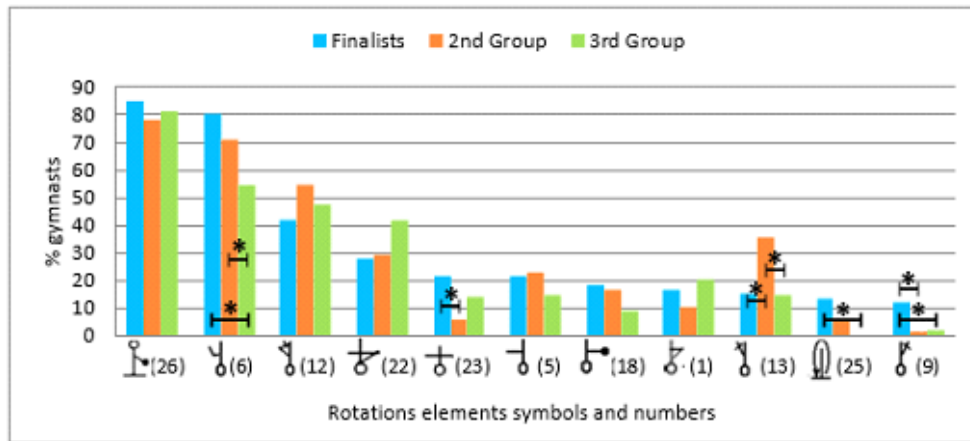
Rotation Elements: Table 3 displays the rotation elements from the RG-CoP (FIG, 2012) used in the 2013 and 2014 Lisbon World Cup. The rotations most used in the routines were no. 26 (80.2%); no. 6 (66.3%); no. 12 (49%); no. 22 (34%); no. 13 (23.3%); no. 1 (16%); no. 18 (14.6%); no. 23 (12.8%); no. 3 (12.5%).

Table 3: Rotation images and symbols used in the Rhythmic Gymnastics routines

Rotation images and symbols from the RG-CoP (2013-2016)	
"Passé" Free leg below horizontal, body bent forward or backward; Spiral turn with wave ("tonneau")	
Free leg straight or bent on the horizontal level; body bent on the horizontal level	
Free leg high up with or without help; body bent on the horizontal level or below horizontal	
«Cossack» (free leg on the horizontal level)	
«Fouetté»	
"Illusion" forward, side, backwards; Spiral turn with full body wave; penché rotation	
Rotation on various parts of the body	

Among the rotation elements most used by finalists (Figure 6), we found the same main rotation elements in all groups: no. 26, 6 and 12 (Table 3).

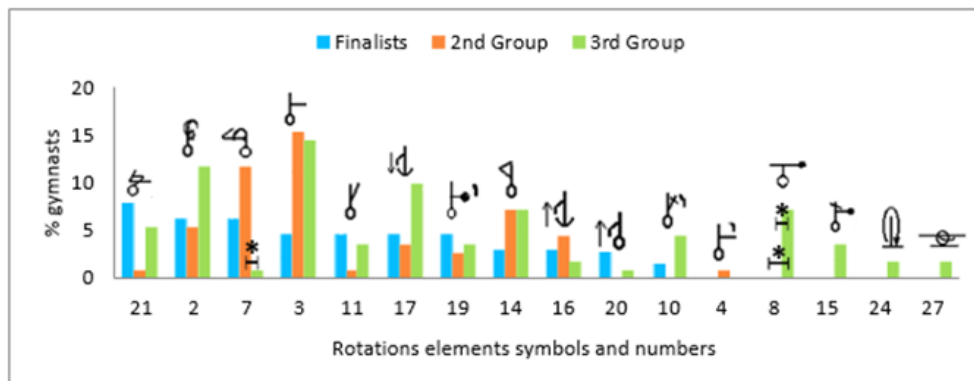
Figure 6: Rotation elements most used by the finalists in the routines, grouped by ranking position



* $p \leq 0.05$: Significant differences

According to Figure 6, significant differences were found in the ranking groups in rotations no. 6, 23, 13, 25 and 9 (Table 3). The finalists showed a higher number of these rotations in their routines when compared to the other groups, except in rotation no. 13, which the 2nd group presented a significantly higher number ($p \leq 0.05$). In rotation no. 6, we can see differences in the finalists and 2nd group versus 3rd group ($p < 0.001$). Significant differences also were found in the finalists versus 2nd group ($p < 0.001$) in rotation no. 23, finalists versus 3rd group ($p = 0.005$) in rotation no. 25, and finalists versus 2nd ($p = 0.013$) and 3rd ($p = 0.002$) groups in rotation no. 9. In Figure 6, we observed that the 3rd group presented a higher number of less complex rotations (no. 22 and 1) than the other groups.

The rotation elements least used by finalists and the rotation elements not used by this group were shown in Figure 7. Finalists used rotations no. 2, 3, 10 and 21 (Table 3) only in multiples difficulties.

Figure 7: Rotation elements least used and not used by the finalists in the routines, grouped by ranking position* $p \leq 0.05$: Significant differences

Significant differences were verified only in rotation no. 7 in the 2nd versus 3rd group ($p=0.014$), although the 2nd group showed a higher number of this rotation than the other ranking groups. The rotation elements not used by finalists were present mostly in routines of the 3rd group. Significant differences were found in the ranking groups only in rotation no. 8. Because only the 3rd group had this rotation in routines (7.1%), we verified differences in the finalists and 2nd group versus 3rd group ($p<0.001$).

Number of turns (complete rotations of 360°) in rotation elements:

Figure 8 displays the number of turns in the rotation elements most used in the routines. The rotation elements with the highest number of turns in the finalists' routines were no. 23, 22, 26 and 6; in the 2nd group, the rotations were no. 22, 23, 26 and 6; and in the 3rd group the rotations were no. 22, 23, 1 and 6.

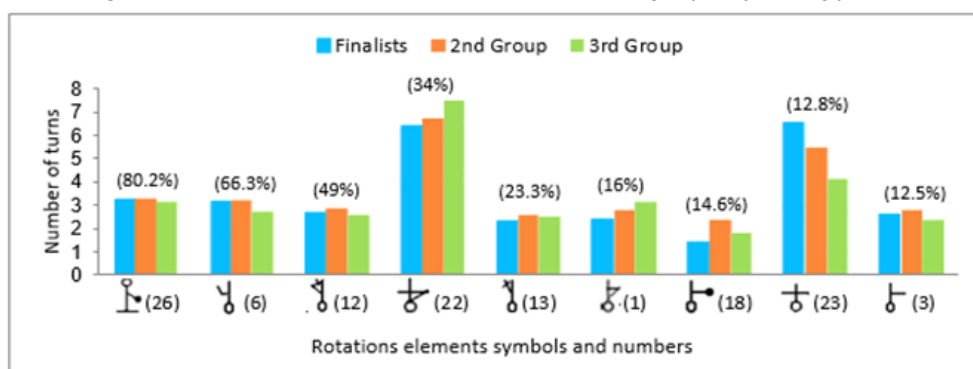
Figure 8: Number of turns in rotations used in the routines, grouped by ranking position

Table 4 presents the number of turns in all rotation elements used in each ranking group.

Table 4: Number of turns in rotation elements most used in the routines, grouped by ranking position

Finalists (n=64)			2 nd group (n=112)			3 rd group (n=112)		
Rotation no.	% gymnasts	$\bar{x} \pm sd$	Rotation no.	% gymnasts	$\bar{x} \pm sd$	Rotation no.	% gymnasts	$\bar{x} \pm sd$
26	84.4%	4.33±2.50	26	77.7%	3.26±0.62	26	80.4%	3.11±0.64
6	79.7%	3.20±0.91	6	70.5%	3.17±0.78	6	54.5%	2.74±0.73
12	42.2%	2.74±0.45	12	54.5%	2.82±0.56	12	47.3%	2.60±0.53
22	28.1%	6.39±4.14	22	29.5%	6.64±2.29	22	42.0%	7.40±1.69
23	21.9%	6.57±2.50	13	35.7%	2.60±0.63	1	20.5%	3.13±1.42
5	21.9%	2.79±0.70	5	23.2%	2.92±0.69	13	15.2%	2.47±0.52
18	18.8%	1.50±0.67	18	17.0%	2.35±0.46	5	15.2%	3.06±0.43
1	17.2%	2.45±1.04	3	15.2%	2.76±0.83	23	14.3%	4.13±1.15
13	15.6%	2.40±0.52	7	11.6%	2.15±0.69	3	14.3%	2.38±0.62
25	14.1%	4.33±2.50	1	10.7%	2.75±0.87	2	11.6%	1.00±0.00
9	14.1%	2.22±0.67	14	7.1%	1.50±0.54	18	9.8%	1.82±0.75
21	7.8%	1.40±0.55	25	6.3%	5.50±1.06	17	9.8%	-
19	7.8%	1.00±0.00	23	6.3%	5.43±1.49	8	7.1%	3.13±0.35
2	6.3%	1.25±0.50	2	5.4%	1.00±0.00	14	7.1%	1.88±0.35
7	6.3%	2.00±0.00	16	3.6%	-	21	5.4%	4.33±2.50
3	4.7%	2.67±0.58	17	3.6%	-	10	4.5%	1.60±0.55
11	4.7%	2.00±0.00	21	0.9%	1.00±0.00	15	3.6%	1.50±0.58
16	4.7%	-	19	0.9%	1.00±0.00	19	3.6%	1.25±0.50
17	4.7%	-	11	0.9%	2.00±0.00	11	3.6%	2.00±0.00
14	3.1%	1.00±0.00	9	0.9%	3.00±0.00	9	2.7%	2.67±0.56
20	3.1%	-	4	0	0	16	1.8%	-
10	1.6%	1.00±0.00	8	0	0	24	1.8%	4.50±0.71
4	0	0	10	0	0	27	1.8%	1.00±0.00
8	0	0	15	0	0	20	0.9%	-
15	0	0	20	0	0	4	0.9%	1.00±0.00
24	0	0	24	0	0	7	0.9%	2.00±0.00
27	0	0	27	0	0	25	0.9%	5.00±0.00

Legend – $\bar{x}$: mean; sd: standard deviation.

The rotation elements most used in all ranking groups were no. 26, 6, 12 and 22 (Table 3). The most common number of turns was 2 or 3 full rotations, except the “fouettés” (no. 22 and 23), in which the gymnasts intended to complete more than 4 turns.

Body difficulties in series: The ranking groups showed a similar number ($p=0.205$) and value ($p=0.279$) of BD in series. The series were performed only in jump elements: no. 18, 20 and 21 (Table 1). However, the jumps most used in the series were no. 18 and 20 in all groups. Jump no. 21 was only used in series by the 3rd group (0.9%).

Multiple Rotation Difficulties: 54.7% of finalists’ routines, 24.1% and 32.1% of the routines of the 2nd and 3rd groups, respectively, incorporated at least

one multiple difficulty. Therefore, significant differences were found in the number of multiple difficulties in the finalists versus 2nd ($p < 0.001$) and 3rd ($p = 0.017$) groups.

Mixed Difficulties: The combinations in mixed difficulties most used were balance plus balance, rotation plus rotation and rotation plus balance. Most gymnasts that presented mixed difficulties only had one combination of elements. The finalists showed a higher number of routines with at least one mixed difficulty (42.2%). Significant differences were found in the total number of mixed difficulties in the routines of finalists and 2nd group versus 3rd group ($p \leq 0.05$).

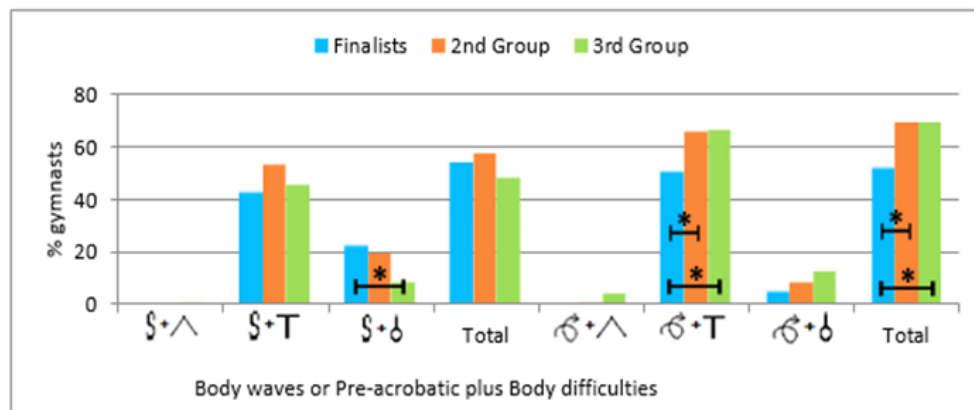
Bonus in BD Elements:

BD (Balance elements) Performed with “Slow turn”: The finalists did not incorporate BD performed in “slow turn”, however, the 2nd (0.9%) and 3rd (2.7%) groups included balance elements no. 14 and 16 (Table 2) performed on flat foot and in “slow turn”.

Criteria Associated with BD (body waves or pre-acrobatic elements):

A similar number of routines in all ranking groups presented one or more BD combined with whole body waves (53.1% in the finalists, 57.1% in the 2nd group and 48.2% in the 3rd group). On the other hand, the 2nd and 3rd groups showed a higher number of BD combined with pre-acrobatic elements than the finalists: 51.6% in the finalists' routines and 68.8% in the routines of both the 2nd and 3rd groups (Figure 9).

Figure 9: Body difficulties combined with whole body waves or pre-acrobatic elements in the routines, grouped by ranking position



Legend: S - whole body waves; ^ - pre-acrobatic elements; ^ - jumps; T - balance elements; o - rotations; * $p \leq 0.05$: Significant differences.

According to Figure 9, balance and jump elements were the body groups most and least used respectively in combination with whole body waves and pre-acrobatics elements. We can see that only the 3rd group had jump elements in combination with pre-acrobatic elements (0.9%) and the finalists did not incorporate jumps combined with body waves or pre-acrobatic elements.

Significant differences were found in the combination of rotation elements with whole body waves in the finalists versus 3rd group ($p=0.034$). Furthermore, significant differences were also found in the total number of BD and balance elements combined with pre-acrobatic elements in routines of finalists versus 2nd and 3rd groups ($p\leq 0.05$). Thus, we observed that the higher the ranking position, the lower the number of pre-acrobatic elements combined with all variables analyzed (jumps, balance elements, rotations and total BD elements). In addition, we verified that in 92.1% of the routines, balance element no. 16 (Table 2) was performed in combination with a pre-acrobatic element.

Body difficulties values: Table 5 shows that significant differences were found in rotation values in the finalists and 2nd group versus 3rd group. The routines with a lower ranking position had lower rotation values.

Table 5: Total jumps, balance elements and rotation values in the routines, grouped by ranking position.

	Finalists (n=64)			2 nd group (n=112)			3 rd group (n=112)			Proof value
	$\bar{x}\pm sd$	Min	Max	$\bar{x}\pm sd$	Min	Max	$\bar{x}\pm sd$	Min	Max	
Jumps ^{*1}	1.57 $\pm$ 0.40	0.7	2.6	1.45 $\pm$ 0.42	0.7	2.7	1.44 $\pm$ 0.44	0.5	2.9	$p=0.232$
Balances ^{*2}	1.44 $\pm$ 0.42	0.8	2.3	1.50 $\pm$ 0.38	0.8	2.4	1.52 $\pm$ 0.36	0.6	2.4	$p=0.119$
Rotations ^{*1,2}	3.04 $\pm$ 0.78	1.0	4.4	3.13 $\pm$ 0.76	1.2	5.2	2.72 $\pm$ 0.76	0.9	4.3	F vs. 3 rd : $p=0.018$ 2 nd vs 3 rd : $p=0.002$

Legend – $\bar{x}$: mean; sd: standard deviation; * $p\leq 0.05$: Significant differences – ^{*1}: Jumps vs. Rotations; ^{*2}: Balances vs. Rotations.

Significant differences were also found when comparing body group values: rotations versus jumps ($p<0.001$) and balance elements ($p<0.001$) in all ranking groups. The rotations had higher values than jumps and balance elements (Table 5).

Table 6 displays that the jump elements with values above 0.50 points were most used by the finalists and 2nd group, while the 3rd group presented more jump elements with 0.50, 0.40 and 0.30 points than the other ranking groups.

Significant differences were verified in the finalists versus 3rd group in jumps with 0.40 points ($p=0.040$) and jumps above 0.50 points ($p=0.029$).

No significant differences were verified between the ranking groups in balance element values. The balance elements presented a lower value range, from 0.30 to 0.50 points. The balance elements of 0.50 points were used in the routines in all ranking groups and the 3rd group used more balance element values of 0.40 and 0.30 points than the other groups. All ranking groups had a higher number of rotations of 0.30 points (Table 6). Furthermore, the 3rd group showed a lower number of rotations of 0.30 points and a higher number of rotations of 0.10 points than the other groups. Thus, significant differences were found in the finalists and 2nd group versus 3rd group ($p\leq 0.05$) in rotation values of 0.30 and 0.10 points.

Table 6: Body group values in the routines, grouped by ranking position

Body group values		Finalists (n=64)			2 nd group (n=112)			3 rd group (n=112)		
		$\bar{x}\pm sd$	Min	Max	$\bar{x}\pm sd$	Min	Max	$\bar{x}\pm sd$	Min	Max
Jumps	>0.50	0.92*±0.66	0	2.20	0.70±0.53	0	2.20	0.57*±0.54	0	2.30
	0.50	0.59±0.40	0	1.50	0.63±0.39	0	1.50	0.70±0.41	0	2.00
	0.40	0.03*±0.11	0	0.40	0.08±0.17	0	0.80	0.11*±0.18	0	0.40
	0.30	0.01±0.06	0	0.30	0.01±0.06	0	0.30	0.02±0.07	0	0.30
Balances	0.50	1.16±0.39	0	2.00	1.17±0.44	0	2.00	1.14±0.51	0	2.00
	0.40	0.18±0.25	0	0.80	0.18±0.22	0	0.80	0.23±0.31	0	1.20
	0.30	0.19±0.73	0	0.30	0.21±0.09	0	0.60	0.30±0.10	0	0.60
Rotations	0.50	0.20±0.36	0	1.50	0.18±0.41	0	1.50	0.12±0.32	0	1.50
	0.40	0.84±0.47	0	1.80	0.83±0.51	0	2.00	0.90±0.42	0	2.80
	0.30	1.65*±0.93	0	3.30	1.75*±0.81	0.60	3.60	1.21*±0.75	0	2.70
	0.20	0.23±0.38	0	1.50	0.12±0.27	0	1.40	0.16±0.25	0	0.90
	0.10	0.23*±0.38	0	1.50	0.23*±0.35	0	1.40	0.41*±0.47	0	2.20

Legend – $\bar{x}$: mean; sd: standard deviation; * $p \leq 0.05$: Significant differences

The importance of variables analyzed in ranking position: According to multiple regression, the regression coefficient of variables: total jumps, balance elements, rotations, mixed difficulty values and number of difficulties with whole body wave presented statistical significance, and therefore, explains 16.7% of the gymnasts' difficulty final score in the 2013 and 2014 Lisbon World Cup ($F = 12.008$, $p < 0.001$, $R^2 = 0.182$, R adjusted square = 0.167). The regression equation is: Difficulty final score = 5.09 + 0.583 (total jump values) + 0.302 (total

balance element values) + 0.377 (total rotation values) + 0.417 (total mixed difficulty values) – 0.101 (number of difficulties with whole body wave).

According to the standardized coefficients (Beta) presented in the multiple regression, the relative degree of importance of variables in gymnasts' final score in ascending order is as follows: balance element values (0.137); mixed difficulty values (0.302); jump values (0.295) and rotation values (0.342).

4. Discussion

Body Difficulties: The RG-CoP (FIG, 2012) included 150 BD in different levels. The distribution of these BD were as follows: 50 in jump elements, 54 in balance elements, 46 in rotation elements. In the jumps, including possible additional criteria (ring, back bend, rotation of 180° or more, passing with bent or straight legs in split), we observed about 107 different possibilities of jump shapes. According to the analysis of the number and proportion of the BD used in the routines, 54.4% of routines had predominance of rotations, while only 12.2% and 11.5% had a higher number of jump and balance elements, respectively. In addition, in 21.9% of the routines, there was a balance in the number of elements of the three body groups: three BD from each body group.

We verified 25 variations of jumps (23.4%), 21 variations of balance elements (38.9%) and 27 variations of rotations (58.7%). Therefore, when the BD were compared based on the number of usage, it was observed that the rotations were the most used elements while balance elements were the least used. When the elements were compared based on the variations of BD, it was determined that the most variations were in rotation elements and the least variations were in jump elements. Thus, the analysis according to the type of BD showed us similar results as Leandro et al. (2016b) for routines performed at the Olympic cycle 2013-2016. The authors found that the rotation elements (especially pivots) were the preferred by gymnasts and the balance elements were the least used, although we observed that the gymnasts with a lower ranking position had lower rotation values, probably because these are very complex elements (Vitrichenko et al., 2011).

The preference of the rotations in the routines can be explained by the high possibility that the gymnast can get more points in a single difficulty. According to the RG-CoP (FIG, 2012), each additional rotation on relevé of 360° increases the level of the rotation difficulty by the base value. Each additional rotation of 360° on flat foot or another part of the body increases the level of difficulty by 0.20 point. Furthermore, there is the possibility to execute multiples rotation difficulties (pivots): a connection of two or more pivots with different shapes and all pivots performed count as one difficulty (FIG, 2012). On the other hand, for Leandro et al. (2016a), the rotation elements are among the main types of difficulty elements responsible for the difference between the initial and final difficulty score in the routines. For the authors, these results suggest that the judges and coaches do not have the same perception of the evaluation criteria of these elements.

The low number of balance elements used in the routines was probably due to the fact that they are static elements with slow execution (Gateva et al., 2015) and especially because they do not have additional criteria to increase the base value, and 0.50 points is the maximum possible value for a balance element (FIG, 2012). Although jump elements have additional criteria to increase their base value, these elements cannot achieve the same values of rotation elements in routines; this explains the higher total number of rotations versus jumps.

In previous several studies, the jump elements were reported as the most used difficulties in routines in RG (Ávila-Carvalho et al., 2011; Ávila-Carvalho et al., 2009; Caburrasi & Santana, 2003; Salvador, 2009). Ávila-Carvalho et al. (2012) observed that the balance elements and jumps were, respectively, the first and second mostly used body groups in all ranking position composition routines. As the authors analyzed group routines (five gymnasts), the rotation elements were least used probably because these are the most complex and time dependent BD. This makes them more unpredictable when trying to demonstrate a good synchronization amongst five gymnasts (Ávila-Carvalho et al., 2012).

We observed, like Leandro et al. (2016b), a limited variety in the use of BD elements. In our study, only six jumps (5.6%), eight balance elements (14.8%) and nine rotation elements (33.3%) were mostly used, in at least 10% of the routines, although the RG-CoP has a great variety of BD elements to be used.

The success in RG is achieved with high level and perfect execution of body elements and apparatus technique, in harmony with the character and rhythm of the music, respecting the principle of originality and diversity (Massidda & Calò, 2012). The limited variety on BD elements is a negative point, because it makes the composition uninteresting and it does not favor the artistic value (Ávila-Carvalho et al., 2012). Furthermore, the composition does not become unique, with the expected diversity and creativity for a spectacular routine (Balcells et al., 2009; Leandro et al., 2015). As RG is a visually appealing sport, it is very important to keep the high interest of the public (Agopyan, 2014), and the judges. On the other hand, to achieve perfection and reproducibility of their routines, the gymnasts must practice and repeat the basic elements countless times (Hutchinson, 1999). Therefore, this may explain the reduced variety of BD in the routines. To attain better performances, without execution faults, the gymnasts tend to use the same quality BD for all of their routines and it is clearly an indication of the lack of selection of the BD (Agopyan, 2014).

Jump Difficulties: The jump elements most used were “jeté with turn”, which contain the highest values in the RG-CoP (FIG, 2012). These types of jumps with rotation provide a greater variety of movements and thus contribute to the originality of the routine (Breitkreutz & Hökelmann, 2014). However, these are more demanding on the gymnasts’ physical preparation, requiring a higher level in body training (Lebre & Araujo, 2006) and in apparatus handling, because it is harder to perform with apparatus work (Ávila-Carvalho et al., 2012). The easy jump elements are mostly linked with complex apparatus technique (Breitkreutz & Hökelmann, 2014).

Trifunov & Dobrijević (2013) analyzed the routines of the 6 best gymnasts in the 2010 World Championship in Moscow and they observed that the most used jumps in hoop, ball and rope routines were no. 15, 20, 18, 16 and 9 (Table 1). Therefore, jumps no. 15, 20 and 18 continue to be widely used by the best ranked gymnasts. Gymnasts are not using jumps no. 16 and 9 with the same frequency, probably because they have less additional criteria to increase the routine score. These same elements with additional criteria were amongst the jumps most used by the finalists: no. 17 and 21 (Table 1). Agopyan (2014) also

observed that the elite gymnasts displayed a wider variety of “jeté with turn” jumps in all apparatus analyzed: no. 15, 16, 18 and 20.

In our study, the higher the ranking position, the higher the jump values used in routines. Leandro et al. (2016a) verified the same results. The finalists and 2nd group incorporate the jump elements with the highest values (> 0.50 points). These elements have a high level of physical and technical demand (Lebre & Araujo, 2006). On the other hand, the lower the ranking position, the higher the usage of jump elements with low values, which confirms the expected result, although the 3rd group preferred jumps with 0.50 points.

The gymnasts presented only series in jump elements: no. 18, 20 and 21 (Table 1). We verified that only turning split leaps with values equal to or higher than 0.50 were performed in series in the routines. Series are an exception in the RG-CoP (FIG, 2012), because the gymnasts can perform two or more successive identical jumps with or without an intermediary step (depending on the type of jump). Each jump element in a series is assessed as a difficulty; therefore, the gymnasts choose jumps with a higher value and more beauty. These turning split leaps used in series are performed with body rotation and a high range of motion, which ensures more beauty in the routine.

Balance Elements Difficulties: The most commonly used balance elements in hoop, ball and rope routines by the 6 best gymnasts in the 2010 World Championship in Moscow were no. 9, 10, 13, 15, 16 and 18 (Table 2) (Trifunov & Dobrijević, 2013). Therefore, balance elements no. 10, 13, 15 and 16 continue to be widely used by the best gymnasts in their routines. Gymnasts do not use the balance element no. 9 with the same frequency, probably because in the RG-CoP (FIG, 2012) this element has a high difficulty level and it is less valued than in the previous RG-CoP (FIG, 2009). According to our analysis, balance element no. 18 was most used by the 2nd and 3rd groups when compared to the finalists. For Agopyan (2014), the balance elements most used by elite gymnasts were no. 13, 15, 16, 3 and 18 (Table 2). Only balance element no. 18 has dropped from the elements most used by elite gymnasts, probably because this balance element requires a lot of time to be executed, since the gymnasts have to show all the different shapes of this element (FIG, 2012).

The ranking groups included mostly balance elements with 0.50 points. However, as expected, and also verified by Leandro et al. (2016b), the gymnasts of lower ranking had a higher number of 0.30 and 0.40 points balance elements. In our study, the finalists presented more balance elements with high amplitude requirements than the 2nd and 3rd groups. If gymnasts want to compete for a higher place in the ranking, they must include balance elements of higher amplitude and value in their routines (Ávila-Carvalho et al., 2012). The flexibility is the main physical quality required for the execution of most RG technical elements (Laffranchi, 2005), since RG is characterized by high amplitude and plasticity movement (Bobo & Sierra, 1998).

