U.PORTO
FACULDADE DE DESPORTO
UNIVERSIDADE DO PORTO

A importância do treino de força na capacidade de realizar sprints repetidos em jogadores de futebol

Uma revisão narrativa

Dissertação apresentada com vista à obtenção do 2º ciclo em Treino Desportivo, especialização em Treino de Alto Rendimento, da Faculdade de Desporto da Universidade do Porto, ao abrigo do Decreto-Lei nº 74/2006, de 24 de março, na redação dada pelo Decreto-Lei nº 65/2018 de 16 de agosto.

Orientador: Doutor Ivan Baptista

Leandro Augusto Rodrigues

Porto, 2021

FICHA DE CATALOGAÇÃO:

Rodrigues, L. A. (2021). *A importância do treino de força na capacidade de realizar Sprints Repetidos em jogadores de futebol. Uma revisão narrativa.* Porto: L. Rodrigues. Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em Treino de Alto Rendimento, apresentada à Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.

Palavras-chave: FUTEBOL, TREINO DE FORÇA, SPRINTS REPETIDOS.

Agradecimentos

Ao meu orientador, Ivan Baptista, pela ajuda e apoio prestados, que permitiram a conclusão com sucesso deste trabalho.

À toda a minha família, pelos esforços e sacrifícios que fizeram durante as suas vidas para propiciar a mim a oportunidade do ensino e de uma formação profissional e por todo o apoio incondicional, incentivo e suporte para conseguir superar mais este desafio. Sem vocês, nada disso seria possível.

Em especial à minha amada esposa, Ana Carolina, por seu amor, carinho, amizade, companheirismo dedicados a mim nestes anos de vida em família e pela enorme paciência despendida durante momentos de fraqueza e incertezas que permearam as nossas vidas durante esta importante fase da minha vida.

Índice Geral

AGRADECIMENTOS ..... **III**
ÍNDICE DE FIGURAS ..... **VII**
ÍNDICE DE TABELAS ..... **IX**
RESUMO ..... **XI**
ABSTRACT ..... **XIII**
ÍNDICE DE ABREVIATURAS ..... **XV**
1. INTRODUÇÃO GERAL **1**

1.1 Fundamentação Teórica *3*
1.1.1 Força Muscular *3*
1.1.2 Estrutura básica da fibra muscular *3*
1.1.3 Tipos de fibra *5*
1.1.4 Mecânica muscular (ação muscular) *6*
1.1.5 Relação força-alongamento *8*
1.1.6 Relação força-velocidade *9*
1.1.7 Manifestações da força muscular *10*
1.1.8 Ciclo excêntrico-concêntrico *11*
1.1.9 Curva Força-Velocidade *14*
1.2 Princípios do Treino da Força Muscular *16*
1.2.1 Sobrecarga *16*
1.2.2 Especificidade *16*
1.2.3 Reversibilidade *17*
1.2.4 Recrutamento das unidades motoras no treino da força e potência musculares (Princípio de Hennemann e suas exceções) *17*
1.2.5 Respostas e adaptações ao treino da força e potência musculares *19*

2. A NARRATIVE REVIEW **21**

2.1 Abstract *22*
2.2 Introduction *23*
2.3 Methods and procedures *24*
2.3.1 Literary search *24*
2.3.2 Inclusion and exclusion criteria *24*
2.4 The impact of strength training in the repeated-sprints ability *25*
2.5 Conclusion *31*
2.6 References *32*

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS **39**
4. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA **41**

Índice de Figuras

Figura 1. Unidade Motora 4
Figura 2. Sarcômero 4
Figura 3. Modelo mecânico da fibra muscular, onde C.E.P. = Componente Elástico Paralelo; C.E.S. = Componente Elástico em Série; e C.C. = Componente Contrátil). ... 5
Figura 4. Na locomoção humana (marcha, corrida, salto) os músculos extensores dos membros inferiores são periodicamente sujeitos a um ciclo muscular de alongamento encurtamento, que se assemelha ao rodar de um cubo (Komi, 1992)..... 8
Figura 5. Relação força-alongamento de um músculo isolado (Herzog, 2009)..... 9
Figura 6. Relação força-velocidade de um músculo isolado (Kenney et al., 2013). 9
Figura 7. Representação esquemática de dois tipos de salto vertical: A = Squat Jump, e B Countermovement Jump (Linthorne, 2001)..... 13
Figura 8. Representação esquemática de *drop jump* vertical (superior) e horizontal (inferior) (IACONO et al., 2016)..... 14
Figura 10. Relação força-velocidade..... 15
Figura 11. Alterações no formato da curva força-velocidade, em dependência do tipo de estímulo. Modificado de Komi e Hakkinen (1988). 15
Figura 12. Princípio da sobrecarga. O desenvolvimento da força muscular é uma função do nível de tensão, que deve ser mais elevado que o das atividades quotidianas. Modificado de Komi e Hakkinen (1988)..... 16
Figura 13. A importância da especificidade durante o treino de força. O agachamento foi o exercício de treino. Modificado de Fahey e Chico (1998). 17

Índice de Tabelas

Tabela 1. Características estruturais e funcionais dos diferentes tipos de fibra muscular. 6
Tabela 2. Classificação dos exercícios e dos tipos de ação muscular..... 7
Tabela 3. General characteristics of the studies included in the narrative review. 30

Resumo

A presente dissertação foi realizada no âmbito do 2º ciclo do Mestrado em Treino de Alto Rendimento Desportivo, da Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.

Os objetivos desta tese de mestrado focaran-se em: a) aprofundar conhecimentos sobre as características e princípios do treino de força; b) e explorar os efeitos de diferentes métodos de treino de força na capacidade de sprints repetidos (RSA) em jogadores de futebol, através da elaboração de uma revisão narrativa.

O campo de estudo relativo aos aspetos físicos aplicados ao futebol é amplo e bastante dinâmico. Cada vez mais estudiosos e profissionais deste desporto tem buscado associar estes fatores à especificidade da modalidade, instigando pesquisadores a encontrar respostas aos seus problemas de pesquisa. Durante um jogo de futebol, os jogadores são submetidos a produzir repetidamente sprints máximos ou submáximos com breves períodos de recuperação. A capacidade de repetir múltiplos sprints a alta velocidade é, portanto, importante para o desempenho físico do atleta e há uma escassez de revisões sobre esta matéria. Com isso, faz-se necessário mais investigações científicas nesta área, buscando suporte técnico e científico aos treinadores, preparadores físicos e outros profissionais que atuam neste desporto.

Relativamente à revisão narrativa realizada, e na maioria dos parâmetros analisados (e.g. RSA média e máxima, e sprints inferiores a 30 m) encontraram-se estudos onde se observaram efeitos positivos dos programas de treino de força no desempenho final na RSA. Dentro destes, podemos destacar os estudos que utilizam métodos de treino de força máxima, de CORE em superfícies estáveis e de força isoinercial.

Desta forma, concluiu-se que existe uma variedade de métodos de treino de força que impactam positivamente a capacidade de sprints repetidos em jogadores de futebol. Assim, e como demostrado nesta dissertação, um programa de treino de força (força máxima, força estática ou força isoinercial), realizado duas a três vezes por semana durante seis a dez semanas é recomendado para melhorar a RSA.

Acreditamos que este trabalho se apresenta como um contributo, não só para aumentar a informação e o conhecimento acerca da preparação física no futebol, mas, essencialmente, para dar a conhecer as diferenças existentes entre os métodos de treino de força aplicados na melhoria do desempenho na RSA.

Palavras-chave: Futebol; treino de força; sprints repetidos.

Abstract

This dissertation was carried out under the 2nd cycle of the Master's Degree in High Performance Sports Training, at the Faculty of Sport of the University of Porto.

The aims of this thesis focus on: a) deepening knowledge about the characteristics and principles of strength training; b) and exploring the effects of different strength training methods on repeated sprinting ability (RSA) in soccer players, through the elaboration of a narrative review.

The field of study concerning the physical aspects applied to football is wide and quite dynamic. Practitioners have tried to associate these factors to the specificity of the modality, instigating researchers to find answers to their research problems. During a soccer game, players are submitted to repeatedly produce maximal or sub-maximal sprints with short recovery periods. The ability to repeat multiple sprints at high speed is therefore important for the athlete's physical performance, and there is a paucity of reviews on this matter. Thus, more scientific research in this area is necessary, seeking technical and scientific support to coaches, physical trainers and other professionals who work in this sport.

Regarding the narrative review carried out, and in most of the parameters analysed (e.g. average and maximum RSA, and sprints less than 30 m) studies were found where significant differences were observed in the final performance in the RSA. Within these, we can highlight those obtained in studies that use maximum strength training methods, CORE on stable surfaces and isoinertial strength training methods.

Thus, it was concluded that there is a variety of strength training methods that positively impact the ability of repeated sprints in soccer players. Thus, and as demonstrated in this dissertation, a strength training program (maximum strength, static strength or isoinertial strength), performed two to three times a week for six to ten weeks is recommended to improve the RSA.

We believe that this study presents itself as a contribution, not only to increase information and knowledge about physical preparation in the soccer, but, essentially, to make known the existing differences between the strength training methods applied to improve performance in the RSA.

Lista de Abreviaturas

CEC	Ciclo Excêntrico-Concêntrico
CMAE	Ciclo Muscular de Alongamento-Encurtamento
CMJ	Counter Movement Jump
COD	Change of Direction
COM	Controle
CTS	Core Strength Training Performed On A Stable Surfacecore
CTU	Core Strength Training Performed On An Unstable Surface
DP	Desvio Padrão
ES	Effect Size
et al.	et alli = e outros
ExpS	Explosive Strength
FIFA	Federação Internacional de Futebol
HST	Half-Squat Training
in-vivo	que ocorre ou tem lugar em um organismo ou tecido vivo
MD	Média
NHE	Nordic Hamstring Exercise
PT	Plyometric Training
RM	Repetição Máxima
RS	Repeated Shuttle Sprint
RSA	Repetead-Sprint Ability
RSA_{best}	Repetead-Sprint Ability Máxmo
RSA_{mean}	Repetead-Sprint Ability Média
RST	Repeated Sprint Training
SG	Squat Group
SJ	Squat-Jump
ST	Strength Training
TG	Take-Off
TO	Sled Towing
WR	Wearable Resistance

1. Introdução geral

O futebol moderno é, sem dúvida, mais atlético e baseado em força do que há algumas décadas (Anderson & Sally, 2013; Weineck, 1999). A modalidade evoluiu progressivamente para um desporto muito físico e onde a componente atlética do jogador tem ganho relevância. Durante um jogo, os jogadores executam repetidamente ações de alta intensidade nas quais a força muscular é crucial (Stølen et al., 2005). Essas ações, como correr, chutar, desarmar, mudar de direção e saltar podem ser executadas mais de 500 vezes durante uma partida (Stølen et al., 2005). Em particular, as fases decisivas de um jogo de futebol exigem que o jogador atue a uma intensidade alta (Bangsbo et al., 2006; Rampinini et al., 2009).

A velocidade, os movimentos de explosão e capacidade de repetir intermitentemente essas ações de alta intensidade são fundamentais para o sucesso no futebol (Cometti et al., 2001; Rampinini et al., 2009). O desempenho no sprint determina o resultado nas ações vencedoras da partida (Cometti et al., 2001). Uma maior capacidade de aceleração e sprint aumenta a possibilidade de chegar primeiro à bola, driblar o adversário, criar ou parar uma oportunidade de golo. Além disso, diversos estudos (Faude et al., 2012; Haugen et al., 2014) têm apresentado o sprint como sendo a ação mais frequente em situações de golo no futebol, tanto para o jogador que assiste, como para o que finaliza. Também a força e a potência são elementos-chave do desempenho do futebol. Um jogador mais forte pode correr mais rápido, saltar mais alto, mudar de direção mais rapidamente e rematar a bola com mais força (Cormie et al., 2011; Haugen et al., 2014).

São muitos e distintos os métodos de treino de força e potência utilizados por desportistas: a) padrões de movimento distintos (exercícios de resistência tradicionais, exercícios balísticos, pliometria, levantamento de peso e ações baseadas em força específicas do desporto); b) diferentes combinações da organização temporal de cargas de treino de força/potência (e.g., variações de microciclo e sessão de treino); c) cargas distintas; d) uma ampla gama de velocidades de movimento; e) características biomecânicas específicas; e f) diferentes superfícies de treino (Silva et al., 2015).

Alguns destes métodos de treino combinam diferentes tipos de exercício (e.g., treino com pesos, treino pliométrico e ações baseadas em força específicas do desporto) e permitem o desenvolvimento da potência e respetiva transferência para as atividades desportivas específicas, devido às adaptações neurais e morfológicas tipicamente associadas ao treino avançado (Ebben & Watts, 1998). De facto, as características intrínsecas dos padrões de atividade do futebol constituem uma gama variada de ações motoras que envolvem forças de travagem e aceleração, bem como tipos de contração e velocidades distintas, o que, por sua vez, exige o máximo do potencial de força-velocidade do sistema neuromuscular. É neste sentido que o princípio da especificidade no treino de força e potência muscular ganha importância, não devendo ser subestimado (de Villarreal et al., 2013; Harris et al., 2007).

Diversos estudos sugerem a existência de uma forte correlação entre o desempenho em sprints curtos e a força da parte inferior do corpo (Comfort et al., 2012; Comfort et al., 2014; Kirkpatrick & Comfort, 2013; McBride et al., 2009; Meir et al., 2001; Wisløff et al., 2004). De acordo com Seitz et al. (2014), as melhorias na força da parte inferior do corpo resultam em melhorias no desempenho de sprint (< 30 m). Provavelmente, isso se deve ao fato de atletas mais fortes desenvolverem um pico de força e impulso de reação ao solo mais elevados, os quais se têm mostrado determinantes no desempenho de sprint (Cronin & Hansen, 2005; Weyand et al., 2006; Weyand et al., 2010). Segundo Weyand et al. (2006), é igualmente possível estabelecer associações entre a força máxima de reação do solo e a velocidade máxima do sprint, sugerindo que o aumento da força, ou produção de força máxima, também pode melhorar a aceleração e a velocidade máxima do sprint.

Além das habilidades técnico-táticas específicas do desporto, força, potência explosiva, velocidade e resistência, também a capacidade de sprints repetidos (RSA) se tem mostrado um fator importante para determinar o sucesso no futebol (Impellizzeri et al., 2008; Rampinini et al., 2007a). Num estudo com jogadores de elite (Rampinini et al., 2007a), foram encontradas correlações entre as distâncias percorridas durante o jogo e os tempos médios de sprint num teste RSA.

