U.PORTO

FACULDADE DE DESPORTO
UNIVERSIDADE DO PORTO

Efeitos de Diferentes Protocolos de Aquecimento na Performance Motora e na Função Neuromuscular

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: Professor Filipe Almeida Viana da Conceição

Coorientador: Professora Carolina Júlia Félix Vila-Chã

Gonçalo Santos Gomes

Porto, setembro 2020

Gomes, G. (2020). *Efeitos de Diferentes Protocolos de Aquecimento na Performance Motora e na Função Neuromuscular.* Dissertação de Mestrado para obtenção do grau Mestre em Treino Desportivo, especialização em Treino de Alto Rendimento, apresentada à Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.

Palavras-chave: POTENCIAÇÃO PÓS-ATIVAÇÃO, REFLEXO H, CMJ, AGACHAMENTO, DROP JUMP.

“If the plan doesn’t work, change the plan. Never the goal.”

Agradecimentos

Sendo este trabalho o produto final de um esforço individual a verdade é que sem o apoio, incentivo e ajuda de um vasto conjunto de pessoas não teria sido possível de concretizar. Expresso a minha gratidão e os meus agradecimentos.

Aos meus pais, sem eles nada disto seria possível. Pelo constante incentivo, pelo exemplo de trabalho diário e por me proporcionarem todas as condições que preciso para ser feliz. Obrigado. Por tudo.

Ao Professor Filipe Conceição, orientador, professor e exemplo. Pela ajuda, pela confiança, por tudo o que me ensina diariamente, por partilhar todo o seu conhecimento e pela boa disposição.

À Professora Carolina Vila-Chã, ao Engenheiro Pedro Gonçalves e ao Professor Miguel Velhote pela disponibilidade, pelo apoio e pelo contributo neste trabalho.

Aos meus colegas e amigos, Pedro Gonçalves, Nice, Marco, Teresa e Pedro Leite, por toda a ajuda, física e psicológica, pelo incentivo e pelos conselhos.

A todos os atletas que, quer em testes quer na recolha, me ajudaram quando precisei, Vitor, Ivo, Vila Cova, Xico, Carlos, Alex, Maioto e Filipe. Obrigado pela vossa disponibilidade.

Aos técnicos do LABIOMEP, Pedro Fonseca, Manoela Sousa e Rodrigo Zacca, pela ajuda durante os testes e recolhas.

À Escola do Movimento, na pessoa dos Professores José Silva e Pedro Guimarães, pelo incentivo, pelas conversas sobre treino e pela dedicação comum ao atletismo.

Aos “meus” atletas, Gui, Xavi, Rodrigo, Dinis, Vicente, João, Afonso, Carina e Bia e à Rita e à Bruna, pela compreensão, pelo incentivo e pelo apoio durante estes últimos 2 anos.

Aos meus amigos do atletismo, Silva, Tomás, Hemilton e Edgar, por terem sempre uma palavra amiga.

Ao meu irmão, Renato, e aos meus amigos de sempre, Little, Guinho, Xico, Costa, Guima, Chicha e Soto, pelos muitos anos de amizade, por momentos bem passados e pelo forte incentivo.

À Faculdade de Desporto da Universidade do Porto por todos estes anos de aprendizagem.

Ao Desporto e ao Atletismo em particular pelo rumo que me deram.

Índice Geral

Agradecimentos V

Índice de Figuras IX

Índice de Tabelas XI

Resumo XIII

Abstract XV

Abreviaturas XVII

1. Introdução 1

2. Revisão da Literatura 5

2.1. Potenciação Pós-Ativação (PAP) 5

2.2. Mecanismos da PAP 6

2.3. Reflexo de Hoffman (Reflexo H) 7

2.4. Fatores que influenciam a PAP 9

2.4.1. Características Individuais dos Sujeitos 9

2.4.2. Características da Contração Condicionada 10

2.4.3. Tempo de Recuperação após a Contração Condicionada 11

2.5. Exercício Subsequente 13

3. Objetivos e Hipóteses 15

3.1. Objetivos 15

3.2. Hipóteses 15

4. Material e Métodos 17

4.1. Caracterização da Amostra 17

4.2. Desenho Experimental 18

4.3. Protocolos de Aquecimento 19

4.4. Material Utilizado 20

4.5. Preparação dos Sujeitos.....21

4.6. Procedimentos Experimentais 23

4.6.1. Sessão de Familiarização.....23

4.6.2. Recolha de Dados 24

4.7. Tratamento dos Dados 25

4.8. Procedimentos Estatísticos.....27

5. Resultados.....29

5.1. Análise da altura do CMJ, do reflexo H normalizado e da amplitude da M-Max entre os protocolos nos dois momentos.....29

5.2. Resultados do teste Kruskal Wallis com o objetivo de encontrar diferenças entre protocolos nos dois momentos 32

5.3. Resultados do teste Wilcoxon com o objetivo de encontrar diferenças entre momentos em cada protocolo.....32

6. Discussão 35

7. Conclusões.....39

8. Bibliografia.....41

Índice de Figuras

Figura 1 - Curva de recrutamento do reflexo H e da onda M. Amplitude versus intensidade do estímulo. Adaptado de Pierrot-Deseilligny e Burke (2005). 8

Figura 2 - Desenho experimental.....19

Figura 3 - Caixas de várias alturas. 20

Figura 4 - Barra e pesos livres. 20

Figura 5 - Plataforma de contacto.....20

Figura 6 - Painel frontal software LabVIEW. 20

Figura 7 - Dinamómetro isocinético, placa de aquisição, software LabVIEW, eletromiógrafo e eletroestimulador. 21

Figura 8 - Colocação dos elétrodos no sujeito. 22

Figura 9 - Colocação do sujeito no dinamómetro isocinético.....22

Figura 10 - Altura do CMJ nos dois momentos, em cada protocolo. 29

Figura 11 - Reflexo H normalizado nos dois momentos, em cada protocolo. ...30

Figura 12 - Amplitude da M-Max nos dois momentos, em cada protocolo. 31

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Caracterização da amostra: idade (anos), altura (cm) e peso (kg)..17

Tabela 2 - Média e desvio padrão da altura do CMJ nos dois momentos, em cada protocolo.....30

Tabela 3 - Média e desvio padrão do reflexo H normalizado nos dois momentos, em cada protocolo. 31

Tabela 4 - Média e desvio padrão da amplitude da M-Max nos dois momentos, em cada protocolo. 32

Tabela 5 - Valores de p das variáveis altura do CMJ, reflexo H normalizado e amplitude da M-Max nos dois momentos. 32

Tabela 6 - Valores de p das variáveis altura do CMJ, reflexo H normalizado e amplitude da M-Max em cada protocolo.....33

Resumo

A potenciação pós-ativação (PAP) pode ser definida como um aumento no desempenho muscular após uma contração condicionada (CC) (Xenofondos et al., 2010) e pode ser observada depois de contrações musculares induzidas por estímulo elétrico ou de forma voluntária (Jubeau et al., 2010).

Os principais mecanismos responsáveis pela ocorrência de PAP estão associados à fosforilação das cadeias leves de miosina (Sale, 2002), ao aumento da excitabilidade dos moto-neurónios alfa (Aagaard, 2003) e alterações no ângulo de penação (Tillin & Bishop, 2009). A ocorrência de PAP é influenciada pelas características individuais dos sujeitos, pelas características da contração condicionada e pelo intervalo de recuperação entre a CC e o exercício subsequente (Tillin & Bishop, 2009).

O objetivo deste estudo consistiu em analisar os efeitos de quatro protocolos de aquecimento distintos na ocorrência de PAP em 6 praticantes masculinos de atletismo treinados, comparando o desempenho dos atletas no *countermovement jump* (CMJ) e as variações do reflexo de Hoffman (reflexo H) e da onda de resposta motora (onda M) de maior amplitude (M-Max) antes e depois do respetivo protocolo de aquecimento.

Os protocolos de aquecimento consistiram em: Protocolo 1 - realização de 2 séries de 3 repetições de meio agachamento (½ Ag) com 91% de uma repetição máxima (1RM) com 4 minutos de intervalo; Protocolo 2 - realização de 2 séries de 3 repetições de ½ Ag com 91% de 1RM com 8 minutos de intervalo; Protocolo 3 - realização de 4 séries de 5 repetições de *drop jumps* com 4 minutos de intervalo; Protocolo 4 - realização de 4 séries de 5 repetições de *drop jumps* com 8 minutos de intervalo. O tempo de recuperação após a CC (protocolo de aquecimento 1, 2, 3 ou 4) foi de 8 minutos.

Na análise dos resultados não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas nas três variáveis analisadas: altura do CMJ, reflexo H normalizado e amplitude da M-Max. Desta forma não foi possível concluir se protocolos de natureza pliométrica induzem melhorias na

performance motora semelhantes, superiores ou inferiores aos protocolos baseados no exercício de agachamento. Nem de que forma as alterações neurais podem contribuir para as alterações de *performance* observadas após aplicação dos diferentes protocolos.

Estes resultados podem ser justificados pela reduzida dimensão da amostra, pelas alterações da *performance* dos atletas induzidas pelo confinamento imposto pela pandemia do SARS-CoV-2 e pela elevada variabilidade interindividual na reposta à PAP.

Palavras-chave: POTENCIAÇÃO PÓS-ATIVAÇÃO, REFLEXO H, CMJ, AGACHAMENTO, DROP JUMP.

Abstract

Post-activation potentiation (PAP) can be defined as an increase in muscle performance after a conditioned contraction (CC) (Xenofondos et al., 2010) and can be observed after muscle contractions induced by electrical stimulus or on a voluntary basis (Jubeau et al., 2010).

The mechanisms responsible for PAP are phosphorylation of myosin light chains (Sale, 2002), increased excitability of α-motoneurons (Aagaard, 2003) and changes in the angle of penation (Tillin & Bishop, 2009). PAP is influenced by the individual characteristics of the subjects, the characteristics of the conditioned contraction and the recovery interval between CC and the subsequent exercise (Tillin & Bishop, 2009).

The objective of this study was to analyze the effects of four different warm-up protocols on the occurrence of PAP in 6 trained male athletes, comparing the athlete's performance in countermovement jump (CMJ) and the variations of Hoffman's reflex (H-reflex) and the motor response wave (M-wave) of greater amplitude (M-Max) before and after the respective warm-up protocol.

The warm-up protocols consisted of: Protocol 1 - performing 2 sets of 3 half squat (½ Ag) with 91% of a maximum repetition (1RM) with 4 minutes interval; Protocol 2 - performing 2 sets of 3 repetitions of ½ Ag with 91% of 1RM with 8 minutes interval; Protocol 3 - performing 4 sets of 5 drop jumps with 4 minutes interval; Protocol 4 - performing 4 sets of 5 drop jumps with 8 minutes interval. The recovery time after CC (warm-up protocol 1, 2, 3 or 4) was 8 minutes.

