UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE

Ricardo Paes de Barros Berton

Efeitos do levantamento de peso olímpico e da pliometria no desempenho dos
saltos verticais e da velocidade de corrida

São Paulo
2020

RICARDO PAES DE BARROS BERTON

**Efeitos do levantamento de peso olímpico e da pliometria no desempenho
dos saltos verticais e da velocidade de corrida**

VERSÃO CORRIGIDA

Tese apresentada à Escola de Educação Física
e Esporte da Universidade de São Paulo, como
requisito parcial para a obtenção do título de
Doutor em Ciências

Área de concentração: Estudos Biodinâmicos
da Educação Física e Esporte

Orientador: Prof. Dr. Valmor A. A. Tricoli

São Paulo

2020

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo da Publicação
Serviço de Biblioteca
Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo

Berton, Ricardo Paes de Barros
Efeito do levantamento de peso olímpico e da pliometria no
desempenho dos saltos verticais e da velocidade de corrida /
Ricardo Paes de Barros Berton. – São Paulo : [s.n.], 2020.
93p.

Tese (Doutorado) - -Escola de Educação Física e Esporte
da Universidade de São Paulo.
Orientador: Prof. Dr. Valmor A. A. Tricoli

1. Desempenho esportivo 2. Velocidade 3. Corrida

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Nome: BERTON, Ricardo Paes de Barros

Título: Efeitos do levantamento de peso olímpico e da pliometria no desempenho dos saltos verticais e da velocidade de corrida.

Tese apresentada à Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr.: _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a minha família. Agradeço aos meus pais, Eliana e Wagner e ao meu irmão Vinícius, por todo apoio, motivação e paciência ao longo desse caminho. Não tenho dúvidas que em diversos momentos, a minha família abriu mão de um maior bem-estar para que eu pudesse realizar meus sonhos. Reconheço e sou eternamente grato por isso.

Agradeço também ao meu orientador Valmor Tricoli. Agradeço desde a recepção em março de 2015 até o final desse processo. Reconheço todo seu empenho, esforço, profissionalismo e dedicação. Novamente, muito obrigado.

Agradeço a todos os amigos que acompanharam e ajudaram de maneira direta ou indireta a realização desse trabalho. Obrigado aos meus amigos Acácio Neto, Carla Batista, Carlos Ugrinowitsch, Claudio Machado, Cleiton Libardi, David Demostenys, Fabiano Pinheiro, Felipe Cassaro, Felipe Damas, Gilberto Laurentino, Guilherme Telles, Gustavo Teixeira, Igor Longobardi, Jumes Lira, Lucas Neves, Lucas Tavares, Manoel Lixandrão, Miguel Conceição, Raquel Marquesini e Victoria Hevia.

Por fim, agradeço a Escola de Educação Física e Esporte da USP e o Auxílio à Pesquisa Regular fornecida pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP – processo número: 2017/27130-2).

RESUMO

BERTON, Ricardo Paes de Barros. Efeitos do levantamento de peso olímpico e da pliometria no desempenho dos saltos verticais e da velocidade de corrida. 2020. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