Na perspetiva da fisiologia, a RSA é uma habilidade complexa que se acredita estar relacionada tanto com a capacidade neuromuscular (e.g.,

velocidade máxima de sprint, impulso neural ou ativação da unidade motora) quanto com a metabólica (Glaister, 2005; Spencer et al., 2005). Desta forma, as estratégias de treino que visam o desenvolvimento da velocidade máxima, da função metabólica, ou ambas em simultâneo, aparentam ser responsáveis por uma melhora significativa na RSA (Glaister, 2005; Spencer et al., 2005).

Assim sendo, os objetivos desta dissertação de mestrado são: a) aprofundar conhecimentos sobre as características e princípios do treino de força; b) apresentar os efeitos de diferentes métodos de treino de força na RSA, realizando para tal uma revisão narrativa sobre o tema.

1.1 Fundamentação Teórica

1.1.1 **Força Muscular**

Segundo Kraemer e Häkkinen (2004), força muscular pode ser definida como quantidade de tensão que um músculo ou grupo muscular pode gerar, dentro de um determinado padrão e velocidade de movimento. A tensão gerada pelo músculo tende a provocar alguma mudança no seu comprimento e, consequentemente, a alteração dos ângulos articulares, possibilitando assim o movimento. A força muscular é uma capacidade muito importante, não apenas para o desempenho desportivo, mas também para a saúde, podendo-se manifestar de diferentes maneiras (e.g. ações como puxar, empurrar, arrastar, chutar, saltar etc.). Para compreender as suas formas básicas de manifestação, deve-se, inicialmente, conhecer a estrutura e os tipos de ação da fibra muscular. Esta informação permitirá selecionar os meios e métodos de treino mais apropriados para cada necessidade específica.

1.1.2 **Estrutura básica da fibra muscular**

Ainda que uma discussão mais aprofundada sobre a anatomia da fibra muscular não seja o objetivo principal desta dissertação, é oportuno lembrar a sua estrutura básica. A unidade estrutural que possibilita a ação muscular é a unidade motora, que por sua vez é composta por um motoneurónio, pelo seu axónio motor e pelas fibras musculares por ele inervadas (Figura 1). Cada unidade motora pode contar com diferentes quantidades de fibras musculares, sendo esta variabilidade bastante elevada: de 1 até 1000 fibras musculares (Chu, 1996; Foss & Keteyian, 1998). A excitação do motoneurónio faz com que todas as fibras musculares que pertençam a essa unidade motora entrem em ação,

não havendo como regular a sua intensidade. A "lei do tudo-ou-nada" (Noth, 1992), que diz que a unidade motora ou atua em intensidade máxima, ou permanece relaxada, não sendo possível encontrar pontos de intensidade intermédios. Todavia, é possível graduar a intensidade da ação do músculo recrutando-se uma quantidade diferente de unidades motoras ou variando a frequência de ativação dessas unidades.

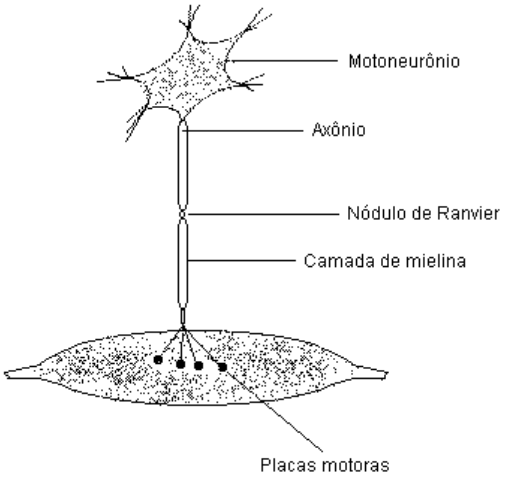


Figura 1. Unidade Motora

As fibras musculares são compostas em cerca de 80% por organelas contráteis cilíndricas, chamadas de miofibrilas (Billeter & Hoppeler, 2003). Por sua vez, as miofibrilas são formadas por uma série de sarcómeros, sendo as unidades contráteis da fibra muscular. Os sarcómeros, no que lhe concerne, são formados por filamentos grossos (miosina) e finos (actina), que na presença de íons cálcio deslizam uns sobre os outros, possibilitando assim a ação muscular (Figura 2). A força gerada por essas estruturas é unidirecional, ou seja, tende sempre a encurtar o sarcómero (Billeter & Hoppeler, 2003).

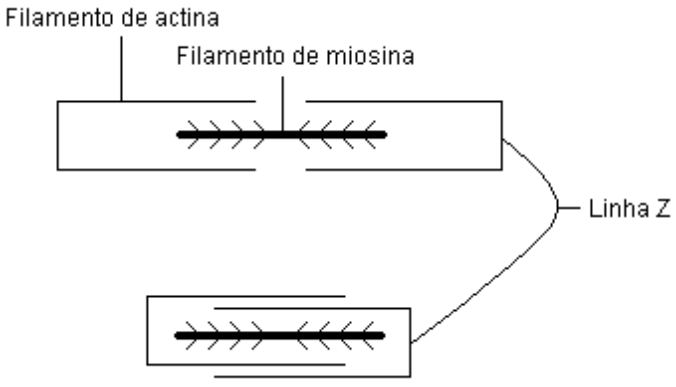


Figura 2. Sarcômero

Outros elementos importantes na composição das fibras musculares são os chamados componentes elásticos. Estes componentes podem-se dispor paralelamente aos elementos contráteis (e.g., titina), ou em série com esses, como os elementos localizados na cabeça da miosina, na linha Z do sarcómero e nos tendões (Albert, 1995) (Figura 3). Os tendões, por sua vez, parecem ter um papel importante na otimização da produção de força, como será abordado mais à frente.

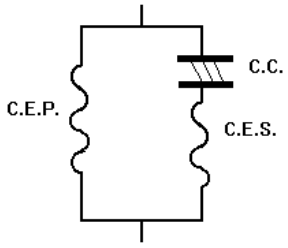


Figura 3. Modelo mecânico da fibra muscular, onde C.E.P. = Componente Elástico Paralelo; C.E.S. = Componente Elástico em Série; e C.C. = Componente Contrátil).

1.1.3 **Tipos de fibra**

Estudos histoquímicos e das propriedades fisiológicas do músculo (Billeter & Hoppeler, 2003) demonstram que há, basicamente, três tipos de fibras musculares, cada uma delas com características diferenciadas no que concerne às capacidades de produzir força, velocidade de encurtamento e resistência à fadiga. Os tipos de fibra musculares conhecidos são os seguintes: Tipo I (vermelhas, oxidativas, ou de contração lenta), Tipo IIa (intermediárias), e Tipo IIb (brancas, glicolíticas, ou de contração rápida). Na Tabela 3 veem-se as principais características de cada tipo de fibra (Foss & Keteyian, 1998). Apesar das diferenças nas características das unidades motoras (mesmo quando essas pertencem a um mesmo músculo), as fibras que pertencem a uma mesma unidade motora apresentam propriedades similares. Esta similaridade revela a influência do motoneurónio no controlo de tais características (Noth, 1992).

Tabela 1. Características estruturais e funcionais dos diferentes tipos de fibra muscular.

Características		***Tipo de Fibra***		
		I	***IIa***	***IIb***
Aspectos Neuronais	Tamanho do motoneurônio	Pequeno	Grande	Grande
	Limiar de recrutamento do motoneurônio	Baixo	Alto	Alto
	Velocidade de condução do nervo motor	Lento	Rápido	Rápido
Aspectos Estruturais	Diâmetro da fibra muscular	Pequeno	Grande	Grande
	Desenvolvimento do ret. sarcoplasmático	Menos	Mais	Mais
	Densidade mitocondrial	Alta	Alta	Baixa
	Densidade dos capilares	Alta	Média	Baixa
	Conteúdo de mioglobina	Alto	Médio	Baixo
Substratos Energéticos Armazenados	Fosfocreatina	Baixo	Alto	Alto
	Glicogênio	Baixo	Alto	Alto
	Triglicerídeos	Alto	Médio	Baixo
Aspectos Enzimáticos	Atividade da Miosina-ATPase	Baixa	Alta	Alta
	Atividade da enzima glicolítica	Baixa	Alta	Alta
	Atividade da enzima oxidativa	Alta	Alta	Baixa
Aspectos Funcionais	Velocidade de contração	Baixa	Alta	Alta
	Velocidade de relaxamento	Baixa	Alta	Alta
	Produção de força	Baixa	Alta	Alta
	Eficiência energética, "economia"	Alta	Baixa	Baixa
	Resistência à fadiga	Alta	Baixa	Baixa
	Elasticidade	Baixa	Alta	Alta

1.1.4 **Mecânica muscular (ação muscular)**

Quando um grupo muscular entra em ação, gerando tensão, há basicamente três situações que podem ocorrer: a) se a resistência externa for menor que a força gerada pelo músculo, este encurta-se, originando movimento; b) quando a resistência externa e a força muscular gerada são iguais, não há alteração no comprimento do músculo, não originando movimento; e c) quando a resistência externa for maior que a força gerada pelo músculo, este vê seu

comprimento aumentar. Neste sentido, um músculo ativo nem sempre se "contrai" (encurta), tornando o uso do termo “contração muscular" inadequado. Assim sendo, a proposta de Cavanagh (1988) de se utilizar o termo "ação muscular" parece-nos mais coerente. Na Tabela 2, pode-se observar a classificação dos exercícios e os tipos de ação muscular conforme sugerido por Knuttgen e Komi (2003).

Tabela 2. Classificação dos exercícios e dos tipos de ação muscular.

Exercício	*Ação muscular*	*Comprimento do músculo*
Dinâmico	Concêntrico	Diminui
	Excêntrico	Aumenta
Estático	Isométrica	Não se altera

Ação muscular concêntrica – quando a tensão desenvolvida pelo músculo é superior à resistência que ele tem de vencer, ocorre um encurtamento. Este tipo de ação ocorre na fase positiva (concêntrica) da maioria dos exercícios de treino de força, como o agachamento ou o supino.

Ação muscular excêntrica – quando a tensão desenvolvida pelo músculo é inferior à resistência que ele tem de vencer, apesar do músculo tentar encurtar-se, ocorre um alongamento das fibras musculares. Este tipo de ação ocorre na fase negativa (excêntrica) da maioria dos exercícios de treino de força, como o supino ou o agachamento.

Ação muscular isométrica – se a tensão desenvolvida pelo músculo é igual à resistência que ele tem de vencer, o comprimento das fibras musculares, mantém-se essencialmente inalterado. Este tipo de ação muscular ocorre quando se pretende exercer força contra uma resistência inamovível.

Para além destas três formas clássicas de ações musculares, há ainda a considerar a forma natural de funcionamento muscular. Nos movimentos da locomoção humana, como a marcha, a corrida e o salto, os músculos extensores dos membros inferiores estão periodicamente sujeitos a impactos com o solo que provocam um alongamento muscular seguido de uma fase de encurtamento (Figura 4).

Na grande maioria dos gestos desportivos, os músculos não funcionam de forma puramente isométrica, concêntrica ou excêntrica. Funcionam num Ciclo Muscular de Alongamento-Encurtamento (CMAE), tal como descrito por Komi (1992). Esta dinâmica do comportamento muscular é relativamente independente das outras formas de manifestação da força e é regulada, essencialmente, pela qualidade do padrão de ativação nervoso dos músculos envolvidos e pelo balanço entre os fatores nervosos facilitadores e inibidores da contração muscular.

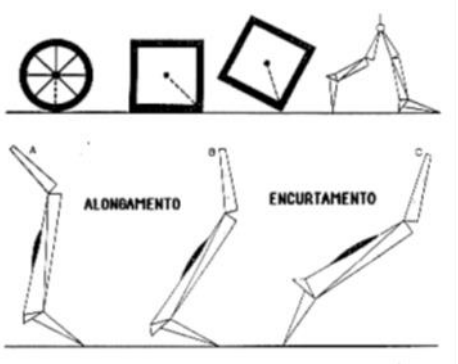


Figura 4. Na locomoção humana (marcha, corrida, salto) os músculos extensores dos membros inferiores são periodicamente sujeitos a um ciclo muscular de alongamento encurtamento, que se assemelha ao rodar de um cubo (Komi, 1992).

1.1.5 **Relação força-alongamento**

A força desenvolvida pelo músculo é maior no seu comprimento de repouso, uma vez que o número de pontes cruzadas entre a actina e a miosina é maior nessa posição. Á medida que o músculo se encurta ocorre uma diminuição das ligações entre as proteínas contráteis devido à sobreposição dos filamentos, originando a diminuição da tensão que pode ser desenvolvida. De forma semelhante, se o músculo for alongado para além do seu comprimento de repouso, o número de pontes cruzadas vai também diminuindo, uma vez que a sobreposição dos filamentos se reduz drasticamente. Contudo, quando um músculo é alongado, o potencial elástico do seu tecido conjuntivo apresenta a capacidade para originar um acréscimo de força (Schmidtbleicher, 1988). O efeito combinado dos fatores contráteis e elásticos está ilustrado na Figura 5, que apresenta a clássica curva da relação entre a força e o alongamento (Herzog, 2009).

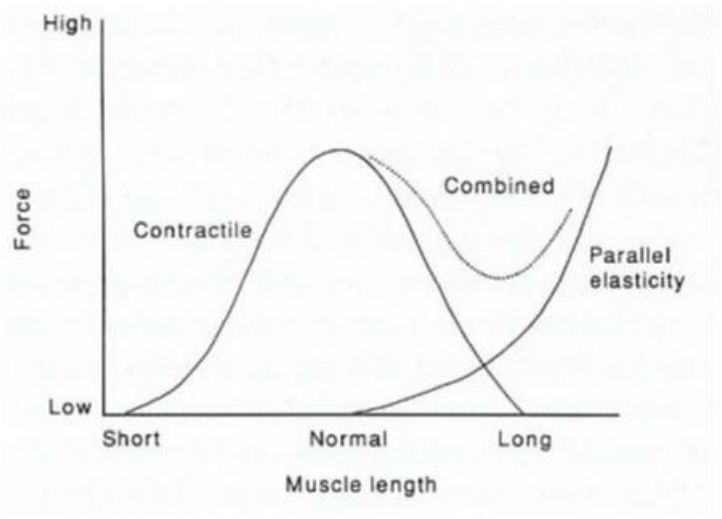


Figura 5. Relação força-alongamento de um músculo isolado (Herzog, 2009).

1.1.6 **Relação força-velocidade**

Se todos os outros fatores se mantiverem iguais, a capacidade do músculo produzir força é mais elevada numa situação isométrica, diminuindo esta capacidade à medida que se aumenta a velocidade de ação concêntrica. Este facto deve-se, por um lado, à ação desempenhada pela viscosidade das fibras musculares que resistem ao movimento de forma proporcional ao aumento da velocidade. Por outro lado, a interação das pontes cruzadas para que o deslizamento dos filamentos ocorra faz-se mais frequentemente com o aumento da velocidade de contração, o que reduz as condições de produção de força. Contudo, quando o aumento da velocidade da ação muscular se faz não em termos concêntricos, mas sim em regime excêntrico, o músculo pode desenvolver maiores tensões musculares com o aumento da velocidade (Figura 6).