In the analysis of the results no statistically significant differences were found in the three variables analyzed: height of CMJ, normalized H-reflex and amplitude of M-Max. Thus, it was not possible to conclude whether protocols of a plyometric nature induce improvements in motor performance similar, superior or inferior to protocols based on squatting exercise. Neither in what way the neural changes can contribute to the performance changes observed after application of the different protocols.

These results can be justified by the small sample size, the athletes' performance changes induced by the confinement imposed by the SARS-CoV-2 pandemic and the high interindividual variability in the response to PAP.

Keywords: POST-ACTIVATION POTENTIATION, H-REFLEX, CMJ, SQUAT, DROP JUMP.

Abreviaturas

½ Ag	meio agachamento
1RM	uma repetição máxima
Ca^{2+}	cálcio
CC	contração condicionada
CMJ	*countermovement jump*
EMG	eletromiografia de superfície
mA	miliampere
M-Max	amplitude máxima da onda M
MVC	contração isométrica máxima voluntária
Onda M	onda de resposta motora
PAP	potenciação pós-ativação
Reflexo H	reflexo de Hoffman
UM	unidades motoras
VI	instrumento virtual

1. Introdução

Previamente à realização de qualquer treino ou competição um atleta deve realizar um aquecimento de forma a estar mais predisposto para os mesmos (Burkett et al., 2005). As atividades musculares desenvolvidas durante o aquecimento podem ajudar a melhorar o desempenho muscular em ações explosivas (Kilduff et al., 2007).

Da mesma forma que esse aquecimento prepara o atleta para o exercício que vai realizar, também existem metodologias para potenciar o máximo rendimento antes de uma competição. A potenciação pós-ativação (PAP) é uma dessas metodologias, que se caracteriza pelo aumento da *performance* em ações de explosividade (Hanson et al., 2007) após contrações condicionadas (CCs) induzidas por estímulo elétrico ou de forma voluntária (Jubeau et al., 2010).

Em esforços de carácter explosivo a utilização de exercícios de força de alta intensidade e de curta duração pode potenciar a ocorrência da PAP. Segundo Sale (2002) esta tem sido explicada pela fosforilação das cadeias leves de miosina, o que torna os miofilamentos mais sensíveis ao cálcio (Ca^{2+}).

A PAP também pode ocorrer devido a um aumento da excitabilidade dos moto-neurónios alfa. Este fenómeno traduz-se numa maior capacidade em recrutar e/ou aumentar a frequência de disparo das Unidades Motoras (UM) (Hodgson et al., 2005).

A avaliação do reflexo de Hoffman (reflexo H) tem sido amplamente utilizada para aceder a alterações neuromusculares induzidas por diferentes modelos experimentais associados ao treino motor. Admite-se que as variações neste reflexo ocorram devido a alterações da excitabilidade dos moto-neurónios, variando a quantidade de neurotransmissores libertados por terminais aferentes ou variando as propriedades intrínsecas dos neurónios motores (Misiaszek, 2003).

Algumas evidências sugerem que mudanças no ângulo de penação também podem contribuir para a ocorrência de PAP (Tillin & Bishop, 2009).

A ocorrência da PAP é influenciada por diversos fatores: (i) características individuais de cada atleta (o nível de treino, o estado físico atual e a distribuição das suas fibras musculares); (ii) características da contração condicionada (a intensidade do exercício, o seu volume e o tipo de exercício); (iii) o intervalo de recuperação entre a CC e o momento de avaliação (Tillin & Bishop, 2009). Este intervalo deve permitir a recuperação do atleta após a CC, se tal não acontecer os efeitos da fadiga podem ser superiores aos da PAP (Batista et al., 2010).

Segundo Xenofondos et al. (2010) a PAP ocorre após uma CC, a maior parte dos estudos realizados utilizaram diferentes tipos de exercícios, tais como, saltos com cargas, exercícios de força (agachamento) e exercícios pliométricos. É também importante que a contração condicionada e o exercício subsequente sejam semelhantes para que estejam envolvidos os mesmos grupos musculares (Ebben, 2002).

No entanto, uma conclusão consistente da maior parte dos estudos é a elevada variabilidade interindividual na resposta à PAP. Alguns autores relataram um aumento no desempenho muscular (French et al., 2003; Wilson et al., 2013), outros descreveram uma diminuição (Chiu et al., 2003; Duthie et al., 2002) e outros não encontraram alterações (Gourgoulis et al., 2003; Jensen & Ebben, 2003). Assim, o presente estudo pretende responder às seguintes questões:

Protocolos de natureza pliométrica induzem melhorias na *performance* motora semelhantes ou superiores aos protocolos baseados no exercício de agachamento? De que forma as alterações neurais podem contribuir para as alterações de *performance* observadas após aplicação dos diferentes protocolos?

Este estudo está estruturado nos seguintes sete capítulos:

- Capítulo 1 - Introdução: consiste na apresentação do problema a estudar e das fases do estudo;
- Capítulo 2 - Revisão da Literatura: apresenta o estado da arte sobre o tema discutido no estudo;

- Capítulo 3 - Objetivos e Hipóteses: identifica os objetivos e as hipóteses do estudo;
- Capítulo 4 - Material e Métodos: refere a metodologia e os procedimentos utilizados no estudo;
- Capítulo 5 - Resultados: consiste na apresentação dos resultados obtidos no estudo;
- Capítulo 6 - Discussão: apresenta a interpretação dos resultados comparando-os com a literatura existente;
- Capítulo 7 - Conclusões: expõe as conclusões do estudo.

2. Revisão da Literatura

2.1. Potenciação Pós-Ativação (PAP)

Treinadores e atletas procuram habitualmente programas de treino que permitam maximizar o desempenho da força e da potência muscular. É sabido que a potência muscular e a taxa de produção de força são fatores decisivos no desempenho desportivo (Izquierdo et al., 2002; Young, 1993). A velocidade, a força e potência são determinantes na *performance* muscular, quer em treino quer em competição e podem ser melhoradas através de um aquecimento ajustado (Till & Cooke, 2009). Os movimentos explosivos, tais como saltos e *sprints* exigem um aquecimento adequado para atingir níveis elevados de produção de força explosiva.

Após o aquecimento a relação entre as mudanças bioquímicas e fisiológicas no corpo humano parece aumentar a eficiência neuromuscular e, consequentemente, o desempenho durante a competição (Rassier & MacIntosh, 2000; Skof & Strojnik, 2007). As atividades musculares desenvolvidas durante o aquecimento podem, posteriormente, aumentar a produção de força e melhorar o desempenho muscular em ações explosivas (Kilduff et al., 2007; Rixon et al., 2007).

Este fenómeno, em que as contrações musculares anteriores facilitam a força subsequente é denominada de potenciação pós-ativação (PAP). Esta pode ser induzida por uma sequência de contrações isométricas, ou através de uma contração isométrica máxima voluntária (MVC) ou ainda por uma contração tetânica isométrica (Sale, 2002).

Segundo Xenofondos et al. (2010) a PAP pode também ser definida como um aumento no desempenho muscular após uma contração condicionada e pode ser observada depois de contrações musculares induzidas por estímulo elétrico ou de forma voluntária (Jubeau et al., 2010).

A contração condicionada pode ser executada a uma intensidade máxima ou submáxima, porém, esta pode causar fadiga, o que pode diminuir a *performance.* Segundo Hodgson et al. (2005) a fadiga e a PAP podem coexistir,

principalmente, em exercícios que impliquem potência e velocidade. Neste tipo de exercícios a CC induz fadiga e só após um intervalo de recuperação é que pode ocorrer PAP. Rassier & MacIntosh (2000) descreveram a fadiga como a incapacidade de um músculo produzir um nível de força expectável. Este fenómeno é explicado pela diminuição da sensibilidade ao cálcio (Ca^{2+}) que a fadiga provoca, enquanto que a PAP causa um aumento dessa mesma sensibilidade. A incapacidade de manter a força máxima inicial durante o exercício é designada fadiga periférica e resulta de alterações fisiológicas que ocorrem distalmente à junção muscular. A fadiga central é caracterizada por uma falha progressiva em recrutar voluntariamente as Unidades Motoras (UM) (Gandevia, 2001) que pode resultar de alterações em mecanismos que se localizam em diferentes locais do sistema nervoso (qualquer estrutura próxima à junção neuromuscular).

Os efeitos da PAP foram relatados em diversos estudos usando diferentes CCs (Hodgson et al., 2005; Tillin & Bishop, 2009). No entanto, uma conclusão consistente desses estudos é a elevada variabilidade interindividual na resposta à PAP. French et al. (2003) e Wilson et al. (2013) descreveram melhorias, Gourgoulis et al. (2003) e Jensen e Ebben (2003) não encontraram alterações e Chiu et al. (2003) e Duthie et al. (2002) relataram diminuições no desempenho muscular, o que indica que a PAP é um fenómeno ao qual alguns sujeitos respondem e outros não (Golas et al., 2016).

2.2. Mecanismos da PAP

Três mecanismos têm sido propostos para explicar a ocorrência da PAP, sendo que dois deles têm sido sustentados de forma mais sólida pela investigação científica. O primeiro é a fosforilação das cadeias leves da miosina resultante da atividade muscular inicial, o que torna as moléculas de actina e miosina mais sensíveis à disponibilidade do Ca^{2+}. Este processo tem sido relacionado com um aumento da taxa de produção de força e da força isométrica máxima (Hodgson et al., 2005; Sale, 2004).

O segundo mecanismo que pode explicar a ocorrência da PAP é o aumento da ativação neuromuscular, ou seja, o aumento da excitabilidade dos moto-neurónios alfa. Este aumento pode ocorrer através do recrutamento de mais unidades motoras e/ou por um aumento da frequência de disparo das mesmas (Aagaard, 2003). A aplicação de uma contração condicionada com cargas altas pode baixar o limiar de excitabilidade das UM, permitindo o recrutamento mais cedo das UM, incluindo as de maior dimensão. Tal alteração aumenta, teoricamente, a contribuição das fibras de contração rápida, melhorando assim a *performance* em atividades explosivas subsequentes (Trimble & Harp, 1998). A avaliação de tais alterações tem sido tipicamente estudada através da aplicação de técnicas associadas à estimulação periférica dos nervos e respetiva indução de potenciais evocados, cuja amplitude das respostas é medida através da resposta eletromiográfica do músculo. Dentre várias técnicas, o reflexo de Hoffman (reflexo H) tem sido amplamente usado para avaliar potenciais alterações neuromusculares, uma vez que permite inferir sobre a excitabilidade dos moto-neurónios alfa (Iglesias-Soler et al., 2011).

Um terceiro mecanismo subjacente à PAP também foi proposto, porém não foi estudado tão extensivamente quanto os outros dois mencionados anteriormente. Algumas evidências sugerem que mudanças no ângulo de penação podem contribuir para a ocorrência de PAP (Tillin & Bishop, 2009). O ângulo de penação de um músculo reflete a orientação das fibras musculares em relação ao eixo longitudinal da linha de produção de força, este afetará a transição de força para os tendões e ossos. Algumas pesquisas confirmaram que menores ângulos de penação têm uma vantagem mecânica em relação à transição de força para os tendões (Folland & Williams, 2007).