Finalists did not incorporate BD performed in “slow turn” as per another recent study (Agopyan, 2014). The “slow turn” was not frequently used in routines probably due to its high difficulty demand (in relevé), and especially because it requires more time to complete the element. Specific balance elements can be performed on flat foot; however, the value is reduced by 0.10 point (FIG, 2012). The use of balance elements on flat foot can be justified by an easier and more stable execution. We observed a higher number of routines with balance elements on flat foot in the 2nd (23.2%) and 3rd (11.6%) groups. The finalists were the group with the lowest number of balance elements on flat foot (9.4%). Most BD executed on flat foot were performed in mixed difficulties (46.7%) or in combination with body wave and/or pre-acrobatic elements (42.2%).

Rotation Difficulties: The rotation element most used was the “Penché” (no. 26) (Table 3), as Agopyan (2014) also observed in elite gymnasts in the 2012 London Olympic Games, although this element was part of Flexibility/body waves difficulty elements. The new technical framework (FIG, 2012) eliminated this body group and these elements became balance difficulty elements or rotation difficulty elements. In our study, 80.2% of the routines showed rotation no. 26. This rotation requires the trunk bending forward and the leg position at 180 degrees backwards. This element is not the most demanding element, compared to other elements with the same difficulty value, which might be the reason why it is used so often (Agopyan, 2014). Furthermore, the gymnast can execute a high number of turns probably because it is performed in flat foot, and it is possible to get

higher control and stability. Each additional turn of 360° on flat foot or another part of the body increases the difficulty level by 0.20 point (FIG, 2012).

According to Agopyan (2014), the rotations most used by elite gymnasts were no. 6, 12, 22 and 23 (Table 3). The fouetté rotations (no. 22 and 23) were the BD with the highest value. In another study, Trifunov & Dobrijević (2013) observed the most common rotation elements used in hoop (no. 6, 11, 12, 13, 15, 18, 19 and 26), ball (no. 11, 12, 13, 15, 18, 19 and 21) and rope (no. 6, 7, 8, 12, 13 and 15) routines (Table 3). They concluded that rotations no. 12 and 13 were the most used in all routines. Rotations no. 6, 12 and 26 continue to be widely used by the best gymnasts in their routines probably because they perform many turns in these elements and, therefore, can achieve high BD values. Rotation no. 18 was also one of the most used by finalists although we believe that this BD was used in their routines due to its high base value, as the gymnasts perform a limited number of turns in this element. Previous studies (Ávila-Carvalho et al., 2011; Lebre, 2007; Salvador, 2009) verified that the “fouetté” pivot (no. 22 and 23) was not the most used in individual routines.

However, these BD are currently widely used in routines of gymnasts in all ranking positions. “Fouetté” pivots (no. 22 and 23) had a higher number of turns than the remaining rotation elements because they allow the gymnast to descend from relevé in-between turns, making it easier to achieve a higher number of turns. Rotations no. 7, 11 and 19 are not being used with the same frequency by gymnasts probably because these elements have a high difficulty level and it is difficult to perform a high number of turns. The finalists did not use rotations no. 8, 15 and 21. Rotation no. 21 was widely used in the RG-CoP 2009-2012 (FIG, 2009), but in the RG-CoP 2013-2016 (FIG, 2012) this element saw its base value highly reduced, so its use was also reduced.

We observed that 59.3% of rotation elements used in the competition were among the rotations least used and not used by finalists in their routines. This non-preference for some of these rotations can be justified by the high complexity of the elements and consequent limited possible number of turns. The non-preference for the other rotations can be justified by their initial low score or by

the lack of beauty in the shape. Finalists (Table 3) used rotations no. 2, 3, 10 and 21 only in multiples difficulties.

Only the 3rd group incorporated rotations from the group “Rotation on various parts of the body” (no. 27) (Table 3). The finalists and the 2nd group only used pivots, probably because it is possible to achieve a higher score performing a higher number of turns. Each additional turn (360°) on “relevé” increases the difficulty level by the base value (FIG, 2012); therefore, gymnasts in all groups used rotation elements in which they could achieve a higher number of turns.

Multiples rotation difficulties (pivots) are complex elements in which the gymnasts perform two or more pivots with different shapes, connected without heel support, and no bonus is given for connection (FIG, 2012). The routines of finalists presented a higher number of multiples difficulties than the remaining groups. The finalists are the best gymnasts, therefore it was expected that they would present more complex rotations than the gymnasts of lower ranking groups.

When we analyzed the value of rotation elements used by the different groups, like Leandro et al. (2016b), we observed that the rotations on “relevé” with 0.30 points were the most performed by all gymnasts regardless of their final ranking position. Furthermore, the 3rd group had a higher number of rotation elements with 0.10 and 0.40 points, while the finalists preferred to include rotation elements of 0.20 and 0.50 points in their routines.

Mixed Difficulties: Mixed difficulties are complex elements in which the gymnasts perform two or more different difficulties from the same or different body groups (each component counts as one difficulty), connected according to different criteria depending on the body group, with bonuses given for connections performed without interruptions (FIG, 2012). In our study, the finalists performed a higher number of routines with at least one mixed difficulty (42.2%). These results were expected due to the high demanding factors in the execution of mixed difficulties. The high complexity of this type of difficulty demands extraordinary coordination, perfect control of the apparatus technique and many hours of practice (Vitrichenko et al., 2011), therefore, it is expected that the best gymnasts have the most complex elements in their routines.

Leandro et al. (2016b) also verified that mixed difficulties had higher values in the routines of the gymnasts placed in the 1st part of the ranking and decreased in the routines of the gymnasts placed in the 2nd and 3rd ranking parts.

Criteria associated with difficulty – body waves or pre-acrobatic elements: Balance elements and jumps were the body groups most and least used, respectively, in combination with whole body waves and pre-acrobatic elements. We observed that the higher the ranking position, the lower the number of pre-acrobatic elements combined with all variables analyzed (balance elements, rotations and jump elements). The finalists had a lower number of pre-acrobatic elements combined with BD probably because, as the pre-acrobatic elements are already widely used in the DER, these gymnasts have routines with a higher variety of elements choosing to combine BD with body waves. Furthermore, the body waves got bonuses only when combined with BD.

Therefore, the finalists showed a higher variety of elements in their routines, as they did not present a large number of pre-acrobatic elements (in DER and combined with BD). However, according to Leandro et al. (2015), the judges presented high levels of disagreement in the evaluation of the criteria (body waves or pre-acrobatic elements) associated with BD elements.

The importance of the variables analyzed in ranking position: The data collection was done through the difficulty forms, which are a plan of intentions before the competition. Therefore, the analysis was made considering the correct execution of the body difficulties proposed in the official difficulty, since that the final difficulty score reflects what gymnast performed effectively without mistakes during the competition.

The analysis of body difficulties separately of the other difficulties elements was performed to identify within of different types of body difficulties (jumps, balances and rotations elements) and the criteria of RG-CoP associated to the body difficulties (series, mixed and multiples difficulties; number of turns in the rotations elements; slow turn in balances elements; body waves and pre-acrobatic elements in body difficulties), are more important in the difficulty ranking position. However, if we performed an analysis of all difficulty content of the

routines it would be necessary to consider also the other three difficulty elements (dance steps, apparatus mastery and dynamic elements with rotation and throw).

Thus, we verified the following hierarchy of importance of the variables that most contribute to the success in the competition: value of rotations; value of jumps; value of balance elements and value of mixed difficulties. Therefore, the rotation elements presented a higher importance in the routines in RG in the Olympic cycle 2013-2016. These results were probably based on the predominance of rotation elements in the routines and the high number of turns proposed in the official difficulty forms.

5. Conclusions

The focus of the routines' composition was on rotation difficulty elements and in the number of turns. Lower values were verified in balance elements and jump elements performed. Among all BD, the rotations were the body group with the most variety, while jumps had the more limited variety. Gymnasts tend to use the same jump, balance and rotation in all their routines, therefore the lack of variety and the similarity of BD levels in the composition of routines in different apparatus in RG can compromise the originality, beauty and variety of this sport.

Although there were no significant differences in the ranking groups in the total value of BD elements (jumps, balance elements and rotations), with the exception of rotations in the finalists and 2nd ranking group versus 3rd ranking group, we observed that the finalists presented routines with different characteristics. The routines of different ranking positions had similar initial difficulty scores, however, in the competition; the judges validate or invalidate each one of the elements proposed in the official difficulty form. The higher the number of validated elements and the better the quality of execution in the routine, the better the ranking position.

The hierarchy of importance of the variables that most contribute to the success in the difficulty final score in competition is: value of rotation elements; value of jumps; value of balance elements and value of mixed difficulties.

Therefore, the rotation elements presented a higher importance in the routines in RG in the Olympic cycle 2013-2016.

Acknowledgments: The authors would like to thank the Portuguese Federation of Gymnastics and the RG World Cup Organization that permitted the making of this study possible.

6. References

- Agopyan, A. (2014). Analysis of Body Movement Difficulties of Individual Elite Rhythmic Gymnasts at London 2012 Olympic Games Finals. *Journal of Scientific Research*, 19(12), 1554-1565.
- Ávila-Carvalho, L., Klentrou, P., Palomero, M. L., & Lebre, E. (2012). Analysis of the Technical Content of Elite Rhythmic Gymnastics Group Routines. *The Open Sports Science Journal*, 5, 146-153.
- Ávila-Carvalho, L., Leandro, C., & Lebre, E. (2011). 2009 Portimão Rhythmic Gymnastics World Cup. Scores analysis. Comunicação apresentada em Book of abstracts of the 16th Annual Congress of the European College of Sport Science.
- Ávila-Carvalho, L., Palomero, M., & Lebre, E. (2009). Difficulty score in Group Rhythmic Gymnastics. Portimão 2007/2008 World Cup Series. *Palestrica Mileniului III. Civilizatie si sport*, 3(37), 261-267.
- Ávila-Carvalho, L., Palomero, M. L., & Lebre, E. (2010). Apparatus difficulty in groups routines of elite rhythmic gymnastics at the Portimão 2009 World Cup Series. *Science of Gymnastics Journal*, 2, 29-42.
- Balcells, M., Martín, C., & Anguera, M. (2009). Instrumentos de observación ad hoc para el análisis de las acciones motrices en Danza Contemporánea, Expresión Corporal y Danza Contact-Improvisation. *Apunts educación física y deportes*, 14-23.
- Bobo, M., & Sierra, E. (1998). *Ximnasia Rítmica Deportiva - Adestramento e competición*. Santiago de Compostela: Editora Lea.
- Breitkreutz, T., & Hökelmann, A. (2014). Characterisation of the current level of performance in individual competitions in Rhythmic Gymnastics. In P. O. D. Derek M. Peters (Ed.), *Performance Analysis of Sport IX* (pp. 222-231): Routledge.

- Caburrasi, E., & Santana, M. (2003). Análisis de las dificultades corporales en los Campeonatos Europeos de Gimnasia Rítmica Deportiva, Granada 2002 [Versão eletrónica], 9(65). Consult. 21-Nov-2016, disponível em: <https://www.efdeportes.com/efd65/grd.htm>
- FIG. (2009). Code of Points for Rhythmic Gymnastics: 2010-2013. Lausanne: Fédération International de Gymnastique. [Versão eletrónica], disponível em: <http://www.rsgbul.info/coderg0912-e.pdf>
- FIG. (2012). Code of Points for Rhythmic Gymnastics: 2013-2016. Lausanne: Fédération International de Gymnastique. [Versão eletrónica], disponível em: <https://www.scottishgymnastics.org/sites/default/files/imce/disciplines/2012%20-%202016%20Rhythmic%20Code%20of%20Points.pdf>
- Gateva, M., Gospodarski, N., Treneva, V., Avramov, D., Ivanov, N., & Andonov, K. (2015). *Comparison Between The Static Balance Of Practitioners From Different Sports and Non-Athletes*. Comunicação apresentada: Book of abstracts of the 20th Annual Congress of the European College of Sport Science.
- Hutchinson, M. R. (1999). Low back pain in elite rhythmic gymnasts. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 31(11), 1686-1688.
- Laffranchi, B. (2005). *Planejamento, Aplicação e Controle da Preparação Técnica da Ginástica Rítmica: Análise do Rendimento Técnico alcançado nas Temporadas de Competição*. Porto: Dissertação de Doutorado apresentada a Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.
- Leandro, C., Ávila-Carvalho, L., Sierra-Palmeiro, E., & Bobo-Arce, M. (2015). Accuracy in judgment: The difficulty score in elite rhythmic gymnastics individual routines. *Science of Gymnastics Journal*, 7(3), 81-93.
- Leandro, C., Ávila-Carvalho, L., Sierra-Palmeiro, E., & Bobo-Arce, M. (2016a). Departure Difficulty Score Vs Final Difficulty Score. The Effect of Performance in Elite Rhythmic Gymnastics. *Athens Journal of Sports*, 3(3), 169-177.
- Leandro, C., Ávila-Carvalho, L., Sierra-Palmeiro, E., & Bobo-Arce, M. (2016b). Technical content of elite Rhythmic Gymnastics. *Science of Gymnastics Journal* 8(1), 85-96.
- Lebre, E. (1993). *Estudo comparativo das exigências técnicas e morfofuncionais em Ginástica Rítmica Desportiva*. Porto: Dissertação de Doutorado apresentada a Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.

- Lebre, E. (2007). *Estudo da dificuldade dos exercícios apresentados pelas ginastas individuais na Taça do Mundo de Portimão 2007*. Comunicação apresentada em 2º Congresso Nacional de Formação da Federação de Ginástica de Portugal.
- Lebre, E., & Araujo, C. (2006). *Manual de Ginástica Rítmica*. Porto: Porto Editora.
- Massidda, M., & Calò, M. (2012). Performance scores and standings during the 43rd Artistic Gymnastics World Championships, 2011. *Journal of Sports Sciences*, 30(13), 1415-1420.
- Salvador, G. (2009). *Avaliação do nível de dificuldade corporal dos exercícios individuais de competição de Ginástica Rítmica das ginastas portuguesas da categoria de juvenil e de junior*. Porto: Dissertação de Mestrado apresentada a Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.
- Sierra-Palmeiro, E., Fernández-Villarino, M., & Bobo-Arce, M. (2015). *Estudio longitudinal (1997-2014) de la técnica de aparatos en al gimnasia rítmica individual de élite*. Comunicação apresentada em 1º Congresso Iberoamericano Desporto, Educação, Atividade Física e Saúde.
- Trifunov, T., & Dobrijević, S. (2013). The structure of difficulties in the routines of the best world and serbian rhythmic gymnasts. *Physical Culture* 67 (2), 120-129.
- Vitrichenko, N., Klentrou, N., Gorbulina, N., Della Chiaie, D., & Fink, H. (2011). Rhythmic Gymnastics. Technical Manual. Level 3. . In FIG (Ed.). Lousanne: FIG Academy.

ESTUDO IX

Dance steps, dynamic elements with rotation and throw and mastery elements in Rhythmic Gymnastics routines

Amanda Batista¹, Rui Garganta¹ e Lurdes Ávila-Carvalho¹

¹ CIFI²D, Kinanthropometry Lab, Faculty of Sport, University of Porto, Portugal.

Objetivos: Conhecer a diversidade e variedade dos elementos de dificuldade (passos de dança, maestrias e elementos dinâmicos com rotação e lançamento) utilizados nos exercícios individuais de competição de ginastas de elite; (2) Comparar essas características em diferentes grupos de classificação; e (3) Identificar o grau de associação dos elementos de dificuldade e a pontuação final das ginastas.

Artigo publicado:

Science of Gymnastics Journal

Batista, A.; Garganta, R., Ávila-Carvalho, L. (2018). Dance steps, dynamic elements with rotation and throw and mastery elements in Rhythmic Gymnastics routines. *Science of Gymnastics Journal*. 9 (2): 177-189.

Dance steps, dynamic elements with rotation and throw and mastery elements in Rhythmic Gymnastics routines

Abstract

Analyze of individual elite routines allows to gain more knowledge about the performance of the RG structure. Therefore, the aims of this study are to know the difficulty elements diversity and variety (dance steps, masteries and dynamic elements with rotation and throw) in individual routines of elite gymnasts who competed at the 2013 and 2014 Lisbon World Cup, to compare these characteristics across different ranking groups, and to identify the association degree of the difficulty elements and the gymnasts' final score. 288 official difficulty forms of four routines were analyzed. The gymnasts' routines were clustered into three groups according to their ranking position. Kruskal-Wallis and Mann-Whitney tests, as well as Pearson Correlation were used. The best gymnasts presented routines with some different characteristics, however, we verified a high similarity in the difficulties elements analyzed in the compositions that can compromise the originality and variety of this sport. We observed that the higher gymnasts' final score, have also higher departure difficulty score; lower number of combinations of base and criteria in masteries; higher number of non-fundamental and lower number of fundamental group elements in masteries. On the other hand, higher number of masteries and number of additional criteria of body rotations in dynamic elements with rotation and throw, lower the gymnasts' final score. However, we believe that the real differences in the ranking groups is mostly justified by evaluation of the judges of the difficulty elements presented in the official Difficulty forms and in the execution quality of the gymnasts.

Keywords: difficulty elements, individual routines, elite gymnasts, rhythmic gymnastics.

1. Introduction

Rhythmic Gymnastics (RG) is characterized by a high level of technical demand in the difficulty elements and apparatus techniques of rope, ball, hoop,

clubs and ribbon, combined with the aesthetic and artistic aspects (Breitkreutz & Hökelmann, 2012; Hökelmann et al., 2012) RG competition routines are assessed according to the international RG Code of Points (RG-CoP). Every 4 years, at the end of the Olympic cycle, this code is improved and published by the RG Technical Committee of the International Gymnastics Federation (FIG) (Ávila-Carvalho et al., 2010). The main purpose is to provide a more objective evaluation of the competition routines and promote the sport development (Ávila-Carvalho et al., 2012). The RG-CoP changes increase the difficulty and the demand of the competition routines requirements (Lisitskaya, 1995; Oliveira et al., 2004), according to the actual practice of the sport. However, the Code also determines the direction in which RG will evolve (Trifunov & Slobodanka, 2013).

The knowledge of the content of the high-level gymnasts' competition routines including the details concerning the specificity of their components, can contribute to characterize the requirements allowing improvements in a gymnasts' preparation for competitions (Ferreirinha et al., 2011). Therefore, to identify trends in the performance structure, to understand how the RG-CoP is interpreted and to meet the compositional strategies used by reference coaches (Ávila-Carvalho et al., 2012) can be also useful information to coaches and gymnasts as feedback to determine the training models in order to improve performance (Fernandez-Villarino et al., 2013). However, the small number of studies about competition routines in RG (Agopyan, 2014) can be justified by the constant evolution of RG-CoP requirements. Thus, according to Lebre (1993), it becomes difficult to compare the results.

The content of the competition routines is represented by music, composition design and chose/combination of body and apparatus elements (Hökelmann et al., 2013), therefore it is influenced by several qualitative and quantitative factors. The qualitative factors are highly dependent on subjective perceptions and in the other hand, the quantitative factors are more objective and, therefore, more suitable for performance analysis (Breitkreutz & Hökelmann, 2012; Hökelmann & Blaser, 2006; Hökelmann et al., 2012). The quantitative factors in individual routines in the 2013-2016 Olympic cycle include the difficulty

elements: body difficulties; dance steps; masteries; dynamic elements with rotation and throw (DER) (FIG, 2012).

The aims of this study are to know the difficulty elements diversity and variety (dance steps, masteries and DER) in individual routines of elite gymnasts who competed at the 2013 and 2014 Lisbon RG World Cup and to compare these characteristics across different ranking groups. Furthermore, to identify the association degree of the difficulty elements and the gymnasts' final score. The hypothesis of the study is that the finalists gymnasts (top 8 ranking gymnasts) have routines with higher scores and more complex elements (in quantity and difficulty) than the other lower-ranked gymnasts.

2. Materials and Methods

Gymnasts and Data Collection: 288 individual routines from different countries performed in 2013 and 2014 Lisbon RG World Cups (Portugal) were analyzed according to 2013-2016 RG-CoP rules (FIG, 2012). The World Cup Organization approved this study.

Each participant performed four routines (hoop, ball, clubs and ribbon) and the analysis was carried out based on the Difficulty forms submitted prior to the competition by the coaches and not evaluated by the judges. The 72 gymnasts were clustered into three groups according to their ranking routine in each apparatus: 1st group (Finalists) – 1st to 8th place in the ranking; 2nd group – 9th to 22nd place in the ranking; 3rd group – 23rd to 36th place in the ranking.

Two international RG judges conducted the analysis. The high intraclass correlation coefficient values in the relative reliability analysis: intra-examiner (0.98) and inter-examiner (0.97) demonstrated high objectivity in the evaluation.

Statistical Procedures: Statistical analysis was performed using the Statistical Package for Social Sciences (SPSS 20.0). The level of significance was set at 5%. Descriptive statistics were calculated using the mean, standard deviation and range values. Kruskal-Wallis and Mann-Whitney tests were used to compare the ranking groups. Pearson Correlation was performed to analyze the association degree of the difficulty elements in the gymnasts' final score.

RG-CoP rules (FIG, 2012):

- Fundamental (FGE) and non-fundamental apparatus group elements (NFGE): Table 1 presents the FGE and NFGE in hoop, ball, clubs and ribbon routines. These apparatus elements are performed in the dance steps, masteries and body difficulties, and they should be included in the official Difficulty forms.

- Masteries: The mastery consists of, at least, one base (1B) – FGE and/or NFGE, plus a minimum two criteria (2C). Alternatively, two bases (2B) plus minimum one criteria (1C).

- DER: Table 2 shows the additional criteria of throw, body rotation (during the fly of the apparatus) and catch of the apparatus performed in the DER.

Table 1: Summary of fundamental and non-fundamental apparatus group elements of the RG-CoP (2013-2016)

Apparatus	Fundamental apparatus group elements	Non-Fundamental apparatus group elements
Hoop 	Passing through the Hoop with the whole or part of the body	Passing over the Hoop with the whole or part of the body
	Roll of the Hoop over minimum 2 body segments	Small throw and catch
	Roll of the Hoop on the floor	Throws or catches: Medium or Large throw
	Rotations of the Hoop around its axis: One free rotation between the fingers or on the part of the body / Series of rotations on the floor	Apparatus handling: Figure 8 with ample body movement; Large circles; Transmission of the apparatus around any part of the body or under the leg(s)
	Series of rotations around the hand / One free rotation around a part of the body	Unstable balance on the part of the body
Ball 	Roll of the Ball on the floor: Large (min. 1 meter) or series of small rolls	"Flip-over" movement of the Ball; Rotations of the hand(s) around the Ball; Series of assisted small roll; Roll of the body over the Ball on the floor; "Trust"/push of the Ball from different parts of the body
	Roll of the Ball over minimum 2 large body segments	Throws or catches: Medium or Large throw
	Catch of the Ball with one hand	Small throw and catch
	Series of small bounces or one high bounce; Visible rebound from a part of the body	Apparatus handling: Large circles; Transmission of the apparatus around any part of the body or under the leg(s)
	Figures eight of the ball with circle movements of the arms and ample movement of the trunk	Unstable balance on the part of the body
Clubs 	Mills: at least 4 small circles of the Clubs with time delay and by alternating crossed and uncrossed wrists/ hands each time	For 1 or 2 clubs: Free rotations on the part of the body or on the floor; Rolls on the part of the body or on the floor; Rebound from the body; "Sliding"; Tapping (min 1); "Trust"/push of the Club from different parts of the body
	Asymmetric movements of 2 Clubs	Small throw and catch of 1 Club
	Small throws and catches with rotation of 2 Clubs together simultaneously or alternating	Throws or catches: Medium or Large throw
		Throws or catches of 2 Clubs, simultaneous or asymmetric "Cascade" throws (double or triple)
		Apparatus handling: Figure 8 with ample body movement; Large circles; Transmission of the apparatus around any part of the body or under the leg(s) Unstable balance on the part of the body

Ribbon 	Spirals (4-5 waves); Spirals on the floor	"Boomerang" (in the air or on the floor)
	Snakes (4-5 waves); Snakes on the floor	Rotational movement of the stick around the hand; Roll of the stick on the part of the body; Rebound of the stick from the part of the body; Wrapping; Movement of the Ribbon around a part of the body created when the stick is held by different parts of the body
	Passing through or over the pattern of the Ribbon	Small throw and catch
	"Echappé"	Throws or catches: Medium or Large throw
		Apparatus handling: Figure 8 with ample body movement; Large circles; Transmission of the apparatus around any part of the body or under the leg(s) Unstable balance on the part of the body

Table 2: Summary Table of Additional Criteria of throw, body rotation and catch of apparatus in DER

Additional criteria - throw of apparatus in DER
Outside of visual control during the throw
Without the help of the hands during the throw
Passing through the apparatus during throw
Throw with rotations around its diameter; on horizontal or vertical plane
Throw with oblique plane
Throw of 2 Clubs
Asymmetric throw of 2 Clubs
Throw under the leg/legs
Throw after bounces on the floor, after rolling on the floor, etc.
Additional criteria - body rotation in DER
Change of body rotation axis under the throw or during the catch of the apparatus
Change of level (two levels: flight/standing and floor)
Additional criteria - catch of apparatus in DER
Outside of visual control during the catch
Without the help of the hands during the catch
Passing through the apparatus during catch
Mixed catch of Clubs
Catch under the leg/legs
Direct catch in a roll
Direct re-throw / re-bound
Direct catch in rotation
Catch of the Ball with one hand

3. Results

Dance steps: The gymnasts presented similar number of dance steps and FGE in dance steps (Figure 1). No significant differences were found in the groups in all dance steps variables evaluated: number of dance steps ($p=0.981$); number of FGE per dance steps ($p=0.728$); number of dance steps by apparatus:

hoop ($p=0.259$); ball ($p=0.685$); clubs ($p=0.357$) and ribbon ($p=0.694$); number of FGE by apparatus: hoop ($p=0.899$); ball ($p=0.208$); clubs ($p=0.683$) and ribbon ($p=0.477$) routines.