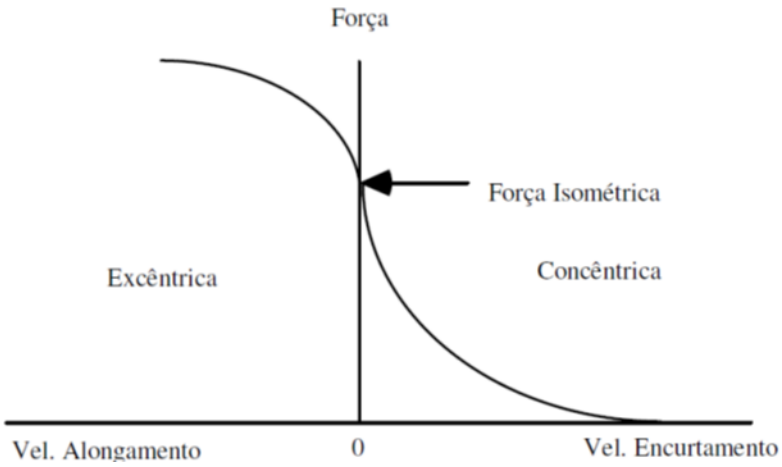


Figura 6. Relação força-velocidade de um músculo isolado (Kenney et al., 2013).

Este aumento de força é cerca de 1,3 vezes o valor da força concêntrica. O fato do aumento da força em regime excêntrico acontecer em função do aumento da velocidade de alongamento, sugira-nos que para além do já referido contributo dos fatores de natureza elástica, o maior papel para explicar este aumento de força é desempenhado pelo reflexo de alongamento, sendo especialmente sensível à velocidade do estiramento.

1.1.7 **Manifestações da força muscular**

Como consequência direta de diversos padrões possíveis de frequência de estimulação nervosa ou o aspeto mecânico de contração que uma atividade pode requerer, temos na força manifestações bem particulares. Nas ações realizadas pelo corpo humano, podemos distinguir várias forças, "isto é, não há uma expressão universal da força, mas sim várias formas de expressão" (Marques et al., 1992). Os músculos podem agir de maneira estática ou dinâmica, e nesse último caso podem realizar ações concêntricas ou excêntricas, numa imensa gama de velocidades. Na prática do treino desportivo, as seguintes manifestações da força muscular têm recebido atenção:

A) Força Máxima – Capacidade do músculo esquelético produzir tensão, força e torque máximos, sem restrição de tempo, em condições estáticas ou dinâmicas. De acordo com Nett (1964), "é a maior força muscular possível que um atleta pode desenvolver, independente de seu peso corporal". Para Weineck et al. (1999), a força máxima representa a maior força disponível que o sistema neuromuscular pode mobilizar por meio de uma contração máxima voluntária. É uma das componentes mais influenciada pela massa muscular e indicada como componente a desenvolver nas fases iniciais do treino dos sujeitos (Mil-Homens et al., 2017).

B) Força Explosiva ou Força Rápida (Potência Muscular) – Capacidade de produzir tensão, força e torque máximos, no menor tempo possível. Letzelter e Letzelter (1986), define a força rápida como "a capacidade de superar uma resistência de maneira veloz". Nesse tipo de força o fator tempo deve ser o menor possível, resultando na velocidade (Potência = Força x Velocidade). É o tipo de força mais presente na maioria dos desportos onde os movimentos rápidos representam um fator para o rendimento.

C) Resistência de Força – Capacidade de manter uma determinada intensidade de ação muscular por muito tempo, podendo também ser denominada por resistência muscular. Harre (1982) define a resistência de força como “a capacidade de resistência à fadiga em condições de desempenho prolongado de força”. Segundo Barbanti (2017) "é a capacidade de resistência dos músculos ou grupos musculares contra o cansaço causado por repetidas contrações". Este tipo de manifestação da força é considerado como a base para o desenvolvimento da força rápida e da força máxima. Esta forma de manifestação de força é requerida nas atividades do dia a dia, principalmente para os indivíduos que têm na sua atividade profissional a repetição sistemática de movimentos. Outra aplicação da força de resistência é encontrada nas atividades desportivas que têm por objetivo manter esforços contínuos e prolongados. Além disso, pode ainda ser dividida de acordo com a sua componente aeróbia ou anaeróbia.

A resistência de força aeróbia é a capacidade dos músculos de resistir à fadiga na presença de suficiente provisão de oxigénio. Este tipo de capacidade é fundamental para atletas de corridas de longas distâncias (Barbanti, 2017). Por outro lado, a resistência de força anaeróbia é a capacidade dos músculos de resistir à fadiga na ausência de uma adequada provisão de oxigénio (com grande débito de oxigénio). Tal capacidade é importante para competições de corridas de 400 e 800 m (Barbanti, 2017).

1.1.8 **Ciclo excêntrico-concêntrico**

Um músculo pode gerar maior quantidade de trabalho positivo (contração concêntrica ou de encurtamento) - ou uma maior potência máxima com a qual esse trabalho pode ser feito - durante uma ação concêntrica quando é submetido imediatamente antes a uma ação excêntrica (Cavagna et al., 1968; Cavagna et al., 1965). Esse chamado ciclo excêntrico-concêntrico (CEC) representa o padrão de movimento mais comum em atividades de locomoção humana, sendo que o melhor desempenho produzido é explicado pela potenciação reflexa, mecânica e elástica do músculo esquelético (Bobbert, 1990; Bosco et al., 1982).

A ativação reflexa ocorre por meio do estímulo de alongamento dos fusos musculares. Quando esses proprioceptores são alongados além de um determinado ponto, enviam uma mensagem - por arco-reflexo - ao músculo para

que ele se encurte, aumentando assim a tensão inicial do músculo e a sua capacidade de gerar força. A ativação mecânica ocorre devido à rotação da cabeça da miosina para uma posição de maior potencial energético durante a ação excêntrica. Já a ativação elástica ocorre devido à acumulação de energia potencial nos elementos elásticos em série com os elementos contráteis na fibra muscular, quando o músculo ativo é obrigado a se estender. Essa energia pode, sob certas condições, ser usada durante a fase concêntrica para gerar trabalho positivo.

Pode-se testar a capacidade elástica dos músculos extensores dos membros inferiores através do uso de dois testes simples de salto vertical. O primeiro deles é chamado de *squat-jump* (SJ) e o segundo de *countermovement jump* (CMJ). No SJ, o indivíduo posiciona-se para iniciar o salto com as mãos na cintura e os joelhos flexionados a 90 graus. Assim, os músculos extensores dos membros inferiores encontram-se em ação estática antes da ação concêntrica (Figura 7A). A partir dessa posição, realiza o salto vertical.

Já no CMJ, o indivíduo inicia o movimento com as mãos na cintura e os joelhos estendidos. De seguida, executa um CMJ, ou seja, flexiona os joelhos, e imediatamente em seguida volta a estendê-los, realizando o salto (Figura 7B). Durante o CMJ, os músculos extensores atuam excentricamente, a fim de desacelerá-lo. Assim que o movimento descendente seja interrompido, tem início a extensão do joelho, com os músculos atuando concentricamente. A diferença (absoluta ou percentual) no desempenho desses saltos pode ser usada como um índice de reutilização da energia elástica armazenada nos músculos (Anselmi, 2007; Bosco et al., 1987; Claudino et al., 2017).

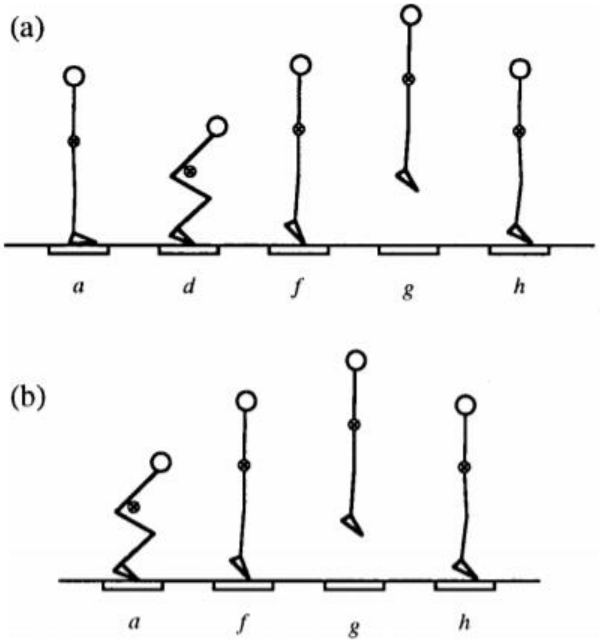


Figura 7. Representação esquemática de dois tipos de salto vertical: A = Squat Jump, e B Countermovement Jump (Linthorne, 2001).

A partir da década de 60, tem sido observado uma constante pesquisa de meios e métodos de treino que possam aumentar a quantidade de energia armazenada e reutilizada pelo músculo durante o CEC. Os exercícios que exploram esse ciclo são chamados de exercícios pliométricos e são definidos como aqueles que "ativam o ciclo excêntrico-concêntrico do músculo esquelético, provocando a sua potenciação elástica, mecânica e reflexa" (Moura, 2008). Existem determinados fatores que interferem no nível de potenciação, elástica e/ou reflexa, e que, consequentemente, modificam a capacidade de gerar trabalho positivo durante o CEC. Dentro desses fatores, os mais importantes parecem ser a amplitude e velocidade da fase excêntrica, assim como o tempo de transição entre as fases excêntrica e concêntrica (Cavagna, 1977). A situação mais favorável é a que combina uma pequena amplitude e grande velocidade da fase excêntrica com um tempo de transição entre as duas fases bastante curto.

Entre os exercícios pliométricos construídos para estimular o desenvolvimento da força explosiva dos membros inferiores destaca-se o *drop jump* (DJ), nas suas inúmeras variações (Figura 8). Nesses saltos, o indivíduo efetua uma queda livre a partir de um plano elevado e, imediatamente após tocar no solo, procura executar um salto vertical máximo. Esses exercícios têm sido

tão populares que chegam a ser considerados como exercícios de pliometria, o que parece ser uma associação abusiva do conceito de pliometria (Chu & Plummer, 1984; Moura, 2008).

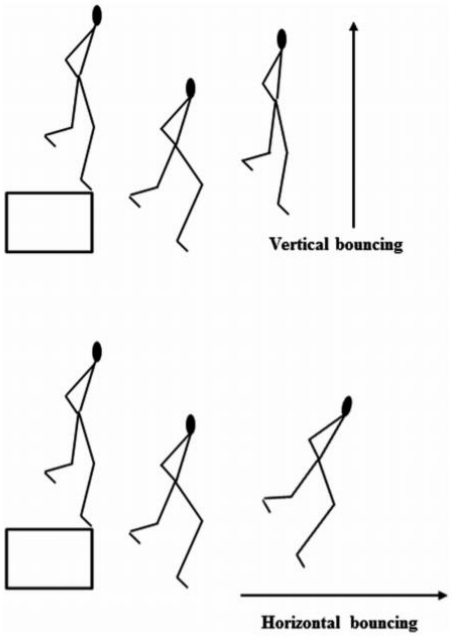


Figura 8. Representação esquemática de *drop jump* vertical (superior) e horizontal (inferior) (IACONO et al*.,* 2016).

A altura da queda no DJ representa a sobrecarga excêntrica, o que representa uma variável importante a ser manipulada durante o treino. A literatura (Lundin, 1985) apresenta-nos algumas recomendações no que concerne à altura ideal da queda no DJ, podendo esses valores variarem entre os 0,38 m e os 2 m. Nasser (1990), sugere que testes de DJ são realizados na prática quotidiana por treinadores, que utilizam alturas de queda crescentes, a partir de 20 cm. O teste pliométrico é interrompido quando o atleta não for mais capaz de obter desempenhos iguais ou superiores ao obtido na repetição anterior. Desta forma, a altura ótima de treino é considerada como aquela que permite o maior salto vertical subsequente à queda livre (Bosco, 1985). De acordo com Moura (1994), se o indivíduo estiver a tocar com o calcanhar no solo após a queda livre, deve-se diminuir a altura de queda, ou mesmo adiar a introdução do DJ nos programas de treino.

1.1.9 **Curva Força-Velocidade**

Os trabalhos de Hill (1938) mostram a relação inversa entre força produzida e velocidade de encurtamento do músculo, seja ele isolado ou "in-vivo" (Figura 10).

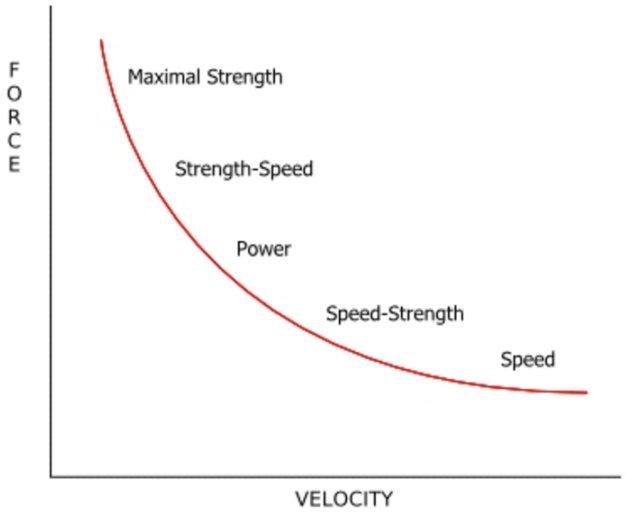


Figura 9. Relação força-velocidade

No entanto, o treino tende a deslocar cada ponto da curva para cima e para direita, mas pode também modificar o formato dessa curva, alterando algumas regiões e não outras (Figura 11).

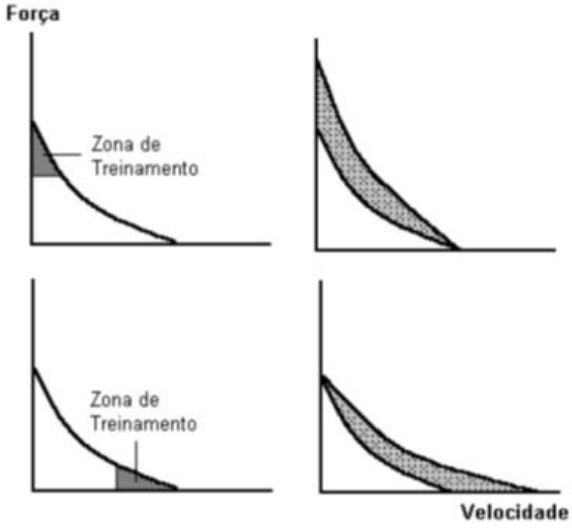


Figura 10. Alterações no formato da curva força-velocidade, em dependência do tipo de estímulo. Modificado de Komi e Hakkinen (1988).