2.3. Reflexo de Hoffman (Reflexo H)

Segundo Tillin e Bishop (2009) a estimulação elétrica percutânea de um nervo periférico misto provoca duas respostas sincronizadas de eletromiografia de superfície (EMG): uma onda de resposta motora direta (onda M) e uma onda de resposta reflexa (reflexo H). A primeira (onda M) é o resultado de um potencial de ação que viaja diretamente pelas fibras neurais eferentes (moto-neurónios

alfa). A segunda (reflexo H) é o resultado de um potencial de ação que viaja ao longo das fibras neurais aferentes até à medula espinal, onde é transmitida às fibras neurais eferentes adjacentes, e para baixo até ao músculo. O princípio que está subjacente baseia-se no arco reflexo monossináptico, que é responsável pelo estalo do tendão (Knikou, 2008; Pierrot-Deseilligny & Mazevet, 2000). As fibras aferentes que têm origem nos fusos musculares têm projeções excitatórias monossinápticas para os moto-neurónios que inervam o músculo homónimo (Pierrot-Deseilligny & Burke, 2005).

A onda M de maior amplitude (M-Max) ocorre quando todos os axónios motores são recrutados, fornecendo assim uma estimativa da resposta dada por todo o conjunto de moto-neurónios (Pierrot-Deseilligny & Mazevet, 2000).

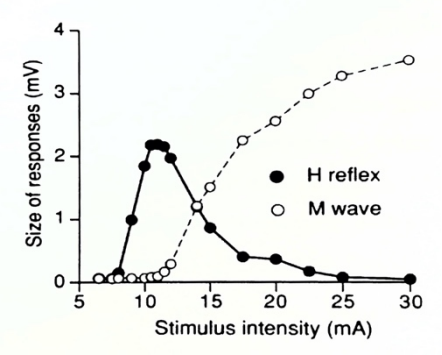


Figura 1 - Curva de recrutamento do reflexo H e da onda M. Amplitude *versus* intensidade do estímulo. Adaptado de Pierrot-Deseilligny e Burke (2005).

O reflexo H pode ser uma ferramenta muito útil para avaliar a influência da história contrátil na resposta neuromuscular (Hodgson et al., 2005). Admite-se que as suas variações ocorram devido a alterações da excitabilidade dos moto-neurónios alfa, variando a quantidade de neurotransmissores libertados por terminais aferentes ou variando as suas próprias propriedades intrínsecas (Misiaszek, 2003).

Após uma contração condicionada, um aumento na amplitude do reflexo H pode representar um aumento no recrutamento das unidades motoras de dimensão superior. Gullich e Schmidtbleicher (1996) estimularam o nervo tibial e analisaram as alterações na amplitude do reflexo H no gastrocnémio e no

solear antes e depois de 5 MVCs de 5 segundos dos flexores plantares. Reportaram uma diminuição na amplitude do reflexo H 1 minuto após as MVCs, porém 4 a 11 minutos depois das mesmas a amplitude do reflexo H aumentou.

2.4. Fatores que influenciam a PAP

A PAP é influenciada por diversos fatores: (i) características individuais de cada atleta (o nível de treino, o estado físico atual e a distribuição das suas fibras musculares); (ii) características da contração condicionada (a intensidade do exercício, o seu volume e o tipo de exercício); (iii) o intervalo de recuperação entre a CC e o momento de avaliação (Tillin & Bishop, 2009).

2.4.1. Características Individuais dos Sujeitos

Dentro das características individuais de cada atleta o nível de treino parece ser importante. Seitz et al. (2014) demonstraram que atletas bem treinados e com maiores níveis de força têm maior suscetibilidade à PAP. Além disso, atletas com níveis de força superiores têm um melhor desempenho no exercício subsequente do que atletas com inferiores níveis de força (Gourgoulis et al., 2003). Atletas bem treinados têm uma maior resistência à fadiga, atingindo assim a PAP antes de atletas com um nível de treino inferior (Stone et al., 2008). Segundo Chiu et al. (2003) atletas bem treinados conseguem aumentar a sua *performance* em níveis superiores comparativamente a atletas recreativos, estas diferenças de desempenho podem ser explicadas por uma maior aptidão dos atletas bem treinados em recrutar mais e com melhor sincronia as unidades motoras (Trimble & Harp, 1998).

Aagaard e Andersen (1998) justificam estes resultados afirmando que indivíduos mais fortes têm maior percentagem de fibras do tipo II. Segundo Lorenz (2011) a distribuição do tipo de fibras musculares dentro de um determinado músculo também é um fator importante para a ocorrência de PAP. Verificou-se que a ocorrência de PAP está associada a uma maior percentagem de fibras musculares de contração rápida (fibras tipo II) (Miyamoto et al., 2009).

Hamada et al. (2000) relataram diferenças significativas na PAP em sujeitos com diferentes percentagens de fibras de contração rápida. Os indivíduos com maior percentagem de fibras musculares do tipo II obtiveram maior potenciação em comparação com aqueles com menor percentagem deste tipo de fibra. Contudo, segundo Tillin e Bishop (2009) o estado atual de forma de um atleta pode afetar a eficiência do recrutamento das fibras musculares.

2.4.2. Características da Contração Condicionada

Em relação à intensidade da contração condicionada, a maioria dos trabalhos que estudaram os efeitos da PAP no desempenho atlético relataram efeitos positivos com a utilização de cargas pesadas antes de movimentos explosivos, tais como *sprints* curtos, saltos verticais ou saltos dependentes de força explosiva (McBride et al., 2005). Estudos anteriores sugerem que contrações isométricas máximas (Gullich & Schmidtbleicher, 1996) e exercícios dinâmicos de alta intensidade (Radcliffe & Radcliffe, 1996; Young et al., 1998; Gourgoulis et al., 2003) podem aumentar a taxa de produção de força e melhorar o desempenho em *countermovement* (CMJ) e *drop jumps* (Gullich & Schmidtbleicher, 1996).

A maioria da investigação identificou que exercícios com cargas elevadas (>80% de 1RM) parecem ser mais eficazes para induzir a PAP (Ebben, 2006; Robbins, 2005; Sale, 2002; Tillin & Bishop, 2009). Chiu et al. (2003) usaram 5 séries de 1 repetição de agachamento completo com 90% de 1 repetição máxima (1RM) e relataram uma melhoria significativa na potência do agachamento salto comparativamente a agachamentos com 30, 50 e 70% de 1RM. McBride et al. (2005) utilizaram 1 série de 3 repetições de agachamento com 90% de 1RM e descreveram uma melhoria significativa nos tempos de *sprint* de 40 metros. Bevan et al. (2010) também relataram melhorias no teste de *sprint* de 5 e 10 metros após 1 série de 3 agachamentos com 91% de 1RM. Kilduff et al. (2007) aplicaram 1 série de 3RM de agachamento completo e relataram um aumento no desempenho no CMJ. Outro autor descreveu maiores efeitos de PAP com uma CC de 1 repetição de agachamento com 85% de 1RM comparativamente a

1 repetição de agachamento com 60% de 1RM (Rahimi, 2007). Porém, Jones e Lees (2003) não encontraram melhoria no CMJ após 1 série de 5 repetições de agachamento com 85% de 1RM, porém, não houve redução no desempenho, sugerindo que a execução de exercícios com cargas elevadas antes do CMJ não é prejudicial.

Os exercícios pliométricos têm sido amplamente utilizados como método de treino para melhorar a eficiência do ciclo de alongamento encurtamento (Chu, 1998), os efeitos positivos obtidos com este tipo de treino no desempenho de saltos verticais foram estabelecidos por Villarreal et al. (2009). Todavia, sabe-se pouco sobre os efeitos agudos dos exercícios pliométricos como estímulo condicionante de forma a se obter potenciação (Tillin & Bishop, 2009).

Alguns estudos observaram efeitos superiores na PAP com protocolos pliométricos comparativamente a protocolos de contrações isométricas tradicionais (Seitz & Haff, 2016) ou protocolos de exercícios dinâmicos (Villarreal et al., 2007), contudo também existem estudos que relatam que agachamentos com 3RM melhoram os resultados do CMJ e que exercícios pliométricos não aumentam os mesmos (Esformes et al., 2010).

2.4.3. Tempo de Recuperação após a Contração Condicionada

A ocorrência da PAP está relacionada com o momento de avaliação. Segundo Batista et al. (2010) deve existir um intervalo de recuperação entre a contração condicionada e a avaliação de forma a aumentar os efeitos da PAP e diminuir os efeitos da fadiga. No entanto, este tempo de recuperação varia entre os sujeitos (Güllich & Schmidtbleicher, 1996).

Trimble e Harp (1998) reportaram uma assinalável variabilidade interindividual em relação ao início e duração da potenciação. Esta observação é consistente com a literatura anterior relativamente aos perfis temporais da modulação do reflexo H após uma CC, independentemente da atividade contrátil

anterior ter sido induzida através de estimulação elétrica ou de modo voluntário (Güllich & Schmidtbleicher, 1996).

Gourgoulis et al. (2003) relataram um aumento significativo imediato na altura do CMJ após 1 série de 2 agachamentos completos com 90% de 1RM, estes resultados sugerem que a PAP pode ser alcançada imediatamente após a CC. Tillin e Bishop (2009) sugeriram que a potenciação diminui gradualmente nos primeiros 60 segundos após o estímulo, outros autores relataram uma diminuição na PAP entre 10 a 15 segundos após a CC, o que pode ser explicado pela existência de fadiga (Güllich & Schmidtbleicher, 1996; Jensen & Ebben, 2003).

Os atletas devem recuperar pelo menos 4 minutos a seguir ao exercício condicionante para os efeitos da fadiga se dissiparem (Batista et al., 2010). Diferentes estudos encontraram melhorias na *performance* no exercício subsequente 8 minutos (Kilduff et al., 2008) e 12 minutos depois da CC (Batista et al., 2010). Também Bevan et al. (2010) relataram que 47% dos sujeitos melhoraram no *sprint* de 5 metros e 53% dos mesmos melhoraram no *sprint* de 10 metros, 8 minutos após 1 série de 3 agachamentos com 91% de 1RM. Gouvêa et al. (2013) descreveram que entre os 0 e 3 minutos o desempenho em saltos sucessivos diminui, entre os 4 e 7 minutos e entre os 16 minutos ou mais existe uma pequena melhoria e entre os 8 e 12 minutos ocorre uma melhoria superior.

Um tempo de recuperação após a contração condicionada entre os 8 e os 12 minutos parece ser o mais consensual (Kilduff et al., 2008; Linder et al., 2010). Contudo, não existe acordo entre os investigadores sobre qual o tempo de recuperação ideal para induzir PAP (Bevan et al., 2010; McCann & Flanagan 2010). Esta dificuldade em definir um tempo de recuperação ideal deve-se à elevada variabilidade interindividual na resposta à PAP.