Figure 1: Dance steps data presented in the Rhythmic Gymnastics routines clustered according to their ranking position

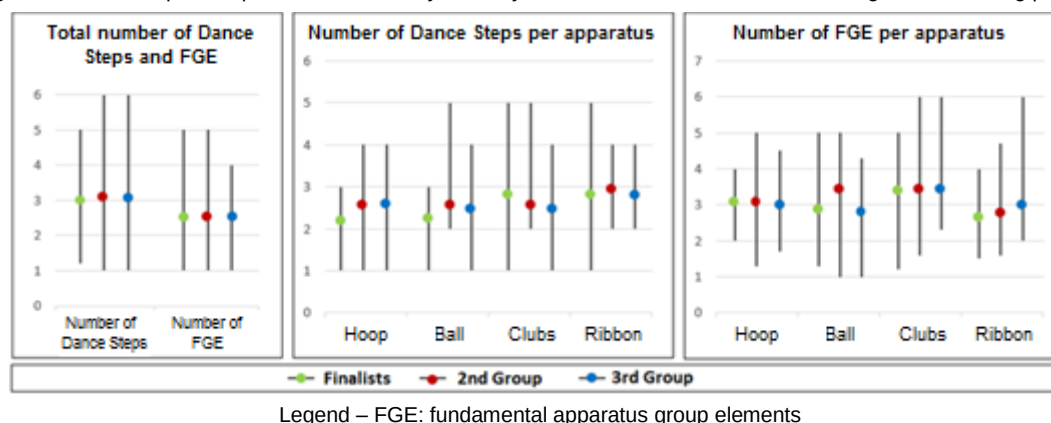
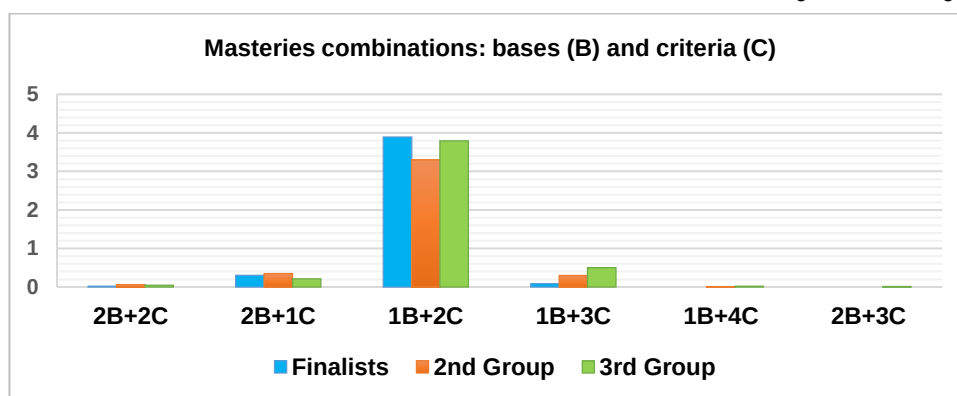


Figure 1 shows that all groups showed a higher number of dance steps in ribbon routines and higher number of FGE in dance steps in the clubs routines.

Masteries (M): The routines presented six different combinations (Figure 2) of bases and criteria. Although not necessary, many routines presented more criteria and/or bases than the required by the RG-CoP (FIG, 2012), because the element is valid if the gymnasts perform without execution faults at least the minimum number of base and criteria elements. The most routines presented the combination one base plus two criteria (3.62 ± 2.11 masteries), probably because this is simpler combination of bases and criteria required by the RG-CoP (FIG, 2012).

Figure 2: Combinations of bases and criteria in masteries in the routines clustered according to their ranking position



We verified that the higher the ranking position, the fewer types of combinations were observed: finalists (4); 2nd group (5) and 3rd group (6).

The gymnasts of 3rd group showed a high range in the number of masteries (Table 3). Furthermore, this ranking routine presented a higher of masteries elements than the remaining groups, although no significant differences were found in the number of masteries in all groups analyzed ($p=0.654$). On the other hand, we observed a lower range in the number of masteries in finalists' routines.

Table 3: Number of masteries elements with fundamental and non-fundamental group elements in Rhythmic Gymnastics routines clustered according to their ranking position

Apparatus	Ranking groups	Total Number M			Number M with FGE ($\bar{x}\pm sd$)	Number M with NFGE ($\bar{x}\pm sd$)
		Min	Max	$\bar{x}\pm sd$		
General (all apparatus)	Finalists (n=64)	2	8	4.31 $\pm$ 1.56	2.11* $\pm$ 1.93	2.52* $\pm$ 1.14
	2 nd group (n=112)	1	10	4.14 $\pm$ 1.95	2.22 $\pm$ 2.09	2.30 $\pm$ 1.24
	3 rd group (n=112)	0	13	4.57 $\pm$ 2.71	2.78* $\pm$ 2.33	2.02* $\pm$ 1.22
Hoop 	Finalists (n=16)	3	7	4.56 $\pm$ 0.96	2.81 $\pm$ 1.64	2.56* $\pm$ 1.03
	2 nd group (n=28)	2	10	5.04 $\pm$ 1.77	3.54 $\pm$ 1.93	2.11 $\pm$ 0.92
	3 rd group (n=28)	1	10	4.54 $\pm$ 2.32	3.46 $\pm$ 2.20	1.46* $\pm$ 1.04
Ball 	Finalists (n=16)	4	8	5.88 $\pm$ 1.26	3.94 $\pm$ 1.73	2.19 $\pm$ 1.33
	2 nd group (n=28)	2	10	5.21 $\pm$ 2.10	3.50 $\pm$ 1.93	1.96 $\pm$ 1.23
	3 rd group (n=28)	1	13	6.32 $\pm$ 3.38	4.14 $\pm$ 2.55	2.32 $\pm$ 1.39
Clubs 	Finalists (n=16)	2	6	3.63 $\pm$ 1.15	0.88* $\pm$ 0.96	2.88 $\pm$ 1.15
	2 nd group (n=28)	1	6	3.54 $\pm$ 1.32	0.71* $\pm$ 0.94	2.93 $\pm$ 1.25
	3 rd group (n=28)	0	10	3.93 $\pm$ 2.05	1.71* $\pm$ 1.49	2.25 $\pm$ 1.18
Ribbon 	Finalists (n=16)	2	6	3.19 $\pm$ 1.38	0.81 $\pm$ 1.28	2.44 $\pm$ 1.03
	2 nd group (n=28)	1	6	2.79 $\pm$ 1.42	1.14 $\pm$ 1.60	2.21 $\pm$ 1.37
	3 rd group (n=28)	1	9	3.50 $\pm$ 2.11	1.79 $\pm$ 2.04	2.04 $\pm$ 1.10

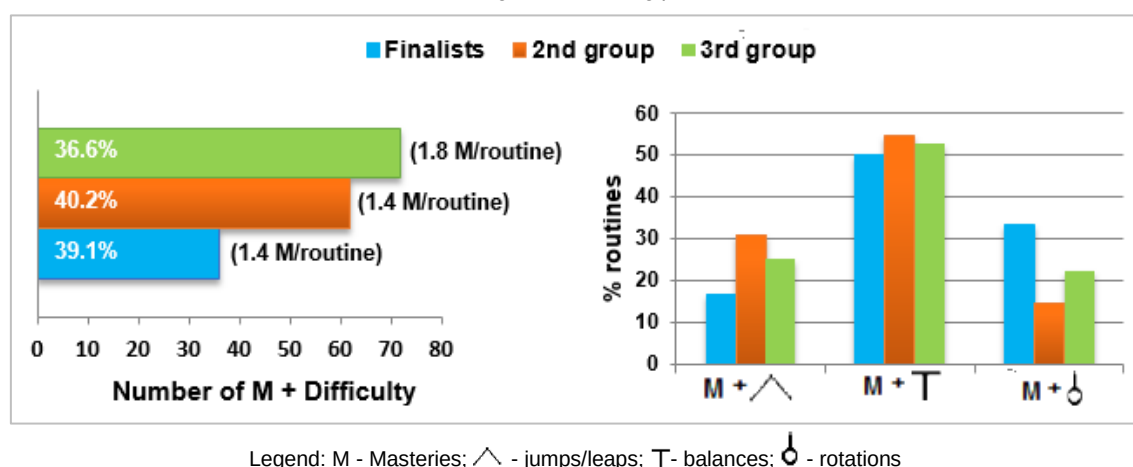
Legend – $\bar{x}$: mean; sd: standard deviation; M: masteries elements; FGE: fundamental groups apparatus elements; NFE: non-fundamental groups apparatus elements.

The choice between using FGE or NFGE in masteries showed different values for the different groups (Table 3), although significant differences were found only in routines of 3rd group ($p=0.006$). This group have a significant superior use of FGE in masteries. We observed that the higher the ranking position, higher the number of NFGE and lower the number of FGE in these elements in the routines. Significant differences also were verified in finalists versus 3rd group ($p=0.013$) in the number of masteries with NFGE.

The routines were analyzed by apparatus (Table 3) and we did not observe significant differences between groups in number of masteries: hoop ($p=0.369$); ball ($p=0.338$); clubs ($p=0.831$) and ribbon ($p=0.476$). However, the ball and hoop routines in all groups analyzed had a higher number of masteries. When we analyzed the minimum and maximum values in Table 3, we observed that all apparatus routines of 3rd group and finalists presented respectively, the higher and the lower range in the number of masteries. The FGE in masteries are more used in hoop and ball routines, and NFGE are more used in clubs and ribbon routines in all groups analyzed. Significant differences were found in the number of masteries with FGE only in clubs routines ($p=0.005$), in finalists and 2nd group versus 3rd group, and in the number of masteries with NFGE in hoop routines ($p=0.004$) in finalists versus 3rd group.

The masteries can be performed in body difficulty elements and we observed in Figure 3 that 39.1% of finalists, 40.2% of 2nd group and 36.6% of 3rd group routines presented at least one mastery performed during a body difficulty (jumps/leaps, balances or rotations). However, the 3rd group showed higher number of masteries per routine, although without statistical significance.

Figure 3: Masteries performed during a body difficulty elements in the Rhythmic Gymnastics routines clustered according to their ranking position



When we compared the use of masteries performed during different body groups elements, no significant differences were found: rotations ($p=0.833$); balances ($p=0.953$) and jumps/leaps ($p=1.000$). However, the finalists had higher number of masteries performed during rotations and lower number performed

during jumps/leaps than the other groups (Figure 3). Balances were the body difficulty most performed during masteries in all groups analyzed.

Dynamic elements with Rotation and throw (DER): According to the analysis of the official Difficulty forms, we observe that all routines had 3 DER elements. Furthermore, no significant differences were found in the ranking groups in all variables of DER. The 1st, 2nd and 3rd DER presented similar values in each of the criteria analyzed (Figure 4): number of rotations ($p=0.337$); total additional criteria ($p=0.806$); criteria of throw ($p=0.862$); criteria of body rotation ($p=0.139$) and criteria of catch ($p=0.262$).

The routines showed in average, for each DER element 3.3 ± 0.4 rotations and 3.6 ± 1.0 additional criteria: 0.9 ± 0.6 criteria during the throw, 1.7 ± 0.6 criteria of body rotation during the fly of apparatus and 1.0 ± 0.7 criteria during catch.

The DER variables were analyzed per apparatus and no significant differences were found between the ranking groups in all apparatus (Table 4). However, we can highlight some results observed. The ribbon routines had the higher number of rotations and additional criteria of body rotation in all groups analyzed, however, these routines presented a low number of additional criteria performed mainly during throw and catch of the apparatus.

Table 4: Number of rotations and additional criteria performed in the DER per apparatus in the Rhythmic Gymnastics routines clustered according to their ranking position

Apparatus	Ranking groups	No. Rotations ($\bar{x}\pm sd$)	Total no. add criteria ($\bar{x}\pm sd$)	No. add criteria Throw ($\bar{x}\pm sd$)	No. add criteria BD ($\bar{x}\pm sd$)	No. add criteria Catch ($\bar{x}\pm sd$)
Hoop 	Finalists (n=16)	3.12 ± 0.49	4.25 ± 1.05	1.02 ± 0.55	1.38 ± 0.74	1.85 ± 0.49
	2 nd group (n=28)	3.24 ± 0.39	4.42 ± 0.84	1.27 ± 0.1	1.66 ± 0.61	1.49 ± 0.65
	3 rd group (n=28)	3.10 ± 0.43	4.25 ± 0.73	1.04 ± 0.50	1.67 ± 0.57	1.55 ± 0.60
Ball 	Finalists (n=16)	3.04 ± 0.34	3.19 ± 0.70	0.33 ± 0.32	1.54 ± 0.74	1.31 ± 0.65
	2 nd group (n=28)	3.16 ± 0.33	2.91 ± 0.61	0.29 ± 0.31	1.51 ± 0.52	1.11 ± 0.51
	3 rd group (n=28)	3.07 ± 0.52	3.29 ± 0.81	0.37 ± 0.29	1.74 ± 0.76	1.18 ± 0.58
Clubs 	Finalists (n=16)	3.19 ± 0.32	4.21 ± 0.47	1.67 ± 0.52	1.73 ± 0.56	0.81 ± 0.50
	2 nd group (n=28)	3.35 ± 0.39	3.85 ± 0.93	1.33 ± 0.59	1.81 ± 0.64	0.70 ± 0.58
	3 rd group (n=28)	3.27 ± 0.37	3.92 ± 0.90	1.30 ± 0.51	1.89 ± 0.55	0.73 ± 0.51
Ribbon 	Finalists (n=16)	3.69 ± 0.31	3.02 ± 0.71	0.73 ± 0.39	1.81 ± 0.61	0.48 ± 0.60
	2 nd group (n=28)	3.54 ± 0.38	3.19 ± 0.66	0.73 ± 0.34	2.02 ± 0.51	0.44 ± 0.43
	3 rd group (n=28)	3.39 ± 0.54	3.00 ± 0.93	0.75 ± 0.47	1.92 ± 0.66	0.33 ± 0.41

Legend – $\bar{x}$: mean; sd: standard deviation; add: additional; BD: body rotation.

The additional criteria are more used in hoop and clubs routines than in ball and ribbon routines. Among these additional criteria, we verified higher number of body rotations criteria during the fly of the apparatus in all apparatus and groups, except in finalists hoop routines. The hoop routines showed a high and similar number of the three additional criteria performed in the DER (during the throw, fly and catch of the apparatus). In ball routines, we observed a low number of additional criteria performed only during the throw of the apparatus. In these routines, the DER had a higher number of criteria during the fly and catch of the apparatus. In the clubs routines, we can see a low number of additional criteria performed during apparatus catch only. Therefore, the additional criteria of throw were more used in hoop and clubs routines, and the criteria of catch of apparatus in hoop and ball routines.

Pearson Correlation: Significant correlations were found between variables of study (Table 5). The positive correlations show that these variables favor the final score, and the negative correlations mean that the increase in the number of these variables reflects negatively on the respective score.

Table 5: Pearson correlations – dependent and independents variables

Dependent Variable	Independent Variables	Proof value	Pearson Correlation
Final Score in the competition	Nº Masteries with NFGE	p=0.002*	0.184
	Nº add criteria of body rotation (DER)	p=0.002*	-0.190
	Departure difficulty score	p≤0.001*	0.540
	Difficulty Score in competition	p≤0.001*	0.962

Legend – NFGE: non-fundamental groups apparatus elements; DER – dynamic elements with rotation and throw; * p ≤0.05: Significant differences

Increases in the number of additional criteria of body rotations in imply a decrease in the gymnasts' final score. Routines with higher number of masteries with NFGE, departure difficulty score and difficulty score in the competition presented higher final scores.

4. Discussion

At every 4 years, at the end of the Olympic cycle, the RG-CoP changes and as a consequence of the constant and quick evolution of this sport, a

permanent upgrade of studies about the composition of competition routines in RG are essential to know the direction in which RG is evolving (Bucar et al., 2013; Caburrasi & Santana, 2003; Čuk et al., 2012; Hökelmann et al., 2012; Massidda & Calò, 2012; Pelin, 2013).

Dance steps: The groups analyzed presented similar characteristics for the dance steps: similar number of dance steps and FGE performed. Therefore, these results showed that the main characteristics of the dance steps presented in the competition routines do not differ the gymnasts according to the ranking position, but the number of validated dance steps by the judges can differentiate them. However, Leandro et al. (2015) verified significant differences in agreement and disagreement on the dance steps evaluation between judges, demonstrating a high variability in the evaluation, probably due to lack of precision in the type of evaluation proposed by the RG-CoP. The authors explain that the dance steps have as criteria to be validate, the duration of at least eight seconds, evaluated without a stopwatch or other device, but through the sensibility of the judge, and can be serious influenced by the music rhythm.

Leandro et al. (2015) recommend that the RG-CoP should include more precise definitions of the technical requirements. Simões (2000) explains that precise criteria allow a correct judgment of performance, due to the possibility of be understood equally by the various evaluators.

We observed that all groups presented a higher number of dance steps in ribbon routines, probably because of the deformable characteristics of the apparatus and the dance steps can bring greater beauty to the compositions. And also, perhaps, due to the length of the ribbon, the gymnasts have to maintain themselves in movement during the all routine duration to avoid the end of ribbon to touch the floor and consequent penalization (FIG, 2012). Therefore, they could choose the dance steps as a way to improve the continuous movement of this apparatus. The clubs routines had the higher number of FGE in each dance steps element in all groups analyzed, probably because the FGE in these apparatus are technical elements performed with a fast execution. Therefore, the gymnast can perform a higher number of apparatus movements in dance steps, showing

high apparatus technique. The inclusion of complex abilities in the routines is essential to have a high score in the competition (Massidda & Calò, 2012).

Masteries elements: A similar number of masteries were found in all groups. As in dance steps, these results suggest that the number of the masteries presented in the gymnasts' official Difficulty forms do not differentiate the gymnasts according to the ranking position. However, we observed that the 3rd group presented a higher number of masteries than the remaining groups and this ranking position also showed a high range in number of masteries. In the finalists' routines, we verified a lower number of masteries.

We believe that these results can be motivated for two reasons. The best gymnasts normally present better physical and artistic capacities for the sport, which allows them to perform more and higher level elements with complex execution (Bobo & Sierra, 2006), while the less able gymnasts can resort to the masteries elements that depends especially on coordination, to increase the difficulty value of their routines. Furthermore, the higher number of masteries can be justified by lack of precision of the rules in RG-CoP (FIG, 2012) for these elements: the mastery must be unique and extraordinary because they are not performed on a regular basis as standard apparatus movements in RG. The masteries are complex apparatus handling and probably, the judges did not consider several proposed elements in the official Difficulty forms as masteries elements. Therefore, probably the number of valid masteries elements executed without faults can also differentiate the gymnasts.

However, according to Leandro et al. (2015) the masteries evaluation has a high disagreement between judges (62.5%). For the authors, the definition of "extraordinary apparatus elements" presented in RG-CoP is vague to allow an accurate evaluate and could be also influenced by the international experience of the judges. Thus, the preference for the use of masteries can be part of justification of low results in 3rd group. The routines (ball, clubs and ribbon) of this group had more number of masteries. Probably, these gymnasts present a high departure difficulty score with elements that, in reality, they cannot to perform correctly. There is an overvaluation of departure score and there is not a direct

relationship to real performance capabilities of the gymnast (Leandro et al., 2016a).

We observed that in all groups analyzed there was a higher number of masteries in ball and hoop routines. We can also speculate that in ribbon and clubs routines the gymnasts invested more in dance steps than in masteries due the more execution difficulty in these apparatus and, probably, the opposite happens in ball and hoop routines.

The mastery consists of, at least, one base (1B) – FGE and/or NFGE, plus a minimum two criteria (2C). Alternatively, two bases (2B) plus minimum one criteria (1C). Although we observed six different combinations of bases and criteria, the most routines presented the combination one base plus two criteria, probably because this is the easiest combination of bases and criteria required by the RG-CoP (FIG, 2012).

Through the analysis, we also found that the higher the ranking position, higher the number of NFGE and lower the number of FGE used in masteries. Therefore, the finalists showed more NFGE and less FGE in masteries than the other groups analyzed. The NFGE more used in masteries were apparatus handling, throws and catches in all apparatus. The routines of the lower ranking position had a higher number of masteries with FGE than finalists in all apparatus routines.

The masteries are spectacular elements (FIG, 2012) and when performed during body difficulty they become more complex to execute without faults. The results found showed that the lower the ranking position, higher the number of masteries in body difficulty elements per routine. Considering only the data of competitive routines with masteries in body difficulty elements, we observed 1.4 masteries in body difficulty elements per finalist and 2nd group routine, while a higher number of masteries in body difficulty (1.8 masteries) was verified per 3rd group routine. These data also can probably be one of the justifications for the ranking position.

According to Leandro et al. (2016a), rotations, masteries and DER have a higher contribution to the difference between departure and final difficulty score, due the more possibilities of technical faults, which cancel the value of the

difficulty, mainly the weaker gymnasts. These complex difficulty elements demand a lot of training hours, a singular coordination and high apparatus technical domain (Vitrichenko et al., 2011). To obtain top scores, the gymnasts should present routines with a high difficulty level combined with good performance quality (Agopyan, 2014). The inferior execution quality of middle and lower ranked gymnasts suggest that the coaches do not have a real perception of the performance capacity of their gymnasts in these types of difficulty elements (Leandro et al., 2016a).

Dynamic elements with rotation and throw (DER): DER are complex elements with body rotations during the fly of the apparatus. All groups analyzed presented the maximum number of DER in routines with similar number of criteria. These results suggest that the characteristics of DER presented in the gymnasts' official Difficulty forms also do not discriminate the ranking position. However, the number of valid DER or valid criteria can cause a distinction between the gymnasts. Leandro et al. (2016a) verified a high difference in the departure and final difficulty score in DER elements in different ranking groups analyzed, although this difference increases as the gymnasts fall in the ranking.

Through the analysis, we observed that for all groups, the lower the weight of apparatus, higher the body rotations number in DER performed in the routines. The weight of apparatus according to the Apparatus Norm (FIG, 2016) is the following: ribbon (35g minimum without the cane); clubs (150g minimum each); hoop (300g minimum) and ball (400g minimum). In the additional criteria performed during the throw of the apparatus, the groups analyzed presented lower results in ball and ribbon routines, and higher results in clubs and hoop routines; these differences are probably justified by the higher number of specific additional criteria in clubs and hoop routines presented in the RG-CoP (FIG, 2012). There are nine different types of additional criteria of throw (Table 3) in DER, however, 77.8% of these criteria can be used in clubs and hoop routines, while 44.3% in ball and ribbon routines.

Furthermore, in the additional criteria performed during the catch of the apparatus, we observed that the gymnasts presented higher results in hoop and ball routines, and lower results in clubs and ribbon routines. Equally, we believe

that the higher number of specific additional criteria in hoop and ball routines presented in the RG-CoP (FIG, 2012) explains this difference. There are nine different types of additional criteria of catch (Table 3) in DER, however, 77.8% of these criteria can be used in hoop and ball routines, while 66.8% in clubs and ribbon routines.

Similarly to the study by Leandro et al. (2016b), the most used criteria in DER were: “change of level”, “change of body rotation axis”, “throw/catch outside of visual control” and “throw/catch without the help of the hands”.

Pearson Correlation: The small number of significant correlations among the analyzed variables was justified probably because the gymnasts had similar characteristics in all difficulty elements presented in the routines. However, we highlight the positive correlation between the masteries with NFGE and the final scores. The apparatus elements (NFGE) more used were the throw and catch of the apparatus.

5. Conclusion

The groups analyzed (finalists, 2nd and 3rd group) presented similar number of difficulty elements (dance steps, masteries and DER) in the official Difficulty forms in all apparatus. Furthermore, the difficulty level also was similar in the dance steps and DER. The similarity observed in these difficulty elements studied in the composition of routines in different apparatus in RG can compromise the originality and variety of this sport. As we only had access to the official Difficulty forms delivered by the coaches and not evaluated by the judges, we believe that the real differences in the groups reside mostly in the validation or invalidation by the judges of the difficulty elements presented in the official Difficulty forms and in the execution quality of the gymnasts in competition.

The best gymnasts (finalists) and the remaining groups showed routines with some different characteristics although without statistical significance, especially in the masteries elements. We observed that the higher of the ranking position, lower the number of combinations of base and criteria in the masteries, higher the number of NFGE and lower the number of FGE in the masteries. The

routines with worse results in the competition presented high data range and higher number of masteries. Therefore, it seems that the coaches of the best gymnasts are more realistic in intention to accomplish the requirement and complexity of the elements inscribed on the Difficulty official forms.

Acknowledgments: The authors would like to thank the Portuguese Federation of Gymnastics and the RG World Cup Organization that permitted the making of this study possible.

6. References

- Agopyan, A. (2014). Analysis of Body Movement Difficulties of Individual Elite Rhythmic Gymnasts at London 2012 Olympic Games Finals. *Journal of Scientific Research*, 19(12), 1554-1565.
- Ávila-Carvalho, L., Klentrou, P., Palomero, M. d. L., & Lebre, E. (2012). Body composition profile of elite group rhythmic gymnasts. *Science of Gymnastics Journal* 4(1), 21-32.
- Ávila-Carvalho, L., Palomero, M. L., & Lebre, E. (2010). Apparatus difficulty in groups routines of elite rhythmic gymnastics at the Portimão 2009 World Cup Series. *Science of Gymnastics Journal*, 2, 29-42.
- Bobo, B., & Sierra, E. (2006). *Estudio de las repercusiones de los cambios de código de puntuación en la composición de los ejercicios de gimnasia rítmica en la técnica corporal*. Comunicação apresentada em IV Congreso Internacional de la Asociación Española de Ciencias del Deporte.
- Breitkreutz, T., & Hökelmann, A. (2012). *Performance analysis in individual competitions in rhythmic gymnastics*. World Congress of Performance Analysis of Sport IX University of Worcester.
- Bucar, P., Čuk, I., Pajek, J., Kovac, M., & Leskosek, B. (2013). Is the Quality of Judging in Women Artistic Gymnastics Equivalent at Major Competitions of Different Levels? . *Journal of Human Kinetics* 37, 173-181.
- Caburrasi, E., & Santana, M. (2003). Análisis de las dificultades corporales en los Campeonatos Europeos de Gimnasia Rítmica Deportiva, Granada 2002 [Versão eletrónica], 9(65). Consult. 21-Nov-2016, disponível em: <https://www.efdeportes.com/efd65/grd.htm>

- Čuk, I., Fink, H., & Leskošek, B. (2012). Modeling The final score in Artistic Gymnastics by different weights of difficulty and execution. *Science Gymnastics Journal* 4, 73-82.
- Fernandez-Villarino, M., M, B.-A., & Sierra-Palmeiro, E. (2013). Practical Skills of Rhythmic Gymnastics Judges. *Journal of Human Kinetics*, 39, 243-249.
- Ferreirinha, J., Carvalho, J., Côrte-Real, C., & Silva, A. (2011). *Evolução do Valor Real de Dificuldade dos Exercícios de Paralelas Assimétricas de Ginastas de elite nos Últimos Ciclos Olímpicos*. Conference: Formação, aprendizagem e treino em ginástica. FGP.
- FIG. (2012). Code of Points for Rhythmic Gymnastics: 2013-2016. Lausanne: Fédération International de Gymnastique. [Versão eletrónica], disponível em: <https://www.scottishgymnastics.org/sites/default/files/imce/disciplines/2012%20-%202016%20Rhythmic%20Code%20of%20Points.pdf>
- FIG. (2016). Apparatus Norms. Lausanne: Fédération International de Gymnastique. [Versão eletrónica], disponível em: www.fig-gymnastics.com/publicdir/rules/files/app-norms/Apparatus_Norms_I-III_2016-e.pdf
- Hökelmann, A., & Blaser, P. (2006). *Quantitative movement analysis of gymnastic performances in group competitions for qualitative assessment and for performance comparison*. Conference: WCPAS7 Berzsenyi Daniel College.
- Hökelmann, A., Breitzkreutz, T., & Livioti, G. (2012). *Changes in performance structure during group competitions in rhythmic gymnastics*. Conference: World Congress of Performance Analysis of Sport IX University of Worcester.
- Hökelmann, A., Livioti, G., & Breitzkreutz, T. (2013). Rhythmic Gymnastics. In P. O. D. a. J. S. Tim McGarry (Ed.), *Routledge Handbook of Sports Performance Analysis*. New York: Routledge.
- Leandro, C., Ávila-Carvalho, L., Sierra-Palmeiro, E., & Bobo-Arce, M. (2015). Accuracy in judgment: The difficulty score in elite rhythmic gymnastics individual routines. *Science of Gymnastics Journal*, 7(3), 81-93.
- Leandro, C., Ávila-Carvalho, L., Sierra-Palmeiro, E., & Bobo-Arce, M. (2016a). Departure Difficulty Score Vs Final Difficulty Score. The Effect of Performance in Elite Rhythmic Gymnastics. *Athens Journal of Sports*, 3(3), 169-177.
- Leandro, C., Ávila-Carvalho, L., Sierra-Palmeiro, E., & Bobo-Arce, M. (2016b). Technical content of elite Rhythmic Gymnastics. *Science of Gymnastics Journal* 8(1), 85-96.