O acompanhamento individual longitudinal da evolução da curva força-velocidade pode mostrar se o treino está equilibrado ou se está a privilegiar de maneira inadequada algum dos componentes (força ou velocidade), permitindo ao treinador realizar as correções que considerar necessárias.

1.2 Princípios do Treino da Força Muscular

1.2.1 **Sobrecarga**

Para que a força muscular seja aumentada, é preciso que as cargas de treino solicitem tensões no músculo superiores àquelas experimentadas durante as atividades quotidianas. Esta é, de forma sucinta, a definição do princípio da sobrecarga, um dos mais importantes nos processos de treino e reabilitação. Como pode ser observado na Figura 12, há uma zona de manutenção, onde o nível de tensão ao qual o músculo se submete é o suficiente para manter a força já adquirida. Quando essa tensão é menor do que o normal (e.g., nos casos de imobilização) a capacidade de produzir força diminui. Em contrapartida, quando as cargas de treino aumentam, provocando solicitações maiores do que as habituais, o nível de força muscular também aumenta.

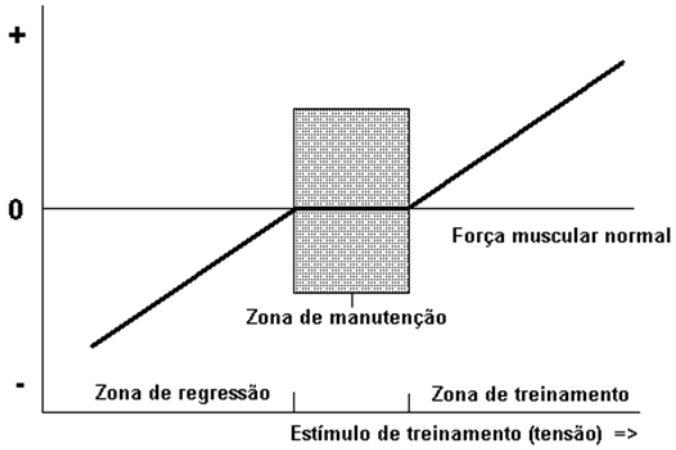


Figura 11. Princípio da sobrecarga. O desenvolvimento da força muscular é uma função do nível de tensão, que deve ser mais elevado que o das atividades quotidianas. Modificado de Komi e Hakkinen (1988).

1.2.2 **Especificidade**

Segundo o princípio da especificidade, as formas de treino e as técnicas de avaliação devem simular as exigências funcionais tanto quanto possível (Albert, 1995).

Noth (1992), baseando-se em estudos da área de aprendizagem motora, procura elucidar se o córtex motor tem conexões funcionais únicas com os músculos, ou se existem representações múltiplas. Ou seja, se o córtex "pensa" em termos dos músculos ou dos movimentos. Conforme o autor, os resultados deixaram claro que o córtex se organiza de maneira a otimizar a seleção de sinergias entre os músculos, e não a seleção de um músculo isolado.

O princípio da especificidade foi explorado por Fahey e Chico (1998), num estudo em que indivíduos que realizaram agachamentos por 8 semanas evidenciaram ganhos significativos de força, quando testados no próprio exercício de agachamento. Contudo, quando o teste era realizado em outros exercícios que usavam os mesmos grupos musculares, os ganhos eram muito menores (Figura 13).

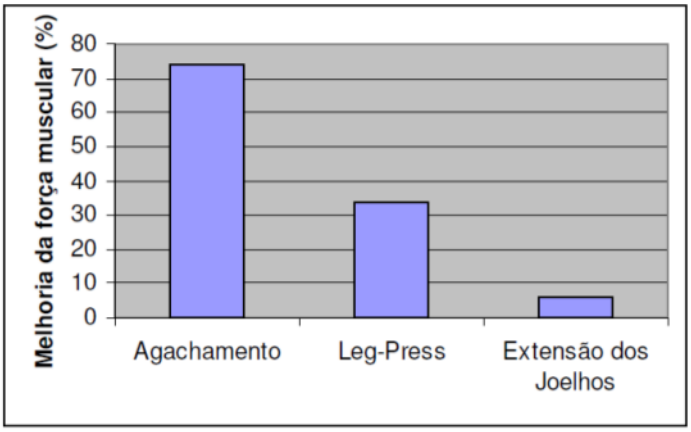


Figura 12. A importância da especificidade durante o treino de força. O agachamento foi o exercício de treino. Modificado de Fahey e Chico (1998).

1.2.3 **Reversibilidade**

As aplicações de recursos e esforços em aptidão física devem perdurar por toda a vida. Porém, a maioria das adaptações provocadas pelo exercício físico sistemático perdem-se após longos períodos de inatividade, sendo praticamente impossível diferenciar um indivíduo anteriormente ativo, mas que tenha passado os últimos anos vivendo como um sedentário, daquele que foi sedentário por toda a vida (Barbanti, 2017).

1.2.4 **Recrutamento das unidades motoras no treino da força e potência musculares (Princípio de Hennemann e suas exceções)**

O recrutamento das unidades motoras durante a maioria das solicitações musculares obedece um padrão onde primeiro são recrutadas as unidades menores (compostas por fibras tipo I), que têm um limiar de ativação mais baixo, uma condição conhecida como princípio do tamanho (Henneman et al., 1974). Quando a intensidade da ação muscular é muito alta, são progressivamente integradas ao *pool* de unidades recrutadas aquelas de maior dimensão (compostas por fibras tipo II). Mesmo nos momentos iniciais de uma solicitação

máxima, embora as fibras tipo II sejam capazes de produzir forças maiores, as primeiras a serem recrutadas são as fibras lentas (Karp, 2001).

Todavia, existem exceções a este princípio, muito importantes quando lidamos com treino desportivo. Algumas evidências sugerem que o princípio do tamanho pode ser alterado ou mesmo revertido durante certos tipos de movimentos — especificamente aqueles que contêm um componente excêntrico (alongamento muscular) ou balístico — de modo que as fibras do tipo II unidades motoras são recrutadas antes das unidades motoras do tipo I (Denier Van Der Gon et al., 1985; Grimby & Hannerz, 1977; Nardone et al., 1989; Smith et al., 1980; ter Haar Romeny et al., 1982). É possível que exista um recrutamento preferencial de unidades motoras do tipo II influenciado pela velocidade da contração excêntrica em velocidades moderadas a rápidas, por exemplo, nos exercícios de pliometria (Nardone et al., 1989; Semmler, 2014).

Bosco (1985), verificou uma relação negativa entre o desenvolvimento das capacidades de força máxima e de força explosiva em atletas italianos de alto nível, especialistas em provas de saltos no atletismo. Embora não recomende a eliminação completa desse tipo de treino na preparação de atletas especialistas em provas de potência, o autor sugere uma limitação na duração do período devotado à força máxima (no máximo 8 semanas). A argumentação do autor é centrada no recrutamento dos diferentes tipos de unidades motoras: após 8 semanas de treino, já se começam a consolidar alterações estruturais no músculo indesejáveis para a expressão da capacidade de força explosiva. A hipertrofia das fibras tipo I tornar-se-iam um obstáculo ao rendimento de alto nível. Antes que essas alterações ocorressem de maneira significativa, outros métodos de treino que estimulassem preferencialmente as fibras tipo II (particularmente as do tipo IIb) deveriam substituir os métodos usados para o desenvolvimento da força máxima.

Tem sido demonstrado que atividade excêntrica de alta intensidade apresenta um padrão de recrutamento que é exatamente o oposto ao acima citado, o mesmo ocorrendo com atividades balísticas treinadas. Aparentemente, há um recrutamento preferencial das fibras tipo II, devido ao seu menor tempo de relaxamento, necessário para um melhor controlo muscular durante ações excêntricas (Howell, 1995). O treino pliométrico é um dos meios que podem

melhorar a força e potência musculares com recrutamento seletivo das fibras tipo II.

1.2.5 **Respostas e adaptações ao treino da força e potência musculares**

O treino da força muscular provoca rápidos ganhos no seu início, sem se observar um concomitante aumento de massa muscular. Essa adaptação inicial pode ser explicada pela melhoria nos padrões de recrutamento das unidades motoras, e pode ser chamada de adaptação neural (aprendizagem) (Folland & Williams, 2007; Komi, 2008). O recrutamento seletivo de mais unidades motoras (principalmente do tipo IIb), ativadas a uma maior frequência, e de uma forma mais sincronizada, são os fatores neurais que permitem uma maior produção de força e potência musculares (Sale, 1992).

Adaptações estruturais (hipertrofia) ocorrem num segundo momento, como resultado da exposição continuada ao treino da força muscular. Essa hipertrofia pode dar-se de maneira seletiva (em determinados tipos de unidade motora, conforme a ênfase do treino) e pode ser resultado do aumento da quantidade de proteína não contrátil (sarcoplasmática) e/ou contrátil (Siff & Verkhoshansky, 1998).

Uma resposta interessante a contrações voluntárias máximas tem sido descrita na literatura como Facilitação Pós-Tetânica (Güllich & Schmidtbleicher, 1996; Siff & Verkhoshansky, 1998). Quando um músculo realiza uma ação isométrica máxima por cerca de 5 segundos, experimenta nos primeiros minutos após essa ação uma diminuição na capacidade de gerar força explosiva. No entanto, num segundo momento ocorre uma resposta facilitadora que lhe permite gerar força máxima em menos tempo durante esforços dinâmicos.

Por fim, novos estudos e investigações são necessários para que se determine com segurança um protocolo de utilização das ações isométricas máximas durante o aquecimento em competições, sendo essa uma possibilidade animadora para qualquer atleta que participe em provas de potência.

2. **A narrative review**

Title: A review of the importance of strength training in the repeated-sprints ability on soccer players

Authors:

Leandro Augusto Rodrigues [1]; Ivan Baptista [1,2]

Affiliations:

[1] Faculty of Sport of the University of Porto, Porto, Portugal.

[2] Faculty of Science and Technology, University of Tromsø, the Arctic University of Norway, Tromsø, Norway.

2.1 Abstract

Muscle strength is a phenomenon that has been widely studied by several scientific researchers for the purpose of promoting health and achieving the best performance in individual and team sports. This narrative review aimed to examine in the scientific literature the importance of strength training in the repeated-sprints ability of soccer players over 14 years old. A total of 9 studies, where strength training protocols were linked with repeated-sprints ability on soccer players, met the inclusion criteria and were considered for the review. The findings indicate that different methods are capable to significantly improve the ability to perform repeated sprints, thus improving soccer performance.

In most of the analysed parameters, significant differences were found in the final performance in RSA. We can highlight those observed in the strength training methods of the maximum strength training, the CORE training on stable surfaces and isonertial strength training. Furthermore, in the RSA, the differences refer, above all, to the time of the season in which strength training is used, being better used at the preseason of the competitive season. Given the great importance of the RSA in the soccer, this narrative review suggests that strength training and power exercises should be part of the soccer training programme. Thus, a strength training program two to three times a week for six to ten weeks at the start of the preseason of the competitive season is recommended to improve players' repeated sprint ability.

Keywords: football, soccer, strength training, repeated-sprints ability.

2.2 Introduction

Soccer is the most popular sport in the world (Prado et al., 2006), practiced and admired over the five continents (Stølen et al., 2005). According to data from the *Fédération Internationale de Football Association* (FIFA), about 270 million people work in activities directly related to this sport (Count, 2006).

It is important to note that soccer is characterized by constant changes in intensity, short recovery moments, sudden stops and changes in direction, which means, athletes experience intermittent efforts during training and competitions (Gallotti & Carminatti, 2008). For Franchini (2010), when considering the distance covered by soccer players in different travel speed categories, he observed that the ratio between low and high intensity actions is approximately 3:1, both for professional players and for intermediate level players. Some of these high intensity actions, such as peak running speed spikes, interspersed with recovery periods, are often called sprints (Rebelo & Oliveira, 2006).

According to Barnes et al. (2014), maximum sprint and acceleration activities represent less than 5% of the total distance covered during a professional soccer match, but are essential physical demands of the match performance. These involve the rapid release of muscle energy to provide the athlete with an impulse to move forward with maximum speed, with muscle power, speed and acceleration constantly being cited as important and determining factors to achieve a high level of performance in sports in general (Ross & Leveritt, 2001).

The ability to perform consecutive sprints at the highest possible speed is called the repeated-sprint ability (RSA) (Impellizzeri et al., 2008), which has been considered a fundamental component for the soccer player's performance (Bishop et al., 2004; Impellizzeri et al., 2006; Spencer et al., 2005). Hoff e Helgerud (2004), suggest that sprints usually represent only 1-3% of the total playing time. However, time-motion analyses show that short sprints occur frequently during soccer matches and that the straight sprint is the most frequent action before goals, both for the player who finishes, and for the one who assists (Haugen et al., 2014).

Castagna e Barbero Alvarez (2010) consider the RSA an important condition for soccer performance. The RSA is determined by both the energy

supply of the anaerobic and aerobic pathways (Rampinini et al., 2007b; Ross & Leveritt, 2001), in addition to the dependence on neuromuscular aspects (Gorostiaga et al., 2009). Sleivert e Taingahue (2004), suggest that there is a strong correlation between muscle power and performance in isolated sprints, as much as with RSA (Dal Pupo et al., 2010). Furthermore, according to Romero Cerezo (2000), in the last decades of the search for better efficiency in the training process, the procedures, techniques, systems and methods used have varied to a significant extent. This means that novel physical training methodologies become an important resource for teams' performance, leading to a constant search for new scientific information in this area. Thus, the aim of this paper was to review the evidence in the literature about the impact of different strength training programmes in the RSA.

2.3 Methods and procedures

2.3.1 Literary search

For the construction of this work, the databases of EBSCOhost, Scopus and PubMed were searched until March 06, 2021 for articles related to strength training in the repeated-sprints ability in soccer players. The research was carried out using the English terms 'football', 'soccer', 'strength training', 'repeated-sprints ability' in the following combinations: 'soccer OR football' AND 'repeated-sprints ability' AND 'strength training'.

2.3.2 Inclusion and exclusion criteria

The studies were chosen if they met the following four inclusion criteria: (I) the athletic population studied consisted of soccer players over 14 years old, (II) the training programs applied to the experimental groups were detailed and supervised; (III) the inclusion of at least one of the following dependent variables: linear sprint or the repeated-sprints ability; (IV) the training programs consisted of (a) strength training or (b) plyometric training.

Studies were excluded if soccer players were on supplementation, hormones, electrostimulation, or other training methods. After critically analysing the initial studies collected with the above criteria, a cohort of 9 studies was then selected for the narrative review.

The references were listed according to their proximity to the theme to be developed in the present study.