2.5. Exercício Subsequente

A semelhança entre a contração condicionada e o exercício subsequente também é importante, alguns autores indicaram melhores efeitos da PAP quando um exercício de carga pesada (80 a 90% 1RM) é seguido por uma atividade explosiva similar (Whelan et al., 2014).

Em relação ao método mais utilizado, é comum medir o desempenho no CMJ (Gourgoulis et al., 2003), os saltos são frequentemente escolhidos como exercícios subsequentes porque são biomecanicamente semelhantes aos movimentos desportivos e também devido à sua relativamente baixa complexidade (McBride et al., 2005).

3. Objetivos e Hipóteses

Este estudo pretende responder às seguintes questões:

Protocolos de natureza pliométrica induzem melhorias na *performance* motora semelhantes, superiores ou inferiores aos protocolos baseados no exercício de agachamento? De que forma as alterações neurais podem contribuir para as alterações de *performance* observadas após aplicação dos diferentes protocolos?

3.1. Objetivos

O objetivo deste estudo consistiu em analisar os efeitos de quatro protocolos de aquecimento distintos (meio agachamento com 91% de uma repetição máxima e *drop jumps* consecutivos) com dois tempos diferentes de recuperação entre séries (4 e 8 minutos) na ocorrência de PAP, comparando o desempenho dos atletas no CMJ e as variações do reflexo H e da M-Max antes e depois do respetivo protocolo de aquecimento.

3.2. Hipóteses

Para a realização deste estudo foram estabelecidas as seguintes hipóteses:

- Os quatro protocolos induzem a PAP e melhoram o desempenho dos atletas no CMJ;
- Os protocolos 3 e 4 (4 séries de *drop jumps*) induzem maior PAP e melhoram o desempenho dos atletas no CMJ relativamente aos protocolos 1 e 2 (2 séries de meio agachamento com 91% de 1 RM);
- Os protocolos 2 e 4 (8 minutos de recuperação entre séries) induzem maior PAP e melhoram o desempenho dos atletas no CMJ relativamente aos protocolos 1 e 3 (4 minutos de recuperação entre séries).

4. Material e Métodos

4.1. Caracterização da Amostra

O presente estudo foi realizado com 6 atletas do sexo masculino praticantes de atletismo. Todos os participantes são federados na Federação Portuguesa de Atletismo, especialistas em disciplinas que recorrem à força explosiva e possuem pelo menos 5 anos de experiência no treino de força. A idade média dos sujeitos é 25,5 ± 2,4 anos, a altura média é de 179,7 ± 6,0 cm e o peso médio é 74,7 ± 7,4 kg.

Na tabela 1 estão apresentados os dados relativos à caracterização da amostra, referentes à idade, altura e peso.

Tabela 1 - Caracterização da amostra: idade (anos), altura (cm) e peso (kg).

Sujeito (ID)	Idade (anos)	Altura (cm)	Peso (kg)
1	25	180	78
2	23	171	67
3	29	182	77
4	24	174	64
5	24	185	82
6	28	186	80
Média	25,5	179,7	74,7
Desvio Padrão	2,4	6,0	7,4

Nenhum dos participantes teve problemas físicos ou de saúde no decorrer da recolha de dados. Numa reunião inicial foram informados sobre como iria decorrer o estudo e os objetivos do mesmo. Os participantes leram e assinaram de livre vontade um consentimento informado de participação no estudo.

Os critérios de seleção dos participantes foram os seguintes:

- Género masculino;
- Idade igual ou superior a 18 anos;
- Pelo menos 5 anos de experiência prévia em treino de força e pliométrico;
- Praticantes de atletismo, de disciplinas que recorrem à força explosiva como corridas de velocidade, saltos e lançamentos.

4.2. Desenho Experimental

Este estudo decorreu entre os dias 28 de julho e 17 de agosto de 2020 nas instalações do Laboratório de Biomecânica do Porto (LABIOMEP), inserido nas instalações da Faculdade de Desporto da Universidade do Porto. A recolha de dados foi realizada em cinco sessões, a primeira de familiarização e as seguintes foram utilizadas para aplicar cada um dos quatro protocolos de aquecimento. Cada sessão teve pelo menos 48h de intervalo entre si.

Nas sessões de recolha de dados os atletas realizaram o aquecimento (descrito no ponto 4.6) e de seguida executaram 3 *countermovement jump* (CMJ) com 30 segundos de intervalo de forma a registar o estado basal, este foi registado como momento 1.

Seguidamente dirigiram-se ao dinamómetro isocinético para realizarem o protocolo de eletroestimulação (descrito no ponto 4.6). De seguida os atletas realizaram o protocolo de aquecimento 1, 2, 3 ou 4 (descritos no ponto 4.3), sendo que os protocolos foram selecionados aleatoriamente para cada sujeito, de forma a remover a dependência da sequência realizada da análise de resultados. No fim do protocolo de aquecimento os atletas descansaram 8 minutos. Após o intervalo de recuperação realizaram novamente 3 CMJ e voltaram ao dinamómetro isocinético para fazer de novo o protocolo de eletroestimulação, este foi registado como momento 2 (Figura 2).

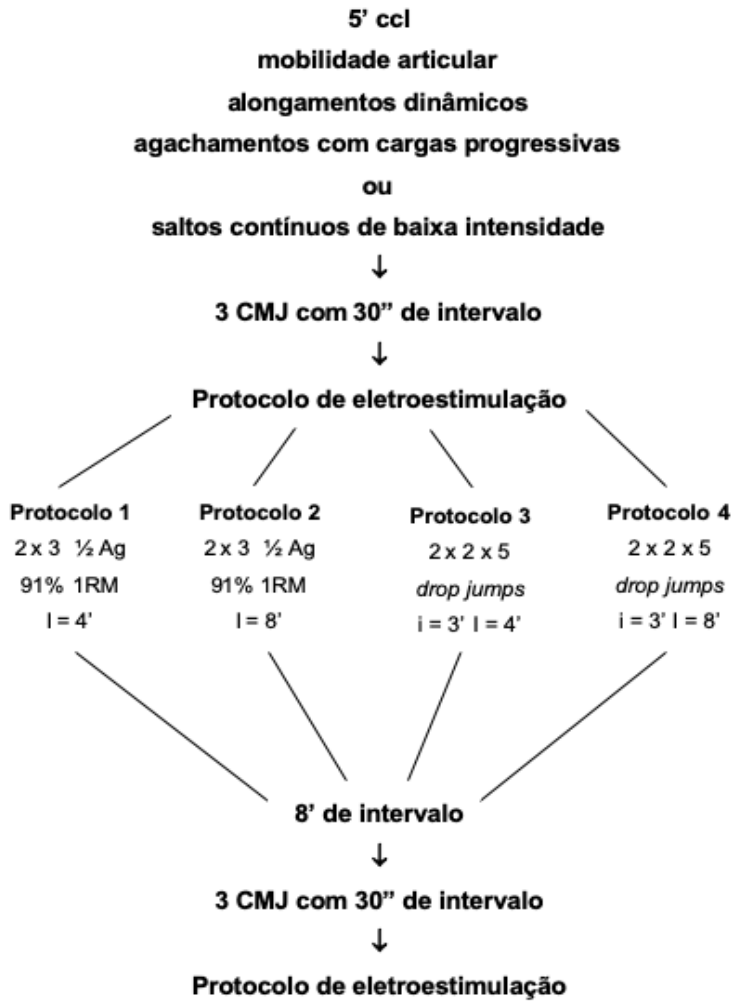


Figura 2 - Desenho experimental.

4.3. Protocolos de Aquecimento

Os protocolos de aquecimento consistiram no seguinte:

Protocolo 1 - 3 repetições de meio agachamento (½ Ag) com 91% de 1RM - 4 minutos de intervalo - 3 repetições de ½ Ag com 91% de 1RM.

Protocolo 2 - 3 repetições de ½ Ag com 91% de 1RM - 8 minutos de intervalo - 3 repetições de ½ Ag com 91% de 1RM.

Protocolo 3 - 5 repetições de *drop jumps* - 3 minutos de intervalo - 5 repetições de *drop jumps* - 4 minutos de intervalo - 5 repetições de *drop jumps* - 3 minutos de intervalo - 5 repetições de *drop jumps.*

Protocolo 4 - 5 repetições de *drop jumps* - 3 minutos de intervalo - 5 repetições de *drop jumps* - 8 minutos de intervalo - 5 repetições de *drop jumps* - 3 minutos de intervalo - 5 repetições de *drop jumps.*

4.4. Material Utilizado

Nos protocolos de aquecimento foram utilizados caixas de várias alturas (Figura 3) e uma barra e pesos livres (Figura 4).

Na recolha de dados para avaliar a altura dos CMJ foi utilizada uma plataforma de contacto DIN-A1 da Chronojump Boscosystem (Figura 5). Para recolher o reflexo H e a onda M foram utilizados o *software* NI LabVIEW 2012 da National Instruments (Figura 6), o dinamómetro isocinético Biodex System, a placa de aquisição NI PCI-6221 com acessório NI SCB-68A da National Instrument, o eletromiógrafo desenvolvido à medida para investigação pelo LABIOMEP e o eletroestimulador DS8R Biphasic Constant Current Stimulator da Digitimer (Figura 7).



Figura 4 - Barra e pesos livres.



Figura 3 - Caixas de várias alturas.

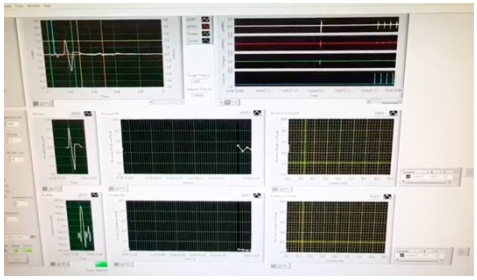


Figura 6 - Painel frontal *software* LabVIEW.

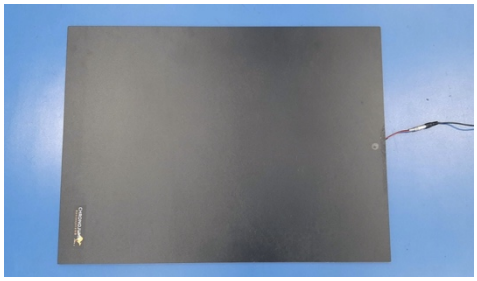


Figura 5 - Plataforma de contacto.