- Lebre, E. (1993). *Estudo comparativo das exigências técnicas e morfofuncionais em Ginástica Rítmica Desportiva*. Porto: Dissertação de Doutoramento apresentada a Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.
- Lisitskaya, T. (1995). *Preparación coreográfica*. Barcelona: Deporte and Entrenamiento.
- Massidda, M., & Calò, M. (2012). Performance scores and standings during the 43rd Artistic Gymnastics World Championships, 2011. *Journal of Sports Sciences*, 30(13), 1415-1420.
- Oliveira, M. M. M. d., Lourenço, M. R. A., & Teixeira, D. d. C. (2004). Incidências de lesões nas equipas de Ginástica Rítmica da UNOPAR. *UNOPAR Científica Ciências Biológicas e da Saúde*, 5/6(1), 29-40.
- Pelin, R. (2013). Studies Regarding The Rhythmic Gymnastics From The Olympic Games. *Sport si Societate: Revista de Educatie Fizica, Sport si Stiinte Conexa*, 13, 61-69.
- Simões, G. (2000). *A avaliação do desempenho Docente*. Lisboa: Texto Editora.
- Trifunov, T., & Slobodanka, D. (2013). The structure of difficulties in the routines of the best world and serbian rhythmic gymnasts. *Physical Culture*, 67(2), 120-129.
- Vitrichenko, N., Klentrou, N., Gorbulina, N., Della Chiaie, D., & Fink, H. (2011). Rhythmic Gymnastics. Technical Manual. Level 3. In FIG (Ed.). Lousanne: FIG Academy.

ESTUDO X

Estrutura do conteúdo dos exercícios de competição das ginastas portuguesas de elite e ginastas finalistas das Taças do Mundo

Amanda Batista¹, Rui Garganta¹ e Lurdes Ávila-Carvalho¹

¹ CIFI²D, Kinanthropometry Lab, Faculty of Sport, University of Porto, Portugal.

Objetivos: Comparar a estrutura do conteúdo dos exercícios de competição de ginastas finalistas das Taças do Mundo de Lisboa (2013 e 2014) e ginastas portuguesas presentes em competição.

Artigo submetido:

Revista Portuguesa de Ciências do Desporto

Estrutura do conteúdo dos exercícios de competição das ginastas portuguesas de elite e ginastas finalistas das Taças do Mundo

Resumo

O objetivo do estudo foi comparar a estrutura do conteúdo dos exercícios de competição de ginastas finalistas das Taças do Mundo de Lisboa (2013 e 2014) e ginastas portuguesas presentes em competição. A amostra contou com a participação de 21 ginastas finalistas e oito ginastas portuguesas. O conteúdo de 96 exercícios individuais de competição foi analisado de acordo com o Código de Pontuação 2013-2016. As ginastas finalistas e portuguesas apresentaram similar número e valor das dificuldades corporais de saltos e equilíbrios, assim como um número similar de rotações. No entanto, as ginastas finalistas mostraram maior número e valor de dificuldades corporais; valor total de dificuldades de rotações; número de voltas (graus de rotação) nos elementos de rotação; número de dificuldades em série, múltiplas e mistas. Os grupos revelaram um número semelhante de passos de dança e elementos dinâmicos de rotação, contudo, as ginastas finalistas apresentaram maior número de elementos dos grupos técnicos fundamentais do aparelho durante os passos de dança, assim como maior número de rotações corporais, número total de critérios adicionais e número de critérios de rotação nos elementos dinâmicos de rotação. Além disso, as ginastas portuguesas apresentaram um número superior de elementos de maestrias em comparação às finalistas.

Palavras-chave: ginástica rítmica; exercícios de competição; elementos de dificuldade; ginastas.

Abstract

The aim of this study was to compare the content structure of competitive routines of finalists' gymnasts of the World Cups of Lisbon (2013 and 2014) and Portuguese gymnasts present in competition. The sample consisted of 21 finalists' gymnasts and eight Portuguese gymnasts. The content of 96 individual competitive routines was analyzed according to the Code of Points (2013-2016). The results showed that the finalists and Portuguese gymnasts presented similar

number and value of the body difficulties of jumps and balances, as well as a similar number of body difficulties of rotations. However, the finalists' gymnasts presented a higher number and value of body difficulties, total value of rotation difficulties; number of turns (rotational degrees) in rotation elements, number of difficulties in series, multiple and mixed. The groups revealed a similar number of dance steps and dynamic rotation elements, however, the finalists' gymnasts presented a higher number of number of elements of the fundamental apparatus technical groups during the dance steps, as well as higher number of body rotations, total number of additional criteria and number of rotation criteria in the dynamic rotation elements. Furthermore, the Portuguese gymnasts presented a higher number of masteries elements in comparison to finalists' gymnasts.

Keywords: rhythmic gymnastics; competitive routines; difficulty elements; gymnasts.

1. Introdução

A Ginástica Rítmica (GR) é uma modalidade regulamentada pela Federação Internacional de Ginástica (FIG) através do Código de Pontuação, o qual orienta ginastas, treinadores e juízes na composição e avaliação dos exercícios de competição (Ávila-Carvalho, 2005). Este Código é reelaborado e alterado a cada ciclo olímpico pelo Comité Técnico da FIG (Ávila-Carvalho et al., 2010) e tende a elevar, permanentemente, as exigências da modalidade (Oliveira et al., 2004). O crescente desenvolvimento da GR deve-se sobretudo à evolução do Código de Pontuação, através da maior valorização dos exercícios de competição (Sierra-Palmeiro et al., 2015).

Na especialidade de individual, os exercícios de competição são compostos por elementos de dificuldade caracterizados pela estreita ligação entre o movimento corporal e o aparelho. O Código de Pontuação apresenta uma grande variedade de elementos de dificuldade (Leandro et al., 2016a), permitindo à ginasta e ao treinador construir uma composição ímpar. No ciclo olímpico 2013-2016, o conteúdo dos exercícios de competição compreendia quatro diferentes elementos de dificuldade: dificuldades corporais; elementos de

maestria; combinações de passos de dança e elementos dinâmicos com rotação e lançamento (FIG, 2012).

O Código em vigor (2017-2020) (FIG, 2016) apresentou algumas alterações em cada um dos elementos de dificuldade relativamente ao Código anterior (2013-2016), no entanto, as exigências da composição dos exercícios de competição individual não são genericamente diferentes. O valor de cada elemento de dificuldade varia de 0.10 pontos a 1.50 pontos ou mais, o que pode ser absolutamente determinante na pontuação final obtida em competição (Leandro et al., 2016b). Assim, a inclusão de habilidades complexas nos exercícios de competição torna-se essencial para uma ginasta alcançar uma elevada pontuação (Massidda & Calò, 2012).

Neste sentido, o controlo e monitorização do conteúdo técnico de exercícios de competição em GR é um fator fundamental na análise do desempenho nesta modalidade (Leandro et al., 2016a). No entanto, embora os elementos prescritos antes da competição nas fichas não traduzam o sucesso real em competição (Arkaev & Suchilin, 2004), estas informações refletem as intenções e expectativas dos treinadores. Portanto, a informação quantitativa adquirida em análises do conteúdo dos exercícios de competição permite compreender a direção e orientação do trabalho, verificar como é interpretado o Código de Pontuação e as estratégias de composição utilizadas pelos treinadores (Ávila-Carvalho et al., 2012).

Além disso, este conhecimento pode apoiar o processo de treino, dado que, para determinar os modelos de treino, é importante conhecer as características dos exercícios de competição de ginastas de elevado nível, incluindo os detalhes acerca da especificidade de seus componentes (Ferreirinha et al., 2011). Assim, os treinadores e coreógrafos podem utilizar estas informações técnicas e táticas para auxiliar na criação de novas e promissoras composições (Ávila-Carvalho et al., 2012; Hökelmann et al., 2013). Deste modo, o objetivo deste estudo foi comparar a estrutura do conteúdo dos exercícios de competição de ginastas finalistas das Taças do Mundo de Lisboa (2013 e 2014) e ginastas portuguesas presentes em competição.

2. Materiais e Métodos

Amostra: Este estudo contou com a participação de 21 ginastas finalistas das Taças do Mundo de Lisboa (2013 e 2014) e 8 ginastas portuguesas presentes nas referidas competições.

Procedimentos: Foram analisados 64 exercícios de ginastas finalistas (32 exercícios de cada Taça do Mundo considerada – que corresponde a oito exercícios finalistas por aparelho) e 32 exercícios de ginastas portuguesas (16 exercícios de cada Taça do Mundo considerada – que corresponde a quatro exercícios de ginastas portuguesas por aparelho). Assim, o conteúdo de um total de 96 exercícios individuais de competição foi analisado de acordo com as regras do Código de Pontuação 2013-2016 (FIG, 2012) com base nas fichas de dificuldade submetidas previamente à competição pelos treinadores e não avaliados pelos juízes. Este estudo foi aprovado pela organização das Taças do Mundo de Lisboa. As informações contidas nas fichas de competição foram organizadas em duas bases de dados por dois juízes internacionais com mais de 10 anos experiência. Deste modo, erros de digitação ou de visualização dos dados foram previamente corrigidos através do *double-check* na entrada dos dados. As informações de idade, massa corporal e altura foram retiradas do site da FIG (FIG, 2014).

Análise estatística: Para as análises estatísticas dos dados utilizamos o *Statistical Package for Social Sciences* (SPSS 23.0). O nível de significância foi fixado em 5%. As estatísticas descritivas foram calculadas recorrendo à média e ao desvio padrão, assim como os valores mínimos e máximos. Inicialmente realizamos o teste de normalidade e dada a anormalidade da distribuição, o teste não paramétrico *Mann-Whitney* foi utilizado para comparar os grupos nas diferentes análises.

3. Resultados

Este estudo centra-se na análise do conteúdo dos exercícios de competição das ginastas finalistas nas Taças do Mundo de Lisboa e ginastas

portuguesas: dificuldades corporais, combinação de passos de dança, elementos de maestria e elementos dinâmicos de rotação e lançamento. No entanto, inicialmente a Tabela 1 apresenta dados referentes à idade e dimensões gerais (massa corporal e altura) dos dois grupos de ginastas. Assim, verificamos que as ginastas portuguesas eram mais novas, mais pesadas e menos altas que as ginastas finalistas.

Tabela 1: Dados das ginastas finalistas e ginastas portuguesas participantes nas Taças do Mundo Lisboa (2013 e 2014) – Idade, dimensões gerais e conteúdo dos exercícios de competição

	Finalistas (n=64)			Portuguesas (n=32)		
	Min	Max	$\bar{x} \pm sd$	Min	Max	$\bar{x} \pm sd$
<u>Idade e Dimensões Gerais</u>						
Idade (anos)*	16	24	18.7 $\pm$ 2.1	16	20	17.1 $\pm$ 1.4
Massa corporal (kg)*	43	54	48.7 $\pm$ 3.7	44	55	50.5 $\pm$ 3.4
Altura (cm)*	164	175	169.5 $\pm$ 3.7	154	167	162.6 $\pm$ 5.2
<u>Dificuldades Corporais</u>						
Número de DC*	8	10	9.0 $\pm$ 0.2	8	9	8.8 $\pm$ 0.4
Valor total de DC*	3.8	7.0	6.1 $\pm$ 0.6	4.4	6.4	5.3 $\pm$ 0.5
Número de saltos	1	4	2.7 $\pm$ 0.7	2	4	2.7 $\pm$ 0.7
Valor total de saltos	0.7	2.6	1.6 $\pm$ 0.4	0.9	2.2	1.4 $\pm$ 0.4
Número de equilíbrios	2	4	2.8 $\pm$ 0.6	2	4	2.7 $\pm$ 0.7
Valor total de equilíbrios	0.8	2.3	1.4 $\pm$ 0.4	1.2	1.5	1.5 $\pm$ 0.4
Número de rotações	2	5	3.5 $\pm$ 0.8	2	4	3.4 $\pm$ 0.6
Valor total de rotações*	1.0	4.4	3.0 $\pm$ 0.8	1.2	3.2	2.3 $\pm$ 0.6
Número de DC em série*	0	1	0.3 $\pm$ 0.5	0	1	0.1 $\pm$ 0.3
Número de DC múltiplas*	0	2	0.7 $\pm$ 0.7	0	1	0.2 $\pm$ 0.4
Número de DC mistas*	0	2	0.5 $\pm$ 0.6	0	0	0.0 $\pm$ 0.0
Número de DC com pré-acrobáticos*	0	2	0.6 $\pm$ 0.7	0	3	0.9 $\pm$ 0.7
Número de DC com ondas corporais*	0	5	0.9 $\pm$ 1.2	0	2	0.4 $\pm$ 0.8
<u>Passos de Dança</u>						
Número de Passos de Dança	1	5	2.5 $\pm$ 0.9	1	4	2.4 $\pm$ 0.9
Número de bases por Passos de Dança*	1	5.5	3.1 $\pm$ 0.9	1.5	4.0	2.5 $\pm$ 0.6
<u>DER</u>						
Número de rotações por DER*	2.3	4.3	3.3 $\pm$ 0.4	2.3	4.0	2.9 $\pm$ 0.4
Número total de critérios adicionais por DER*	2.0	6.0	3.7 $\pm$ 0.9	1.3	5.3	3.2 $\pm$ 0.9
Número de critérios de lançamento por DER	0	2.3	0.9 $\pm$ 0.7	0	1.7	1.0 $\pm$ 0.5
Número de critérios de rotação por DER*	0.3	3.0	1.6 $\pm$ 0.7	0.3	2.7	1.2 $\pm$ 0.5
Número de critérios de recepção por DER	0	2.7	1.2 $\pm$ 0.8	0	2.7	1.0 $\pm$ 0.8
<u>Maestrias</u>						
Número de maestrias*	2	8	4.3 $\pm$ 1.6	2	13	5.7 $\pm$ 3.0
Número de maestrias com GTF*	0	8	2.1 $\pm$ 1.9	0	9	3.9 $\pm$ 2.8
Número de maestrias com GTNF	0	5	2.5 $\pm$ 1.1	0	5	2.3 $\pm$ 1.1

Legenda – $\bar{x}$: média; sd: desvio padrão; GTF: grupos técnicos fundamentais do aparelho; GTNF: grupos técnicos não fundamentais do aparelho; DER: elementos dinâmicos de rotação e lançamento; *p $\leq$ 0.05: diferenças estatisticamente significativas.

De acordo com a Tabela 1 podemos observar que as ginastas finalistas revelaram um maior número de dificuldades corporais que as ginastas portuguesas, contudo destacamos a presença de uma ginasta neste grupo com um número de dificuldades corporais superior ao permitido, e provavelmente penalizado pelos juízes em competição. Assim, as ginastas finalistas também apresentaram um maior valor total de dificuldades corporais. Além disso, as ginastas finalistas mostraram um número significativamente superior em dificuldades em série, múltiplas e mistas que as ginastas portuguesas.

As ginastas portuguesas apresentaram um número superior de dificuldades corporais combinadas com rotações corporais, enquanto as ginastas finalistas realizaram mais dificuldades corporais combinadas com ondas corporais. Assim, pelo menos uma dificuldade corporal com rotação corporal foi observada em 51.6% (4.7 e 95.3% em elementos de rotação e equilíbrio respetivamente) e 75% (100% em elementos de equilíbrio) das ginastas finalistas e portuguesas respetivamente. Além disso, 53.1% (29.5 e 70.5% em elementos de rotação e equilíbrio respetivamente) e 25% (23.1 e 76.9% em elementos de rotação e equilíbrio respetivamente) das ginastas finalistas e portuguesas respetivamente apresentaram pelo menos uma dificuldade corporal com onda corporal. Em ambos os grupos, os equilíbrios foram os elementos mais utilizados em combinação com rotação e onda corporal. Saltos não foram utilizados em combinação com rotação ou onda corporal.

Os grupos mostraram um número similar de passos de dança e elementos dinâmicos de rotação e lançamento (Tabela 1). Por outro lado, as ginastas finalistas revelaram um número significativamente superior de elementos dos grupos técnicos fundamentais do aparelho (bases) durante os passos de dança, assim como as incluíram uma maior pontuação final nos elementos dinâmicos de rotação e lançamento. De acordo com o Código de Pontuação (FIG, 2012) os critérios associados a este elemento poderiam ser: número de rotações corporais, mudanças de eixo e/ou nível nas rotações corporais, assim como critérios de lançamento e receção.

As ginastas finalistas revelaram um número superior de rotações corporais, número total de critérios adicionais e número de critérios de rotação (mudança de eixo e/ou nível) nos elementos dinâmicos de rotação e lançamento. Além disso, também verificamos que as ginastas finalistas e portuguesas realizaram dificuldades corporais durante a execução dos elementos dinâmicos de rotação e lançamento: 40.7% (3.7 e 96.3% em equilíbrio e salto respetivamente) e 21.9% (100% em salto) dos exercícios de competição das ginastas finalistas e portuguesas respetivamente, apresentaram pelo menos um elemento dinâmico realizado com dificuldade corporal.

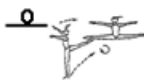
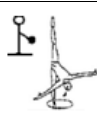
De acordo com a Tabela 1, as ginastas finalistas revelaram um número inferior de elementos de maestrias comparando às portuguesas. Em geral, as ginastas finalistas apresentaram um maior número de maestrias com elementos dos grupos técnicos não fundamentais que dos fundamentais do aparelho. Por outro lado, as ginastas portuguesas mostraram um resultado oposto, com uma maior utilização de maestrias com elementos dos grupos técnicos fundamentais do aparelho. Assim, diferenças significativas foram encontradas em ginastas finalistas e portuguesas no número de maestrias realizadas com elementos dos grupos técnicos fundamentais do aparelho.

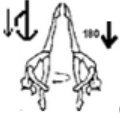
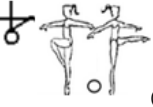
Em nossa análise também observamos que ambos os grupos realizaram elementos de maestria durante a execução de combinações de passos de dança e dificuldades corporais. Deste modo, 37.5 e 28.1% das ginastas finalistas e portuguesas, respetivamente, tinham pelo menos um elemento de maestria nos passos de dança, assim como 39.1 e 31.3% das ginastas finalistas e portuguesas, respetivamente, tinham pelo menos um elemento de maestria durante a execução das dificuldades corporais. Em geral, as ginastas preferiram realizar maestrias com dificuldades de equilíbrio.

A Tabela 2 apresenta as dificuldades corporais mais utilizadas pelas ginastas finalistas e portuguesas (em pelo menos 30% dos exercícios de competição) e verifica-se que as dificuldades corporais mais utilizadas pelas ginastas finalistas e portuguesas foram genericamente as mesmas, exceto o salto corsa com *boucle* () mais utilizado por ginastas finalistas, assim como os *pivots* equilíbrio dorsal () e membro inferior estendido à retaguarda () e

fouetté em *passé* (👤), os quais foram mais utilizados pelas ginastas portuguesas. As ginastas finalistas apresentaram uma maior variedade de saltos, equilíbrios e rotações comparativamente às ginastas portuguesas, dado que o grupo mostrou 16 diferentes saltos, 12 equilíbrios e 22 rotações. Por outro lado, as ginastas portuguesas utilizaram sete saltos, seis equilíbrios e 11 rotações. No total foi verificado uma variedade de 25 saltos, 23 equilíbrios e 27 rotações entre todos os exercícios de competição avaliados.

Tabela 2: Dificuldades corporais mais utilizadas pelas ginastas finalistas e ginastas portuguesas participantes nas Taças do Mundo Lisboa (2013 e 2014)

GC	Amostra	Dificuldades corporais
Saltos	Análise geral (n=96)	 (62.5%),  (53.1%),  (35.5%).
	Finalistas (n=64)	 (57.8%),  (56.3%),  (34.4%),  (32.8%).
	Portuguesas (n=32)	 (65.6%),  (68.8%),  (37.5%).
Equilíbrios	Análise geral (n=96)	 (68.8%),  (49.0%),  (48.3%),  (39.9%).
	Finalistas (n=64)	 (62.5%),  (53.1%),  (50%),  (48.4%).
	Portuguesas (n=32)	 (75%),  (75%),  (68.8%),  (53.1%).
Rotações	Análise geral (n=96)	 (80.2%),  (66.3%),  (49%),  (34%).
	Finalistas (n=64)	 (84.4%),  (79.7%),  (42.2%).

Portuguesas (n=32)	 (75%),	 (62.5%),	 (56.3%),	 (43.8%),	 (31.3%),	 (31.3%).

Legenda – GC: grupos corporais.

Nas dificuldades de rotação, relativamente ao número de voltas (graus de rotação), as ginastas finalistas incluíram nas fichas de competição *pivots* com um à cinco voltas, *pivots fouettés* com 10 à 15 voltas e ainda a rotação *ralenkóva* () com cinco voltas. As portuguesas pretendiam realizar *pivots* com um à três voltas, bem como *pivots fouettés* com cinco ou seis voltas. Deste modo, as ginastas finalistas apresentaram, em geral, uma maior pretensão no número de voltas nos elementos de rotação, embora possamos referir que ambos os grupos mostraram elevado número de voltas nas fichas de competição.

Entre as dificuldades de rotação mais utilizadas nos dois grupos – *penché* () , *attitude* () e *boucle* () , verificamos diferenças significativas no número de voltas nos *pivots* em *penché* ($p=0.009$) e *attitude* ($p=0.001$), nos quais as ginastas finalistas pretendiam executar em média 3.3 ± 0.6 e 3.2 ± 0.9 voltas respetivamente, enquanto as ginastas portuguesas 2.8 ± 0.5 e 2.0 ± 0.8 voltas respetivamente. Nas rotações em *boucle*, não foram verificadas diferenças significativas ($p=0.962$).

4. Discussão

As Taças do Mundo de Lisboa 2013 e 2014 (Portugal) contaram com a participação de 72 ginastas representantes de 31 países. Cada ginasta realizou 4 exercícios de competição (arco, bola, maçãs e fita) e as oito ginastas melhor classificadas em cada aparelho foram selecionadas para as finais. Deste modo, as finalistas são consideradas as melhores ginastas em competição. Assim, este estudo analisou um total de 64 exercícios de competição de ginastas finalistas. As ginastas portuguesas não alcançaram as finais e integraram a 3ª parte do *ranking* (entre o 23º a 36º lugar nas classificações por aparelho).

Deste modo, este estudo foi realizado com o objetivo de comparar o conteúdo dos exercícios de competição de ginastas finalistas e portuguesas, de

forma a compreender as semelhanças e diferenças em termos estruturais no conteúdo dos exercícios de competição entre os grupos de ginastas. Assim, os elementos de dificuldade (dificuldades corporais, combinações de passos de dança, maestrias e elementos dinâmicos de rotação e lançamento) incluídos em 64 exercícios de competição de ginastas finalistas e 32 exercícios de competição de ginastas portuguesas foram analisados.

Através de uma caracterização geral das ginastas em estudo verificamos que as ginastas portuguesas eram mais novas, mais pesadas e mais baixas que as ginastas finalistas. Diversos estudos sugerem que as ginastas em GR são caracterizadas por baixos valores de massa e gordura corporal, membros longos e finos e somatótipo ectomorfo (Camargo et al., 2014; Douda et al., 2008; Klentrou & Plyley, 2003; Kritikou et al., 2017). Assim, o biótipo particular e padrão corporal das ginastas parecem ser requisitos importantes para um desempenho eficiente dos movimentos específicos em GR (Amigó et al., 2009).

Acerca do conteúdo dos exercícios de competição observamos que as ginastas finalistas revelaram maior número e valor de dificuldades corporais que as portuguesas. Este resultado deve-se fundamentalmente, ao maior valor apresentado nas fichas de competição pelas ginastas finalistas nos elementos de rotação, uma vez que não foram verificadas diferenças significativas entre as ginastas finalistas e portuguesas quer no número, quer no valor das dificuldades de saltos e equilíbrios. Destacamos que uma ginasta finalista apresentou um número de dificuldades corporais superior ao permitido, e provavelmente penalizado em competição.

O Código de Pontuação atual (FIG, 2016) trouxe uma alteração significativa relativamente ao número de dificuldades corporais, pelo que as ginastas podem, no presente Código, executar um número ilimitado de dificuldades corporais e apenas os nove elementos com maior valor são contabilizados para a nota final do exercício de competição. Por outro lado, existem penalizações mais elevadas para as dificuldades corporais executadas com falhas técnicas, pelo que, é necessário ponderar a inclusão de um grande número de dificuldades corporais nos exercícios de competição.

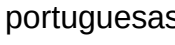
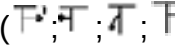
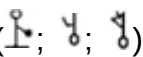
As ginastas finalistas mostraram um número superior em dificuldades em

série, múltiplas e mistas comparando às ginastas portuguesas. Estes resultados sugerem que provavelmente estas ginastas apresentavam um maior nível técnico e por isso incluíram nos exercícios de competição um número mais elevado de dificuldades corporais com elevado grau de complexidade. As dificuldades em série são repetições idênticas de dois ou mais elementos de saltos ou *pivots* (FIG, 2016). As dificuldades múltiplas são combinações de dois ou mais *pivots* com diferentes formas sem suporte do calcanhar. Apesar de não existir nenhuma bonificação para as conexões entre *pivots*, estes contam como uma dificuldade corporal (FIG, 2012), e por isso apresentam um elevado impacto no valor das dificuldades corporais. As dificuldades mistas correspondem a duas ou mais dificuldades diferentes conectadas. Cada componente conta como uma dificuldade corporal e cada conexão sem interrupção tem um valor de 0.10 pontos (FIG, 2012).

No Código de Pontuação atual (FIG, 2016), as dificuldades mistas foram extintas. No entanto, as ginastas podem executar dificuldades conectadas, embora não exista qualquer bónus por isso. Da mesma forma, foram extintas as bonificações (0.10 pontos) com a utilização de elementos com rotações corporais (elementos pré-acrobáticos) e/ou ondas totais do corpo combinadas com dificuldades corporais, sob a condição de estarem adicionados antes ou depois da dificuldade sem qualquer interrupção (FIG, 2012).

As ginastas portuguesas apresentaram um maior número de dificuldades corporais combinadas com rotações corporais, enquanto as ginastas finalistas mostraram mais dificuldades corporais combinadas com ondas corporais. As ginastas finalistas optaram por um maior número de ondas corporais em detrimento das rotações corporais em combinação com as dificuldades corporais, provavelmente devido à utilização de elementos de rotação corporal já em outros elementos de dificuldade (maestrias e elementos dinâmicos de rotação e lançamento). Deste modo, de forma a apresentar uma composição com uma elevada variedade nos elementos e movimentos corporais, este grupo provavelmente optou por não acentuar a utilização das rotações corporais. Além disso, as ondas corporais são elementos dinâmicos com elevada plasticidade, e

foram no Código atual (FIG, 2016) valorizados, dada a exigência de pelo menos duas ondas corporais durante o exercício de competição.