2.4 The impact of strength training in the repeated-sprints ability

The RSA has received increasing attention as a central factor in most team-based field sports, and several field tests have been developed for physical assessment. Sprint distances of 15 to 40 m with 3 to 15 repetitions have been used in elite soccer, and the vast majority of tests included 15 to 30 s recovery periods between sprints (Faude et al., 2012; Haugen et al., 2014).

Buchheit et al. (2010), compared the effects of explosive strength training vs. training of repeated sprints (repeated shuttle sprint - RS) in RSA in 15 youth soccer players (14.5 ± 0.5 years). According to their results, there was no significant difference for 10 m sprints (p=0.22) in both groups, however, RS induced a greater improvement in the best sprint (s) (RSA_{best}) (-2.90 ± 2.1 vs. -0.08 ± 3.3%, p=0.04) and in the mean sprints (s) (RSA_{mean}) (-2.61 ± 2.8 vs. -0.75 ± 2.5%, p=0.10, effect size (ES=0.70) than explosive strength training.

More recently, Campos-Vazquez et al. (2015), investigated the effect of combining a RS with two different strength training methods applied at the end of the season in youth soccer players. The study included 21 players (U-19), who were randomly assigned in two experimental groups: Squat Group and Take-off Group. No significant changes in the RSA values or in the yo-yo test were observed in any of the groups. According to the authors, these results suggest that the combination of a weekly session of repeated sprint training with 2 weekly strength training sessions may be an insufficient stimulus to improve RSA when applied at the end of the season.

In fact, the combination of RS training programmes with others types of training stimulus have previously been studied by Shalfawi et al. (2013). The authors compared the effects of the combination of resistance training and RS vs. strength training in 20 well-trained elite female soccer players (19.4 ± 4.4 years). The intervention took place at the beginning of the competition season. In both interventional groups there were positive improvements, although without significant differences between them in the 7x30 m RS tests, 20 and 40 m sprints and in the yo-yo test. However, according to the authors, the strength training

intervention would probably have a better effect if it were carried out at another stage of the season, as it was observed that soccer players experience a reduction in performance during the competitive period.

In a recent study, Krakan et al. (2020), compared the effect of a 6-weeks plyometric training and RS training on physical performance in 41 amateur or semi-professional athletes from the University of Zagreb. The study was conducted in two experimental groups: repeated sprints training group (RST) and plyometric training group (PT). An improvement in the sprint tests was registered after the RS training program (5m=0.89%, 10m=1.07% and 25m=1.35%), while the PT recorded unchanged values at 5 and 10 m, and an improvement of 2.1% at 25 m. However, the results showed that there was no significant difference after the PT program in comparison with the RS. Both training protocols resulted in similar RSA values with unchanged results in the longest sprint in the test. In addition, the average of sprints during the test remained unchanged, while the values in the sprint decreases improved. The results of this study indicated that after six weeks of PT, changes in the explosive strength of the lower extremities can be expected, with improvements also observed in the acceleration space and maximum speed. The evaluation of the subjective load estimation after repeated straight-line sprint test registered statistically significant lower values (PT: 7.33 ± 1.49 and 6.06 ± 1.48 vs. RST: 8 ± 1.08 and 6.84 ± 1.28; p=0.00) in both groups after training. Thus, the authors concluded that both groups increased their fatigue tolerance after the training program. The average of sprints during the test was unchanged, while values in the sprint declines recorded improvements.

Bogdanis et al. (2011), compared the effects of two different half-squat training programs on RSA in 20 male professional soccer players during a preseason. They were divided into 2 groups: S-group vs. H-group. One group performed a strength training program with 90% of 1RM and the other group with 70% of 1RM. The RSA improved in both groups after training, despite only the S-group presented significant differences between the performance improvements of second half (8.9 ± 2.6%) compared to the first half of the sprint test (3.2 ± 1.7%) (p=0.067). According to the authors, the result of resistance training with high loads was superior to a moderate load program, as it increases strength without changing muscle mass and results in an improvement in RSA. In conclusion, they suggest that resistance training with high loads may be preferable when the goal

is to improve maximum strength and delay fatigue during the sprint in professional soccer players.

Another commonly used strength training method involves the eccentric strength training. Eccentric training, in addition to interfering with muscle morphology, also appears to promote unique neuromuscular changes that depend on different factors, including changes in muscle architecture, hypertrophy, increased length of fascicles, and increased frequency of firing by motoneurons (Douglas et al., 2017a; Franchi et al., 2014; Lepley et al., 2017; Mendiguchia et al., 2020; Timmins et al., 2016). There are different documented morphofunctional alterations for the muscle and for the myotendinous units resulting from exposure to eccentric training (Pereira et al., 2020). These will have a positive transfer to the athleticism of soccer players and, perhaps, in sports performance (Douglas et al., 2017a).

The eccentric muscle contractions involve the active stretching of muscle tissue against an external force or load (Wagle et al., 2017). In this type of contraction, the force exerted by the muscle is lower than the external force (Douglas et al., 2017b). In this type of training, the absolute loads are equivalent for the concentric and eccentric part of an exercise, but it should be noted that the muscle is capable of up to 50% more force production during maximum eccentric contractions compared to concentric contractions (Wagle et al., 2017). Recent evidence indicates that resistance training programs that apply sufficient loads in the eccentric phase of the movement can elicit superior neuromuscular adaptations compared to concentric or traditional training alone (Schoenfeld et al., 2015; Shibata et al., 2021; Suchomel et al., 2018).

A study conducted by Ishøi et al. (2018), investigated the effectiveness of eccentric strength training for hamstring muscles using nordic hamstring exercise in sprint performance in soccer players. 25 male players took part of the study and divided into intervention and control groups. Changes were observed in favour of the intervention group for sprint performance results: total sprint time (-0.649 s, p=0.056), fastest 10 m sprint (-0.047 s, p=0.005) and sprint time of the last 10 m sprint (-0.052 s, p=0.094). The authors suggest that the nordic hamstring exercise resulted in a small, though statistically non-significant (p=0.056), improvement in the performance of repeated sprints performance (+1.8%).

Another common eccentric strength training is the use of isoinertial technology, which allows strong and early muscle adaptations to a greater extent than training with traditional weights (Cabanillas et al., 2020; Fiorilli et al., 2020; Prieto-Mondragón et al., 2016) or plyometric training (Fiorilli et al., 2020). The magnitude of these effects makes the improvement in strength, as well as muscle power and size, greater than using gravity-dependent weights (Alvarez et al., 2016; Boza et al., 2014; Cabanillas et al., 2020; Fiorilli et al., 2020). In a recent study, Munoz et al. (2021) investigated the effect of a strength program using isoinertial technology for 4 weeks on the performance of women in team sports with intermittent intensity nature. Significant differences ($p=0.008$) in the RSA were only observed in the intervention group.

Functionally, the strength of the core can help to transmit energy efficiently from the lower limbs to the upper limbs and vice versa, improving body control, body balance and efficiency between movement transitions, which is vital for specific sports activities (Akuthota & Nadler, 2004; Granacher et al., 2014).

The effect on the RSA performance of other training methods, such as the core training (exercising a set of muscle groups that surrounds our muscle mass centre)(Akuthota & Nadler, 2004; Behm & Anderson, 2006; Hall & Lysell, 1995; Hodges & Richardson, 1996; Stanton et al., 2004; Stephenson & Swank, 2004) are also presented in the literature. Lago-Fuentes et al. (2018), evaluated the effect of core strength training performed on a stable surface (CTS) compared to core strength training performed on an unstable surface (CTU) in the RSA, in 14 professional soccer players. The results showed significant improvements ($p<0.001$) in the 10 m sprint performance from pre to post-test in the CTS (+4.37%, $d=1.64$) and CTU (+5.00%, $d=1.05$). Furthermore, a significant time effect ($p<0.05$, $d=0.84$) was also observed for the CTU on the relative score of the RSA test decreasing from the pre to the post-test (-30, 85%). In the analysis between the groups, there were no significant differences between the training groups CTS and CTU in any variable. The authors concluded that sprint performance improved after CTS and CTU when performed in combination with regular soccer training. However, CTU had limited benefit in RSA compared to CTS.

Technology is revolutionizing every aspect of everyday life, and sport is not an exception. The use of wearable resistance (WR) appears to be a new method

for inserting workload into specific vector forces during the sprint (Simperingham et al., 2021). Recent advances in WR equipment have loads to be attached to compression garments on arms or legs (Macadam et al., 2017a; Macadam et al., 2017b, 2019), providing specific rotational workload for athletes while performing sports movements. Furthermore, it appears that loading in this way has no adverse effects on the technique (Young, 2006). According to Macadam et al. (2017b) and Simperingham et al. (2021), WR loads of up to 3% of the body mass fixed on the legs have a minimal effect (< 5%) on the kinematics and kinetics of the step during the sprint.

Anibal et al. (2020), investigated the effects of adding WR load on the lower limbs in a warm-up on physical performance measures in 31 national soccer players. The WRT group wore loads of 200 to 600 g on both legs. In conclusion, wearable resistance training presented significant improvements from the pre-training to the post-training time in the 10 m ($p=0.007$, ES=-1.06) and 20 m sprints ($p=0.01$, ES=-0.96), which was not observed in the control group during the 8 weeks of intervention.

Tabela 3. General characteristics of the studies included in the narrative review.

Author (s)	***Intervention***	***Subjects***	***Protocols***	***Results***
Buchheit et al. (2010)	ExpS vs. RS	ExpS: 8 men (14.5 ± 0.5 years) RS: 7 men (14.5 ± 0.5 years)	**Workout:** 1 weekly session (10 weeks); ExpS: 4-6 sets (4-6 exercises), 45s + 3 min of passive recovery; RS: 2-3 sets (5-6 reps) of 3 sprints of 15-20m, 14s of passive recovery or 23s of active recovery. **Tests:** 3x30m, 2 min recovery; 6 sprints of 2x15 m (~ 6 s) every 20s with 14s of recovery.	= sprints 10 m ↑ sprints 30 m ↑ RSAmax ↑ RSAmed
Bogdanis et al. (2011)	S-group vs. H-group	S-group: 10 men; H-group: 10 men (22.3 ± 1.1 years)	**Workout:** 3 weekly sessions (6 weeks); S-group: 4 sets (5 repetitions) at 90% (1RM); H-group: 4 sets (12 repetitions) at 70% (1RM). **Tests:** 4 sprints of 6s against resistive loads (2.5-10% of body mass) with 4 min of recovery on a modified cycle ergometer.	↑ RSA S > H
Shalfawi et al. (2013)	RST vs. ST	RST: 10 women; ST: 10 women; (19.4 ± 4.4 years)	**Workout:** 2 weekly sessions (10 weeks); RST: 2-4 sets of 1 min with resistance + 2-4 sets of 4-5 sprints of 40m without resistance + 4 agility exercises; ST: 2-3 sets (4-10 repetitions) in leg press, squat with heels, nordic flexion, extension chair and hip flexion and extension. **Tests:**7x30m RSA; 40m linear sprint (5 min recovery); Beep test.	↑ Beep-test
Campos-Vazquez et al. (2015)	SG vs. TG	SG: 10 men; TG: 11 men; (18.1 ± 0.8 years)	**Workout:** 4 weekly sessions (8 weeks); TG: 2 exercises: displacements with COD with loads and jumps with resisted TO. Loads progressed from 0-10kg in COD and 5-10kg in TO. **Tests:** 6 sprints of 40m (20+20) with 20s of passive recovery; Intermittent Yo-Yo level 1 recovery test.	= RSA
Ishøi et al. (2018)	NHE	GI: 11 men (19.1 ± 1.8 years); CG: 14 men (19.4 ± 2.1 years)	**Workout:**GI: 2-3 sets (5-12 repetitions) for the hamstring muscles using the nordic hamstring exercise (NHE), for 10 weeks. **Tests:** 4x6 max sprints of 10m with 3 min of active recovery.	= TST; = RSA ↑ 10mST = L10mST
Lago-Fuentes et al. (2018)	CTS vs. CTU	CTS: 7 women (23.6 ± 4.8 years); CTU: 7 women (23.8 ± 5.8 years)	**Workout:** 3 weekly sessions (6 weeks); CTU: shoulder bridge, side bridge, prone plank, and crunch on an unstable surface (Togu® Dyn-Air); CTS: same exercises (stable surface). **Tests:** 2 attempts of a max sprint of 10m with 2 min of recovery; 6 max sprints of 25m with 25s active recovery.	↑ 10 m sprints ↑ RSA
Anibal et al. (2020)	WR	WRT: 15 men; CON: 16 men (17.1 ± 0.76 years)	**Workout:** 3 weekly sessions (8 weeks); WRT group performed all exercises with an intervention of compression sleeves for calf (Lila Exogen) with progressive increase in loads ranging from 200 to 600 grams. **Test:** 6 sprints of 40m (20+20), separated by 20s of passive recovery.	↑ 10 m sprints ↑ 20 m sprints
Krakan et al. (2020)	PT vs. RST	RST: Unknown; PT: Unknown	**Workout:** 2-3 weekly sessions (6 weeks); PT: 1-3 series of unilateral and bilateral jumps in vertical and horizontal directions with 30-60s passive recovery between repetitions + 2 min between sets; RST: 2-3 sets of 6-10 sprints of 20m with 25s passive rest between repetitions + 2 min between sets. **Tests:** 6x25m with 25s passive recovery.	= sprints 5 m = sprints 10 m ↑ RSAmax ↓ RPE
Munoz et al. (2021)	IT	6 women (21 ± 1.79 years)	**Workout:** 1 weekly session (4 weeks); 2 sets of 4-10 repetitions for exercises performed with Versapulley™. **Tests:** 6 sprints of 40m (20+20) with 20s passive recovery.	↑ RSA

ExpS: explosive strength; RS: repeated shuttle sprint; HST: half-squat training; RST: repeated sprint training; ST: strength training; SG: squat group; TG: take-off group; NHE: nordic hamstring exercise; CTS: core strength training performed on a stable surface; CTU: core strength training performed on an unstable surface; WR: wearable resistance; PT: plyometric training; RST: repeated sprints training; IT: isoinertial training; COD: change of Direction; TO: sled towing.

2.5 Conclusion

Nowadays, strength training programmes are present in most of the team sports, and the appropriate use of it may have impact in player's performance. In soccer, these strength trainings seem fundamental to enhance performance, especially in terms of acceleration capacity.

Regarding the RSA, and in most of the analysed parameters, significant improvements were found after the completion of certain strength training protocols. With the results from the studies included in this review, it is possible to highlight the training methods of maximum strength, CORE training (on stable surfaces) and isoinertial strength as the strength training interventions with the most promising implications on the RSA. Furthermore, it seems that improvements on RSA are more likely to occur if the strength training programmes are implemented during pre-season.