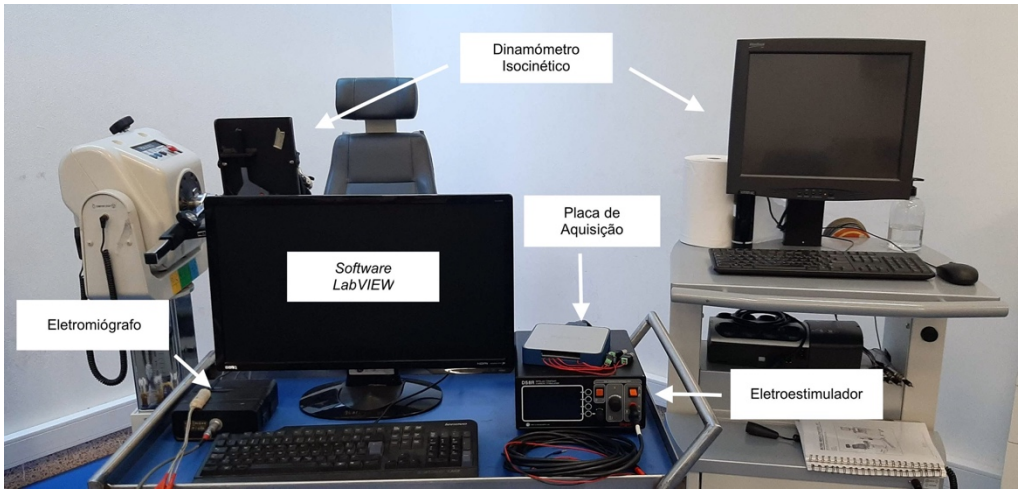


Figura 7 - Dinamómetro isocinético, placa de aquisição, *software* LabVIEW, eletromiógrafo e eletroestimulador.

4.5. Preparação dos Sujeitos

Antes de iniciar o aquecimento foram marcados os locais de colocação dos elétrodos. Antes da colocação dos elétrodos a pele foi levemente raspada e limpa com álcool. As respostas eletromiográficas do solear à estimulação elétrica do nervo tibial posterior (onda M e reflexo H) foram registadas através de um par de elétrodos (marca Dormo; 30 mm de diâmetro, distância inter-elétrodos de 20 mm) de eletromiografia de superfície (EMG), colocados conforme recomendado por Hermens et al. (1999) no solear da perna direita:

- Localização: a 2/3 da linha entre o côndilo medial do fémur e o maléolo medial da tíbia;
- Orientação: na direção da linha entre o côndilo medial do fémur e o maléolo medial da tíbia.

Foi também colocado um elétrodo terra sobre o maléolo interno do tornozelo da mesma perna (marca Dormo; 30 mm de diâmetro) (Figura 8).

Os testes de avaliação dos potenciais evocados foram realizados, enquanto os sujeitos mantinham uma contração isométrica submáxima dos flexores planteares. A avaliação e monitorização da força foi realizada com os

sujeitos sentados no dinamómetro isocinético, amarrados a uma cadeira ajustável. O dinamómetro isocinético foi configurado da seguinte forma:

- Orientação do dinamómetro: 90°;
- Inclinação do dinamómetro: 0°;
- Orientação do assento: 90°;
- Inclinação do encosto: 70 - 85°;
- Inclinação da placa do pé: 0°;
- Flexão do joelho: 20 - 30°;
- Eixo de rotação: Na posição neutra, o eixo passa pelo corpo do astrágalo, pelo maléolo peroneal e pelo maléolo tibial.

O pé direito foi preso a um dispositivo específico do dinamómetro, conectado à torre central do equipamento, permitindo assim avaliar o momento de força gerado pelos flexores plantares do respetivo segmento. A placa de suporte do pé foi ajustada de forma a que o maléolo lateral ficasse alinhado com o eixo de rotação do dinamómetro. Os sujeitos mantiveram a anca e o joelho flexionados a 120° e o tornozelo a 110° de flexão plantar (Figura 9).

Foi solicitado a todos os sujeitos para não alterar a sua postura durante o decurso do protocolo experimental.

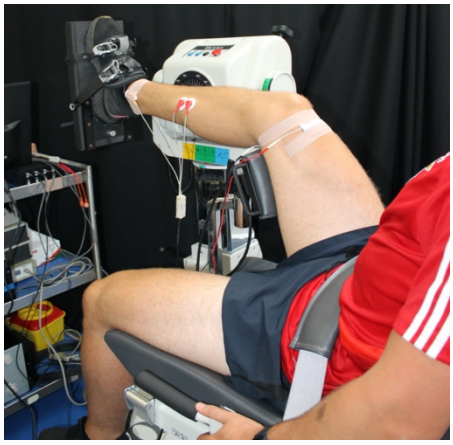


Figura 9 - Colocação do sujeito no dinamómetro isocinético.

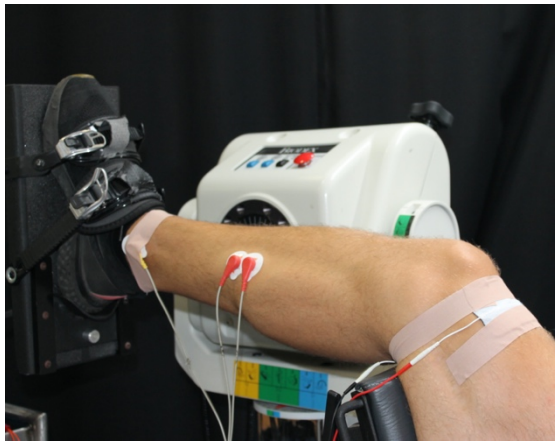


Figura 8 - Colocação dos elétrodos no sujeito.

Avaliação dos potenciais evocados (Reflexo H e onda M)

Os mecanismos neurais associados à PAP foram avaliados através das respostas eletromiográficas observadas no solear após estimulação elétrica periférica do nervo tibial posterior, nomeadamente o reflexo H e a onda M. Para este efeito foi utilizado o eletroestimulador referenciado anteriormente. A estimulação monopolar do nervo tibial posterior da perna direita foi realizada através de um elétrodo cátodo (marca Lifecare, 40 x 40 mm), localizado na fossa poplítea e um elétrodo ânodo (marca Lifecare, 50 x 90 mm) colocado próximo à rótula (Figura 8). Antes da fixação do elétrodo cátodo foi identificada a posição que provocava a maior resposta com a menor intensidade possível. O reflexo H e a onda M foram induzidos enquanto o sujeito mantinha uma contração isométrica submáxima do solear (10% da MVC), sentado no dinamómetro de acordo com a posição descrita anteriormente.

4.6. Procedimentos Experimentais

Como foi descrito previamente, a recolha de dados foi realizada em cinco sessões, a primeira de familiarização e as seguintes para os quatro protocolos de aquecimento, cada sessão teve pelo menos 48h de intervalo entre si.

4.6.1. Sessão de Familiarização

Na sessão de familiarização os sujeitos realizaram 3 contrações isométricas máximas voluntárias do músculo (MVC) solear de 5 segundos de duração com 2 minutos de intervalo entre si. Os indivíduos foram encorajados verbalmente a produzir o máximo de força e foi exibido *feedback* visual por um gráfico em tempo real no monitor de computador do dinamómetro isocinético. O valor mais alto de MVC do músculo solear foi utilizado para calcular os níveis de força submáximos (10% da MVC) usados durante o protocolo de eletroestimulação (descrito a seguir). Foi também definida a altura ótima de salto

de cada sujeito para a realização dos *drop jumps* durante os protocolos 3 e 4. Para encontrar a altura ótima para cada sujeito, foram realizados 2 *drop jumps* desde uma caixa com altura inicial de 30 cm, aumentando-a de 5 em 5 cm até que a altura do ressalto diminuísse. Quando isso acontecia estava encontrada a altura ótima, pois essa correspondia à altura da caixa em que o sujeito teve o ressalto mais alto (Lees & Fahmi, 1994). A carga a utilizar nos exercícios de meio agachamento nos protocolos 1 e 2 (91% de 1RM) também foi definida nesta sessão. Os atletas fizeram 3 séries de 1 repetição com cargas progressivas de forma a ser possível definir 100% de 1RM.

4.6.2. Recolha de Dados

Em todas as sessões da recolha de dados seguiu-se a mesma ordem de avaliação dos vários parâmetros, alterando-se apenas o protocolo de aquecimento. A atribuição do protocolo a cada sessão foi feita de forma aleatória, de modo a remover a dependência da sequência realizada da análise de resultados. Em todas as sessões os atletas realizaram um aquecimento de 5 minutos de corrida contínua lenta, exercícios de mobilidade articular, alongamentos dinâmicos e no caso dos protocolos 1 e 2 agachamentos com cargas progressivas, no caso dos protocolos 3 e 4 saltos contínuos de baixa intensidade.

De seguida os sujeitos executaram 3 CMJ com 30 segundos de intervalo de forma a registar o estado basal, este foi registado como momento 1.

Seguidamente os atletas sentaram-se no dinamómetro isocinético para realizar o protocolo de electroestimulação. O protocolo de eletroestimulação consistiu em 3 estímulos de 5 em 5 mA, começando em 5 mA e terminando em 55 mA. O estímulo (duração de 1ms) proveniente do eletroestimulador provocou a contração do músculo solear sendo registados os seus sinais eletromiográficos.

À medida que a corrente foi subindo os valores de amplitude da onda M também subiram até atingir o *plateau*, já os valores de amplitude do reflexo H numa fase inicial foram aumentando, mas de seguida diminuíram até quase zero.

De seguida, foi verificada a corrente a que cada sujeito atingiu o *plateau* da amplitude da onda M. Posteriormente, calculou-se 15% desse valor de amplitude da onda M e verificou-se a que corrente correspondia e se amplitude do reflexo H ainda se situava na sua fase ascendente. Seguidamente, foram dados 10 estímulos com a corrente definida anteriormente. Durante todo o protocolo de avaliação, os sujeitos mantiveram uma contração isométrica submáxima de 10% da força que produziram na maior MVC.

No fim da avaliação dos potenciais evocados (momento 1), os sujeitos realizaram o protocolo de aquecimento definido anteriormente (1, 2, 3 ou 4). Após um intervalo de recuperação de 8 minutos realizaram novamente 3 CMJ e voltaram ao dinamómetro isocinético para realizar nova avaliação dos potenciais evocados (momento 2).

Os sinais de EMG foram recolhidos com um eletromiógrafo de oito canais com pré-amplificadores (AD621BNZ, Analog Devices Inc., USA) com ganho de 100 V/V e foram amplificados como derivações bipolares com ganho de 11 V/V totalizando uma amplificação 1100 V/V. Os sinais foram amostrados a 5000 amostras por segundo, convertidos em dados digitais por uma placa conversora analógico-digital (A/D) NI PCI-6221 de 16 bits e capturados pelo *software* NI LabVIEW 2012. A impedância e a rejeição de modo comum (CMRR) foram utilizadas conforme recomendado pelo SENIAM.

4.7. Tratamento dos Dados

Foi desenvolvido um instrumento virtual (VI) à medida no *software* NI LabVIEW 2012 pelo Professor Miguel Velhote Correia da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. O VI automatiza o processo de recolha de dados, permitindo simultaneamente controlar a sequência de estímulos a aplicar pelo eletroestimulador ao sujeito e capturar os sinais eletromiográficos de resposta aos estímulos.

No painel virtual, o investigador seleciona:

- a frequência de amostragem para a captura dos sinais eletromiográficos;
- o número de impulsos a serem gerados em cada sequência;
- o intervalo temporal médio entre impulsos e respetivo desvio padrão;
- a amplitude da corrente do estímulo a aplicar e respetivo incremento;
- o número de repetições da sequência de impulsos.