O objetivo do presente estudo foi comparar os efeitos do LPO vs. PLIO sobre o desempenho e os parâmetros relacionados à melhora dos saltos verticais e da velocidade de corrida. Para tanto, foram recrutados 45 participantes. A primeira etapa (4 semanas) foi destinada à aprendizagem dos exercícios do LPO. Após esse período, os participantes realizaram os testes pré-treinamento constituídos pelos saltos verticais sem (SJ) e com contramovimento (CMJ), CMJ com a adição de diferentes resistências externas (40%, 60% e 80% da massa corporal), velocidade de corrida em 30 m e teste de força dinâmica máxima no exercício meio-agachamento. Nos saltos verticais o desempenho foi mensurado por meio da altura do salto vertical e os parâmetros relacionados ao desempenho foram mensurados pela força pico, velocidade pico, potência pico e apenas para o CMJ também pela rigidez das estruturas musculoesqueléticas. Para a velocidade de corrida, o desempenho foi mensurado pela velocidade nas distâncias de 0-5, 0-10, 0-20 e 0-30 m e os parâmetros relacionados ao desempenho foram à força horizontal, potência horizontal e comprimento do passo. Após os testes pré-treinamento, os participantes foram aleatorizados em um dos três possíveis grupos (LPO, PLIO ou grupo controle (GC)) e em seguida, iniciaram o período de treinamento com duração de oito semanas (16 sessões). Ao término do período de treinamento, foram realizados os testes pós-treinamento (mesma ordem e testes do pré-treinamento). Para a comparação estatística entre os grupos foi utilizado o modelo misto e quando adequado o *post-hoc* de Tukey. O valor de significância adotado foi de $p < 0,05$. No SJ foram observados aumentos significantes no momento pós-treinamento em relação ao momento pré-treinamento apenas para a PLIO nas variáveis, altura vertical (7,8%), velocidade pico (3,7%) e potência pico (7,0%). No CMJ não foi observada nenhuma alteração significativa para a PLIO, LPO e GC. Em relação ao CMJ com adição de 40% da massa corporal foram observados aumentos significantes no momento pós-treinamento em relação ao momento pré-treinamento para o LPO (força pico = 4,1%) e PLIO (altura vertical = 6,1%, força pico = 4,6%, velocidade pico = 2,8% e potência pico = 6,6%). No CMJ com adição de 60% da massa corporal foram observados aumentos significantes no momento pós-treinamento em relação ao momento pré-treinamento apenas para a PLIO (altura vertical = 8,9%, velocidade pico = 4,2% e potência pico = 5,6%). Por fim, no CMJ com 80% da massa corporal nenhuma alteração significativa foi observada para os três grupos. Para a velocidade de corrida apenas a PLIO aumentou significativamente a velocidade nas distâncias de 0-5 (2,8%), 0-10 (2,6%) e 0-20 m (1,6%). Adicionalmente, foi observado aumento significativo na potência horizontal apenas para o grupo PLIO (6,6%). As variáveis, rigidez das estruturas musculoesqueléticas durante o CMJ, teste de força dinâmica máxima no exercício meio-agachamento e comprimento do passo não foram alteradas significativamente em nenhum dos três grupos. Como conclusão, os resultados do presente estudo indicam a superioridade da PLIO em relação ao LPO no desempenho dos saltos verticais e velocidade de corrida.

Palavras-chave: Desempenho esportivo. Tripla extensão. Ciclo alongamento-encurtamento. Perfil força-velocidade.

ABSTRACT

BERTON, Ricardo Paes de Barros. Effects of weightlifting derivatives and plyometrics on vertical jump and sprinting performance. 2020. Thesis (Doctor in Science) - School of Physical Education and Sport, University of São Paulo, São Paulo, 2020.

The aim of the present study was to compare the effects of LPO vs. PLIO on performance and parameters related to the improvement of the vertical jumps and sprinting. Forty-five male participants were recruited to participate in the study. The first period (4 weeks) was aimed the learning the exercises of the LPO. After this period, participants performed the pre-training tests that consisted of vertical jumps without (SJ) and with countermovement (CMJ), CMJ with addition of different loads (40%, 60% and 80% of body mass), 30 m sprinting and, maximum dynamic strength (1RM) in the half-squat exercise. For vertical jumps, performance was measured by the height and the parameters related to performance were measured by peak force, peak velocity, and peak power and only for CMJ also by the stiffness of musculoskeletal structures. For sprinting, the performance was measured by velocity in the distances of 0-5, 0-10, 0-20 and 0-30 m and the parameters related to performance were horizontal force, horizontal power and step length. After the pre-training tests, participants were allocated randomly into one of three possible groups (LPO, PLIO or control (CG)). Then, they started the eight-week training period (16 sessions). Following the training period, the post-training tests (the same tests in the same order of the pre-training) were carried out. For the statistical comparison between the groups, was used the mixed model and when appropriate Tukey's post-hoc. The significance level adopted was $p < 0.05$. In the SJ, significant increases were observed in the post-training in relation to the pre-training only for PLIO in the variables, vertical jump height (7.8%), peak velocity (3.7%) and peak power (7.0%). In CMJ, no significant changes were observed for PLIO, LPO and GC. In relation to CMJ with addition of 40% of body mass, significant increases were observed in the post-training in relation to the pre-training for LPO (peak force = 4.1%) and PLIO (vertical jump height = 6.1%, peak force = 4.6%, peak velocity = 2.8% and peak power = 6.6%). In the CMJ with addition of 60% of body mass, significant increases were observed in the post-training in relation to the pre-training only for PLIO (vertical jump height = 8.9%, peak velocity = 4.2% and peak power = 5.6 %). Finally, in the CMJ with 80% of body mass, no significant changes were observed for the three groups. For sprinting, it was observed only for PLIO significantly increased in the velocity in the distances 0-5 (2.8%), 0-10 (2.6%) and 0-20 m (1.6%). In addition, a significant increase in horizontal power was observed only for PLIO (6.6%). It should be noted that, the stiffness of musculoskeletal structures during the CMJ, maximum dynamic strength in the half-squat exercise, and step length remained unchanged in all three groups. In conclusion, the results of the present study indicated a superiority of the PLIO in comparison the LPO on the vertical jumps and sprinting velocity performance.