A escolha das dificuldades corporais também é um fator decisivo no que diz respeito à beleza, variedade e originalidade da composição do exercício de competição. No entanto, as dificuldades corporais mais utilizadas pelas ginastas finalistas e portuguesas foram genericamente as mesmas: saltos () equilíbrios () e rotações (). Por outro lado, as ginastas finalistas apresentaram uma maior variedade de saltos, equilíbrios e rotações comparativamente às ginastas portuguesas. A falta de variedade e a similaridade dos elementos de técnica corporal com diferentes aparelhos podem levar à insatisfação do público (Agopyan, 2014).

Nas dificuldades de rotações, o número de voltas (graus de rotação) também foi um fator determinante, embora acreditamos que a maior parte das ginastas sobrestimou o número de voltas nos seus *pivots*. No Código de Pontuação 2013-2016 (FIG, 2012) este elemento de dificuldade era avaliado de acordo com o número de voltas realizadas, sem penalizações caso as rotações não completassem a quantidade de voltas indicada na ficha de dificuldade, facilitando esta sobrestimação. Contudo, as ginastas finalistas apresentaram, em geral, uma maior pretensão no número de voltas nos elementos de rotação. O valor destes elementos encontra-se descrito no Código de Pontuação (FIG, 2012).

Cada rotação adicional (de 360°) em *relevé* aumentava o nível da dificuldade pelo valor base e cada rotação adicional (de 360°) com o pé no chão ou em outra parte do corpo aumentava o nível da dificuldade em 0.20 pontos (FIG, 2012). No Código atual (FIG, 2016), para cada rotação adicional em *relevé*, o elemento de rotação tem uma bonificação de 0.20 e 0.10 pontos nos elementos com o pé no chão ou em outras partes do corpo (FIG, 2016).

As ginastas finalistas e portuguesas apresentaram um número similar de passos de dança. De acordo com o Código de Pontuação (FIG, 2012), as ginastas deveriam realizar pelo menos uma sequência de passos de dança e entre as exigências deste elemento de dificuldade era necessário ser realizado pelo menos um elemento dos grupos técnicos fundamentais do aparelho. Assim,

as ginastas finalistas revelaram um número superior de elementos dos grupos técnicos fundamentais durante os passos de dança. Este resultado sugere que as ginastas finalistas provavelmente têm uma melhor técnica na execução dos grupos técnicos fundamentais e por isso, realizam passos de dança com maior dinamismo na utilização do aparelho com maior número de manejos.

Os grupos técnicos fundamentais contêm movimentos característicos de cada aparelho (corda, arco, bola, maçãs e fita). No Código de Pontuação (FIG, 2012), a utilização dos grupos técnicos fundamentais deveria ser predominante no exercício de competição (mais de 50%). No entanto, o Código atual (FIG, 2016) não manteve essa exigência, contudo é necessária a realização de pelo menos um elemento de cada grupo técnico fundamental do aparelho durante o exercício de competição.

Nos elementos dinâmicos de rotação e lançamento, as ginastas finalistas revelaram um número superior de rotações corporais, número total de critérios adicionais e número de critérios de rotação (mudança de eixo e/ou nível). Deste modo, embora ambos os grupos tenham apresentado o número máximo de elementos dinâmicos de rotação e lançamento, as ginastas finalistas incluíram uma maior pontuação final nestes elementos. Além disso, 40.7% das ginastas finalistas apresentaram pelo menos um elemento dinâmico realizado com uma dificuldade corporal, enquanto o mesmo foi verificado em 21.9% das ginastas portuguesas, demonstrando uma maior capacidade técnica das ginastas finalistas em executar dois elementos de dificuldade em conjunto (elemento dinâmico e dificuldade corporal).

O Código atual (FIG, 2016) apresentou duas alterações relevantes no que diz respeito a este elemento de dificuldade, dado que ampliou o número máximo de três para cinco, assim como passou a considerar apenas uma vez as mudanças de eixo e/ou nível nas rotações corporais em cada elemento dinâmico de rotação e lançamento. Esta última alteração desfavorece as ginastas finalistas, dado que estas obtiveram uma pontuação nos elementos dinâmicos de rotação e lançamento superior às ginastas portuguesas principalmente pelo maior número de critérios nas rotações corporais (mudanças de eixo e/ou nível).

As ginastas portuguesas apresentaram um número superior de elementos de maestrias comparando às ginastas finalistas. Estes elementos foram definidos pelo Código de Pontuação como combinações incomuns de elementos de aparelho (FIG, 2012) e, portanto, podem ser interpretados como elementos de elevada complexidade e beleza. A execução destes elementos exige uma coordenação extraordinária (Sierra-Palmeiro et al., 2015). Deste modo, esperava-se que as ginastas com melhores resultados apresentassem o maior número de elementos de maestria, devido à sua maior qualidade técnica. No entanto, acreditamos que estes dados sugerem que as ginastas portuguesas podem ter incluído em suas composições, elementos de maestria que não foram considerados pelos juízes de acordo com a descrição do Código (FIG, 2012). Além disso, as ginastas com menor classificação enfrentam maiores dificuldades para obter melhores notas devido a problemas de execução (Breitkreutz & Hökelmann, 2014). Assim, as ginastas com maior número de elementos de maestrias, especialmente ginastas com menor nível técnico, podem ter mais faltas técnicas que anulam o valor da dificuldade (Leandro et al., 2016a).

Verificamos ainda que as ginastas finalistas apresentaram maior número de maestrias com elementos dos grupos técnicos não fundamentais do aparelho que dos grupos técnicos fundamentais do aparelho, enfatizado sobretudo, pela utilização de elementos de maestria com lançamentos e receções do aparelho. Por outro lado, as portuguesas apresentaram o resultado oposto, com uma superior realização de maestrias com elementos dos grupos técnicos fundamentais do aparelho. Além disso, diferenças significativas foram encontradas em ginastas finalistas e portuguesas no número de maestrias realizadas com elementos dos grupos técnicos fundamentais do aparelho.

Neste Código de Pontuação (2013-2016), todos os elementos de maestria possuíam um valor único de 0.20 pontos (FIG, 2012). Em contrapartida, o Código atual (2016-2020) (FIG, 2016) apresenta valores distintos para diferentes elementos de aparelho: 0.20 pontos para qualquer elemento dos grupos técnicos fundamentais e não fundamentais do aparelho exceto para os elementos: lançamentos, rolamentos, boomerang e transmissões do aparelho que têm valor de 0.30 pontos; e valor de 0.40 pontos para receções do aparelho resultantes de

um grande lançamento. Além disso, este Código (FIG, 2016) ampliou a definição dos elementos de maestria e alterou a nomenclatura para ‘elemento de dificuldade de aparelho’. Assim, as dificuldades de aparelho são uma sincronização particularmente difícil entre o aparelho e o corpo, ou uma utilização interessante ou inovadora do aparelho (não executada regularmente como padrão de movimentos de aparelhos em GR).

Deste modo, através do conjunto de dados analisado, podemos sugerir que o conteúdo dos exercícios de competição de ginastas finalistas (1 a 8º lugar no *ranking*) e ginastas portuguesas (23 a 36º lugar no *ranking*) apresentou diversas semelhanças e diferenças. Além disso, diante dos resultados alcançados em competição podemos sugerir também que a execução técnica e artística são fatores determinantes no desempenho. No entanto, é provável que o conteúdo dos exercícios de competição das ginastas portuguesas tenha alguns pontos para serem revistos e refletidos. Neste sentido, acreditamos que os resultados competitivos podem ter sido bastante influenciados pela equivocada seleção dos elementos incluídos nos exercícios de competição das ginastas portuguesas.

Assim, a seleção dos elementos que compõem os exercícios de competição não deve estar norteadas apenas para o valor das dificuldades, mas também considerar da execução técnica das ginastas. Para obter as melhores pontuações, os exercícios de competição têm de apresentar um elevado nível de dificuldade combinado com excelente qualidade de desempenho (Agopyan, 2014). A qualidade inferior de execução das ginastas com mais fracas classificações sugere que os treinadores não têm uma percepção real da capacidade de desempenho de suas ginastas nos elementos de dificuldade (Leandro et al., 2016a). Acresce-se o fato de uma supervalorização do exercício de competição (descrição na ficha de competição) não ter qualquer penalização pelo Código (FIG, 2012), podendo de forma legítima e legitimada ser utilizada como estratégia pelos treinadores.

Como o Código de Pontuação sofre alterações a cada ciclo olímpico, esta análise corresponde à regulamentação do quadriênio 2013-2016. No atual ciclo olímpico 2016-2020, o Código (FIG, 2016) abrange penalizações mais elevadas

de execução técnica e artística de modo a promover uma maior ênfase na busca pela perfeição estética e técnica. Uma ginasta deve incluir apenas elementos que possa executar com segurança e com elevado nível de proficiência estética e técnica (FIG, 2016). Os treinadores têm de ter em atenção as orientações do Código e, portanto, a seleção e preparação dos elementos de dificuldade para serem incluídos nos exercícios de competição deve ser considerado um ponto fulcral no processo de treino. Deste modo, é reforçada a importância de uma elevada execução técnica e artística, pelo seu papel determinante no desempenho.

5. Conclusões

As ginastas finalistas e portuguesas apresentaram diversas semelhanças e diferenças ao nível da estrutura do conteúdo dos exercícios de competição. Entre as principais semelhanças destacamos que os grupos apresentaram um número e valor equivalente das dificuldades corporais de saltos e equilíbrios, assim como número de dificuldades corporais de rotações, número de combinações de passos de dança e elementos dinâmicos de rotação e lançamento. Além disso, as dificuldades corporais mais utilizadas foram, em geral, as mesmas.

Entre as principais diferenças destacamos que as ginastas finalistas apresentaram resultados superiores às ginastas portuguesas no valor total e número de voltas nos elementos de rotação; número de dificuldades corporais em série, múltiplas, mistas e combinadas com ondas corporais; número de elementos dos grupos técnicos fundamentais do aparelho durante os passos de dança; número de maestrias com elementos dos grupos técnicos não fundamentais que dos fundamentais do aparelho; número de rotações corporais, número total de critérios adicionais e número de critérios de rotação nos elementos dinâmicos de rotação e lançamento. Por outro lado, as ginastas portuguesas apresentaram resultados superiores às finalistas no número de dificuldades corporais combinadas com rotações corporais, número de

elementos de maestria; número de maestrias realizadas com elementos dos grupos técnicos fundamentais do aparelho.

Estas informações são relevantes por contribuírem para o desenvolvimento da GR nacional, ao trazer importantes conhecimentos aos treinadores e ginastas, as quais podem auxiliar especialmente o processo de treino e a construção coreográfica. Os treinadores de ginastas portuguesas precisam realizar uma seleção mais ponderada e rigorosa dos elementos presentes nos exercícios de competição.

Agradecimentos: Os autores gostariam de agradecer à Federação de Ginástica de Portugal e à Organização da Taça do Mundo de Lisboa que possibilitaram a realização deste estudo.

6. Referências

- Agopyan, A. (2014). Analysis of Body Movement Difficulties of Individual Elite Rhythmic Gymnasts at London 2012 Olympic Games Finals. *Journal of Scientific Research*, 19(12), 1554-1565.
- Amigó, A., Sala, V., Faciabén, A., Evrard, M., Marginet, M., & Zamora, L. (2009). Talla, peso, somatotipo y composición corporal en gimnastas de élite españolas (gimnasia rítmica) desde la infancia hasta la edad adulta. *Apunts Educación Física y Deportes*, 64-74.
- Arkaev, L., & Suchilin, N. (2004). *How to create champions - the theory and methodology of training top-class gymnasts*. Oxford: Meyer & Meyer Sport.
- Ávila-Carvalho, L. (2005). *Estudo do comportamento da frequência cardíaca e análise dos elementos técnicos em exercícios de conjuntos de Ginástica Rítmica*. Porto: Dissertação de Mestrado apresentada a Universidade do Porto.
- Ávila-Carvalho, L., Klentrou, P., Palomero, M. L., & Lebre, E. (2012). Analysis of the Technical Content of Elite Rhythmic Gymnastics Group Routines. *The Open Sports Science Journal*, 5, 146-153.
- Ávila-Carvalho, L., Palomero, M. L., & Lebre, E. (2010). Apparatus difficulty in groups routines of elite rhythmic gymnastics at the Portimão 2009 World Cup Series. *Science of Gymnastics Journal*, 2, 29-42.

- Breitkreutz, T., & Hökelmann, A. (2014). Characterisation of the current level of performance in individual competitions in Rhythmic Gymnastics. In P. O. D. Derek M. Peters (Ed.), *Performance Analysis of Sport IX* (pp. 222-231): Routledge.
- Camargo, C., Gomez-Campos, R., Cossio-Bolaños, M., Barbata, V., Arruda, M., & Guerra-Junior, G. (2014). Growth and body composition in Brazilian female rhythmic gymnastics athletes. *Journal of Sports Sciences*, 32(19).
- Douda, H., Toubekis, A., Avloniti, A., & Tokmakidis, S. (2008). Physiological and anthropometric determinants of rhythmic gymnastics performance. *International Journal Of Sports Physiology And Performance*, 3(1), 41-54.
- Ferreirinha, J., Carvalho, J., Côrte-Real, C., & Silva, A. (2011). *Evolução do Valor Real de Dificuldade dos Exercícios de Paralelas Assimétricas de Ginastas de elite nos Últimos Ciclos Olímpicos*. Comunicação apresentada em Da Prática à Ciência: Formação, aprendizagem e treino em ginástica. FGP.
- FIG. (2012). Code of Points for Rhythmic Gymnastics: 2013-2016. Lausanne: Fédération International de Gymnastique. [Versão eletrónica], disponível em: <https://www.scottishgymnastics.org/sites/default/files/imce/disciplines/2012%20-%202016%20Rhythmic%20Code%20of%20Points.pdf>
- FIG. (2014). Athletes Biographies. disponível em: http://www.gymnastics.sport/site/athletes/bio_view.php
- FIG. (2016). Code of Points for Rhythmic Gymnastics: 2016-2020. Lausanne: Fédération International de Gymnastique. [Versão eletrónica], disponível em: http://www.fig-gymnastics.com/publicdir/rules/files/rq/RG_CoP%202017-2020_updated%20with%20Errata_February%202017_e.pdf
- Hökelmann, A., Livioti, G., & Breitkreutz, T. (2013). Rhythmic Gymnastics. In P. O. D. a. J. S. Tim McGarry (Ed.), *Routledge Handbook of Sports Performance Analysis*. New York: Routledge.
- Klentrou, P., & Plyley, M. (2003). Onset of puberty, menstrual frequency, and body fat in elite rhythmic gymnasts compared with normal controls. *Br J Sports Med.* , 37(6), 490-494.
- Kritikou, M., Donti, D., Bogdanis, G., Donti, A., & Theodorakou, K. (2017). Correlates of artistry performance scores in preadolescent rhythmic gymnasts. *Science of Gymnastics Journal*, 9(2), 165-177.

- Leandro, C., Ávila-Carvalho, L., Sierra-Palmeiro, E., & Bobo-Arce, M. (2016a). Departure Difficulty Score Vs Final Difficulty Score. The Effect of Performance in Elite Rhythmic Gymnastics. *Athens Journal of Sports*, 3(3), 169-177.
- Leandro, C., Ávila-Carvalho, L., Sierra-Palmeiro, E., & Bobo-Arce, M. (2016b). Technical content of elite Rhythmic Gymnastics. *Science of Gymnastics Journal* 8(1), 85-96.
- Massidda, M., & Calò, M. (2012). Performance scores and standings during the 43rd Artistic Gymnastics World Championships, 2011. *Journal of Sports Sciences*, 30(13), 1415-1420.
- Oliveira, M., Lourenço, M., & Teixeira, D. (2004). Incidências de lesões nas equipas de Ginástica Rítmica da UNOPAR. *UNOPAR Científica Ciências Biológicas e da Saúde*, 5(6), 29-40.
- Sierra-Palmeiro, E., Fernández-Villarino, M., & Bobo-Arce, M. (2015). *Estudio longitudinal (1997-2014) de la técnica de aparatos en al gimnasia rítmica individual de élite*. Comunicação apresentada em 1º Congresso Iberoamericano Desporto, Educação, Atividade Física e Saúde.

CAPÍTULO VI

Síntese Final

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Ginástica Rítmica (GR) apresenta características muito particulares, e deste modo, o desenvolvimento de ginastas com elevado nível requer um conhecimento específico e profundo da modalidade (Bobo-Arce & Méndez-Rial, 2013). Desafios contínuos são colocados à treinadores e ginastas em busca do sucesso no treino e em competição. Neste sentido, podemos considerar permanente a necessidade da interpretação do desempenho de ginastas de variadas idades e níveis de rendimento. Portanto, embora o “universo” da GR seja muitas vezes restrito e de difícil acesso, investigações acerca do desempenho nesta modalidade são imprescindíveis para que patamares superiores sejam alcançados, sobretudo em países onde a produção do conhecimento é ainda escassa, como Brasil e Portugal.

Esta tese norteou o seu propósito num pulsar triplo, por refletir o nosso interesse pela análise diferencial do desempenho em ginastas de níveis distintos de rendimento em função de três fatores particulares, complexos e interligados: características biológicas, motoras e estruturais. A partir disso, foram produzidos dez estudos que nos permitiram descrever e interpretar a variabilidade do desempenho em GR. Dos resultados encontrados emergem as seguintes conclusões que agrupamos por conjuntos de estudos (Tabelas 1, 2 e 3):

Tabela 1: Principais conclusões sobre as características biológicas das ginastas apresentadas nos estudos I, II e III

Estudo I: Morphological characteristics of Portuguese rhythmic gymnasts in different competition levels

- As ginastas de elite diferiram significativamente das da Base e 1ª divisão pelos valores inferiores de pregas de adiposidade subcutânea e gordura corporal; e valores superiores de volume de treino e número de anos de prática;
 - A Elite e a 1ª divisão apresentaram a componente ectomorfia maior e a componente endomorfia menor que a Base. As ginastas do nível Base revelaram um somatótipo endomorfo balanceado enquanto a 1ª divisão e Elite, um somatótipo ectomorfo balanceado;
 - A gordura corporal e o comprimento dos membros inferiores foram as variáveis morfológicas que mais discriminaram os grupos de ginastas por nível de competição.
-

59.8% das ginastas foram bem reclassificadas nos grupos originais;

- A gordura corporal (%) foi o principal preditor morfológico do desempenho em competição, explicando 15.6% do desempenho.

Estudo II: Biological maturation of Portuguese rhythmic gymnasts in different competition levels of performance

- No total, 63.4% das ginastas portuguesas ainda não haviam atingido a menarca e quanto maior o nível de competição, menor o número de ginastas com menarca;

- Quanto maior o nível de competição, maior a idade cronológica e maior a idade do PVA. Em média, todos os grupos já haviam atingido a idade do PVA;

- Os indicadores de maturação utilizados neste estudo (idade na menarca e idade do PVA) mostraram um desenvolvimento puberal tardio em todos os níveis de competição e, além disso, as ginastas de elite parecem apresentar um desenvolvimento maturacional ainda mais tardio;

- De acordo com ambos os indicadores de maturação, observamos que, em geral, a idade cronológica, os valores de massa corporal, altura, IMC e gordura corporal aumentaram com o avanço do estado maturacional. Contudo, ginastas com diferentes estados maturacionais revelaram volume do treino sem diferenças significativas;

- O estado maturacional explicou 11.5% do sucesso em competição com maior vantagem no desempenho para ginastas pré-puberes.

Estudo III: Morphological characteristics and biological maturation of Brazilian and Portuguese gymnasts

- A Seleção Nacional do Brasil era composta por ginastas mais velhas e com mais anos de prática que a Seleção Nacional de Portugal. Os grupos apresentaram volume de treino similar, assim como a idade média em que iniciaram a prática da modalidade;

- As Seleções Nacionais apresentaram diferentes características morfológicas. As ginastas brasileiras mostraram resultados significativamente superiores às portuguesas nas seguintes variáveis antropométricas: massa corporal, altura, CMI, pregas de adiposidade tricipital, subescapular e abdominal e perímetros do braço relaxado e da coxa;

- As ginastas de elite do Brasil e de Portugal demonstraram um desenvolvimento maturacional tardio. Foi verificado um desenvolvimento puberal similar: mamas (estágios 3 e 4) e pêlos púbicos (estágios 2 e 3). No total, 84.6% das ginastas já tinham atingido a menarca (15.9 ± 2.6 anos) e todas as ginastas já tinham atingido o PVA (14.9 ± 1.2 anos). A distância e a idade do PVA foram maiores nas ginastas brasileiras que nas portuguesas.

Legenda – PVA: pico de velocidade de altura; IMC: índice de massa corporal; CMI: comprimento do membro inferior.

Tabela 2: Principais conclusões sobre as características motoras das ginastas apresentadas nos estudos IV, V e VI.**Estudo IV: Flexibility and functional asymmetry in Rhythmic Gymnastics**

- Quanto maior o nível de competição, melhor o nível de flexibilidade nos testes com MI;
- Ginastas de todos os níveis de competição revelaram diferenças na flexibilidade passiva e ativa entre os MIP e MINP (nos testes de flexibilidade de MI), apesar de que, quanto maior o nível de competição, menor o nível de assimetria funcional. Portanto, 69.4% (71.9% na Base; 71.6% na 1ª divisão; 33.3% na Elite) e 71.4% (78.0% na Base; 66.7% na 1ª divisão; 44.4% na Elite) das ginastas deste estudo apresentaram assimetria de diferentes magnitudes nos testes de flexibilidade passiva e ativa, respectivamente;
- Entre as variáveis analisadas no estudo, a flexibilidade ativa com MIP explicou 21.8% da variância do desempenho. Além disso, analisando o grupo por nível de competição, diferentes variáveis explicaram o desempenho: flexibilidade ativa com MIP nas ginastas da Base e Elite; flexibilidade passiva com MIP e rotação dos MS nas ginastas da 1ª divisão.

Estudo V: Strength in Portuguese rhythmic gymnasts of different competition levels

- As ginastas da 1ª divisão e Elite alcançaram melhores resultados que as ginastas da Base nos testes de força;
- A superioridade estatisticamente significativa das ginastas da Elite em relação às da Base e às da 1ª divisão foi observada apenas em 50% dos testes de força (*battements* à retaguarda, elevações do tronco e saltos duplos com a corda);
- Os testes 'elevações do tronco' e 'saltos duplos com a corda' foram as variáveis de força com maior poder discriminatório entre os níveis de competição. 59,1% das ginastas foram bem reclassificadas nos grupos originais;
- O teste 'saltos duplos com a corda' explicou 7.2% da variância do desempenho. Além disso, verificamos uma ausência de um padrão nos resultados da regressão linear por nível de competição, uma vez que diferentes variáveis explicaram o desempenho. Enquanto o teste 'saltos duplos com a corda' explicou 13.1% do desempenho na Base, na 1ª divisão as variáveis preditoras foram testes de 'Elevações do tronco' e 'Abdominais *curl-ups*' (15%). Na Elite não foram encontradas variáveis significativas no modelo de regressão linear.

Estudo VI: Flexibility and Strength in Brazilian and Portuguese gymnasts

- A Seleção Nacional do Brasil era composta por ginastas mais velhas e com mais anos de prática de GR que a Seleção Nacional de Portugal. Os grupos apresentaram volume de treino similar;

-
- Embora as ginastas da Seleção do Brasil tenham apresentado melhores resultados que as ginastas da Seleção de Portugal em todos os testes de força, esta vantagem mostrou-se estatisticamente significativa em 66.7% dos testes;
 - Nos testes de flexibilidade da coluna vertebral e ombros não foram verificadas diferenças significativas entre os grupos, embora as ginastas portuguesas tenham alcançado melhores resultados que as ginastas brasileiras. Na flexibilidade de MI, ambos os grupos apresentaram resultados excelentes com o MIP. Por outro lado, 88,9% das ginastas brasileiras e 50% de ginastas portuguesas revelaram assimetrias funcionais nos testes de flexibilidade;
 - Não foi observada uma superioridade absoluta de uma das Seleções Nacionais analisadas no estudo.
-

Legenda – MI: membros inferiores; MIP: membro inferior preferido; MINP: membro inferior não preferido; MS: membros superiores; GR: ginástica rítmica.

Tabela 3: Principais conclusões sobre as características estruturais apresentadas nos estudos VII, VIII, IX e X

Estudo VII: Training intensity of group in Rhythmic Gymnastics

- As ginastas estavam no período preparatório básico de periodização e observou-se que 35% da sessão de treino foi composta por exercícios de intensidade moderada a muito vigorosa. A maior parte do treino apresentou exercícios de intensidade leve (65%).
 - O maior nível de intensidade no treino (exercícios de intensidade moderada a muito vigorosa), correspondeu sobretudo, ao treino de partes dos exercícios de competição.
 - A sessão de treino avalizada apresentou as seguintes atividades: alongamento inicial, trabalho de flexibilidade, ballet, *warm-up*, técnica corporal e de aparelhos, exercícios de competição (partes e elementos isolados) e condicionamento físico. Entre esses momentos foram realizadas pausas para explicação e/ou correção dos exercícios, elementos ou movimentos específicos.
-

Estudo VIII: Body difficulties in Rhythmic Gymnastics routines

- Entre todas as dificuldades corporais, os elementos de rotação foram o grupo com maior variedade, enquanto os elementos de salto apresentaram uma menor variedade. As ginastas tendem a usar os mesmos saltos, elementos de equilíbrio e rotações em todos os seus exercícios de competição;
 - As ginastas de maior nível em competição apresentaram maior número de elementos complexos (dificuldades mistas e múltiplas) que os demais grupos de ginastas. No entanto, as ginastas mostraram também menor variedade na seleção das dificuldades corporais;
 - Os exercícios de competição concentraram-se em elementos de rotação e número
-

de voltas (graus de rotação). Por outro lado, foram verificadas ocorrências mais baixas de elementos de equilíbrio e salto;

- Os grupos de ginastas de menor nível em competição (3ª parte do *ranking*) revelaram um número significativamente superior de dificuldades corporais combinadas com elementos pré-acrobáticos que as ginastas finalistas. No entanto, os grupos apresentaram um número equivalente de dificuldades corporais combinadas com elementos de onda corporal;

- Identificamos a seguinte hierarquia de importância das variáveis que no *score* de dificuldade: valor das rotações; valor dos saltos; valor dos elementos do equilíbrio e valor das dificuldades mistas. Deste modo, as rotações foram o grupo corporal com maior importância nos exercícios de competição.