Além disso, pode parametrizar ainda os instantes de início, após estímulo, e intervalos de duração dos sinais eletromiográficos a capturar. A cada um dos estímulos aplicado, o VI deteta o impulso de corrente e captura do EMG filtrado, por um filtro digital com largura de banda de 20 a 500 Hz, os segmentos de sinal correspondentes à onda M e ao reflexo H subsequentes. Determina de seguida as amplitudes pico-a-pico de cada um desses segmentos, representa-os em gráficos em escala temporal e noutros em função da intensidade de corrente do estímulo aplicado, conforme se ilustra na figura 6. Os instantes de cada estímulo, intensidade de corrente e amplitudes pico-a-pico da onda M e reflexo H são gravados em folha de cálculo para permitir uma análise posterior mais detalhada.

Os valores da amplitude do reflexo H provenientes do instrumento virtual foram normalizados. Essa normalização consistiu em dividir os valores de amplitude do reflexo H pelo respetivo valor máximo da onda M (M-Max) e calcular as médias.

4.8. Procedimentos Estatísticos

No tratamento estatístico dos dados foi utilizado o *software* SPSS (*Statistic Package for the Social Sciences) Statistics for Windows*, *Armonk, NY: IBM Corp.,* para calcular a média e o desvio padrão e para a análise inferencial. Optou-se pelos testes não paramétricos devido à reduzida dimensão da amostra.

Para verificar se existiram diferenças estatisticamente significativas entre os quatro protocolos nos dois momentos de avaliação foi usado o teste estatístico não paramétrico Kruskal Wallis.

Para verificar se existiram diferenças estatisticamente significativas entre os dois momentos de avaliação em cada protocolo foi usado o teste estatístico não paramétrico Wilcoxon.

O nível de significância foi estabelecido em $\alpha \leq 0,05$.

5. Resultados

Neste capítulo são apresentados os resultados relativos às três variáveis avaliadas (altura do CMJ, reflexo H normalizado e amplitude da M-Max).

Foram analisadas as três variáveis de modo a identificar as diferenças ocorridas entre os quatro protocolos nos dois momentos (são apresentados a média e o desvio padrão) e entre os dois momentos em cada protocolo.

5.1. Análise da altura do CMJ, do reflexo H normalizado e da amplitude da M-Max entre os protocolos nos dois momentos

Na figura 10 estão representadas as alturas do CMJ nos dois momentos em cada protocolo. Na tabela 2 são apresentados as respetivas médias e desvios padrão. No protocolo 1 registou-se uma ligeira melhoria de 0,1%, no protocolo 2 houve uma pequena diminuição de 0,6%, no protocolo 3 registou-se uma diminuição de 3,0% e no protocolo 4 não houveram diferenças. No entanto, não foi possível encontrar diferenças estatisticamente significativas.

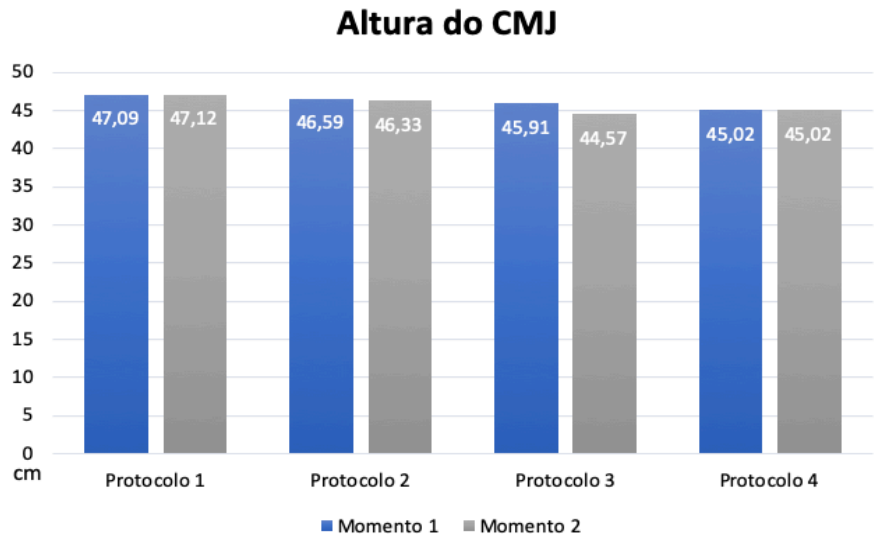


Figura 10 - Altura do CMJ nos dois momentos, em cada protocolo.

Tabela 2 - Média e desvio padrão da altura do CMJ nos dois momentos, em cada protocolo.

Altura do CMJ (cm)				
	Protocolo 1	**Protocolo 2**	**Protocolo 3**	**Protocolo 4**
Momento 1	47,09 ± 4,90	46,59 ± 6,05	45,91 ± 5,56	45,02 ± 6,06
Momento 2	47,12 ± 7,30	46,33 ± 5,45	44,57 ± 4,79	45,02 ± 6,71

Na figura 11 está representado o reflexo H normalizado nos dois momentos em cada protocolo, na tabela 3 são apresentados as respetivas médias e desvios padrão. Não foi possível encontrar diferenças estatisticamente significativas. No entanto, no protocolo 1 registou-se uma diminuição de 3,6%, e no protocolo 3 registou-se um aumento de 18,9%.

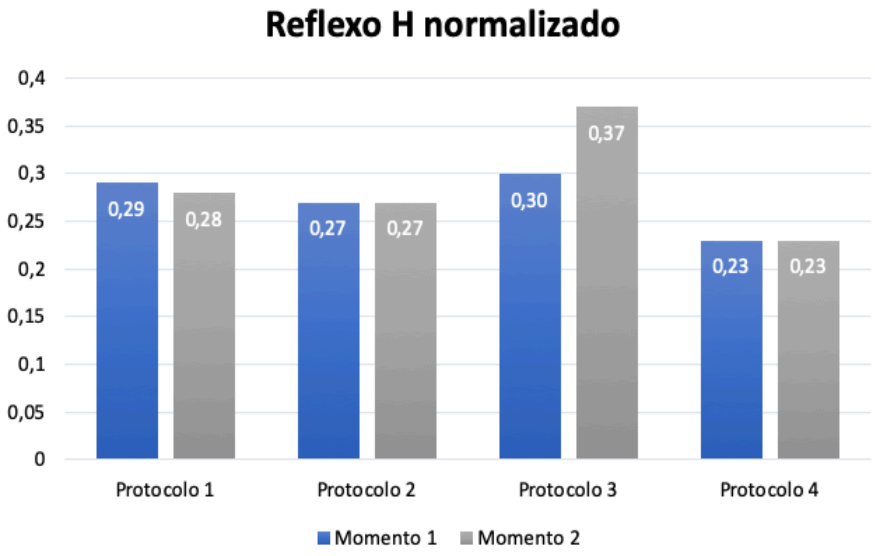


Figura 11 - Reflexo H normalizado nos dois momentos, em cada protocolo.

Tabela 3 - Média e desvio padrão do reflexo H normalizado nos dois momentos, em cada protocolo.

Reflexo H normalizado				
	Protocolo 1	**Protocolo 2**	**Protocolo 3**	**Protocolo 4**
Momento 1	0,29 ± 0,17	0,27 ± 0,19	0,30 ± 0,13	0,23 ± 0,09
Momento 2	0,28 ± 0,13	0,27 ± 0,19	0,37 ± 0,15	0,23 ± 0,12

Na figura 12 está representado a amplitude da M-Max nos dois momentos em cada protocolo, na tabela 4 são apresentados as respetivas médias e desvios padrão. Não foi possível encontrar diferenças estatisticamente significativas entre protocolos. Contudo, no protocolo 1 registou-se uma ligeira diminuição de 0,5%, no protocolo 2 houve um aumento de 2,2%, no protocolo 3 registou-se uma diminuição de 8,7% e no protocolo 4 houve um ligeiro aumento de 0,3%.

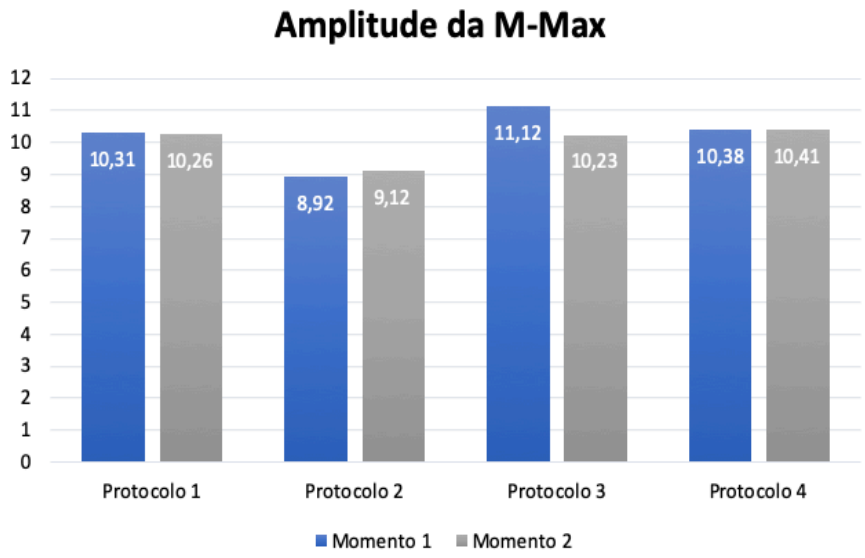


Figura 12 - Amplitude da M-Max nos dois momentos, em cada protocolo.

Tabela 4 - Média e desvio padrão da amplitude da M-Max nos dois momentos, em cada protocolo.

Amplitude da M-Max				
	Protocolo 1	**Protocolo 2**	**Protocolo 3**	**Protocolo 4**
Momento 1	10,31 ± 5,65	8,92 ± 3,72	11,12 ± 5,15	10,38 ± 4,09
Momento 2	10,26 ± 5,66	9,12 ± 3,68	10,23 ± 4,20	10,41 ± 4,10

5.2. Resultados do teste Kruskal Wallis com o objetivo de encontrar diferenças entre protocolos nos dois momentos

Através do teste estatístico não paramétrico Kruskal Wallis constatámos que não houveram diferenças estatisticamente significativas entre protocolos em nenhum dos momentos. A tabela 5 apresenta os valores de p obtidos nesse teste, comparando as diferenças entre protocolos nos dois momentos.

Tabela 5 - Valores de p das variáveis altura do CMJ, reflexo H normalizado e amplitude da M-Max nos dois momentos.

	Altura do CMJ	**Reflexo H normalizado**	**Amplitude da M-Max**
Momento 1	0,982	0,848	0,864
Momento 2	0,683	0,405	0,901

5.3. Resultados do teste Wilcoxon com o objetivo de encontrar diferenças entre momentos em cada protocolo

Através do teste estatístico não paramétrico Wilcoxon constatámos que não houveram diferenças estatisticamente significativas entre momentos em cada um dos protocolos. A tabela 6 apresenta os valores de p obtidos nesse teste, comparando as diferenças entre momentos em cada protocolo.