Key-words: Sports performance. Triple extension. Stretch-shortening cycle. Force-velocity profile.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Número de artigos científicos publicados com o objetivo de verificar o efeito levantamento de peso olímpico sobre o salto vertical e a velocidade de corrida. Número de artigos apresentados por ano (colunas brancas) e total (coluna preta).....	25
Figura 2. Efeito do levantamento de peso olímpico sobre o desempenho dos saltos verticais sem (SJ) e com contramovimento (CMJ) e da velocidade de corrida nas distâncias 0 a 5-10 metros, 0 a 20-36 metros e 0 a 20-36 metros* (sem estudo de Moore, Hickey e Reiser).	27
Figura 3. Número de artigos científicos publicados com o termo <i>plyometric training</i> no período de 1983 a 2020. Número de artigos apresentados por década e total.....	30
Figura 4. Efeitos da pliometria sobre o desempenho dos saltos verticais sem (SJ) e com contramovimento (CMJ). Resultados apresentados em média $\pm$ desvio padrão..	31
Figura 5. Efeito da pliometria sobre o desempenho da velocidade de corrida nas distâncias 0 a 5-10 metros e 0 a 20-30 metros. Resultados apresentados em média $\pm$ desvio padrão.....	32
Figura 6. Procedimentos experimentais. Sessões 1, 2 e 7 = saltos verticais (sem e com contramovimento e com resistências externas de 40%, 60% e 80% da massa corporal), sessões 3, 4 e 8 = velocidade de corrida e sessões 5, 6 e 9 = força dinâmica máxima (1RM) no exercício meio-agachamento. A seta representa a filmagem do exercício <i>hang power clean</i> . 42	
Figura 7. Teste de salto vertical sem contramovimento (SJ). Seta preta = estrutura similar a um estadiômetro, seta branca = faixa elástica..	43
Figura 8. Teste de salto vertical com contramovimento (CMJ).	44
Figura 9. Teste de salto vertical com contramovimento (CMJ%), com resistências externas de 40%, 60% e 80% da massa corporal.	45
Figura 10. Teste de força dinâmica máxima no exercício meio-agachamento. Seta preta = estrutura similar a um estadiômetro, seta branca = faixa elástica.....	47
Figura 11. Representação do teste de velocidade de corrida. As bandeiras representam os marcadores de 5, 10, 15, 20, 25 e 30 m. Os triângulos pretos representam os marcadores fixados para a correção do efeito paralaxe..	48
Figura 12. Exercícios de levantamento de peso olímpico.....	52
Figura 13. Exercícios pliométricos.	53
Figura 14. Diagrama de fluxo.....	56
Figura 15. Deslocamento horizontal máximo da barra. * Diferença significativa em relação à 2ª sessão. Dados apresentados em média $\pm$ DP.	59
Figura 16. Representação da trajetória da barra na 2ª e 8ª sessão de aprendizagem (linha preta e cinza, respectivamente). Figura meramente ilustrativa.....	59