Thus, the importance of strength, maximum muscular power and speed for soccer performance and the maintenance of optimal levels of power and rapid recovery between two or more intense actions becomes evident. A strength training program using maximal strength, isoinertial strength and CORE on stable surfaces, two to three times a week during six to ten weeks at the preseason of the competition season is recommended to improve players' RSA.

2.6 References

Abe, T., Sakamaki, M., Fujita, S., Ozaki, H., Sugaya, M., Sato, Y., & Nakajima, T. (2010). Effects of low-intensity walk training with restricted leg blood flow on muscle strength and aerobic capacity in older adults. *Journal of geriatric physical therapy, 33*(1), 34-40.

Abe, T., Yasuda, T., Midorikawa, T., Sato, Y., CF, K., Inoue, K., Koizumi, K., & Ishii, N. (2005). Skeletal muscle size and circulating IGF-1 are increased after two weeks of twice daily “KAATSU” resistance training. *International Journal of KAATSU Training Research, 1*(1), 6-12.

Akuthota, V., & Nadler, S. F. (2004). Core strengthening. *Archives of physical medicine and rehabilitation, 85*, 86-92.

Alvarez, V. M. N., Poblador, C. L., & Pistón, J. M. R. (2016). Entrenamiento muscular a través de tecnología isoinercial en un jugador de fútbol profesional intervenido de rotura total de LCA. Estudio de caso. *RETOS. Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*(29), 166-170.

Anibal, B., Gustavo, M., John, C., Aaron, U., & Joseph, D. (2020). Effects of Warming Up With Lower-Body Wearable Resistance on Physical Performance Measures in Soccer Players Over an 8-Week Training Cycle. *Journal of Strength & Conditioning Research, 34*(5), 1220-1226. doi:10.1519/jsc.0000000000003498

Barnes, C., Archer, D., Hogg, B., Bush, M., & Bradley, P. (2014). The evolution of physical and technical performance parameters in the English Premier League. *International journal of sports medicine, 35*(13), 1095-1100. doi:10.1055/s-0034-1375695

Behm, D. G., & Anderson, K. G. (2006). The role of instability with resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research, 20*(3), 716.

Bishop, D., Edge, J., & Goodman, C. (2004). Muscle buffer capacity and aerobic fitness are associated with repeated-sprint ability in women. *European journal of applied physiology, 92*(4), 540-547. doi:10.1007/s00421-004-1150-1

Bogdanis, G. C., Papaspyrou, A., Souglis, A. G., Theos, A., Sotiropoulos, A., & Maridaki, M. (2011). Effects of two different half-squat training programs on

fatigue during repeated cycling sprints in soccer players. *J Strength Cond Res, 25*(7), 1849-1856. doi:10.1519/JSC.0b013e3181e83a1e

Boza, S. R., Madueño, A. F., Corrales, B. S., Lora, M. D. H., & López, J. J. D. O. (2014). Efectos de entrenamiento de fuerza en sistema isoinercial sobre la mejora del CMJ en jóvenes futbolistas de elite. *Retos. Nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*(26), 180-182.

Buchheit, M., Mendez-Villanueva, A., Delhomel, G., Brughelli, M., & Ahmaidi, S. (2010). Improving repeated sprint ability in young elite soccer players: Repeated shuttle sprints vs. explosive strength training. *Journal of Strength and Conditioning Research, 24*(10), 2715-2722. doi:10.1519/JSC.0b013e3181bf0223

Cabanillas, R., Serna, J., Muñoz-Arroyave, V., & Ramos, J. A. E. (2020). Effect of eccentric overload through isoinertial technology in basketball players. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano, 22*.

Campos-Vazquez, M. A., Romero-Boza, S., Toscano-Bendala, F. J., Leon-Prados, J. A., Suarez-Arrones, L. J., & Gonzalez-Jurado, J. A. (2015). COMPARISON OF THE EFFECT OF REPEATED-SPRINT TRAINING COMBINED WITH TWO DIFFERENT METHODS OF STRENGTH TRAINING ON YOUNG SOCCER PLAYERS. *Journal of Strength and Conditioning Research, 29*(3), 744-751. doi:10.1519/jsc.0000000000000700

Castagna, C., & Barbero Alvarez, J. C. (2010). Physiological demands of an intermittent futsal-oriented high-intensity test. *J Strength Cond Res, 24*(9), 2322-2329. doi:10.1519/JSC.0b013e3181e347b9

Count, F. B. (2006). 270 million people active in football. *FIFA Communications Division, Information Services, 31*, 2007.

Dal Pupo, J., Almeida, C. M. P., Detanico, D., Silva, J. F. d., Guglielmo, L. G. A., & Santos, S. G. d. (2010). Potência muscular e capacidade de sprints repetidos em jogadores de futebol. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano, 12*(4), 255-261.

Douglas, J., Pearson, S., Ross, A., & McGuigan, M. (2017a). Chronic adaptations to eccentric training: a systematic review. *Sports Medicine, 47*(5), 917-941.

Douglas, J., Pearson, S., Ross, A., & McGuigan, M. (2017b). Eccentric exercise: physiological characteristics and acute responses. *Sports Medicine, 47*(4), 663-675.

Faude, O., Koch, T., & Meyer, T. (2012). Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. *Journal of sports sciences, 30*(7), 625-631.

Fiorilli, G., Mariano, I., Iuliano, E., Giombini, A., Ciccarelli, A., Buonsenso, A., Calcagno, G., & di Cagno, A. (2020). Isoinertial eccentric-overload training in young soccer players: Effects on strength, sprint, change of direction, agility and soccer shooting precision. *Journal of sports science & medicine, 19*(1), 213.

Franchi, M. V., Atherton, P. J., Reeves, N. D., Flück, M., Williams, J., Mitchell, W. K., Selby, A., Beltran Valls, R., & Narici, M. V. (2014). Architectural, functional and molecular responses to concentric and eccentric loading in human skeletal muscle. *Acta Physiologica, 210*(3), 642-654. doi:10.1111/apha.12225

Franchini, E. (2010). *Fisiologia do exercício intermitente de alta intensidade*: Phorte Editora LTDA.

Gallotti, F. M., & Carminatti, L. J. (2008). Variáveis identificadas em testes progressivos intermitentes. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício (RBPFEX), 2*(7), 1.

Garganta, J. (2004). Atrás do palco, nas oficinas do Futebol. *Futebol de muitas cores e sabores. Reflexões em torno do desporto mais popular do mundo*, 227-234.

Gorostiaga, E. M., Llodio, I., Ibáñez, J., Granados, C., Navarro, I., Ruesta, M., Bonnabau, H., & Izquierdo, M. (2009). Differences in physical fitness among indoor and outdoor elite male soccer players. *European journal of applied physiology, 106*(4), 483-491.

Granacher, U., Schellbach, J., Klein, K., Prieske, O., Baeyens, J.-P., & Muehlbauer, T. (2014). Effects of core strength training using stable versus unstable surfaces on physical fitness in adolescents: a randomized controlled trial. *BMC sports science, medicine and rehabilitation, 6*(1), 1-11.

Hall, S. J., & Lysell, D. (1995). *Basic biomechanics*: Mosby St. Louis.

Haugen, T. A., Tønnessen, E., Hisdal, J., & Seiler, S. (2014). The role and development of sprinting speed in soccer. *International Journal of Sports Physiology and Performance, 9*(3), 432-441. doi:10.1123/IJSPP.2013-0121

Hodges, P. W., & Richardson, C. A. (1996). Inefficient muscular stabilization of the lumbar spine associated with low back pain: a motor control evaluation of transversus abdominis. *Spine, 21*(22), 2640-2650. doi:10.1097/00007632-199611150-00014

Hoff, J., & Helgerud, J. (2004). Endurance and strength training for soccer players. *Sports medicine, 34*(3), 165-180.

Impellizzeri, F., Rampinini, E., Castagna, C., Bishop, D., Bravo, D. F., Tibaudi, A., & Wisloff, U. (2008). Validity of a repeated-sprint test for football. *International journal of sports medicine, 29*(11), 899-905. doi:10.1055/s-2008-1038491

Impellizzeri, F. M., Marcora, S., Castagna, C., Reilly, T., Sassi, A., Iaia, F., & Rampinini, E. (2006). Physiological and performance effects of generic versus specific aerobic training in soccer players. *International journal of sports medicine, 27*(06), 483-492. doi:10.1055/s-2005-865839

Ishøi, L., Hölmich, P., Aagaard, P., Thorborg, K., Bandholm, T., & Serner, A. (2018). Effects of the Nordic Hamstring exercise on sprint capacity in male football players: a randomized controlled trial. *J Sports Sci, 36*(14), 1663-1672. doi:10.1080/02640414.2017.1409609

Krakan, I., Milanovic, L., & Belcic, I. (2020). Effects of Plyometric and Repeated Sprint Training on Physical Performance. *Sports (Basel), 8*(7). doi:10.3390/sports8070091

Lago-Fuentes, C., Rey, E., Padrón-Cabo, A., De Rellán-Guerra, A. S., Fragueiro-Rodríguez, A., & García-Núñez, J. (2018). Effects of core strength training using stable and unstable surfaces on physical fitness and functional performance in professional female futsal players. *Journal of Human Kinetics, 65*(1), 213-224. doi:10.2478/hukin-2018-0029

Lepley, L. K., Lepley, A. S., Onate, J. A., & Grooms, D. R. (2017). Eccentric exercise to enhance neuromuscular control. *Sports health, 9*(4), 333-340. doi:10.1177/1941738117710913

Macadam, P., Cronin, J. B., & Simperingham, K. D. (2017a). The effects of wearable resistance training on metabolic, kinematic and kinetic variables

during walking, running, sprint running and jumping: A systematic review. *Sports Medicine, 47*(5), 887-906.

Macadam, P., Simperingham, K. D., & Cronin, J. B. (2017b). Acute kinematic and kinetic adaptations to wearable resistance during sprint acceleration. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 31*(5), 1297-1304. doi:10.1519/JSC.0000000000001596

Macadam, P., Simperingham, K. D., & Cronin, J. B. (2019). Forearm wearable resistance effects on sprint kinematics and kinetics. *Journal of science and medicine in sport, 22*(3), 348-352. doi:10.1016/j.jsams.2018.08.012

Mendiguchia, J., Conceição, F., Edouard, P., Fonseca, M., Pereira, R., Lopes, H., Morin, J.-B., & Jiménez-Reyes, P. (2020). Sprint versus isolated eccentric training: Comparative effects on hamstring architecture and performance in soccer players. *PLoS One, 15*(2), e0228283.

Munoz, S. P., de la Riva, D. M., Garcia, G. A., Munoz, A. S., Garcia, F. J. A., & Cayateno, A. R. (2021). Effect of strength training on female team sports athletes using isoinertial technology. *Sport Tk-Revista Euroamericana De Ciencias Del Deporte, 10*(1), 79-86.

Pereira, R., Andrade, R., Cerdeira, N., & Vidal, R. Treino Excêntrico–da Prevenção à Performance no Futebol.

Prado, W. L. d., Botero, J. P., Guerra, R. L. F., Rodrigues, C. L., Cuvello, L. C., & Dâmaso, A. R. (2006). Anthropometric profile and macronutrient intake in professional Brazilian soccer players according to their field positioning. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte, 12*(2), 61-65.

Prieto-Mondragón, L. d. P., Camargo-Rojas, D. A., & Quiceno, C. A. (2016). Isoinertial technology for rehabilitation and prevention of muscle injuries of soccer players: literature review. *Revista de la Facultad de Medicina, 64*(3), 543-550.

Rampinini, E., Impellizzeri, F. M., Castagna, C., Abt, G., Chamari, K., Sassi, A., & Marcora, S. M. (2007). Factors influencing physiological responses to small-sided soccer games. *Journal of Sports Sciences, 25*(6), 659-666. doi:10.1080/02640410600811858

Rebelo, A. N., & Oliveira, J. (2006). Relação entre a velocidade, a agilidade e a potência muscular de futebolistas profissionais. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto, 6*(3), 342-348.

Romero Cerezo, C. (2000). Hacia una concepción más integral del entrenamiento en el fútbol. *Lecturas Educación Física y Deportes. Revista Digital, Ano, 5*, 19.

Ross, A., & Leveritt, M. (2001). Long-Term Metabolic and Skeletal Muscle Adaptations to Short-Sprint Training. *Sports Medicine, 31*(15), 1063-1082. doi:10.2165/00007256-200131150-00003

Schoenfeld, B. J., Ogborn, D. I., & Krieger, J. W. (2015). Effect of repetition duration during resistance training on muscle hypertrophy: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine, 45*(4), 577-585. doi:10.1007/s40279-015-0304-0

Shalfawi, S. A., Haugen, T., Jakobsen, T. A., Enoksen, E., & Tønnessen, E. (2013). The effect of combined resisted agility and repeated sprint training vs. strength training on female elite soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 27*(11), 2966-2972. doi:10.1519/JSC.0b013e31828c2889

Shibata, K., Takizawa, K., Nosaka, K., & Mizuno, M. (2021). Effects of prolonging eccentric phase duration in parallel back-squat training to momentary failure on muscle cross-sectional area, squat one repetition maximum, and performance tests in university soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 35*(3), 668-674.

Simperingham, K. D., Cronin, J. B., Ross, A., Brown, S. R., Macadam, P., & Pearson, S. (2021). Acute changes in acceleration phase sprint biomechanics with lower body wearable resistance. *Sports biomechanics*, 1-13.

Sleivert, G., & Taingahue, M. (2004). The relationship between maximal jump-squat power and sprint acceleration in athletes. *European journal of applied physiology, 91*(1), 46-52.

Spencer, M., Bishop, D., Dawson, B., & Goodman, C. (2005). Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities. *Sports medicine, 35*(12), 1025-1044.

Stanton, R., Reaburn, P. R., & Humphries, B. (2004). The effect of short-term Swiss ball training on core stability and running economy. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 18*(3), 522-528. doi:10.1519/1533-4287(2004)18<522:TEOSSB>2.0.CO;2

Stephenson, J., & Swank, A. M. (2004). Core training: designing a program for anyone. *Strength and Conditioning Journal, 26*(6), 34.

Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisløff, U. (2005). Physiology of soccer. *Sports medicine, 35*(6), 501-536.

Suchomel, T. J., Nimphius, S., Bellon, C. R., & Stone, M. H. (2018). The importance of muscular strength: training considerations. *Sports medicine, 48*(4), 765-785.

Timmins, R. G., Ruddy, J. D., Presland, J., Maniar, N., & Williams, M. (2016). Architectural changes of the biceps femoris long head after concentric or eccentric training [accepted manuscript].

Wagle, J. P., Taber, C. B., Cunanan, A. J., Bingham, G. E., Carroll, K. M., DeWeese, B. H., Sato, K., & Stone, M. H. (2017). Accentuated eccentric loading for training and performance: A review. *Sports Medicine, 47*(12), 2473-2495.