Tabela 6 - Valores de p das variáveis altura do CMJ, reflexo H normalizado e amplitude da M-Max em cada protocolo.

	Altura do CMJ	Reflexo H normalizado	Amplitude da M-Max
Protocolo 1	0,500	0,753	0,753
Protocolo 2	0,753	0,833	0,600
Protocolo 3	0,116	0,197	0,075
Protocolo 4	0,600	0,893	0,917

6. Discussão

O objetivo deste estudo consistiu em analisar os efeitos de quatro protocolos de aquecimento distintos na ocorrência de PAP, comparando o desempenho dos atletas no CMJ e as variações do reflexo H e da M-Max antes e depois do respetivo protocolo de aquecimento.

De forma a induzir a PAP, os protocolos de aquecimento incluíram a aplicação de uma contração condicionada executada a uma intensidade máxima seguida de um exercício subsequente (CMJ) considerado uma atividade explosiva similar (Whelan et al., 2014).

Vários autores (Hodgson et al., 2005; Tillin & Bishop, 2009) defendem que existe uma elevada variabilidade interindividual na reposta à PAP. No entanto, os atletas que participaram neste estudo possuíam algumas características comuns. Eram todos especialistas em disciplinas que recorrem à força explosiva e possuíam pelo menos 5 anos de experiência no treino de força e no treino pliométrico. Seria assim de esperar uma resposta idêntica à PAP.

Na análise dos resultados não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas nem entre protocolos, nem entre momentos. Em concordância com estes resultados Gourgoulis et al. (2003), Jensen e Ebben (2003) e Jones e Lees (2003) também não encontraram alterações significativas.

Devido à recolha de dados ter decorrido após o período de confinamento obrigatório provocado pela pandemia do SARS-CoV-2, foram poucos os atletas que à data da mesma cumpriam com os critérios de seleção (descritos no ponto 4.1) e que estivessem a treinar há pelo menos 4 semanas, o que explica a reduzida dimensão da amostra. A ausência de diferenças significativas nos resultados pode ser explicada por este fator. Uma amostra maior poderia originar resultados diferentes.

Outra explicação para não terem existido alterações relevantes pode ser o estado da forma física dos atletas na data da recolha de dados não ser o ideal. Os atletas participantes neste estudo passaram por um período de 10 semanas de inatividade física (confinamento obrigatório) e estavam a treinar apenas há 4

semanas quando a recolha foi realizada. Segundo Tillin e Bishop (2009) o estado atual de forma de um atleta pode afetar a eficiência do recrutamento das fibras musculares. Mesmo que os participantes sejam atletas bem treinados e que, segundo Trimble e Harp (1998), estes tenham uma maior aptidão em recrutar mais e com melhor sincronia as unidades motoras.

Segundo Stone et al. (2008) atletas bem treinados têm uma maior resistência à fadiga, atingindo assim a PAP antes de atletas com um nível de treino inferior. Porém, se um atleta bem treinado não estiver num bom estado de forma essa maior resistência à fadiga pode diminuir.

Os protocolos de aquecimento utilizados no presente estudo são similares aos utilizados em estudos anteriores (Bevan et al., 2010; Villarreal et al., 2007). Bevan et al. (2010) usaram 1 série de 3 agachamentos com 91% de 1RM e relataram melhorias no teste de *sprint* de 5 e 10 metros, 8 minutos após a realização do protocolo, enquanto que neste estudo foram aplicadas 2 séries de 3 meios agachamentos com 91% de 1RM e não foram encontradas alterações significativas na altura do CMJ, 8 minutos depois da realização do protocolo.

De referir que, embora os protocolos de aquecimento sejam semelhantes, Bevan et al. (2010) utilizaram o *sprint* de 5 e 10 metros como exercício subsequente, enquanto que no presente estudo foi utilizado o CMJ. Além disso, os atletas participantes no estudo de Bevan et al. (2010) eram praticantes profissionais de râguebi, enquanto que os atletas participantes neste estudo são praticantes federados de atletismo. Admitimos que as diferenças referidas possam explicar os resultados diferentes.

Villarreal et al. (2007) usaram 3 séries de 5 *drop jumps* e não encontraram alterações na altura do CMJ, 5 minutos após a realização do protocolo, enquanto que no presente estudo foram aplicadas 4 séries de 5 *drop jumps* e não foram encontradas alterações significativas na altura do CMJ, 8 minutos depois da realização do protocolo.

Os atletas participantes no estudo de Villarreal et al. (2007) eram praticantes federados de voleibol, enquanto que os atletas participantes neste estudo são praticantes federados de atletismo. Embora com algumas diferenças, ambos os estudos não encontraram alterações significativas.

Não existe acordo entre os investigadores sobre qual o tempo de recuperação ideal após a contração condicionada para induzir PAP (Bevan et al., 2010; McCann & Flanagan 2010). Porém, o mais consensual parece ser entre os 8 e os 12 minutos (Kilduff et al., 2008; Linder et al., 2010).

O presente estudo utilizou 8 minutos de tempo de recuperação, no entanto, devido ao estado de forma dos atletas na data da recolha de dados não ser o ideal, os protocolos podem ter causado uma maior fadiga do que aquela que seria esperada se os sujeitos estivessem num bom estado de forma, o que pode justificar os resultados obtidos. Neste caso é possível que um tempo de recuperação de 12 minutos após a CC pudesse ter diminuído os efeitos da fadiga e possibilitado a ocorrência de PAP, originando assim resultados diferentes.

É de referir que, normalmente, os estudos sobre a PAP analisam os efeitos de diferentes tempos de recuperação após a CC (Batista et al., 2010; Bevan et al., 2010; Gouvêa et al., 2013; Kilduff et al., 2008). Contudo, neste estudo foram analisados os efeitos de diferentes tempos de recuperação entre as séries de contrações condicionadas, com o objetivo de perceber se diferentes tempos de recuperação entre séries (4 *versus* 8 minutos) tinham influência no desempenho dos atletas. Devido a não terem sido encontradas diferenças significativas entre protocolos não conseguimos perceber se estes diferentes tempos de recuperação influenciam a *performance* dos sujeitos.

Gullich e Schmidtbleicher (1996) analisaram as alterações na altura do CMJ antes e depois de 3 MVCs de 5 segundos dos flexores plantares e reportaram uma melhoria na altura do CMJ, 3 a 5 minutos após as MVCs. Os mesmos autores também estimularam o nervo tibial e analisaram as alterações na amplitude do reflexo H no gastrocnémio e no solear antes e depois de 5 MVCs de 5 segundos dos flexores plantares, tendo reportado um aumento na amplitude do reflexo H, 4 a 11 minutos após as MVCs.

No presente estudo foram analisadas as alterações na altura do CMJ e no reflexo H normalizado no solear antes e depois de protocolos de aquecimento baseados no exercício de *drop jump* e no exercício de agachamento. Após 8 minutos não foram encontradas alterações significativas quer na altura do CMJ quer no reflexo H normalizado.

Além das diferenças nas contrações condicionadas utilizadas (3 e 5 MVCs *versus* protocolos baseados no exercício de *drop jump* e no exercício de agachamento) e das diferenças no tempo de recuperação após a CC (3 a 5 minutos e 4 a 11 minutos *versus* 8 minutos) os participantes do nosso estudo e de Gullich e Schmidtbleicher (1996) praticavam desportos diferentes. Neste último os participantes eram atletas masculinos e femininos de atletismo, de desportos de combate, de desportos de potência e estudantes de desporto, enquanto que os atletas participantes neste estudo são todos praticantes masculinos federados de atletismo. Supomos que todas estas diferenças possam explicar os resultados diferentes.

Os efeitos da PAP em desportos dependentes da força explosiva continuam a ser inconsistentes, tal como relatado por outros investigadores. Para ser possível compreender melhor os seus efeitos, independentemente da elevada variabilidade interindividual na resposta à PAP, os fatores a ter em conta em estudos futuros parecem ser os seguintes: (i) uma dimensão da amostra considerável; (ii) atletas bem treinados, com experiência no treino de força e num bom estado de forma; (iii) protocolos de aquecimento baseados no exercício de agachamento com cargas elevadas (>80% de 1RM); (iv) tempos de recuperação entre os 8 e os 12 minutos após a contração condicionada; (v) exercícios subsequentes biomecanicamente similares aos exercícios de CC; (vi) a avaliação dos mecanismos neurais associados à PAP (reflexo H e a onda M).

7. Conclusões

Os resultados obtidos neste estudo não permitiram concluir se protocolos de natureza pliométrica induzem melhorias na *performance* motora semelhantes, superiores ou inferiores aos protocolos baseados no exercício de agachamento. Nem de que forma as alterações neurais podem contribuir para as alterações de *performance* observadas após aplicação dos diferentes protocolos.

Após analisar os efeitos de quatro protocolos de aquecimento distintos com dois tempos diferentes de recuperação entre séries na ocorrência de PAP, comparando o desempenho dos atletas no CMJ e as variações do reflexo H e da M-Max não encontrámos resultados estatisticamente significativos.

Julgamos que estes resultados se devam aos seguintes fatores: (i) reduzida dimensão da amostra (existência de poucos atletas que cumpriam com os critérios de seleção); (ii) o estado de forma dos atletas (os participantes estavam a treinar apenas há 4 semanas quando a recolha foi realizada); (iii) a elevada variabilidade interindividual na reposta à PAP.

Nenhuma das hipóteses estabelecidas foi confirmada, visto que nenhum protocolo induziu a PAP, nem melhorou o desempenho dos atletas no CMJ.

Concluindo, independentemente dos protocolos e tempos de recuperação utilizados, a ocorrência de PAP continua a ser um fenómeno inconsistente e de elevada variabilidade interindividual, o que está em concordância com os resultados obtidos em diversos estudos anteriores.

Estudos posteriores sobre a PAP devem ser realizados com amostras superiores e os sujeitos, além de bem treinados, devem estar num bom estado de forma física.

8. Bibliografia

Aagaard, P. (2003). Training induced changes in neural function. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 31(2), 61-67.

Aagaard, P., & Andersen, J. L. (1998). Correlation between contractile strength and myosin heavy chain isoform composition in human skeletal muscle. *Medicine and Science in Sports and Exercise,* 30(8), 1217-1222.

Batista, M., Roschel, H., Barroso, R., Ugrinowitsch, C., & Tricoli, V. (2010). Potenciação pós-ativação: possíveis mecanismos fisiológicos e sua aplicação no aquecimento de atletas de modalidades de potência. *Revista da Educação Física,* 21(1), 161-174.

Bevan, H., Cunningham, D., Tooley, E., Owen, N., Cook, C., & Kilduff, L. (2010). Influence of postactivation potentiation on sprinting performance in professional rugby players. *Journal of Strength and Conditioning Research,* 24(3), 701-705.