Estudo IX: Dance steps, dynamic elements with rotation and throw and mastery elements in Rhythmic Gymnastics routines

- As ginastas com melhores resultados competitivos apresentaram exercícios de competição com algumas características diferentes, no entanto, verificamos uma elevada similaridade nas dificuldades analisadas nas composições dos exercícios;

- Os três grupos de ginastas apresentaram exercícios de competição com um número similar de combinações de passos de dança assim como no número de elementos fundamentais do aparelho executados durante os passos de dança. Todas as ginastas apresentaram três elementos dinâmicos de rotação e lançamento, com valores semelhantes em cada um dos critérios de analisados. Relativamente aos elementos de maestria, embora sem significado estatístico, verificamos que quanto maior a posição no *ranking*, menor o número de elementos de maestria contido nos exercícios de competição;

- Os exercícios de competição com maior pontuação final apresentaram maior pontuação de dificuldade de partida; menor número de combinações de bases e critérios nos elementos de maestria; a utilização de um maior número de elementos não fundamentais e menor número de elementos fundamentais do aparelho nos elementos de maestria. Por outro lado, um maior número de elementos de maestria e maior número de critérios adicionais nas rotações corporais em elementos dinâmicos com rotação e lançamento, correlacionaram-se negativamente com a pontuação final.

Estudo X: Estrutura do conteúdo dos exercícios de competição das ginastas portuguesas de elite e ginastas finalistas das Taças do Mundo

- As ginastas finalistas e portuguesas apresentaram algumas semelhanças ao nível da estrutura do conteúdo dos exercícios de competição: similar número e valor das DC de saltos e equilíbrios, assim como número de DC de rotações; os equilíbrios foram os elementos mais utilizados em combinação com rotação corporal ou onda corporal; as DC mais utilizadas foram, em geral, semelhantes; similar número de combinações de passos de dança e DER; os dois grupos realizaram DC durante a execução dos DER, sobretudo, elementos de salto;

-
- As ginastas finalistas apresentaram resultados superiores às ginastas portuguesas nas seguintes variáveis: número e valor total de DC; valor total de DC de rotações; número de voltas (graus de rotação) nos elementos de rotação; número de DC em série, múltiplas e mistas; número de DC combinadas com ondas corporais; número de elementos dos GTF durante as combinações de passos de dança; número de maestrias com elementos dos GTNF que dos GTF; número de rotações corporais, número total de critérios adicionais e número de critérios de rotação (mudança de eixo e/ou nível) nos DER;
 - Por outro lado, as ginastas portuguesas apresentaram resultados superiores às ginastas finalistas nas seguintes variáveis: número de DC combinadas com rotações corporais, número de elementos de maestrias; número de maestrias realizadas com elementos dos GTF.

Legenda – DC: dificuldades corporais; DER: elementos dinâmicos de rotação e lançamento; GTF: grupos técnicos fundamentais do aparelho; GTNF: grupos técnicos não fundamentais do aparelho.

Diante dos resultados encontrados nos estudos e apresentados nas Tabelas 1, 2 e 3, podemos realizar uma análise mais aprofundada destes resultados de modo a compreender em termos multivariados o desempenho em GR.

Portugal ainda se encontra distante da elite mundial em GR, contudo a FGP tem trabalhado arduamente para que a médio e longo prazo o país consiga galgar patamares superiores de rendimento. No entanto, antes disso torna-se necessário conhecer e investigar a realidade nacional e internacional, compará-las de modo a adquirir conhecimentos fundamentados e assim criar alicerces que contribuam para o desenvolvimento da modalidade. Deste modo, é possível buscar formas para que o trabalho realizado por treinadores e outros profissionais da modalidade seja coerente aos objetivos que se pretendem alcançar.

Sendo assim, os resultados por nós obtidos podem constituir-se uma mais-valia para o crescimento da GR portuguesa, assim como para a modalidade em geral, dado que o meio científico e prático adquirem novas e valiosas informações acerca do desempenho em GR. Nesse contexto, diversos autores enfatizam a necessidade de um maior número de estudos que possibilitem um embasamento teórico mais aprofundado sobre o desempenho nesta modalidade (Agopyan, 2014; Bobo-Arce & Méndez-Rial, 2013). Essa escassez de estudos torna a GR extremamente vinculada às suposições dos profissionais que

trabalham na área (Antualpa, 2011). Portanto, pesquisas neste âmbito são imprescindíveis diante da preocupação constante em alcançar patamares superiores de desempenho.

A partir do exposto, passamos a destacar os resultados encontrados relativamente à caracterização da GR portuguesa de acordo com diferentes análises. Iniciamos pelas variáveis biológicas e motoras com maior influência na expressão diferenciadora dos níveis de competição: Base, 1ª divisão e Elite. Os principais resultados mostram que as variáveis morfológicas: %GC e CMI; e as variáveis de força: elevações do tronco e saltos duplos com a corda foram as que melhor discriminam as ginastas por nível de competição em Portugal. Além disso, as variáveis morfológicas: pregas de adiposidade e %GC; variáveis de flexibilidade: flexibilidade de MI; variáveis de força: *battements* à retaguarda, elevações do tronco e saltos duplos com a corda; variáveis de treino: volume de treino e número de anos de prática; foram as variáveis que melhor diferenciaram as ginastas de nível mais elevado (Elite) das ginastas de nível mais baixo (Base e 1ª divisão).

Por outro lado, um maior número de variáveis diferenciaram as ginastas da 1ª divisão e Elite, das ginastas da Base, mostrando que 1ª divisão e Elite têm diversas características semelhantes e ainda superiores à Base. Assim, as variáveis que melhor diferenciaram as ginastas da 1ª divisão e Elite das ginastas de nível mais baixo (Base) foram as variáveis morfológicas: pregas de adiposidade, IMC, %GC e componentes do somatótipo – ectomofia e endomorfia; variáveis de flexibilidade: flexibilidade de MI, MS e multiarticulares; variáveis de força: *battements* à frente e à retaguarda, elevações do tronco, abdominais *curl-ups*, saltos duplos com a corda e salto vertical; variáveis de treino: volume de treino e número de anos de prática.

No entanto, ressaltamos que, de acordo com os resultados verificados no teste de salto vertical (VTJ), embora as ginastas da 1ª divisão e Elite tenham alcançado níveis semelhantes de força explosiva de MI e ainda estatisticamente superiores às ginastas da Base, os três grupos apresentaram resultados inferiores aos valores normativos referenciados por Arkaev & Suchilin (2004), como características do modelo de preparação física especial para ginastas de

elevado nível (52-56 cm no *Vertical Jump test*). A força explosiva é uma das manifestações da força imprescindíveis em GR, sobretudo pela grande importância no desenvolvimento dos saltos específicos da modalidade (Laffranchi, 2005).

As variáveis de maturação não mostraram um padrão comum nos resultados entre os níveis de competição, dado que, foram verificadas diferenças na idade da menarca em ginastas da 1ª divisão e Base, e na idade do PVA em todos os grupos de ginastas. Contudo, as ginastas de elite parecem apresentar um desenvolvimento maturacional mais tardio.

Ou seja, a partir destes resultados agregados, considerando apenas as variáveis significativamente destacadas pelo grupo de elite, podemos afirmar que as ginastas de sucesso em Portugal se distinguem de seus pares por apresentarem menor %GC, maior CMI, maior nível de flexibilidade de MI, menor assimetria funcional, maior nível de força dorsal e de MI (*battements à retaguarda* e elevações do tronco), maior nível de conjugação entre execução técnica, força de resistência e resistência muscular de MI (saltos duplos com a corda), maior volume de treino e maior tempo de prática. Logo, parece que mais baixos valores de gordura corporal, elevado CMI, elevados níveis de flexibilidade e força, mais baixos valores de assimetria funcional, elevado volume de treino e tempo de prática assim como a maturação tardia marcam o perfil da ginasta portuguesa de excelência.

O êxito da participação individual desportiva pressupõe, entre outros fatores, a reunião de um conjunto de características particulares que se interligam, produzindo perfis multidimensionais de atletas que possibilitam atender às exigências das tarefas do quadro competitivo da respetiva modalidade (Quintal et al., 2007). De fato, este perfil de ginasta está em consonância com as exigências morfofuncionais da GR, realçando os reduzidos valores de gordura corporal, as elevadas medidas de CMI, os elevados níveis de flexibilidade e força, assim como as reduzidas assimetrias funcionais diretamente ligados ao desempenho, por permitir à ginasta aprender e executar elementos e movimentos com maior facilidade, beleza e plasticidade.

A reduzida gordura corporal tem um papel estético, técnico e psicológico.

Os aspectos estéticos marcados pelo biótipo e padrão corporal particular de ginastas são considerados requisitos importantes para um desempenho eficiente dos movimentos específicos nesta modalidade (Amigó et al., 2009; Menezes et al., 2014; Poliszczuk & Brod, 2010). Além disso, são valorizados e subjetivamente considerados nas competições (Ávila-Carvalho et al., 2013). A percepção da imagem corporal também é um fator essencial do bem-estar psicológico das ginastas (Vernetta et al., 2011).

Elevado CMI é um fator morfológico que possibilita a execução dos movimentos mais longos e amplos, assim como ajuda a ginasta a utilizar facilmente todo o espaço. Uma ginasta de MI curtos apresenta uma maior vantagem mecânica no desempenho em Ginástica Artística, enquanto uma ginasta com MI compridos poderia beneficiar de uma vantagem similar em GR (Georgopoulos et al., 2002). Deste modo, espera-se que ginastas em GR apresentem extremidades longas e finas (Amigó et al., 2009; Poliszczuk & Brod, 2010).

Elevados níveis de flexibilidade e força são fatores motores que permitem um melhor trabalho técnico, auxiliam a aprendizagem e mostram maior facilidade e naturalidade na execução dos elementos e movimentos corporais e com o aparelho. De acordo com o Código de Pontuação (FIG, 2016), a expressão corporal nesta modalidade é considerada como uma união de força, beleza e elegância nos movimentos, os quais devem ser flexíveis e plásticos.

Além disso, as reduzidas assimetrias funcionais mostram um trabalho harmonioso e multilateral, visando o aumento da amplitude em combinação com a técnica e a simetria. A assimetria funcional é principalmente resultado do treino de longo prazo em GR e, geralmente, as consequências deste trabalho inadequado são identificadas tardiamente, o que torna sua correção mais complexa (Lisitskaya, 1995). As assimetrias expressamente evidentes podem refletir negativamente na preparação física e técnica das ginastas e, em muitos casos, causar mudanças na postura (Lisitskaya, 1995). Portanto, é extremamente importante o cuidado e preocupação com essa temática, através da diminuição das ações unicamente unilaterais na modalidade.

Diante destes resultados, torna-se pertinente analisar profundamente os

resultados dos estudos de comparação das ginastas de elite portuguesas e brasileiras, as quais apresentam diferentes níveis de rendimento em contexto internacional. Como principais resultados podemos destacar que as ginastas brasileiras eram mais velhas e com mais anos de prática que as ginastas portuguesas, no entanto o volume de treino e a idade de início na modalidade foram equivalentes. As ginastas portuguesas parecem mostrar-se mais próximas do padrão corporal exigido em GR, dado que apresentaram um somatotipo ectomorfo-balanceado enquanto as brasileiras, um somatotipo ectomorfo-endomorfo. Além disso, as ginastas brasileiras mostraram valores estatisticamente superiores nas seguintes medidas antropométricas: massa corporal, altura, CMI, pregas de adiposidade (tricipital, subescapular e abdominal) e perímetros (braquial relaxado e da coxa).

Ambos os grupos apresentaram um desenvolvimento maturacional tardio, embora as ginastas brasileiras revelaram uma maturação ainda mais tardia. Verificamos similar estágios puberais: mamas (estágios 3 e 4) e pêlos púbicos (estágios 2 e 3). A idade média da menarca foi de 15.9 ± 2.6 anos e a idade do pico de velocidade de altura em 14.9 ± 1.2 anos. Assim, a idade da menarca nestes grupos foi de 16.6 ± 2.2 anos para brasileiras (100% menarcadas) e 13.0 ± 1.4 anos (50% menarcadas). Além disso, idade do PVA (e distância do PVA) foi de 15.6 ± 0.9 anos (5.5 ± 1.1 anos) para as ginastas brasileiras, enquanto para as ginastas portuguesas foi de 13.7 ± 0.4 anos (2.8 ± 0.9 anos).

Por fim, em termos motores, as ginastas brasileiras revelaram níveis de força mais elevados que as ginastas portuguesas, com resultados estatisticamente superiores em 66.7% dos testes. Nos testes de flexibilidade da coluna vertebral e ombros não foram verificadas diferenças significativas entre os grupos, embora as ginastas portuguesas tenham demonstrado melhores resultados que as brasileiras. Ambos os grupos apresentaram resultados excelentes nos testes de flexibilidade de MI, no entanto, 88.9% das ginastas brasileiras e 50% das ginastas portuguesas revelaram assimetrias funcionais.

Portanto, apesar do rendimento superior em competição das ginastas brasileiras, não foi observada uma supremacia absoluta no conjunto das variáveis analisadas. Contudo, é importante considerar a especialidade de cada

um dos grupos na modalidade, uma vez que as ginastas portuguesas fazem parte da especialidade individual e as brasileiras integravam um conjunto, apesar de serem ginastas selecionadas a partir de competições individuais.

Deste modo, os resultados sugerem que as ginastas portuguesas de elite não estão distantes em termos biomorfofuncionais das brasileiras que se situam na elite mundial. No entanto, as características biológicas e motoras, quando consideradas isoladamente não asseguram o sucesso competitivo. O processo de treino é voltado para estes fatores condicionantes (características biológicas e motoras), através da preparação física geral e específica assim como outros fatores fundamentais presentes na preparação técnica, tática, intelectual e psicológica (Laffranchi, 2001).

A análise da preparação técnica e tática foi incluída nesta tese nas características estruturais do treino e da competição. A preparação técnica é um componente do treino cujo principal objetivo é a realização do movimento gímico com o máximo de eficiência, através do virtuosismo da execução (Laffranchi, 2001). Para uma ginasta alcançar a perfeição do gesto desportivo e automatizar corretamente a execução dos movimentos, tem de realizar infindáveis repetições durante a sua preparação e suportar extenuantes e exigentes correções detalhadas de cada movimento (Laffranchi, 2001). No entanto, o processo de treino através da dinâmica da carga também é uma das particularidades da modalidade pouco explorada cientificamente. Deste modo, a avaliação de componentes do treino em ginastas de elevado nível de rendimento (como por exemplo as ginastas brasileiras de elite) fornece importantes informações para um entendimento mais esclarecido da organização e distribuição do treino em GR.

Assim, relativamente ao volume de treino, verificamos que as ginastas seniores brasileiras de elite que compõem a Seleção Nacional têm 20.8 ± 1.9 anos e um volume de treino de 36.0 ± 0.0 horas por semana. Por outro lado, as ginastas seniores portuguesas de elite têm uma idade significativamente inferior (15.8 ± 1.3 anos) e um volume de treino similar (34.5 ± 3.0 horas por semana). Deste modo, o volume de treino de ambos os grupos encontra-se de acordo com o descrito na literatura para ginastas de elite (Georgopoulos et al., 2002; Malina et al.,

2013), embora há estudos com volumes de treino superiores (Ávila-Carvalho et al., 2013).

A intensidade de treino da Seleção Nacional do Brasil foi determinada através da estimativa do gasto energético com a utilização de acelerómetros durante uma sessão de treino com duração de 7 horas (manhã e tarde). As ginastas encontravam-se no período preparatório básico de periodização e todas as atividades realizadas na referida sessão de treino foram registradas de modo que pudéssemos compreender os resultados encontrados. As atividades foram: alongamento inicial, trabalho de flexibilidade, ballet, *warm-up*, técnica corporal e de aparelhos, exercícios de competição (partes e elementos isolados) e condicionamento físico.

Como principais resultados, verificamos que 35% da sessão de treino foi composta por exercícios de intensidade moderada a muito vigorosa, os quais correspondem especialmente ao treino de partes dos exercícios de competição. A maior parte do treino apresentou atividades de leve intensidade (65%). Diversos exercícios voltados para o trabalho específico de força e resistência muscular (ballet, preparação física geral e específica) foram equivocadamente classificados como leve intensidade, provavelmente devido à falta de alterações de eixo corporal e/ou deslocamento. No entanto, o treino em GR é composto também por exercícios de leve intensidade (exercícios específicos como treino de flexibilidade, técnica de aparelhos, etc.) e momentos (paragens para explicações e correções) que são essenciais para a melhoria do desempenho através do desenvolvimento técnico, tático e físico das ginastas.

Estes resultados, embora não comparados com a realidade portuguesa fornecem informações sobre a intensidade e organização do treino de um grupo de ginastas com elevado nível de rendimento desportivo, podendo, desta forma, contribuir significativamente para o processo de treino das ginastas portuguesas.

Embora estes importantes achados acerca das características biológicas e motoras das ginastas, assim como das características estruturais do treino apresentem um elevado impacto no desempenho, podemos também complementar este conhecimento com a informação quantitativa referente ao conteúdo dos exercícios de competição, uma vez que estes, em grande parte,

determinam o sucesso competitivo. A informação quantitativa da estrutura do conteúdo dos exercícios de competição corresponde às características estruturais em competição tratadas nesta tese.

A capacidade estratégica dos treinadores e/ou coreógrafos é fundamental para uma construção coreográfica de sucesso. Para Laffranchi (2001), é a montagem dos exercícios de competição que contribui para a preparação tática em GR, já que é através das composições que se organizam as ações individuais e de conjunto, de forma racional e de acordo com os regulamentos oficiais da GR. A autora considera que a preparação tática tem por objetivo atingir o sucesso em competição, tendo em conta a qualidade da ginasta, o processo de treino e as condições das equipas adversárias.

Deste modo, para complementar a nossa informação avaliamos o conteúdo dos exercícios de competição de ginastas participantes nas Taças do Mundo de Lisboa (2013 e 2014). As ginastas foram divididas em três grupos, de acordo com as classificações: 1º grupo (Finalistas) – 1º ao 8º lugar no *ranking*; 2º grupo – 9º ao 22º lugar no *ranking*; 3º grupo – 23º a 36º lugar no *ranking*. As ginastas portuguesas de elite integraram o 3º grupo. As variáveis analisadas foram os elementos de dificuldade: dificuldades corporais, combinações de passos de dança, elementos de maestria, elementos dinâmicos de rotação e lançamento.

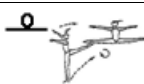
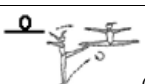
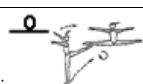
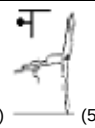
As fichas de competição mostraram que 97.6% dos exercícios de competição apresentaram o número máximo de dificuldades corporais (nove). Ginastas com número inferior de dificuldades encontravam-se especialmente no 3º grupo. A maior parte dos exercícios de competição revelou um predomínio de elementos de rotação (54.4%), em relação aos elementos de equilíbrio (11.5%), salto (12.2%) ou equilíbrio entre os grupos corporais (21.9%). Esta tendência para o predomínio de elementos de rotação foi similar em todos os grupos de ginastas. Por outro lado, apenas 7.8 e 12.5% das finalistas apresentaram exercícios de competição com predomínio de elementos de saltos e equilíbrios, respetivamente. Enquanto isso, os valores invertem-se no 2º grupo, dado que 14.3 e 9.8% dos exercícios mostraram um predomínio de elementos de saltos e equilíbrios, respetivamente. Por fim, o 3º grupo apresentou um número

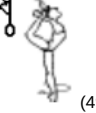
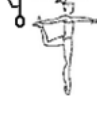
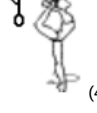
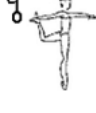
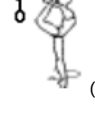
equivalente de exercícios de competição com predomínio de saltos e equilíbrios, 12.5%.

Acerca dos elementos de rotação, em geral, verificamos um elevado número de graus de rotação (voltas) proposto: 2 ou 3 rotações completas (720° ou 1080° de rotação), exceto nos *pivots fouetté* em que os ginastas pretendiam completar mais de 4 voltas completas (1440° de rotação).

A Tabela 4 apresenta os elementos de dificuldade corporal mais utilizados nos exercícios de competição (em pelo menos 30% dos exercícios de competição):

Tabela 4: Imagens e símbolos das dificuldades corporais mais utilizadas nos exercícios de competição nas Taças do Mundo de Lisboa (2013 e 2014) por grupos de *ranking*

GC	Amostra	Dificuldades corporais
Saltos	Análise geral (n=288)	 (62.5%),  (53.1%),  (35.5%).
	Finalistas (n=64)	 (57.8%),  (56.3%),  (34.4%),  (32.8%).
	2º grupo do <i>ranking</i> (n=112)	 (61.6%),  (54.5%),  (47.3%).
	3º grupo do <i>ranking</i> (n=112)	 (73.2%),  (44.7%).
Equilíbrios	Análise geral (n=288)	 (68.8%),  (49.0%),  (48.3%),  (39.9%).
	Finalistas (n=64)	 (62.5%),  (53.1%),  (50%),  (48.4%).
	2º grupo do <i>ranking</i> (n=112)	 (78.6%),  (50%),  (41.1%),  (32.1%).
	3º grupo do <i>ranking</i> (n=112)	 (70.5%),  (45.5%),  (54.5%),  (34.8%).

Rotações	Análise geral (n=288)	 (80.2%),  (66.3%),  (49%),  (34%).
	Finalistas (n=64)	 (84.4%),  (79.7%),  (42.2%).
	2º grupo do ranking (n=112)	 (77.7%),  (70.5 %),  (54.5%).  (35.7%)
	3º grupo do ranking (n=112)	 (80.4%),  (54.5%),  (47.3%),  (42.0%)

Legenda – GC: grupo corporal

A Tabela 4 mostra que nos elementos de salto, os saltos de giro (*jeté en tournant*) são os preferidos, provavelmente por apresentarem maior valor. Nos elementos de equilíbrio, a prancha facial ($\overline{\text{T}}$) e lateral ($\overline{\text{T}}'$), assim como o penché ($\overline{\text{F}}$) e equilíbrio dorsal ($\overline{\text{A}}$) foram os mais utilizados em todos os grupos, com diferentes ordens de preferência. As rotações em penché ($\overline{\text{L}}$), attitude ($\overline{\text{Y}}$) e boucle ($\overline{\text{V}}$) foram as dificuldades corporais de rotação priorizadas em todos os grupos. Embora as dificuldades corporais mais utilizadas nos exercícios de competição dos três grupos sejam praticamente as mesmas, o 2º e 3º grupo apresentaram uma maior variedade de dificuldades corporais, de acordo com a análise de todas as dificuldades corporais presentes nos exercícios de competição.

Relativamente ao valor das dificuldades corporais, verificamos que as ginastas finalistas e do 2º grupo revelaram valores significativamente superiores ao 3º grupo nas dificuldades de rotação. Embora os elementos de rotação com valor base de 0.30 pontos tenham sido os mais utilizados pelos três grupos, o 3º grupo apresentou menor número de rotações de 0.30 pontos e maior número de rotações de 0.10 pontos que os demais grupos. Os elementos de salto com valores acima de 0.50 pontos foram mais utilizados pelas ginastas finalistas e do 2º grupo, enquanto o 3º grupo apresentou um maior número de elementos de

salto com 0.50, 0.40 e 0.30 pontos do que os demais grupos. Por fim, em relação aos elementos de equilíbrio, não foram verificadas diferenças entre os grupos no valor destes elementos. Os equilíbrios variaram entre 0.30 e 0.50 pontos, sendo que os elementos de 0.50 pontos foram os mais utilizados nos exercícios de competição de todos os grupos, contudo, o 3º grupo utilizou um maior número de elementos de equilíbrio de valor 0.40 e 0.30 pontos que os restantes grupos.

Apenas ginastas do 2º e 3º grupo incluíram nos exercícios de competição dificuldades em *slow turn*. Além disso, estes grupos revelaram um número superior de dificuldades corporais combinadas com elementos pré-acrobáticos. Todos os grupos apresentaram dificuldades múltiplas e mistas. No entanto, as ginastas finalistas apresentaram um maior número de exercícios de competição com pelo menos uma dificuldade mista e múltipla.

Os três grupos apresentaram um número similar de combinações de passos de dança, assim como número de elementos fundamentais do aparelho executados durante os passos de dança. Em todos os grupos, o maior número de passos de dança foi verificado nos exercícios de fita, enquanto o maior número de elementos fundamentais do aparelho durante a execução dos passos de dança foi observado nos exercícios de maçãs.

Em outra análise verificamos que quanto melhor a posição no *ranking*, menor o número de elementos de maestria contido nos exercícios de competição, embora sem significado estatístico. Além disso, quanto melhor a posição no *ranking*, maior a utilização de elementos não fundamentais do aparelho (especialmente lançamentos e receções do aparelho) e menor a utilização de elementos fundamentais do aparelho como base nas maestrias. Quanto melhor a posição no *ranking*, menor o número de maestrias realizados durante dificuldades corporais, apesar deste achado não apresentar significado estatístico. Em todos os grupos, os equilíbrios foram o grupo corporal mais utilizado com elementos de maestria.

Todas as ginastas apresentaram três elementos dinâmicos de rotação e lançamento (DER) nos exercícios de competição, assim como possuíram valores semelhantes em cada um dos critérios de DER analisados. Assim, os exercícios de competição mostraram, em média, para cada DER: 3.3 ± 0.4 rotações, 3.6 ± 1.0

critérios adicionais (no total), 0.9 ± 0.6 critérios de lançamento, 1.7 ± 0.6 critérios de rotação corporal durante o voo do aparelho e 1.0 ± 0.7 critérios de recepção.

Estes resultados fornecem-nos informações relevantes sobre a estrutura do conteúdo dos exercícios de competição de ginastas de diferentes níveis de rendimento em contexto internacional. De acordo com Ávila-Carvalho et al. (2012a), o conhecimento acerca do conteúdo dos exercícios de competição de ginastas de elite contribui para a identificação das tendências na estrutura de desempenho, assim como com o entendimento mais esclarecido de como o Código de Pontuação tem sido interpretado por treinadores de referência e suas estratégias composicionais. Além disso, essa informação pode ser útil para treinadores e ginastas como *feedback* para determinar modelos de treino voltados para a melhoria do desempenho (Fernandez-Villarino et al., 2013).

Assim, ao centrarmos o nosso olhar nas características estruturais do conteúdo dos exercícios de competição das ginastas portuguesas de elite, podemos sugerir que existem diversas semelhanças e diferenças no conteúdo dos exercícios de competição das ginastas finalistas e ginastas portuguesas.

As ginastas finalistas e portuguesas apresentaram um número e valor equivalente das dificuldades corporais de saltos e equilíbrios, assim como o número similar de dificuldades corporais de rotações. As dificuldades corporais mais utilizadas nos dois grupos foram, em geral, semelhantes. No entanto, as ginastas finalistas apresentaram um valor superior de dificuldades de rotação, assim como um mais elevado número de voltas (graus de rotação) nas dificuldades de rotação. Além disso, as ginastas finalistas mostraram um maior número de dificuldades em série, múltiplas e mistas que as ginastas portuguesas, demonstrando um maior nível técnico por incluírem nos exercícios de competição um número mais elevado de dificuldades corporais com alto grau de complexidade.

As ginastas finalistas apresentaram um número superior de dificuldades corporais combinadas com ondas corporais enquanto as ginastas portuguesas mostraram um número superior de dificuldades corporais combinadas com rotações corporais. Assim, de forma a apresentar uma composição com uma elevada variedade nos elementos e movimentos corporais, as ginastas finalistas

provavelmente optaram por não acentuar a utilização das rotações corporais, uma vez que estes elementos já são largamente utilizados em outros elementos de dificuldade (elementos de maestria e DER).