Yamanaka, T., Farley, R. S., & Caputo, J. L. (2012). Occlusion training increases muscular strength in division IA football players. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 26*(9), 2523-2529. doi:10.1519/JSC.0b013e31823f2b0e

Young, W. B. (2006). Transfer of strength and power training to sports performance. *International journal of sports physiology and performance, 1*(2), 74-83. doi:10.1123/ijspp.1.2.74

3. **Considerações finais**

Os anos de 2020 e 2021 foram um grande desafio para todas as áreas académicas no mundo. Desta forma, o desenvolvimento deste trabalho necessitou de uma adaptação, dentro das possibilidades existentes, para a sua realização. Assim, em sequência, apresento a ideia inicial, seguida das modificações orientadas para a execução deste trabalho.

A ideia inicial seria desenvolver um estudo onde fosse possível comparar os efeitos de dois programas de força (força isoinercial vs. força tradicional) na RSA de jogadores de futebol. Contudo, com a pandemia e os seus impactos, esta ideia teve que ser reformulada. Assim, com a devida orientação e após uma pesquisa aprofundada sobre a literatura científica existente na área, foi decidido incluir na dissertação uma revisão narrativa centrada nos efeitos de diferentes métodos de treino de força na RSA em jogadores de futebol. Apesar dessa modificação necessária, o resultado foi muito positivo e enriquecedor, uma vez que me permitiu um desenvolvimento significativo para análise técnica de artigos científicos.

Após a revisão da literatura, ficou evidente a importância da força, potência muscular máxima e velocidade para o desempenho do futebol e para a manutenção de níveis ótimos de potência e rápida recuperação entre duas ou mais ações intensas. Neste sentido, e no que diz respeito aos parâmetros analisados, vários grupos de artigos foram analisados e encontradas diferenças estatísticamente significativas no desempenho final da RSA. Assim, foi possível destacar alguns dos protocolos analisados, englobando métodos de treino de força máxima, de CORE em superfícies estáveis e de força isoinercial. Cabe ressaltar que, na RSA, o treino de força resultou em melhores resultados quando utilizado na pré-temporada da época competitiva.

Dada a grande importância da RSA no futebol, importa ressaltar que exercícios de força e potência devem fazer parte do programa de treino no futebol. Desta forma sugere-se um programa de treino de força usando a força máxima, força isoinercial ou CORE em superfícies estáveis, duas a três vezes por semana durante seis a dez semanas do período pré-competitivo, de forma a melhorar a capacidade de sprint repetido dos jogadores de futebol.

Portanto, o treino de força no futebol, a partir de uma sólida base de evidências científicas, permite o desenvolvimento de uma rotina de treino com a finalidade de manter os jogadores mais próximos da sua “forma ótima” por um período prolongado.

4. **Referência bibliográfica**

Akuthota, V., & Nadler, S. F. (2004). Core strengthening. *Archives of physical medicine and rehabilitation, 85*, 86-92.

Albert, M. (1995). *Eccentric muscle training in sports and orthopaedics*: Churchill Livingstone.

Alvarez, V. M. N., Poblador, C. L., & Pistón, J. M. R. (2016). Entrenamiento muscular a través de tecnología isoinercial en un jugador de fútbol profesional intervenido de rotura total de LCA. Estudio de caso. *RETOS. Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*(29), 166-170.

Anderson, C., & Sally, D. (2013). Os números do jogo: por que tudo o que você sabe sobre futebol está errado. *São Paulo: Paralela*.

Anibal, B., Gustavo, M., John, C., Aaron, U., & Joseph, D. (2020). Effects of Warming Up With Lower-Body Wearable Resistance on Physical Performance Measures in Soccer Players Over an 8-Week Training Cycle. *Journal of Strength & Conditioning Research, 34*(5), 1220-1226. doi:10.1519/jsc.0000000000003498

Anselmi, H. E. (2007). *Actualizaciones sobre entrenamiento de la potencia*: L'autor.

Bangsbo, J., Mohr, M., & Krustrup, P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *Journal of sports sciences, 24*(07), 665-674.

Barbanti, V. J. (2017). *Teoria e prática do treinamento esportivo*: Editora Blucher.

Barnes, C., Archer, D., Hogg, B., Bush, M., & Bradley, P. (2014). The evolution of physical and technical performance parameters in the English Premier League. *International journal of sports medicine, 35*(13), 1095-1100. doi:10.1055/s-0034-1375695

Behm, D. G., & Anderson, K. G. (2006). The role of instability with resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research, 20*(3), 716.

Billeter, R., & Hoppeler, H. (2003). Muscular basis of strength. *Strength and power in sport*, 50.

Bishop, D., Edge, J., & Goodman, C. (2004). Muscle buffer capacity and aerobic fitness are associated with repeated-sprint ability in women. *European*

journal of applied physiology, 92(4), 540-547. doi:10.1007/s00421-004-1150-1

Bobbert, M. F. (1990). Drop jumping as a training method for jumping ability. *Sports medicine, 9*(1), 7-22.

Bogdanis, G. C., Papaspyrou, A., Souglis, A. G., Theos, A., Sotiropoulos, A., & Maridaki, M. (2011). Effects of two different half-squat training programs on fatigue during repeated cycling sprints in soccer players. *J Strength Cond Res, 25*(7), 1849-1856. doi:10.1519/JSC.0b013e3181e83a1e

Bosco, C. (1985). Stretch-shortening cycle in skeletal muscle function and physiological considerations on explosive power in man. *Atleticastudi, 1*, 7-113.

Bosco, C., Montanari, G., Ribacchi, R., Giovenali, P., Latteri, F., Iachelli, G., Faina, M., Colli, R., Dal Monte, A., & La Rosa, M. (1987). Relationship between the efficiency of muscular work during jumping and the energetics of running. *European journal of applied physiology and occupational physiology, 56*(2), 138-143.

Bosco, C., Tarkka, I., & Komi, P. V. (1982). Effect of elastic energy and myoelectrical potentiation of triceps surae during stretch-shortening cycle exercise. *Int J Sports Med, 3*(3), 137-140. doi:10.1055/s-2008-1026076

Boza, S. R., Madueño, A. F., Corrales, B. S., Lora, M. D. H., & López, J. J. D. O. (2014). Efectos de entrenamiento de fuerza en sistema isoinercial sobre la mejora del CMJ en jóvenes futbolistas de elite. *Retos. Nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*(26), 180-182.

Buchheit, M., Mendez-Villanueva, A., Delhomel, G., Brughelli, M., & Ahmaidi, S. (2010). Improving repeated sprint ability in young elite soccer players: Repeated shuttle sprints vs. explosive strength training. *Journal of Strength and Conditioning Research, 24*(10), 2715-2722. doi:10.1519/JSC.0b013e3181bf0223

Cabanillas, R., Serna, J., Muñoz-Arroyave, V., & Ramos, J. A. E. (2020). Effect of eccentric overload through isoinertial technology in basketball players. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano, 22*.

Campos-Vazquez, M. A., Romero-Boza, S., Toscano-Bendala, F. J., Leon-Prados, J. A., Suarez-Arrones, L. J., & Gonzalez-Jurado, J. A. (2015). COMPARISON OF THE EFFECT OF REPEATED-SPRINT TRAINING

COMBINED WITH TWO DIFFERENT METHODS OF STRENGTH TRAINING ON YOUNG SOCCER PLAYERS. *Journal of Strength and Conditioning Research, 29*(3), 744-751. doi:10.1519/jsc.0000000000000700

Castagna, C., & Barbero Alvarez, J. C. (2010). Physiological demands of an intermittent futsal-oriented high-intensity test. *J Strength Cond Res, 24*(9), 2322-2329. doi:10.1519/JSC.0b013e3181e347b9

Cavagna, G. A. (1977). Storage and utilization of elastic energy in skeletal muscle. *Exerc Sport Sci Rev, 5*(1), 89-129.

Cavagna, G. A., Dusman, B., & Margaria, R. (1968). Positive work done by a previously stretched muscle. *Journal of applied physiology, 24*(1), 21-32.

Cavagna, G. A., Saibene, F. P., & Margaria, R. (1965). Effect of Negative Work on the Amount of Positive Work Performed by an Isolated Muscle. *J Appl Physiol, 20*(1), 157-158. doi:10.1152/jappl.1965.20.1.157

Cavanagh, P. R. (1988). On'muscle action'vs' muscle contraction'. *J. Biomech, 21*, 69.

Chu, D. A. (1996). *Explosive power & strength: complex training for maximum results*: Human Kinetics 1.

Chu, D. A., & Plummer, L. (1984). The language of plyometrics. *Strength & Conditioning Journal, 6*(5), 30-31.

Claudino, J. G., Cronin, J., Mezêncio, B., McMaster, D. T., McGuigan, M., Tricoli, V., Amadio, A. C., & Serrão, J. C. (2017). The countermovement jump to monitor neuromuscular status: A meta-analysis. *Journal of science and medicine in sport, 20*(4), 397-402.

Cometti, G., Maffiuletti, N., Pousson, M., Chatard, J.-C., & Maffulli, N. (2001). Isokinetic strength and anaerobic power of elite, subelite and amateur French soccer players. *International journal of sports medicine, 22*(01), 45-51.

Comfort, P., Bullock, N., & Pearson, S. J. (2012). A comparison of maximal squat strength and 5-, 10-, and 20-meter sprint times, in athletes and recreationally trained men. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 26*(4), 937-940.

Comfort, P., Stewart, A., Bloom, L., & Clarkson, B. (2014). Relationships between strength, sprint, and jump performance in well-trained youth soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 28*(1), 173-177.

Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2011). Developing maximal neuromuscular power. *Sports medicine, 41*(1), 17-38.

Count, F. B. (2006). 270 million people active in football. *FIFA Communications Division, Information Services, 31*, 2007.

Cronin, J. B., & Hansen, K. T. (2005). Strength and power predictors of sports speed. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 19*(2), 349-357.

Dal Pupo, J., Almeida, C. M. P., Detanico, D., Silva, J. F. d., Guglielmo, L. G. A., & Santos, S. G. d. (2010). Potência muscular e capacidade de sprints repetidos em jogadores de futebol. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano, 12*(4), 255-261.

de Villarreal, E. S., Requena, B., Izquierdo, M., & Gonzalez-Badillo, J. J. (2013). Enhancing sprint and strength performance: combined versus maximal power, traditional heavy-resistance and plyometric training. *Journal of science and medicine in sport, 16*(2), 146-150.

Denier Van Der Gon, J., ter Haar Romeny, B., & Van Zuylen, E. (1985). Behaviour of motor units of human arm muscles: differences between slow isometric contraction and relaxation. *The Journal of physiology, 359*(1), 107-118.

Douglas, J., Pearson, S., Ross, A., & McGuigan, M. (2017a). Chronic adaptations to eccentric training: a systematic review. *Sports Medicine, 47*(5), 917-941.

Douglas, J., Pearson, S., Ross, A., & McGuigan, M. (2017b). Eccentric exercise: physiological characteristics and acute responses. *Sports Medicine, 47*(4), 663-675.

Ebben, W. P., & Watts, P. B. (1998). A review of combined weight training and plyometric training modes: Complex training. *Strength & Conditioning Journal, 20*(5), 18-27.

Fahey, T. D., & Chico, C. (1998). Adaptation to exercise: Progressive resistance exercise. *Sportsci. org, last update: April*.

Faude, O., Koch, T., & Meyer, T. (2012). Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. *Journal of sports sciences, 30*(7), 625-631.

Fiorilli, G., Mariano, I., Iuliano, E., Giombini, A., Ciccarelli, A., Buonsenso, A., Calcagno, G., & di Cagno, A. (2020). Isoinertial eccentric-overload training in young soccer players: Effects on strength, sprint, change of direction, agility and soccer shooting precision. *Journal of sports science & medicine, 19*(1), 213.

Folland, J. P., & Williams, A. G. (2007). Morphological and neurological contributions to increased strength. *Sports medicine, 37*(2), 145-168.

Foss, M. L., & Keteyian, S. J. (1998). *Fox's physiological basis for exercise and sport*: William C. Brown.

Franchi, M. V., Atherton, P. J., Reeves, N. D., Flück, M., Williams, J., Mitchell, W. K., Selby, A., Beltran Valls, R., & Narici, M. V. (2014). Architectural, functional and molecular responses to concentric and eccentric loading in human skeletal muscle. *Acta Physiologica, 210*(3), 642-654. doi:10.1111/apha.12225

Franchini, E. (2010). *Fisiologia do exercício intermitente de alta intensidade*: Phorte Editora LTDA.

Gallotti, F. M., & Carminatti, L. J. (2008). Variáveis identificadas em testes progressivos intermitentes. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício (RBPFEX), 2*(7), 1.

Glaister, M. (2005). Multiple sprint work. *Sports medicine, 35*(9), 757-777.

Gorostiaga, E. M., Llodio, I., Ibáñez, J., Granados, C., Navarro, I., Ruesta, M., Bonnabau, H., & Izquierdo, M. (2009). Differences in physical fitness among indoor and outdoor elite male soccer players. *European journal of applied physiology, 106*(4), 483-491.

Granacher, U., Schellbach, J., Klein, K., Prieske, O., Baeyens, J.-P., & Muehlbauer, T. (2014). Effects of core strength training using stable versus unstable surfaces on physical fitness in adolescents: a randomized controlled trial. *BMC sports science, medicine and rehabilitation, 6*(1), 1-11.

Grimby, L., & Hannerz, J. (1977). Firing rate and recruitment order of toe extensor motor units in different modes of voluntary conraction. *The Journal of physiology, 264*(3), 865-879. doi:10.1113/jphysiol.1977.sp011699

Güllich, A., & Schmidtbleicher, D. (1996). MVC-induced short-term potentiation of explosive force. *New studies in athletics, 11*, 67-84.

Hall, S. J., & Lysell, D. (1995). *Basic biomechanics*: Mosby St. Louis.

Harre, D. (1982). Special problems in preparing for athletic competitions. *Principles of Sports Training.-Berlin: Sportverlag*, 216-227.

Harris, N., Cronin, J., & Keogh, J. (2007). Contraction force specificity and its relationship to functional performance. *Journal of sports sciences, 25*(2), 201-212.

Haugen, T. A., Tønnessen, E., Hisdal, J., & Seiler, S. (2014). The role and development of sprinting speed in soccer. *International Journal of Sports Physiology and Performance, 9*(3), 432-441. doi:10.1123/IJSPP.2013-0121

Henneman, E., Clamann, H. P., Gillies, J. D., & Skinner, R. D. (1974). Rank order of motoneurons within a pool: law of combination. *Journal of neurophysiology, 37*(6), 1338-1349.

Herzog, W. (2009). The biomechanics of muscle contraction: optimizing sport performance. *Sport-Orthopädie-Sport-Traumatologie-Sports Orthopaedics and Traumatology, 25*(4), 286-293.