Burkett, L., Phillips, W., & Ziuraitis, J. (2005). The best warm-up for the vertical jump in college-age athletic men. *Journal of Strength and Conditioning Research,* 19(3), 673-676.

Chiu, L., Fry, A., Weiss, L., Schilling, B., Brown, L., & Smith, S. (2003). Postactivation potentiation response in athletic and recreationally trained individuals. *Journal of Strength and Conditioning Research,* 17(4), 671.

Chu, D. A. (1998). *Jumping into Plyometrics.* Champaign: Human Kinetics.

Duthie, G. M., Young, W. B., & Aitken, D. A. (2002). The acute effects of heavy loads on jump squat performance: an evaluation of the complex and contrast methods of power development *Journal of Strength and Conditioning Research,* 16(4), 530-538.

Ebben, W. P. (2002). Complex training: A brief review. *Journal of Sports Science and Medicine*, 1(2), 42-46.

Ebben, W. P. (2006). A brief review of concurrent activation potentiation: theoretical and practical constructs. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(4), 985-991.

Esformes, J. I., Cameron, N., & Bampouras, T. M. (2010). Postactivation potentiation following different modes of exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research,* 24(7), 1911-1916.

Folland, J., & Williams, A. (2007). The adaptations to strength training: morphological and neurological contributions to increased strength. *Sports Medicine,* 37(2), 145-168.

French, D., Kraemer, W., & Cooke, C. (2003). Changes in dynamic exercise performance following a sequence of preconditioning isometric muscle actions. *Journal of Strength and Conditioning Research,* 17(4), 678-685.

Gandevia, S. C. (2001). Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiological reviews,* 81(4), 1725-1789.

Golas, A., Maszczyk, A., Zajac, A., Mikolajec, K., & Stastny, P. (2016). Optimizing post activation potentiation for explosive activities in competitive sports. *Journal of Human Kinetics, 52*(1), 95-106.

Gourgoulis, V., Aggeloussis, N., Kasimatis, P., Mavromatis, G., & Garas, A. (2003). Effect of a submaximal half-squats warm-up program on vertical jumping ability. *Journal of Strength and Conditioning Research,* 17(2), 342-344.

Gouvêa, A. L., Fernandes, I. A., César, E. P., Silva, W. A., & Gomes, P. S. (2013). The effects of rest intervals on jumping performance: A meta-analysis on post-activation potentiation studies. *Journal of Sports Sciences,* 31(5), 459-467.

Güllich, A., & Schmidtbleicher, D. (1996). MVC-induced short-term potentiation of explosive force. *New Studies in Athletics,* 11(4), 67-81.

Hamada, T., Sale, D. G., MacDougall, D., & Tamopolsky, M. (2000). Postactivation potentiation, fiber type, and twitch contraction time in human knee extensor muscles. *Journal of Applied Physiology,* 88(6), 2131-2137.

Hanson, E., Leigh, S., & Mynark, R. (2007). Acute effects of heavy and light load squat exercise on the kinetic measures of vertical jumping. *Journal of Strength and Conditioning Research,* 21(4), 1012-1017.

Hermens, H., Freriks, B., Merletti, R., Stegeman, D. F., Blok, J., Rau, G., Disselhorst-Klug, C., & Hagg, G. (1999). European recommendations for surface electromyography. Results of the SENIAM project. *Roessingh Research and Development*.

Hodgson, M., Docherty, D., & Robbins, D. (2005). Post-activation potentiation - Underlying physiology and implications for motor performance. *Sports Medicine,* 35(7), 585-595.

Iglesias-Soler, E., Paredes, X., Carballeira, E., Márquez, G., & Fernández-del-Olmo, M. (2011). Effect of intensity and duration of conditioning protocol on post-activation potentiation and changes in H-reflex. *European Journal of Sport Science,* 11(1), 33-38.

Izquierdo, M., Häkkinen, K., González-Badillo, J., Ibanez, J., & Gorostiaga, E. (2002). Effects of long-term training specificity on maximal strength and power of the upper and lower extremities from different sports. *European Journal of Applied Physiology,* 87(3), 264-271.

Jensen, R., & Ebben, W. (2003). Kinetic analysis of complex training rest interval effect on vertical jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research,* 17(2), 345-349.

Jones, P. A., & Lees, A. (2003). A biomechanical analysis of the acute effects of complex training using limb exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research,* 17(4), 694-700.

Jubeau, M., Gondin, J., Martin, A., Hoecke, J. V., & Maffiuletti, N. A. (2010). Differences in twitch potentiation between voluntary and stimulated quadriceps contractions of equal intensity. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports,* 20(1), 56-62.

Kilduff, L. P., Bevan, H., Kingsley, M. I. C., Owen, N., Bennet, M. A., Bunce, P., Hore, A., Maw, J., & Cunningham, D. (2007). Postactivation potentiation in professional rugby players: optimal recovery. *Journal of Strength and Conditioning Research,* 21(4), 1134-1138.

Kilduff, L. P., Owen, N., Bevan, H., Bennet, M. A., Kingsley, M. I. C., & Cunningham, D. (2008). Influence of recovery time on post-activation potentiation in professional rugby players. *Journal of Sports Science,* 26(8), 795-802.

Knikou, M. (2008). The H-reflex as a probe: Pathways and pitfalls. *Journal of Neuroscience Methods,* 171(1), 1-12.

Lees, A., & Fahmi, E. (1994). Optimal drop heights for plyometric training. *Ergonomics, 37*(1), 141-148.

Linder, E. E., Prins, J. H., Murata, N. M., DeRenne, C., Morgan, C. F., & Solomon, J. R. (2010). Effects of preload 4 repetition maximum on 100-m sprint times in collegiate women. *Journal of Strength and Conditioning Research,* 24(5), 1184-1190.

Lorenz, D. (2011). Postactivation potentiation: An introduction. *The International Journal of Sports Therapy,* 6(3), 234-240.

McBride, J. M., Nimphius, S., & Erickson, T. M. (2005). The acute effects of heavy-load squats and loaded countermovement jumps on sprint performance. *Journal of Strength and Conditioning Research,* 19(4), 893-897.

McCann, M. R., & Flanagan, S. P. (2010). The effects of exercise selection and rest interval on post activation potentiation of vertical jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research,* 24(3), 1285-1291.

Misiaszek, J. (2003). The H-reflex as a tool in neurophysiology: Its limitations and uses in understanding nervous system function. *Muscle Nerve,* 28(2), 144-160.

Miyamoto, N., Fukunaga, T., & Kawakami, Y. (2009). Evidence for intermuscle difference in postactivation potentiation in the human triceps surae: A mechanomyographic study. *Muscle Nerve,* 39(5), 703-706.

Pierrot-Deseilligny, E., & Burke, D. C. (2005). *The circuitry of the human spinal cord: Its role in motor control and movement disorders*. Cambridge: Cambridge University Press.

Pierrot-Deseilligny, E., & Mazevet, D. (2000). The monosynaptic reflex: A tool to investigate motor control in humans. Interest and limits. Neurophysiologie Clinique, 30(2), 67-80.

Radcliffe, J. C., & Radcliffe, L. (1996). Effects of different warm-up protocols on peak power output during a single response jump task. *Medicine and Science in Sports and Exercise,* 28(5), 189.

Rahimi, R. (2007). The acute of heavy versus light-load squats on sprint performance. *Physical Education and Sport,* 5(2), 163-169.

Rassier, D., & MacIntosh, B. (2000). Coexistence of potentiation and fatigue in skeletal muscle. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research,* 33(5), 499-508.

Rixon, K., Lamont, H., & Bemben, M. (2007). Influence of type of muscle contraction, gender, and lifting experience on postactivation potentiation performance. *Journal of Strength and Conditioning Research,* 21(2), 500-505.

Robbins, D. W. (2005). Postactivation potentiation and its practical applicability: A brief review. *Journal of Strength and Conditioning Research,* 19(2), 453-458.

Sale, D. G. (2002). Postactivation potentiation: Role in human performance. *Exercise and sport sciences reviews, 30*(3), 138-143.

Sale, D. G. (2004). Postactivation potentiation: Role in performance. *British Journal of Sports Medicine,* 38(4), 386-387.

Seitz, L. B., & Haff, G. G. (2016). Factors modulating post-activation potentiation of jump, sprint, throw, and upper-body ballistic performances: A systematic review with meta-analysis. *Sports Medicine,* 46(2), 231-240.

Seitz, L. B., Villarreal, E. S.-S. d., & Haff, G. G. (2014). The temporal profile of postactivation potentiation is related to strength level. *Journal of Strength and Conditioning Research,* 28(3), 706-715.

Skof, B., & Strjnik, V. (2007). The effect of two warm-up protocols on some biomechanical parameters of the neuromuscular system of middle distance runners. *Journal of Strength and Conditioning Research,* 21(2), 395-399.

Stone, M., Sands. W., Pierce, K., Ramsey, M., & Haff, G. G. (2008). Power and power potentiation among strength-power athletes: Preliminary study. *International Journal of Sports Physiology and Performance,* 3(1), 55-67.

Till, K., & Cooke, C. (2009). The effects of postactivation potentiation on sprint and jump of male academy soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research,* 23(7), 1960-1967.

Tillin, N. A., & Bishop, D. (2009). Factors modulating post-activation potentiation and its effects on performance of subsequent explosive activities. *Sports Medicine,* 39(2), 147-166.

Trimble, M., & Harp, S. (1998). Postexercise potentiation of the H-reflex in humans. *Medicine and Science in Sports and Exercise,* 30(6), 933-941.

Villarreal, E. S.-S. d., González-Badillo, J., & Izquierdo, M. (2007). Optimal warm-up stimuli of muscle activation to enhance short and long-term acute jumping performance. *European Journal of Applied Physiology,* 100(4), 393-401.

Villarreal, E. S.-S. d., Kellis, E., Kraemer, W. J., & Izquierdo, M. (2009). Determining variables of plyometric training for improving vertical jump height performance: A meta-analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research,* 23(2), 495-506.

Whelan, N., O'Regan, C., & Harrison, A. (2014). Resisted sprints do not acutely enhance sprinting performance. *Journal of Strength and Conditioning Research,* 28(7), 1858-1866.

Wilson, J. M., Duncan, N. M., Marin, P. J., Brown, L. E., Loenneke, J. P., Wilson, S. M., Jo, E., Lowery, R. P., & Ugrinowitsch, C. (2013). Meta-analysis of postactivation potentiation and power: Effects of conditioning activity, volume, gender, rest periods and training status. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(3), 854-859.

Xenofondos, A., Laparidis, K., Kyranoudis, A., Galazoulas, C., Bassa, E., & Kotzamanidis, C. (2010). Post-activation potentiation: Factors affecting it and the effect on performance. *Journal of Physical Education and Sport,* 28(3), 32-38.

Young, W. (1993). Training for speed/strength: Heavy vs light loads. *Strength and Conditional Journal,* 15(5), 34-43.