Os grupos mostraram um número similar de combinações de passos de dança, no entanto, as ginastas finalistas revelaram um maior número de elementos dos grupos técnicos fundamentais do aparelho durante os passos de dança, demonstrando que estas ginastas provavelmente têm uma melhor técnica de aparelho e por isso, realizam passos de dança com maior dinamismo na utilização do aparelho com maior número de manejos. Nos DER, ambos os grupos apresentaram o número máximo de DER por exercício de competição, contudo, as ginastas finalistas revelaram um número superior de rotações corporais, número total de critérios adicionais e número de critérios de rotação (mudança de eixo e/ou nível) nos DER, contabilizando maior valores neste elemento de dificuldade.

As ginastas portuguesas apresentaram um número superior de elementos de maestrias que as ginastas finalistas, assim como utilizaram um maior número de maestrias realizadas com elementos dos grupos técnicos fundamentais do aparelho do que as ginastas finalistas. Os elementos de maestria são combinações incomuns de elementos de aparelho (FIG, 2012) e, portanto, podem ser interpretados como elementos de elevada complexidade e beleza. Deste modo, esperava-se que as ginastas finalistas apresentassem o maior número de elementos de maestria, devido à sua maior qualidade técnica, contudo, estes resultados sugerem que as ginastas portuguesas provavelmente incluíram nas suas composições, elementos de maestria que não foram considerados pelos juízes de acordo com a descrição do Código de Pontuação (FIG, 2012). Além disso, as ginastas finalistas mostraram um maior número de maestrias com elementos dos grupos técnicos não fundamentais do aparelho que dos grupos técnicos fundamentais do aparelho, enquanto as ginastas portuguesas apresentaram o resultado oposto. As ginastas finalistas optaram especialmente pela execução de elementos de maestria com lançamentos e receções do aparelho.

Investigações acerca das diferenças na estrutura do conteúdo dos

exercícios de competição de ginastas com elevado destaque a nível internacional e ginastas portuguesas de elite contribuem significativamente com o desenvolvimento da GR nacional, ao trazer informações relevantes aos treinadores e ginastas, as quais podem auxiliar especialmente no processo de treino e na construção coreográfica.

Após a caracterização e análise das variáveis biológicas, motoras e estruturais, a partir das pesquisas de natureza descritiva e diferencial, podemos então centrar a nossa atenção no conjunto de indicadores que favorecem o desempenho em GR. Essa informação multivariada, embora com um grau desconhecido de erro, é extremamente relevante por determinar diferentes variáveis que explicam o desempenho na modalidade, assim como por ser suscetível de referenciar e distinguir o perfil diferenciado das ginastas de sucesso. Este propósito eminentemente descritivo poderá desaguar em aspetos normativos e de seleção, facilitando a tarefa de interpretação e monitorização de aspetos fundamentais associados à seleção e à resposta ao treino (Quintal et al., 2007). Deste modo, como principais resultados no domínio biológico, verificamos que o %GC foi o principal preditor morfológico, explicando 15.6% do desempenho. E relativamente à maturação, o estado maturacional explicou 11.5% do desempenho com maior vantagem para as ginastas pré-púberes.

No domínio motor, a flexibilidade ativa com MIP explicou 21.8% da variância do desempenho; assim como o teste 'saltos duplos com a corda' explicou 7.2% do desempenho. No entanto, foram encontradas diferenças nas variáveis que explicaram o desempenho entre os níveis de competição. Na avaliação da flexibilidade, enquanto a flexibilidade ativa com MIP explicou 14.5% e 43.4% do desempenho nos níveis Base e Elite, respectivamente; a flexibilidade passiva com MIP e rotação dos MS explicou 29.5% do desempenho na 1ª divisão. Na avaliação da força, o teste 'saltos duplos com a corda' explicou 13.1% do desempenho na Base, na 1ª divisão as variáveis preditoras foram testes de 'Elevações do tronco' e 'Abdominais *curl-ups*' (15%) e na Elite não foram encontradas variáveis significativas no modelo de regressão linear.

No domínio estrutural, de acordo com a análise das diversas variáveis ligadas às dificuldades corporais, verificamos que 16.7% do desempenho

(pontuação final de dificuldade) foi explicado pelas variáveis: valor total dos saltos (+), valor total dos equilíbrios (+), valor total das rotações (+), valor total das dificuldades mistas (+) e número de dificuldades realizadas com onda corporal (-). Deste modo, o grau relativo de importância das variáveis no desempenho em ordem crescente foi o seguinte: valor dos equilíbrios; valor das dificuldades mistas; valor dos saltos e valor das rotações. Não foram encontradas variáveis significativas no modelo de regressão linear na análise dos elementos de dificuldade: combinações de passos de dança, elementos de maestrias e DER. Contudo, algumas variáveis se correlacionaram com o desempenho (*score* em competição). A variável ‘número de critérios adicionais nas rotações corporais no DER’ correlacionou-se negativamente com o desempenho, e por outro lado, as variáveis ‘número de maestria com elementos não fundamentais do aparelho’, ‘pontuação de partida de dificuldade’ e ‘pontuação de dificuldade em competição’ correlacionaram-se positivamente.

Deste modo, podemos enfatizar a elevada importância das seguintes características biomorfofuncionais no desempenho em GR: reduzida gordura corporal, maturação tardia, flexibilidade ativa, força de resistência e resistência muscular de MI especialmente combinada com a execução técnica. Além disso, acerca das características estruturais do conteúdo dos exercícios de competição, destacamos a importância do elevado valor das dificuldades corporais (saltos, equilíbrios e rotações), o número de critérios adicionais nas rotações corporais no DER e o número de maestria com elementos não fundamentais do aparelho no desempenho.

No entanto é importante salientar que não foram destacadas as variáveis relacionadas ao valor das dificuldades mistas e número de dificuldades realizadas com onda corporal, dado que estes elementos e critérios associados já não fazem parte das regras no atual Código de Pontuação (2016-2020).

INDICAÇÕES PARA O TREINO

Esta tese centra a sua atenção na variabilidade do desempenho de ginastas em função de fatores biológicos, motores e estruturais. Deste modo, ao permitir descrever, quantificar, interpretar e explicar o desempenho de ginastas de diferentes níveis de rendimento, pode-se estabelecer uma fundamentação teórica aprofundada do desempenho em GR. Portanto, a presente tese pretende ser um documento útil para pesquisadores das Ciências do Desporto, treinadores e profissionais na área da GR.

Assim, a partir do entendimento mais esclarecido acerca do desempenho na modalidade, podemos sugerir algumas indicações tendo em vista melhorias no processo de treino.

1. Domínio biológico

A partir dos resultados apresentados nesta tese, verificamos a elevada importância da reduzida gordura corporal em ginastas de sucesso. No entanto, embora Ávila-Carvalho et al. (2012b) considerem que o %GC não é uma medida de sucesso em GR atualmente, as ginastas de GR apresentam menor massa corporal e %GC que a população em geral (Malina et al., 2016). Além disso, os nossos resultados mostraram que esta variável encontrou-se negativa e significativamente relacionada ao desempenho.

Além disso, aspetos estéticos implicam uma melhor execução de movimentos específicos de GR (Amigó et al., 2009), são valorizados e subjetivamente considerados nas competições (Ávila-Carvalho et al., 2013) e têm um papel fundamental no bem-estar psicológico das ginastas através da percepção da imagem corporal (Vernetta et al., 2011). Deste modo, sugerimos que os treinadores nesta modalidade desportiva tenham em atenção a importância desta variável morfológica nos processos de seleção e sobretudo, no controlo do treino.

Entre os fatores físicos também destacamos o CMI, embora seja uma medida marcada pela componente genética, como tendo grande importância na GR. Longas extremidades (CMS e especialmente o CMI) facilitam os movimentos longos e amplos, além de ajudar na utilização do espaço de forma natural e mais facilitada. Além disso, através da análise da maturação das ginastas, verificamos que as ginastas pré-púberes apresentaram uma vantagem no desempenho, ao contrário do que acontece em desportos como o futebol, em que empiricamente assume-se que os atletas com maior sucesso na prática desportiva são os que estão mais próximos do estado adulto, do ponto de vista anatómico e fisiológico (Ribeiro, 2012).

Esta tese possibilitou-nos perceber que as ginastas de diferentes níveis de competição apresentaram volumes de treino distintos: Base (13.9 ± 6.4 horas por semana); 1ª divisão (18.7 ± 6.2 horas por semana) e Elite (31.2 ± 6.2 horas por semana), contudo, quando comparamos o volume de treino de acordo com o estado maturacional das ginastas, não foram observadas diferenças significativas. Ginastas com diferentes estados maturacionais apresentaram idade, massa corporal, altura, IMC e %GC diferentes, mas, por outro lado, um volume de treino semelhante, ou seja, sem diferenças a nível estatístico.

Embora esta análise seja singular, sem informações acerca da intensidade de treino, da organização e objetivos dos treinos, podemos apenas fazer referência a algumas indicações que consideramos serem pertinentes, sem tirar conclusões sobre o trabalho que está a ser realizado. Deste modo, apesar dos escalões etários em competição serem definidos exclusivamente de acordo com a idade cronológica, é importante que os treinadores considerem o estado maturacional das ginastas nas exigências no treino (Bordalo et al., 2015). Em geral, os treinadores não têm informações relativas ao estado maturacional das suas ginastas e por isso podem não compreender o motivo de algumas alterações corporais ou no desempenho motor das mesmas.

Existem alterações naturais que ocorrem nas ginastas durante o processo de maturação, dado que a maturação biológica é responsável pela introdução de uma considerável variância na morfologia externa e desempenho motor (Malina, 2000). Além disso, segundo Beunen & Malina (2007), a variação no estado

maturacional influencia também o desempenho. Por isso seria uma mais-valia para os treinadores o acompanhamento das fases de crescimento e maturação das suas ginastas. De acordo com Quintal et al. (2007), é importante que os treinadores e agentes desportivos envolvidos com programas de treino com crianças e jovens se familiarizem com os princípios básicos do crescimento e desenvolvimento dos jovens atletas e procedam a estratégias de organização e intervenção mais adequada com vista ao seu sucesso competitivo. Deste modo, com essa informação torna-se possível, em condições ideais, definir programas de treino individualizados.

Embora haja um grande interesse em entender como os estágios de crescimento e maturação podem ser melhor utilizados no desenvolvimento desportivo, os dados e estudos disponíveis são extremamente limitados (Malina et al., 2016). Deste modo, ainda não é de conhecimento geral qualquer modelo para o desenvolvimento a longo prazo de jovens ginastas, baseado no estado maturacional e que pudesse contribuir no trabalho dos treinadores.

2. Domínio motor

A qualidade do desenvolvimento das capacidades motoras específicas da GR depende da seleção correta dos exercícios empregados no programa de treino (Weineck, 1999). Deste modo, de acordo com Laffranchi (2005), os treinadores detêm um papel imprescindível, pela necessidade de garantir às ginastas a aprendizagem dos conteúdos técnicos e táticos essenciais à modalidade através da escolha adequada dos exercícios que compõem cada parte do treino. Além disso, a autora enfatiza que a ginasta precisa “entender” o que executa, para fazê-lo de modo mais eficiente, dado que, através do treino é possível alcançar o maior nível de rendimento. Deste modo, torna-se fundamental conhecer as características de cada ginasta, identificando as suas capacidades e insuficiências, permitirá desenvolver métodos de treino mais adequados e eficientes (Santos, 2011). Para atingir o alto nível, a ginasta deve se submetida a elevada carga de treino, através de um trabalho extremamente disciplinado e exaustivo (Laffranchi, 2001).

Além disso, é extremamente importante a realização de avaliações em ginastas para o desenvolvimento da GR por possibilitar o acompanhamento do trabalho, além da aquisição de um referencial no processo de seleção e orientação desportiva (Gurak, 2002). Deste modo, diante da necessidade de existir um padrão de avaliação do desempenho motor na GR, a FIG desenvolveu baterias de testes com base nos seguintes critérios: **familiaridade**, por corresponderem a exercícios realizados nos treinos e exercícios de competição; **compatibilidade**, pela possibilidade de utilização em diferentes escalões etários; **praticidade**, pela fácil administração; e **eficiência**, por medir as várias componentes com poucos equipamentos. Neste sentido, a seleção dos exercícios incluídos na avaliação teve como principal objetivo a proximidade dos movimentos e elementos corporais da GR, de forma a garantir um resultado próximo do contexto da modalidade. Assim, baterias de testes da FIG (Aleksandrova et al., 2015; Klentrou et al., 2010) são uma excelente indicação para avaliações do desempenho motor de ginastas em GR.

Relativamente às capacidades motoras envolvidas neste estudo, a flexibilidade é possivelmente a característica mais exigida no processo de seleção em GR (Soares & Barros, 2006). As ginastas devem apresentar elevados níveis de flexibilidade especialmente nas articulações coxofemoral, escápulo-umeral e da coluna vertebral (Jastrjemskaia & Titov, 2006; Stadnik et al., 2010; Volpi da Silva et al., 2008). No entanto, o trabalho da flexibilidade e força estão intimamente ligados e são considerados imprescindíveis para o alcance de um elevado desempenho em GR (Achour Jr., 1995; Cantó et al., 2009; Di Cagno et al., 2008). A força de resistência e a força explosiva são as manifestações da força destinadas à GR, portanto, há também uma expressiva importância dedicada a estas capacidades nos treinos. Segundo Badillo & Ayestáran (2001), falhas técnicas muitas vezes são erroneamente explicadas por falta de coordenação, habilidade ou treino, quando estas, na verdade, acontecem por falta de força nos grupos musculares solicitados para a realização adequada dos movimentos.

Nesta tese confirmamos a elevada importância da flexibilidade de MI (articulação coxofemoral), dado que foram as variáveis que melhor diferenciaram

as ginastas de nível mais elevado (Elite) das ginastas de nível mais baixo (Base e 1ª divisão). Por outro lado, um maior número de variáveis de flexibilidade diferenciaram as ginastas da 1ª divisão e Elite, das ginastas da Base, mostrando que 1ª divisão e Elite têm diversas características semelhantes e superiores à Base, sobretudo nos testes de flexibilidade de MS e multiarticulares. Além disso, observamos que quanto mais elevado o nível de competição, menor o nível de assimetria funcional, mostrando que, provavelmente o trabalho bilateral é mais enfatizado em ginastas com maior nível de competição.

Deste modo, o treino da flexibilidade é uma condição elementar nesta modalidade, sobretudo, de forma correta, através do controlo no trabalho bilateral e cuidado na postura corporal durante a execução de cada movimento. Assim, podemos sugerir que ginastas com elevado nível provavelmente têm um trabalho mais equilibrado e harmonioso, mostrando uma preocupação dos treinadores com o desenvolvimento bilateral e com isso, com a longevidade da carreira desportiva dessas ginastas. De acordo com Lisitskaya (1995), as assimetrias funcionais são provocadas principalmente pelo treino unilateral. A autora explica que essa utilização desigual pode causar desequilíbrio no desenvolvimento físico das ginastas, podendo provocar, em alguns casos, o alongamento da perna mais utilizada em 2 ou 3 cm, torção pélvica, e ainda escoliose lombar. Neste sentido, os resultados desta tese proporcionam um incentivo ao trabalho bilateral para um maior desempenho desportivo e menor risco para a saúde das ginastas.

Nesta tese verificamos que as variáveis que melhor diferenciaram as ginastas de nível mais elevado (Elite) das ginastas de nível mais baixo (Base e 1ª divisão), foram os exercícios de força dorsal e de MI (*battements* à retaguarda e elevações do tronco) e saltos duplos com a corda, o qual combina força de resistência, resistência muscular dos MI e execução técnica. No entanto, como referido na análise da flexibilidade, um maior número de variáveis diferenciaram as ginastas da 1ª divisão e Elite, das ginastas da Base. Assim, todas as variáveis de força diferenciaram as ginastas da 1ª divisão e Elite das ginastas da Base: *battements* à frente e à retaguarda, elevações do tronco, abdominais *curl-ups*, saltos duplos com a corda e salto vertical. Deste modo, estes resultados

confirmam genericamente a elevada importância da força no rendimento em GR.

Os exercícios realizados nos testes de flexibilidade e força aplicados nos estudos que compõem esta tese são comumente utilizados durante os treinos em GR. Exercícios realizados na barra (em pé) ou no chão são extremamente importantes no treino permitindo que a ginasta controle a postura e posição das articulações de modo a aprender a forma correta de execução de cada movimento, e em seguida realizá-lo com eficiência sem o auxílio do suporte ou em pé. Como por exemplo nos exercícios realizados na execução dos testes de flexibilidade de MI, Laffranchi (2005) destaca que, além de desenvolver a flexibilidade passiva e ativa, também trabalham o equilíbrio e a força. A autora refere que a manutenção da contração isométrica em posições posturais tecnicamente corretas auxilia o desenvolvimento da musculatura de suporte através do trabalho de grupos musculares específicos.

Assim, consideramos que o ponto fulcral no trabalho voltado para a melhoria do desempenho motor de ginastas é a preocupação com o progresso cuidadoso e gradual rumo à perfeição. Além disso é extremamente importante que as ginastas compreendam a importância do desenvolvimento das capacidades motoras, apesar das exaustivas repetições e correções. De acordo com Laffranchi (2001), a partir do momento em que a ginasta “entende” o treino, os exercícios e as correções, esta passa a trabalhar com mais motivação e naturalmente o rendimento tende a ser maior quando comparado ao trabalho simplesmente imposto pelos treinadores.

3. Domínio estrutural

No domínio estrutural relacionado às componentes do treino, embora o volume e a intensidade de treino tenham sido analisados separadamente, estas são variáveis que dependem íntima e reciprocamente uma da outra para que ocorra a evolução no processo de treino (Laffranchi, 2001). No entanto, o nosso objetivo não foi estudar como o princípio da interdependência destas variáveis influencia o treino em GR, dado que, para esta análise profunda seria necessário um acompanhamento dos treinos durante um período alargado. Deste modo,

limitamo-nos a conhecer o volume de treino de ginastas de diferentes níveis de rendimento, assim como a intensidade e organização do treino de ginastas de elevado nível em contexto internacional. Estas informações também trouxeram-nos resultados relevantes e acreditamos ser pertinente referir algumas considerações para a melhoria do processo de treino.

Relativamente ao volume de treino semanal, verificamos que quanto mais elevado o nível de competição, maior o volume de treino. Assim, o volume de treino está diretamente ligado ao nível de competição, embora não consideramos a idade ou escalão etário das ginastas nesta análise. No entanto, quando comparamos as ginastas, de acordo com o seu estado maturacional, observamos um volume de treino semelhante. Na prática, em GR, muitas vezes o treino é realizado para um grupo de ginastas que têm diferentes características (diversas idades, estádios maturacionais e níveis de competição), e com volumes de treino semanal semelhantes. Neste sentido, sugerimos uma organização em termos de volume e intensidade através do número de repetições de exercícios e/ou elementos, tempo dedicado à preparação física e/ou técnica, número de exercícios de competição inteiros ou partes, tempo de descanso, etc.

No entanto, as condições ideais de treino passariam por se trabalhar com um número reduzido de ginastas, agrupadas em turmas homogêneas com características e índices técnicos semelhantes. Os grupos de ginastas deveriam ser divididos não apenas pela faixa etária ou escalão etário, mas sobretudo, pelo nível técnico e objetivo de trabalho (Laffranchi, 2001). Além disso, o treino deveria ser mais individualizado à medida que os escalões etários avançam, de modo que fosse possível elaborar e planejar programas de treino voltados para as necessidades e insuficiências físicas, técnicas e psicológicas de cada ginasta.

Neste sentido, torna-se necessário enfatizar a importância dos princípios científicos do treino, especialmente o princípio de individualidade biológica, adaptação, sobrecarga e interdependência do volume e intensidade, pelo que o treinador deve estar continuamente atento à aplicação da carga de treino para não levar a ginasta à exaustão e sim, a grandes performances (Laffranchi, 2001).

Como o número de horas de treino por semana é geralmente fixo, Laffranchi (2001) sugere que os treinadores podem gerir a sobrecarga de volume através do número de repetições de elementos, assim como na quantidade de tempo e de exercícios dedicados à preparação física. A autora sugere também que a sobrecarga de intensidade deverá ser gerida em função do número de elementos sem falhas de execução, a execução dos exercícios inteiros e a redução das pausas entre os exercícios inteiros.

A análise da intensidade e organização do treino de ginastas brasileiras de elevado nível de rendimento em contexto internacional mostrou-nos que o maior nível de intensidade correspondeu ao treino de partes dos exercícios de competição. Como estas ginastas estavam no período preparatório básico ainda não faziam exercícios de competição inteiros. Este resultado sugere a elevada importância do treino dos exercícios de competição na sobrecarga da intensidade. Além disso, a distribuição das atividades realizadas na sessão de treino analisada (alongamento inicial, trabalho de flexibilidade, ballet, *warm-up*, técnica corporal e de aparelhos, exercícios de competição – partes e elementos isolados) indica-nos a conduta de trabalho de ginastas de elevado nível de rendimento. Os momentos de paragens destinados às explicações e correções foram realizados por diversas vezes durante o treino e são essenciais, independente do nível de rendimento das ginastas, para a melhoria do desempenho através do desenvolvimento técnico, tático e físico das ginastas.

De acordo com a análise dos resultados relacionados ao domínio estrutural do conteúdo dos exercícios de competição também podemos sugerir algumas indicações relevantes para o processo de treino. A definição dos elementos que constituirão o conteúdo dos exercícios de competição de uma ginasta é realizada a partir de dois fatores essenciais: (1) o que a ginasta consegue executar corporalmente e com o aparelho – sobretudo, através do treino das dificuldades corporais e de aparelho, elementos dinâmicos de rotação e ainda manejos de aparelho que possam ser incluídos nos passos de dança e na coreografia em geral; (2) a seleção destes elementos pelo treinador e/ou coreógrafo.

Através da análise realizada nesta tese acerca da estrutura do conteúdo dos exercícios de competição de ginastas seniores de elite em contexto internacional, de acordo com o Código de Pontuação 2013-2016, verificamos que grupos de ginastas com diferentes classificações em competição apresentaram, em geral, uma estrutura do conteúdo dos exercícios de competição muito semelhante. Deste modo, acreditamos que os resultados competitivos podem ter sido bastante influenciados pela equivocada seleção dos elementos que compõem os exercícios de competição. A seleção destes elementos não deve estar norteadá apenas pelo valor das dificuldades, mas também é necessário ponderar consideravelmente a execução técnica das ginastas, dado que para obter as melhores pontuações, os exercícios de competição têm de apresentar um elevado nível de dificuldade combinado com uma excelente qualidade de desempenho (Agopyan, 2014). Assim, de acordo com Leandro et al. (2016), a qualidade inferior de execução das ginastas com mais fracas classificações (entre o meio e final do *ranking*) sugere que os treinadores não têm uma percepção real da capacidade de desempenho de suas ginastas nos elementos de dificuldade.

Portanto, provavelmente em função destas circunstâncias, o subsequente Código de Pontuação (em vigor no período 2016-2020) trouxe novas orientações acerca da seleção das dificuldades. O Código de Pontuação (FIG, 2016) indica que uma ginasta deve incluir no exercício de competição apenas elementos que possam ser executados com segurança e com um elevado grau de proficiência estética e técnica. Assim, os elementos executados com falhas técnicas ou não reconhecidos pelo júri, para além de não receberem nenhum valor do júri de Dificuldade, são penalizados pelo júri de Execução. As deduções de execução são muito mais elevadas para cada desvio artístico ou técnico discernível do desempenho perfeito esperado.

Neste sentido, o Código de Pontuação tem incentivado cada vez mais a importância da perfeição técnica e estética, influenciando significativamente o padrão corporal das ginastas, o processo de treino e a estrutura do conteúdo dos exercícios de competição. Deste modo, no domínio estrutural ligado aos exercícios de competição, podemos sugerir uma máxima atenção na seleção

dos elementos que compõem o conteúdo dos exercícios de competição das ginastas, independentemente do nível de rendimento.

Além disso, Laffranchi (2001) sugere alguns critérios que facilitam o processo coreográfico:

- Os elementos a serem utilizados devem ser conhecidos pelas ginastas;
- Deve-se buscar o maior número de variações possível entre os grupos de elementos, bem como no dinamismo dos movimentos, seus planos e direções;
- A composição coreográfica deve contar uma história, com início, meio e fim, através de uma ideia central que deve ser originada pela música;
- Primeiramente criam-se os elementos originais e de dificuldade para, depois distribuí-los ao longo da coreografia;
- O início do exercício de competição deve ser realizado um elemento de impacto para chamar a atenção do público e dos juízes;
- Do princípio ao fim do exercício de competição, deve-se observar uma linha ascendente na composição, que deve culminar num ápice, com um final de impacto;
- Os movimentos ou elementos mais originais devem estar incluídos no final do exercício de competição a fim de impressionar o público e os juízes;
- Utilizar elementos que tenham mais efeito visual do que de dificuldade de execução propriamente dita;
- Utilizar elementos de combinação simples antes e depois de uma dificuldade corporal que exija muito da capacidade da ginasta;
- Os saltos mais complexos devem estar, preferencialmente, na primeira parte do exercício de competição, porque a ginasta ainda não atingiu uma fase mais avançada de fadiga;
- Ao final do exercício de competição tem de haver a sensação de algo acabado, perfeito, que provoque o desejo de ver novamente a mesma coreografia. Se este objetivo for alcançado, segundo Laffranchi (2001), significa que esta é uma composição de referência. Portanto, o principal objetivo de uma ginasta é, conseguir ser espetacular, impressionando positivamente o público e os juízes durante suas apresentações (Boaventura, 2008).

LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Esta tese, apesar da relevância do seu enquadramento centrado na GR, da sua metodologia e do significado dos resultados apresentados, contém em si, um conjunto de limitações que passamos a destacar:

1. Domínio biológico

- A ausência de estudos recentes sobre a morfologia externa de ginastas com algumas medidas antropométricas (comprimentos, perímetros, diâmetros e pregas de adiposidade subcutânea) específicas dificultou a interpretação mais extensa dos resultados encontrados;

- Os três indicadores de maturação utilizados em nosso estudo contêm fatores limitativos, no entanto, foram utilizados por serem métodos não invasivos para a determinação da maturação. Optamos pela combinação de vários indicadores, dada a existência de alguma discrepância entre os indicadores maturacionais referidos na literatura;

- O limitado número de estudos sobre a maturação somática de atletas de GR impossibilitou uma comparação mais profunda de resultados.

2. Domínio motor

- Não existe um consenso entre os pesquisadores acerca da melhor bateria de testes motores para atletas de GR, portanto, tornou-se difícil comparar e interpretar mais extensamente os resultados encontrados;

- A Bateria de testes da FIG (Klentrout et al., 2010) apresenta testes específicos para a avaliação do desempenho motor em ginastas, no entanto, o teste de força de resistência e resistência muscular abdominal indicado é pouco utilizado no treino em GR;

- A Bateria de testes da FIG (Klentrout et al., 2010) utiliza o método adimensional de avaliação da flexibilidade de MI e da coluna vertebral. Os

testes adimensionais não apresentam uma escala de medida convencional, como ângulo ou centímetros para expressar os resultados obtidos. Assim, são utilizados critérios e/ou mapas de análise preestabelecidos. Deste modo, produzem um erro associado à avaliação (que pode ser contornado com a análise da fiabilidade dos resultados). No entanto, apesar deste fator desfavorável, este tipo de avaliação é considerado rápido e simples, o que facilita e possibilita a sua realização em ambiente de treino ou competição podendo ainda ser reproduzido por treinadores para comparar os seus resultados com os por nós descritos nesta tese;

- A Bateria de testes da FIG (Klentrou et al., 2010) apresenta testes de flexibilidade de MI executados com o membro preferido e não preferido, contudo, não são sugeridos testes de força unilaterais, pelo que, nesta tese a assimetria funcional foi analisada apenas em relação ao nível de flexibilidade;

- A ausência de tabelas normativas tornou difícil interpretar de forma mais profunda os resultados encontrados, especialmente nos testes de força.