Figura 17. Alteração da (A) quantidade de peso no exercício *hang power clean*, grupo levantamento de peso olímpico (LPO) e alteração da (B) altura do obstáculo no exercício salto sobre obstáculos, grupo pliometria (PLIO). * Diferença significativa em relação à sessão 1. Dados apresentados em média $\pm$ DP..... 60

Figura 18. Salto vertical sem contramovimento (SJ) nos diferentes grupos experimentais. Alteração percentual média (—) e individual (•) na (A) altura, (B) na força pico, (C) na velocidade pico e (D) na potência pico. Área demarcada em cinza representa o erro de medida (coeficiente de variação). LPO = grupo levantamento de peso olímpico, PLIO = grupo pliometria e GC = grupo controle..... 63

Figura 19. Salto vertical com contramovimento (CMJ) nos diferentes grupos experimentais. Alteração percentual média (—) e individual (•) na (A) altura, (B) na força pico, (C) na velocidade pico, (D) na potência pico e (E) na rigidez da estrutura musculoesquelética. Área demarcada em cinza representa o erro de medida (coeficiente de variação). LPO = grupo levantamento de peso olímpico, PLIO = grupo pliometria e GC = grupo controle..... 64

Figura 20. Salto vertical com contramovimento com resistência de 40% da massa corporal (CMJ40%) nos diferentes grupos experimentais. Alteração percentual média (—) e individual (•) na (A) altura, (B) na força pico, (C) na velocidade pico e (D) na potência pico. Área demarcada em cinza representa o erro de medida (coeficiente de variação). LPO = grupo levantamento de peso olímpico, PLIO = grupo pliometria e GC = grupo controle..... 69

Figura 21. Salto vertical com contramovimento com resistência de 60% da massa corporal (CMJ60%) nos diferentes grupos experimentais. Alteração percentual média (—) e individual (•) na (A) altura, (B) na força pico, (C) na velocidade pico e (D) na potência pico. Área demarcada em cinza representa o erro de medida (coeficiente de variação). LPO = grupo levantamento de peso olímpico, PLIO = grupo pliometria e GC = grupo controle..... 70

Figura 22. Salto vertical com contramovimento com resistência de 80% da massa corporal (CMJ80%) nos diferentes grupos experimentais. Alteração percentual média (—) e individual (•) na (A) altura, (B) na força pico, (C) na velocidade pico e (D) na potência pico. Área demarcada em cinza representa o erro de medida (coeficiente de variação). LPO = grupo levantamento de peso olímpico, PLIO = grupo pliometria e GC = grupo controle..... 71

Figura 23. Força dinâmica máxima (1RM) nos diferentes grupos experimentais. Alteração percentual média (—) e individual (•) na 1RM relativa. Área demarcada em cinza representa o erro de medida (coeficiente de variação). LPO = grupo levantamento de peso olímpico, PLIO = grupo pliometria e GC = grupo controle..... 71

Figura 24. Velocidade de corrida em diferentes distâncias nos diferentes grupos experimentais. Alteração percentual média (—) e individual (•) nas distâncias (A) 0-5 m, (B) 0-10 m, (C) 0-20 m e (D) 0-30 m. Área demarcada em cinza representa o erro de medida (coeficiente de variação). LPO = grupo levantamento de peso olímpico, PLIO = grupo pliometria e GC = grupo controle..... 74

Figura 25. Variáveis associadas ao desempenho da velocidade de corrida nos diferentes grupos experimentais. Alteração percentual média (—) e individual (•) na (A) força horizontal, (B) na potência horizontal e (C) no comprimento da passada. Área demarcada em

cinza representa o erro de medida (coeficiente de variação). LPO = grupo levantamento de peso olímpico, PLIO = grupo pliometria e GC = grupo controle..... 75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características dos estudos que investigaram os efeitos do LPO sobre o salto vertical e a velocidade de corrida.	26
Tabela 2. Protocolos de treinamento do LPO e da PLIO.	53
Tabela 3. Reprodutibilidade de medida para as variáveis dos saltos verticais e força dinâmica máxima (1RM).....	57
Tabela 4. Reprodutibilidade de medida para as variáveis da velocidade de corrida.	58
Tabela 5. Variáveis dos testes salto vertical sem contramovimento (SJ) e com contramovimento (CMJ) nos momentos pré e pós-treinamento..	62
Tabela 6. Variáveis dos testes salto vertical com contramovimento (CMJ) com resistências externas de 40% (CMJ40%), 60% (CMJ60%) e 80% (CMJ80%) da massa corporal e do teste de força dinâmica máxima (1RM) nos momentos pré e pós-treinamento.	67
Tabela 7. Desempenho da velocidade de corrida e das variáveis associadas nos momentos pré e pós-treinamento.....	73