Hill, A. V. (1938). The heat of shortening and the dynamic constants of muscle. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B-Biological Sciences, 126*(843), 136-195.

Hodges, P. W., & Richardson, C. A. (1996). Inefficient muscular stabilization of the lumbar spine associated with low back pain: a motor control evaluation of transversus abdominis. *Spine, 21*(22), 2640-2650. doi:10.1097/00007632-199611150-00014

Hoff, J., & Helgerud, J. (2004). Endurance and strength training for soccer players. *Sports medicine, 34*(3), 165-180.

Howell, J. N. (1995). Motor control of eccentric muscle activity. *Eccentric muscle training in sports and orthopaedics*, 13-21.

IACONO, A. D., MARTONE, D., & PADULO, J. (2016). ACUTE EFFECTS OF DROP-JUMP PROTOCOLS ON EXPLOSIVE PERFORMANCES OF ELITE HANDBALL PLAYERS. *Journal of Strength and Conditioning Research, 30*(11), 3122-3133.

Impellizzeri, F., Rampinini, E., Castagna, C., Bishop, D., Bravo, D. F., Tibaudi, A., & Wisloff, U. (2008). Validity of a repeated-sprint test for football. *International journal of sports medicine, 29*(11), 899-905.

Impellizzeri, F. M., Marcora, S., Castagna, C., Reilly, T., Sassi, A., Iaia, F., & Rampinini, E. (2006). Physiological and performance effects of generic

versus specific aerobic training in soccer players. *International journal of sports medicine, 27*(06), 483-492. doi:10.1055/s-2005-865839

Ishøi, L., Hölmich, P., Aagaard, P., Thorborg, K., Bandholm, T., & Serner, A. (2018). Effects of the Nordic Hamstring exercise on sprint capacity in male football players: a randomized controlled trial. *J Sports Sci, 36*(14), 1663-1672. doi:10.1080/02640414.2017.1409609

Karp, J. R. (2001). Muscle fiber types and training. *Strength & Conditioning Journal, 23*(5), 21.

Kenney, W., Wilmore, J., Costill, D., Wilmore, J., & Costill, D. (2013). Physiologie du sport et de l'exercice (5e édition. éd.). *Bruxelles: De Boeck*.

Kirkpatrick, J., & Comfort, P. (2013). Strength, power, and speed qualities in English junior elite rugby league players. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 27*(9), 2414-2419.

Knuttgen, H., & Komi, P. (2003). Considerations for exercise. *Strength power sport. Oxford: Blackwell Science Ltd*.

Komi, P. (2008). *Strength and power in sport* (Vol. 3): John Wiley & Sons.

Komi, P., & Hakkinen, K. (1988). Strength and power. *The Olympic book of sports medicine, 1*.

Komi, P. V. (1992). Strength and power in sport.

Kraemer, W. J., & Häkkinen, K. (2004). *Treinamento de força para o esporte*: Artmed.

Krakan, I., Milanovic, L., & Belcic, I. (2020). Effects of Plyometric and Repeated Sprint Training on Physical Performance. *Sports (Basel), 8*(7). doi:10.3390/sports8070091

Lago-Fuentes, C., Rey, E., Padrón-Cabo, A., De Rellán-Guerra, A. S., Fragueiro-Rodríguez, A., & García-Núñez, J. (2018). Effects of core strength training using stable and unstable surfaces on physical fitness and functional performance in professional female futsal players. *Journal of Human Kinetics, 65*(1), 213-224. doi:10.2478/hukin-2018-0029

Lepley, L. K., Lepley, A. S., Onate, J. A., & Grooms, D. R. (2017). Eccentric exercise to enhance neuromuscular control. *Sports health, 9*(4), 333-340. doi:10.1177/1941738117710913

Letzelter, H., & Letzelter, M. (1986). *Krafttraining: Théorie, methoden, praxis*: Rowohlt.

Linthorne, N. P. (2001). Analysis of standing vertical jumps using a force platform. *American Journal of Physics, 69*(11), 1198-1204.

Lundin, P. (1985). Plyometrics: a review of plyometric training. *Strength & Conditioning Journal, 7*(3), 69-76.

Macadam, P., Cronin, J. B., & Simperingham, K. D. (2017a). The effects of wearable resistance training on metabolic, kinematic and kinetic variables during walking, running, sprint running and jumping: A systematic review. *Sports Medicine, 47*(5), 887-906.

Macadam, P., Simperingham, K. D., & Cronin, J. B. (2017b). Acute kinematic and kinetic adaptations to wearable resistance during sprint acceleration. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 31*(5), 1297-1304. doi:10.1519/JSC.0000000000001596

Macadam, P., Simperingham, K. D., & Cronin, J. B. (2019). Forearm wearable resistance effects on sprint kinematics and kinetics. *Journal of science and medicine in sport, 22*(3), 348-352. doi:10.1016/j.jsams.2018.08.012

Marques, A., Gomes, P., Oliveira, J., Costa, A., Graça, A., & Maia, J. (1992). Aptidão física. *FACDEX-Desenvolvimento Somato-Motor e Factores de Excelência Desportiva na População Portuguesa, 2*, 21-43.

McBride, J. M., Blow, D., Kirby, T. J., Haines, T. L., Dayne, A. M., & Triplett, N. T. (2009). Relationship between maximal squat strength and five, ten, and forty yard sprint times. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 23*(6), 1633-1636.

Meir, R., Newton, R., Curtis, E., Fardell, M., & Butler, B. (2001). Physical fitness qualities of professional rugby league football players: determination of positional differences. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 15*(4), 450-458.

Mendiguchia, J., Conceição, F., Edouard, P., Fonseca, M., Pereira, R., Lopes, H., Morin, J.-B., & Jiménez-Reyes, P. (2020). Sprint versus isolated eccentric training: Comparative effects on hamstring architecture and performance in soccer players. *PLoS One, 15*(2), e0228283.

Mil-Homens, P., Valamatos, M., & Pinto, R. (2017). Avaliação e controlo do treino da força. *PP Correia, P.-M. Homens & GV d. Mendonça (Eds.), Treino da força: Avaliação, planeamento e aplicações*, 7-36.

Moura, N. A. (1994). Recomendações básicas para a seleção da altura de queda no treinamento pliométrico. *Boletin IAAF-Centro Regional de Desarollo-Santa Fé, 12*, 6-10.

Moura, N. A. (2008). Treinamento pliométrico: Introdução às bases fisiológicas, metodológicas e efeitos do treinamento. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento, 2*(1), 30-40.

Munoz, S. P., de la Riva, D. M., Garcia, G. A., Munoz, A. S., Garcia, F. J. A., & Cayateno, A. R. (2021). Effect of strength training on female team sports athletes using isoinertial technology. *Sport Tk-Revista Euroamericana De Ciencias Del Deporte, 10*(1), 79-86.

Nardone, A., Romano, C., & Schieppati, M. (1989). Selective recruitment of high-threshold human motor units during voluntary isotonic lengthening of active muscles. *The Journal of physiology, 409*(1), 451-471. doi:10.1113/jphysiol.1989.sp017507

Nasser, J. (1990). *Análise das variáveis do salto pliométrico através dos métodos cinematográfico e dinamográfico*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria. Relatorio de Estagio apresentado a

Nett, T. (1964). *Das Übungs-und Trainingsbuch der Leichtathletik: ein Wegweiser für Übungsleiter und Aktive. Leichtathletisches Muskeltraining: Kraft-und Dehnungsübungen*: Bartels & Wernitz.

Noth, J. (1992). Motor units. *Strength and power in sport*, 21-28.

Pereira, R., Andrade, R., Cerdeira, N., & Vidal, R. (2020). Treino Excêntrico – da Prevenção à Performance
no Futebol.

Prado, W. L. d., Botero, J. P., Guerra, R. L. F., Rodrigues, C. L., Cuvello, L. C., & Dâmaso, A. R. (2006). Anthropometric profile and macronutrient intake in professional Brazilian soccer players according to their field positioning. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte, 12*(2), 61-65.

Prieto-Mondragón, L. d. P., Camargo-Rojas, D. A., & Quiceno, C. A. (2016). Isoinertial technology for rehabilitation and prevention of muscle injuries of soccer players: literature review. *Revista de la Facultad de Medicina, 64*(3), 543-550.

Rampinini, E., Bishop, D., Marcora, S., Bravo, D. F., Sassi, R., & Impellizzeri, F. (2007a). Validity of simple field tests as indicators of match-related physical

performance in top-level professional soccer players. *International journal of sports medicine, 28*(03), 228-235.

Rampinini, E., Impellizzeri, F. M., Castagna, C., Abt, G., Chamari, K., Sassi, A., & Marcora, S. M. (2007b). Factors influencing physiological responses to small-sided soccer games. *Journal of Sports Sciences, 25*(6), 659-666. doi:10.1080/02640410600811858

Rampinini, E., Impellizzeri, F. M., Castagna, C., Coutts, A. J., & Wisløff, U. (2009). Technical performance during soccer matches of the Italian Serie A league: Effect of fatigue and competitive level. *Journal of science and medicine in sport, 12*(1), 227-233.

Rebelo, A. N., & Oliveira, J. (2006). Relação entre a velocidade, a agilidade e a potência muscular de futebolistas profissionais. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto, 6*(3), 342-348.

Romero Cerezo, C. (2000). Hacia una concepción más integral del entrenamiento en el fútbol. *Lecturas Educación Física y Deportes. Revista Digital, Ano, 5*, 19.

Ross, A., & Leveritt, M. (2001). Long-Term Metabolic and Skeletal Muscle Adaptations to Short-Sprint Training. *Sports Medicine, 31*(15), 1063-1082. doi:10.2165/00007256-200131150-00003

Sale, D. G. (1992). Neural adaptations to strength training. *Strength and power in sport*.

Schmidtbleicher, D. (1988). Muscular mechanics and neuromuscular control. *Swimming Science V International Series Sport Science*, 131-148.

Schoenfeld, B. J., Ogborn, D. I., & Krieger, J. W. (2015). Effect of repetition duration during resistance training on muscle hypertrophy: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine, 45*(4), 577-585. doi:10.1007/s40279-015-0304-0

Seitz, L. B., Reyes, A., Tran, T. T., de Villarreal, E. S., & Haff, G. G. (2014). Increases in lower-body strength transfer positively to sprint performance: a systematic review with meta-analysis. *Sports medicine, 44*(12), 1693-1702.

Semmler, J. (2014). Motor unit activity after eccentric exercise and muscle damage in humans. *Acta Physiologica, 210*(4), 754-767. doi:10.1111/apha.12232

Shalfawi, S. A., Haugen, T., Jakobsen, T. A., Enoksen, E., & Tønnessen, E. (2013). The effect of combined resisted agility and repeated sprint training vs. strength training on female elite soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 27*(11), 2966-2972. doi:10.1519/JSC.0b013e31828c2889

Shibata, K., Takizawa, K., Nosaka, K., & Mizuno, M. (2021). Effects of prolonging eccentric phase duration in parallel back-squat training to momentary failure on muscle cross-sectional area, squat one repetition maximum, and performance tests in university soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 35*(3), 668-674.

Siff, M., & Verkhoshansky, Y. (1998). Supertraining: Strength training for sporting excellence. *University of the Witwatersrand, Johannesburg, South Africa*.

Silva, J. R., Nassis, G. P., & Rebelo, A. (2015). Strength training in soccer with a specific focus on highly trained players. *Sports Medicine - Open, 1*(1), 17. doi:10.1186/s40798-015-0006-z

Simperingham, K. D., Cronin, J. B., Ross, A., Brown, S. R., Macadam, P., & Pearson, S. (2021). Acute changes in acceleration phase sprint biomechanics with lower body wearable resistance. *Sports biomechanics*, 1-13.

Sleivert, G., & Taingahue, M. (2004). The relationship between maximal jump-squat power and sprint acceleration in athletes. *European journal of applied physiology, 91*(1), 46-52.

Smith, J., Betts, B., Edgerton, V., & Zernicke, R. (1980). Rapid ankle extension during paw shakes: selective recruitment of fast ankle extensors. *Journal of Neurophysiology, 43*(3), 612-620. doi:10.1152/jn.1980.43.3.612

Spencer, M., Bishop, D., Dawson, B., & Goodman, C. (2005). Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities. *Sports medicine, 35*(12), 1025-1044.

Stanton, R., Reaburn, P. R., & Humphries, B. (2004). The effect of short-term Swiss ball training on core stability and running economy. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 18*(3), 522-528. doi:10.1519/1533-4287(2004)18<522:TEOSSB>2.0.CO;2

Stephenson, J., & Swank, A. M. (2004). Core training: designing a program for anyone. *Strength and Conditioning Journal, 26*(6), 34.

Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisløff, U. (2005). Physiology of soccer. *Sports medicine, 35*(6), 501-536.

Suchomel, T. J., Nimphius, S., Bellon, C. R., & Stone, M. H. (2018). The importance of muscular strength: training considerations. *Sports medicine, 48*(4), 765-785.

ter Haar Romeny, B., Van Der Gon, J. D., & Gielen, C. (1982). Changes in recruitment order of motor units in the human biceps muscle. *Experimental neurology, 78*(2), 360-368. doi:10.1016/0014-4886(82)90054-1

Timmins, R. G., Ruddy, J. D., Presland, J., Maniar, N., & Williams, M. (2016). Architectural changes of the biceps femoris long head after concentric or eccentric training [accepted manuscript].

Wagle, J. P., Taber, C. B., Cunanan, A. J., Bingham, G. E., Carroll, K. M., DeWeese, B. H., Sato, K., & Stone, M. H. (2017). Accentuated eccentric loading for training and performance: A review. *Sports Medicine, 47*(12), 2473-2495.

Weineck, J. (1999). *Treinamento Ideal. 9ºed*. São Paulo. Editora Manole. Wilmore, JH e Costill, DL (2001). Fisiologia do …. Relatorio de Estagio apresentado a

Weineck, J., Carvalho, B. M. R., & Barbanti, V. J. (1999). *Treinamento ideal: instruções técnicas sobre o desempenho fisiológico, incluindo considerações específicas de treinamento infantil e juvenil*: Manole.

Weyand, P. G., Lin, J. E., & Bundle, M. W. (2006). Sprint performance-duration relationships are set by the fractional duration of external force application. *American journal of physiology-Regulatory, Integrative and Comparative physiology*.

Weyand, P. G., Sandell, R. F., Prime, D. N., & Bundle, M. W. (2010). The biological limits to running speed are imposed from the ground up. *Journal of applied physiology, 108*(4), 950-961.

Wisløff, U., Castagna, C., Helgerud, J., Jones, R., & Hoff, J. (2004). Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *British journal of sports medicine, 38*(3), 285-288.

Young, W. B. (2006). Transfer of strength and power training to sports performance. *International journal of sports physiology and performance, 1*(2), 74-83. doi:10.1123/ijspp.1.2.74