3. Domínio estrutural

- A análise da estrutura do conteúdo dos exercícios de competição foi realizada de acordo com o Código em vigor no momento da recolha (FIG, 2012). Como o Código de Pontuação da modalidade sofre alterações a cada ciclo olímpico, estudos neste âmbito têm um carácter transitório, uma vez que as regras e exigências estão sempre sujeitas a alterações no ciclo olímpico seguinte. No entanto, os estudos que realizam a análise do conteúdo dos exercícios de competição são de uma elevada relevância para um maior entendimento do desempenho em GR;

- Os acelerómetros foram utilizados no sentido de avaliar a intensidade de treino em GR, dadas as características estruturais e de utilização do equipamento. No entanto, como os acelerómetros estimam o gasto energético a partir de deslocamentos e de mudanças do eixo do corpo, diversos exercícios realizados com elevado trabalho de força (ex. exercícios

isométricos) foram considerados de leve intensidade. Contudo, como foram registrados todos os exercícios realizados na sessão de treino avaliada, tornou-se possível a identificação da atividade física subestimada.

4. Amostra

- A amostra referente às ginastas de elite portuguesas é reduzida, embora tenham sido avaliadas 100% das ginastas que pertencem ao grupo Elite e integram a Seleção Nacional de Portugal (n=9). Sabemos que com a utilização de amostras reduzidas provoca uma diminuição no poder dos testes estatísticos, no entanto, a realidade do desporto mostra que atletas de elite são um grupo restrito e por isso, naturalmente de número reduzido;

- Infelizmente não foi possível incluir a Seleção portuguesa de conjunto em nossas análises, já que o grupo tinha sido extinto antes da nossa avaliação. A primeira seleção de conjunto sénior iniciou-se no ano de 1993 e terminou em 2001; a segunda tentativa começou em 2012 e terminou após o Campeonato do Mundo de Stuttgart em 2015. Se porventura tivéssemos tido acesso a estas ginastas teríamos um quadro mais vasto e profundo sobre distintos aspetos do desempenho.

DESAFIOS FUTUROS

Esta tese centrou a sua atenção em três domínios, anteriormente descritos, na tentativa de melhor compreender a variabilidade do desempenho de ginastas de diferentes níveis de rendimento. Apesar dos resultados encontrados, há um conjunto de questões que não puderam ser sanadas face aos diversos obstáculos que surgiram quer durante este percurso, quer no decorrer da análise dos resultados.

Deste modo, reunimos algumas questões que consideramos ser pertinentes no âmbito da GR.

1. Domínio biológico

- Quais as diferenças morfológicas e de maturação biológica em ginastas de escalões etários distintos?
- Como explicar o sucesso das ginastas de diversos escalões etários baseado, nas características da sua morfologia externa e maturação biológica?
- Qual a estabilidade do tipo físico de uma ginasta, ou grupo de ginastas de diferentes níveis de competição, ao longo do tempo?
- Com base num delineamento longitudinal seria possível identificar os períodos mais sensíveis de alterações substanciais nas componentes do somatótipo das ginastas?

2. Domínio motor

- Quais as diferenças motoras, sobretudo a nível das capacidades motoras – flexibilidade e força, em ginastas de escalões etários distintos?
- Como explicar o sucesso das ginastas de diversos escalões etários baseado no desempenho motor?

- Existe associação substancial, sobretudo em termos diferenciais, entre o resultado alcançado em cada avaliação da bateria de testes motores no seio de cada nível de competição (Base, 1ª divisão e Elite)? Por exemplo, será que no grupo da 1ª divisão, a ginasta que apresenta melhor desempenho no teste de *Battements* à frente é a mesma que apresenta melhor resultado no teste de Elevações do tronco?

- Quais as variáveis de flexibilidade que melhor discriminam ginastas de diferentes níveis de competição?

- Através de um delineamento longitudinal, quais seriam as trajetórias de desempenho motor de ginastas de diferentes níveis de competição?

- Seria possível identificar os períodos de maior ou menor desempenho motor entre as ginastas ao longo da idade?

3. Domínio estrutural

- Quais as diferenças na dinâmica da carga de treino de ginastas de diferentes níveis de competição?

- Como é a intensidade de treino de ginastas de diversos escalões etários?

- Existe associação substancial, sobretudo em termos diferenciais, entre as componentes do treino (volume e intensidade) e o desempenho em competição? Por exemplo, será que as ginastas que possuem treinos mais longos e/ou mais intensos, apresentam os melhores resultados em competição?

- Quais as variáveis da estrutura do conteúdo dos exercícios de competição que melhor explicam o desempenho de ginastas de diversos escalões etários e níveis de competição?

REFERÊNCIAS

- Achour Jr., A. (1995). Flexibilidade: Um Componente Fundamental na Aptidão Atlética. *Spint Magazine*, 14(76), 15-18.
- Agopyan, A. (2014). Analysis of Body Movement Difficulties of Individual Elite Rhythmic Gymnasts at London 2012 Olympic Games Finals. *Journal of Scientific Research*, 19(12), 1554-1565.
- Aleksandrova, N., Lebre, E., Dias, H., & Fink, H. (2015). *Age Group development and Competition Program for Rhythmic Gymnastics* (Vol. 2). Lausanne, Switzerland: International Gymnastics Federation.
- Amigó, A., Sala, V., Faciabén, A., Evrard, M., Marginet, M., & Zamora, L. (2009). Talla, peso, somatotipo y composición corporal en gimnastas de élite españolas (gimnasia rítmica) desde la infancia hasta la edad adulta. *Apunts Educación Física y Deportes*, 64-74.
- Antualpa, K. (2011). *Centros de Treinamento de Ginástica Rítmica no Brasil: estrutura e programas*. São Paulo: Dissertação de Mestrado apresentada a Universidade Estadual de Campinas.
- Arkaev, L., & Suchilin, N. (2004). *How to create champions - the theory and methodology of training top-class gymnasts*. Oxford: Meyer & Meyer Sport.
- Ávila-Carvalho, L., Klentrou, P., Palomero, M. L., & Lebre, E. (2012a). Analysis of the Technical Content of Elite Rhythmic Gymnastics Group Routines. *The Open Sports Science Journal*, 5, 146-153.
- Ávila-Carvalho, L., Klentrou, P., Palomero, M. L., & Lebre, E. (2012b). Body composition profile of elite group rhythmic gymnasts. *Science of Gymnastics Journal* 4(1), 21-32.
- Ávila-Carvalho, L., Klentrou, P., Palomero, M. L., & Lebre, E. (2013). Anthropometric profiles and age at menarche in elite group rhythmic gymnasts according to their chronological age. *Science & Sports*, 28(4), 172-180.
- Badillo, J. J. G., & Ayestáran, G. E. (2001). *Fundamentos do treinamento de Força: Aplicação ao Alto Rendimento Desportivo* (Vol. 2). Porto Alegre: Editora Artmed.
- Beunen, G., & Malina, R. M. (2007). Growth and Biologic Maturation: Relevance to Athletic Performance. In H. a. B.-O. Hebestreit, O. (Ed.), *The Young Athlete* (pp. 3-17). Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd.

- Boaventura, P. (2008). *Feminilidade, corpo e técnica: Sobre a produção da beleza na Ginástica Rítmica*. Florianópolis: Dissertação de Licenciatura apresentada a Universidade Federal de Santa Catarina.
- Bobo-Arce, M., & Méndez-Rial, B. (2013). Determinants of competitive performance in rhythmic gymnastics. A review. *Journal of Human Sport & Exercise* 8(3), 711-717p.
- Bordalo, M., Portal, M., Cader, S., Perrotta, N., Neto, J., & Dantas, E. (2015). Comparison of the effect of two sports training methods on the flexibility of rhythmic gymnasts at different levels of biological maturation. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 55(5), 457-463.
- Cantó, E., Sánchez, A., & Sánchez, J. (2009). Test más apropiados para la valoración funcional del deportista en gimnasia rítmica [Versão eletrônica]. *Efdeportes Revista Digital*, 13. Consult. 4 october 2018, disponível em: <http://www.efdeportes.com/efd129/valoracion-funcional-del-deportista-en-gimnasia-ritmica.htm>
- Di Cagno, A., Baldari, C., Battaglia, C., Brasili, P., Merni, F., Piazza, M., Toselli, S., Ventrella, A., & Guidetti, L. (2008). Leaping ability and body composition in rhythmic gymnasts for talent identification. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 48(3), 341-346.
- Fernandez-Villarino, M., M, B.-A., & Sierra-Palmeiro, E. (2013). Practical Skills of Rhythmic Gymnastics Judges. *Journal of Human Kinetics*, 39, 243-249.
- FIG. (2012). Code of Points for Rhythmic Gymnastics: 2013-2016. Lausanne: Fédération International de Gymnastique. [Versão eletrônica], disponível em: <https://www.scottishgymnastics.org/sites/default/files/imce/disciplines/2012%20-%202016%20Rhythmic%20Code%20of%20Points.pdf>
- FIG. (2016). Code of Points for Rhythmic Gymnastics: 2016-2020. Lausanne: Fédération International de Gymnastique. [Versão eletrônica], disponível em: http://www.fig-gymnastics.com/publicdir/rules/files/rq/RG_CoP%202017-2020_updated%20with%20Errata_February%202017_e.pdf
- Georgopoulos, N., Markou, K. B., Theodoropoulou, A., Benardot, D., Leglise, M., & Vagenakis, A. G. (2002). Growth retardation in artistic compared with rhythmic elite female gymnasts. *The Journal Of Clinical Endocrinology And Metabolism*, 87(7), 3169-3173.

- Gurak, G. S. (2002). *Características antropométricas das atletas de Ginástica Rítmica Desportiva participantes dos Jogos Abertos de Santa Catarina*. Comunicação apresentada em 17º Congresso Internacional da FIEP.
- Jastrjemskaia, N., & Titov, Y. (2006). *Rhythmic Gymnastics - Hoop, Ball, Clubs, Ribbon, Rope*. Vermont, EUA: Echo Point Books & Media.
- Klentrou, N., Gorbulina, N., Aleksandrova, N., Delle-Chiaie, D., Ferrand, C., & Fink, H. (2010). *Age group development program for rhythmic gymnastics: Sample physical testing program*. Lausanne, Switzerland: International Gymnastics Federation.
- Laffranchi, B. (2001). *Treinamento desportivo aplicado à ginástica rítmica*. Londrina, Paraná: UNOPAR.
- Laffranchi, B. (2005). *Planejamento, Aplicação e Controle da Preparação Técnica da Ginástica Rítmica: Análise do Rendimento Técnico alcançado nas Temporadas de Competição*. Porto: Dissertação de Doutorado apresentada a Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.
- Leandro, C., Ávila-Carvalho, L., Sierra-Palmeiro, E., & Bobo-Arce, M. (2016). Departure Difficulty Score Vs Final Difficulty Score. The Effect of Performance in Elite Rhythmic Gymnastics. *Athens Journal of Sports*, 3(3), 169-177.
- Lisitskaya, T. (1995). *Gimnasia Rítmica. Deporte & Entrenamiento*. Barcelona: Editorial Paidotribo.
- Malina, R., Baxter-Jones, A., Armstrong, N., Beunen, G., Caine, D., Daly, R., Lewis, R., Rogol, A., & Russell, K. (2013). Role of Intensive Training in the Growth and Maturation of Artistic Gymnasts. *Sports Med*, 43, 783-802.
- Malina, R. M. (2000). Growth, Maturation and Performance. In W. G. D. Kirkendall (Ed.), *Exercise and Sport Science* (pp. 425-445). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Malina, R. M., Ackerman, K. E., & Rogol, A. D. (2016). Growth and the Young Female Athlete. In S. C., A. K. & S. A. (Eds.), *The Young Female Athlete*. Switzerland: Springer, Cham.
- Menezes, L. S., Novaes, J., & Fernandes-Filho, J. (2014). Somatotipo de atletas y practicantes de gimnasia rítmica prepubescentes y postpubescentes. *Int J Morphol.*, 32(3), 968-972.
- Poliszczyk, T., & Brod, D. (2010). Somatic constitution and the ability to maintain dynamic body equilibrium in girls practicing rhythmic gymnastics. *Pédiatrie Endocrinology, Diabetes and Metabolism*, 16(2), 94-99.

- Quintal, A., Teixeira, A., Freitas, M., Maia, J., Freitas, D., Valdivia, A., Seabra, A., Garganta, R., Almeida, S., & Gouveia, E. (2007). *O atleta infanto-juvenil madeirense: Selecção, performance motora e morfologia externa*: Universidade do Porto e Universidade da Madeira.
- Ribeiro, L. P. (2012). *Maturação Biológica em praticantes desportivos nos anos peri-pubertários: Estudo multimétodo e concorrente entre indicadores e protocolos*. Coimbra: Dissertação de Doutoramento apresentada a Universidade de Coimbra.
- Santos, A. B. (2011). *Flexibilidade e Força em Ginástica Rítmica: Avaliação de ginastas juniores portuguesas*. Porto: Dissertação de Mestrado apresentada a Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.
- Soares, A., & Barros, D. (2006). *Ginástica Rítmica: Em busca de novos talentos*. Petrópolis: Portal Literário.
- Stadnik, A. M., Ulbricht, L., Perin, A., & Ripka, W. L. (2010). Avaliação da performance relacionada aos componentes equilíbrio, força e flexibilidade de meninas praticantes de Ginástica Rítmica. [Versão eletrónica]. *EFDeportes*, 15. Consult. 15 may 2016, disponível em: <http://www.efdeportes.com/efd145/avaliacao-de-meninas-praticantes-de-ginastica-ritmica.htm>
- Vernetta, M., Fernández, E., López-Bedoya, J., Gómez-Landero, A., & Oña, A. (2011). Estudio relacional entre el perfil morfológico y estima corporal en la selección andaluza de gimnasia rítmica deportiva *Motricidad. European Journal of Human Movement*, 26, 77-92.
- Volpi da Silva, L., Lopez, L., Costa, M. C., Gomes, Z., & Matsushigue, K. (2008). Avaliação da flexibilidade e análise postural em atletas de Ginástica Rítmica Desportiva: Flexibilidade e Postura na Ginástica Rítmica. *Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte*, 7(1), 59-68.
- Weineck, J. (1999). *Treinamento ideal: Instruções técnicas sobre o desempenho fisiológico, incluindo considerações específicas do treinamento infantil e juvenil* (Vol. 9). São Paulo: Editora Manole.

ANEXOS

Anexo 1: Documento de divulgação do estudo junto à treinadores e ginastas

ESTUDO

A partir do presente estudo pretendemos responder estas e outras questões de pesquisa:

Quais são as características morfológicas, de maturação biológica e motoras das ginastas portuguesas em diferentes níveis de rendimento?

Quão distantes encontram-se as ginastas portuguesas das ginastas de elite brasileiras nestas características?

Serão as ginastas da GR assimétricas em termos morfológicos e/ou funcionais?

Como se distribui a intensidade no treino de ginastas de elite?

De que modo o conteúdo da composição dos exercícios (elementos de dificuldade) explica desempenho em competição?

Quais são os indicadores biológicos, motores e estruturais que pressagiam sucesso na GR?

Acreditamos que, é preciso inicialmente, conhecer a realidade nacional para, de seguida, traçar objetivos para o futuro.

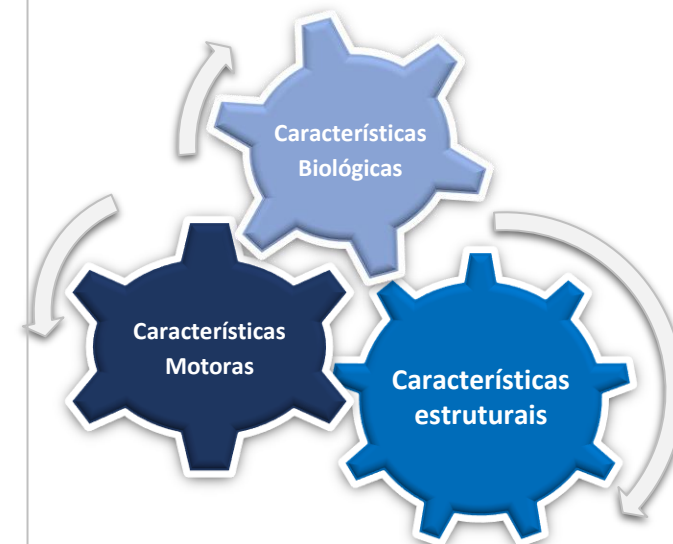


Entidades envolvidas no estudo



Clubes confirmados no estudo
(em setembro de 2013)

Estudo do desempenho em Ginástica Rítmica



Responsável: Prof^a. Amanda Batista
amandabatistagr@ yahoo.com.br

Desempenho em Ginástica Rítmica

O desempenho desportivo é influenciado com um conjunto diversificado de fatores técnicos, táticos, físicos e psicológicos. Na GR, alguns dos inúmeros fatores que condicionam o desempenho são as características biológicas, motoras e a estrutura do conteúdo dos exercícios de competição, dado que, a execução técnica depende das capacidades motoras e estas são influenciadas pelas características morfológicas e de maturação biológica das ginastas. Deste modo, estas condições estão completamente interligadas e juntas refletem a desempenho das ginastas em competição.

Objetivos do estudo

O principal objetivo é precisamente analisar a variabilidade do desempenho em ginastas de diferentes níveis de rendimento em função de fatores biológicos, motores e estruturais. Para isso serão respondidas as questões colocadas anteriormente e outras, de modo a identificar um conjunto multivariado de indicadores morfológicos, motores e estruturais que melhor explicam o desempenho em GR.

Identificar indicadores de desempenho em GR permite que os treinadores se possam concentrar mais nas componentes que afetam a performance, de modo a melhorar e otimizar o processo de treino, e fornecer um conjunto de critérios adequados para uma melhor identificação e seleção de talentos.

Amostra: Pretendemos avaliar, pelo menos 75% das ginastas portuguesas de diferentes níveis de rendimento (Liga de Base, 1ª divisão e Elite) e diferentes escalões etários (Juvenis, Júniores e Seniores); mais cerca de 10 ginastas brasileiras de elite no escalão Sênior.



Áreas de Intervenção

De modo a identificar as características e indicadores citados anteriormente, será necessária a realização de uma avaliação dividida em três partes.

Características biológicas: serão realizadas medidas antropométricas (altura, peso, comprimentos, diâmetros, perímetros, pregas de adiposidade subcutânea, composição corporal – massa gorda, somatótipo e IMC) e maturação biológica;

Características motoras: serão realizados testes de flexibilidade (passiva e ativa) e força (força de resistência e força explosiva);

Características estruturais: serão obtidas informações sobre o volume e intensidade de treino de ginastas de elite; assim como serão analisados os conteúdos dos exercícios destas ginastas através de vídeo e das folhas de competição.

As treinadoras receberão toda a informação e resultados das suas ginastas, assim como os resultados gerais da pesquisa.

Anexo 2: Questionários utilizados na coleta da informação das ginastas

QUESTIONÁRIOS

Número de identificação: _____

Estudo do desempenho em Ginástica Rítmica



Responsável: Prof^a. Amanda Batista
amandabatistagr@gmail.com.br

Lembramos que este questionário é **confidencial**, isto é, apenas o investigador terá acesso a estas informações. Estes dados são importantes para entender os seus resultados nas medidas antropométricas e também nos testes físicos.

Questionário de Preferência Lateral

NÚMERO DE IDENTIFICAÇÃO: _____

Toda a informação será confidencial.

ATENÇÃO! A OPÇÃO “Qualquer delas” APENAS DEVE SER SELECIONADA QUANDO NÃO EXISTIR MESMO UMA PREFERÊNCIA DECLARADA POR QUALQUER UMA DAS MÃOS OU DOS PÉS.

MARQUE UM “X”:

MÃO	Esquerda	Direita	Qualquer delas
1– Qual das mãos prefere para pegar no lápis quando desenha?			
2– Qual das mãos prefere para segurar a escova quando lava os dentes?			
3– Qual das mãos prefere para desenroscar a tampa de uma garrafa?			
4– Qual das mãos prefere para lançar uma bola?			
5– Qual das mãos prefere para dar as cartas de um baralho?			
6– Qual das mãos prefere para pegar numa raquete?			
7– Qual das mãos prefere para abrir a tampa de uma caixa?			
8– Qual das mãos prefere para pegar numa colher quando come sopa?			
9– Qual das mãos prefere para apagar com uma borracha?			
10– Qual das mãos prefere para abrir uma porta com uma chave?			

PÉ	Esquerdo	Direito	Qualquer deles
1– Qual dos pés usa para saltar ao pé-coxinho?			
2– Qual dos pés usa para chutar uma bola?			
3– Qual dos pés usa para fazer um desenho com o pé no chão?			
4– Qual dos pés usa para subir para um degrau?			
5– Qual dos pés usaria se tivesse que apanhar uma pedrinha com os dedos?			

Que mão usa para escrever? ☐ Direita ☐ Esquerda ☐ Qualquer delas

Foi forçado(a) a usar a mão direita para escrever? ☐ Sim ☐ Não

Questionário de Maturação Sexual

NÚMERO DE IDENTIFICAÇÃO:

Toda a informação será confidencial.

Os desenhos abaixo mostram diferentes estágios de crescimento dos seios. Todas as raparigas passam por estes estágios de crescimento. Por favor, observe cada desenho e leia a explicação por baixo de cada um deles. Depois assinale com um “X” o desenho que está mais próximo do teu estágio de crescimento.

1	2	3	4	5
				
Pré-púbere (com elevação somente das papilas)	Broto mamário (pela elevação da mama e papila). Aumenta o diâmetro aureolar.	Maior aumento da mama e auréola, sem separação dos seus contornos.	Projeção da auréola e da papila, formando uma saliência acima do nível da mama.	Mama adulta com retração da auréola para o contorno da mama. Há uma saliência somente das papilas.

Os desenhos abaixo mostram diferentes estágios de crescimento dos pelos púbicos nas raparigas. Todas as raparigas passam por estes estágios de crescimento. Por favor, observe cada desenho e leia a explicação por baixo de cada um deles. Depois assinale com um “X” o desenho que está mais próximo do teu estágio de crescimento.

1	2	3	4	5
				
Pré-púbere (ausência de pelos)	Pelos longos, finos, lisos ou discretamente encaracolados, principalmente ao longo dos lábios.	Pelos mais escuros, mais espessos e encaracolados, sobre a região pubiana.	Pelos mais escuros e espessos, cobrindo totalmente o púbis sem atingir a superfície das coxas.	Pelos do tipo e quantidade igual ao adulto, estendendo-se até a face interna da coxa.

Lembramos que este questionário é confidencial, isto é, apenas o investigador terá acesso a estas informações.

Obrigada pela sua colaboração!

Questionário sobre a menarca

NÚMERO DE IDENTIFICAÇÃO: _____

Toda a informação será confidencial.

1. Você já teve a experiência da 1ª menstruação?☐

Sim

☐

Não

1.1. Se sim, quando você teve a experiência da 1ª menstruação?

Ano: _____

Estação do Ano:☐

Inverno

☐

Primavera

☐

Verão

☐

Outono

Mês:☐

Janeiro

☐

Fevereiro

☐

Março

☐

Abril

☐

Maio

☐

Junho

☐

Julho

☐

Agosto

☐

Setembro

☐

Outubro

☐

Novembro

☐

Dezembro

1.2. Se possível, diga a data exata em que teve a experiência da 1ª menstruação:

1ª menstruação em ____/____/____

Lembramos que este questionário é confidencial, isto é, apenas o investigador terá acesso a estas informações.

Obrigada pela sua colaboração!

Anexo 3: Ficha de avaliação individual utilizada na recolha da informação



Ficha de Avaliação

 Nº de identificação

Nome _____ Data nasc. ____/____/____ Data Obs ____/____/____

Idade _____ Escalão de competição _____ Nº de anos de prática: _____

Nº treinos/semana _____ Nº horas treino/dia _____ Mão Preferida _____ Pé preferido _____

Clube: _____ Divisão competitiva: () Liga de Base () 1ª div. () Elite

 Peso %Gord. MIG Altura Altura Sentado

		1ª	2ª	3ª
Comprimentos	Altura do ombro sentado			
	Comprimento Memb Sup.			
	Comprimento Memb Inf.			

		1ª	2ª	3ª
Pregas de adiposidade	Tricipital			
	Subscapular			
	Suprailíaca			
	Abdominal			
	Crural (Coxa)			
	Geminal (Perna)			

		1ª	2ª	3ª
Perímetros	Braço Tenso			
	Braço Relaxado			
	Crural (Coxa)			
	Geminal (Perna)			

		1ª	2ª	3ª
Diâmetros	Biacromial			
	Bicristal			
	Bicôndilo umeral			
	Bicôndilo femural			

TESTES MOTORES

Flexibilidade

Ombros para trás	
Ombros para frente	
Flexão tronco	
Manutenção com ajuda MI à frente	
Manutenção com ajuda MI ao lado	
Manutenção com ajuda MI à retaguarda	
Manutenção sem ajuda MI à frente	
Manutenção sem ajuda MI ao lado	
Manutenção sem ajuda MI à retaguarda	
Elevação do tronco até a vertical	
Elevação máxima do tronco	

Força

Salto Vertical	1ª	
	2ª	
	3ª	
Battement à frente		
Battement à retaguarda		
Elevação do tronco		
Abdominais <i>Curl-ups</i>		
Duplos com a corda		

Anexo 4: Declaração de consentimento entregue aos Encarregados de
Educação das ginastas convidadas para o estudo



DECLARAÇÃO DE CONSENTIMENTO

Considerando a “Declaração de Helsínquia” da Associação Médica Mundial (Helsínquia 1964; Tóquio 1975; Veneza 1983; Hong Kong 1989; Somerset West 1996 e Edimburgo 2000)

Estudo: Desempenho em Ginástica Rítmica: Estudo das características biológicas, motoras e estruturais.

Eu, abaixo-assinado, (nome) _____,
responsável pela aluna, (nome) _____
compreendi a explicação que me foi fornecida acerca da investigação que se tenciona realizar. Foi-me dada a oportunidade de fazer as perguntas que julguei necessárias e, no caso de as ter feito, de todas obtive resposta satisfatória.

Tomei conhecimento de que, de acordo com as recomendações da declaração de Helsínquia, a informação ou explicação que me foi prestada versou os objetivos, os métodos, os benefícios previstos, os riscos potenciais e o eventual desconforto. Além disso, foi-me afirmado que tenho o direito de recusar a todo o tempo a sua participação no estudo.

Por isso, autorizo que lhe seja aplicado o método ou o inquérito proposto pelo investigador.

Data: ____/____/____

Assinatura: _____

O Investigador responsável

Amanda Batista