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

LPO - Levantamento de peso olímpico e seus educativos

PLIO - Pliometria

GC - Grupo controle

SJ - Salto vertical sem contramovimento

CMJ - Salto vertical com contramovimento

1RM - Teste de força dinâmica máxima (uma repetição máxima)

CMJ40% - Salto vertical com contramovimento com resistência externa de 40% da massa corporal

CMJ60% - Salto vertical com contramovimento com resistência externa de 60% da massa corporal

CMJ80% - Salto vertical com contramovimento com resistência externa de 80% da massa corporal

FRS - Força de reação do solo

HPC - *Hang power clean*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS.....	18
2.1	Objetivo geral	18
2.2	Objetivos específicos	18
3	REVISÃO DE LITERATURA	19
3.1	Importância dos saltos verticais e da velocidade de corrida	19
3.2	Levantamento de peso olímpico: características e vantagens.....	21
3.2.1	Efeitos do levantamento de peso olímpico sobre o desempenho dos saltos verticais e da velocidade de corrida	24
3.3	Pliometria: características e vantagens	27
3.3.1	Efeito da pliometria sobre o desempenho dos saltos verticais e da velocidade de corrida.....	29
3.4	Levantamento de peso olímpico vs. pliometria: comparação do desempenho do salto vertical.....	32
3.5	Levantamento de peso olímpico vs. pliometria: comparação do desempenho do salto vertical com resistência externa	35
3.6	Levantamento de peso olímpico vs. pliometria: comparação do desempenho da velocidade de corrida	37
4	MATERIAIS E MÉTODOS	41
4.1	Amostra	41
4.2	Procedimentos experimentais	41
4.3	Testes.....	42
4.3.1	Saltos verticais.....	42
4.3.1.1	Aquisição das variáveis dos saltos verticais.....	45
4.3.1.2	Rigidez das estruturas musculoesqueléticas.....	46
4.3.2	Teste de força dinâmica máxima.....	46

4.3.3	Velocidade de corrida	
4.3.3.1	Aquisição das variáveis da velocidade de corrida	47
4.4	Período de aprendizagem.....	49
4.4.1	Análise da técnica do <i>hang power clean</i>	49
4.5	Protocolos de treinamento	50
4.6	Análise estatística	54
5	RESULTADOS	56
5.1	Diagrama de fluxo	56
5.2	Reprodutibilidade de medida	57
5.3	Análise da técnica do exercício <i>hang power clean</i> durante o período de aprendizagem.....	59
5.4	Resultados referentes ao período de treinamento	60
6	DISCUSSÃO	76
6.1	Período de aprendizagem.....	76
6.2	Período de treinamento	77
6.2.1	Progressão da carga de treinamento	77
6.2.2	Salto vertical sem (SJ) e com contramovimento (CMJ) e rigidez das estruturas musculoesqueléticas	77
6.2.3	Salto vertical com contramovimento com adição de resistências externas de 40% (CMJ40%), 60% (CMJ60%) e 80% (CMJ80%) da massa corporal e teste de força dinâmica máxima (1RM).....	80
6.2.4	Velocidade de corrida, força e potência horizontal e comprimento do passo.....	83
6.2.5	Limitações	84
7	CONCLUSÃO	86
8	REFERÊNCIAS	87

1 INTRODUÇÃO

Durante a realização dos fundamentos como o rebote no basquetebol, o saque no tênis de campo, o arremesso no handebol e a situação de jogo como o contra-ataque no futebol, a habilidade de saltar mais alto (salto vertical executado em diversas condições) e de percorrer distâncias no menor tempo possível (velocidade de corrida) podem contribuir decisivamente para o desempenho esportivo. Nesta perspectiva, é amplamente disseminada a utilização de diferentes métodos de treinamento que possibilitem a melhora dessas habilidades motoras. Especificamente, destacam-se dois métodos de treinamento, o levantamento de peso olímpico e seus educativos (LPO) e a pliometria (PLIO) (ARABATZI; KELLIS; SAEZ-SAEZ DE VILLARREAL, 2010; HACKETT; DAVIES; SOOMRO; HALAKI, 2016; HAWKINS; DOYLE; MCGUIGAN, 2009; MARKOVIC, 2007; MOORE; HICKEY; REISER, 2005; TEO; NEWTON; NEWTON; DEMPSEY *et al.*, 2016; TRICOLI; LAMAS; CARNEVALE; UGRINOWITSCH, 2005).

O método de treinamento LPO é caracterizado pelo uso dos exercícios arranco e arremesso. Contudo, exercícios educativos (i.e., exercícios de menor complexidade que enfatizam uma determinada fase do arranco ou do arremesso), também são utilizados na tentativa de melhorar a capacidade de produzir potência e especialmente, o desempenho do salto vertical e da velocidade de corrida (ARABATZI; KELLIS; SAEZ-SAEZ DE VILLARREAL, 2010; HAWKINS; DOYLE; MCGUIGAN, 2009; MOORE; HICKEY; REISER, 2005; ORANCHUK; ROBINSON; SWITAJ; DRINKWATER, 2017; SUCHOMEL; COMFORT; STONE, 2015; TEO; NEWTON; NEWTON; DEMPSEY *et al.*, 2016; TRICOLI; LAMAS; CARNEVALE; UGRINOWITSCH, 2005). Outra característica do LPO está relacionada à possibilidade de realizar os exercícios com diferentes resistências externas (baixa resistência externa/alta velocidade e alta resistência externa /baixa velocidade) (SUCHOMEL; COMFORT; LAKE, 2017). Esta característica é importante, pois permite a manipulação e a alteração do perfil da curva força-velocidade (SUCHOMEL; COMFORT; LAKE, 2017); o que consequentemente, pode resultar numa maior adequação da produção de força e de potência às necessidades das habilidades motoras da modalidade esportiva em questão.

Já a PLIO, é caracterizada pelo uso de exercícios com baixa resistência externa e pela rápida realização da ação excêntrica, seguida imediatamente da ação concêntrica (i.e., ciclo alongamento-encurtamento) (CORMIE; MCGUIGAN; NEWTON, 2011; MALISOUX; FRANCAUX; NIELENS; THEISEN, 2006). Adicionalmente, outra característica importante

e exclusiva da PLIO, é a possibilidade de realizar os exercícios nos três diferentes eixos (lâtero-lateral, ântero-posterior e longitudinal). Do ponto de vista prático, essa característica é relevante, pois permite que exercício pliométrico seja realizado no mesmo eixo da ação na qual a habilidade motora está inserida (DELLO IACONO; MARTONE; MILIC; PADULO, 2017).

Como é possível observar, o LPO e a PLIO possuem algumas características distintas. Ainda assim, ambos os métodos de treinamento proporcionam melhoras semelhantes no desempenho do salto vertical (ARABATZI; KELLIS; SAEZ-SAEZ DE VILLARREAL, 2010; BERTON; LIXANDRÃO; PINTO; TRICOLI, 2018; HACKETT; DAVIES; SOOMRO; HALAKI, 2016; MOORE; HICKEY; REISER, 2005). Uma possível explicação para esse desfecho pode estar atrelada à melhora do desempenho do salto vertical, a partir de diferentes adaptações induzidas por cada método de treinamento (ARABATZI; KELLIS; SAEZ-SAEZ DE VILLARREAL, 2010; HACKETT; DAVIES; SOOMRO; HALAKI, 2016). Por exemplo, é sugerido que a melhora na utilização do ciclo alongamento-encurtamento seja a adaptação preponderante na PLIO (ARABATZI; KELLIS; SAEZ-SAEZ DE VILLARREAL, 2010; HACKETT; DAVIES; SOOMRO; HALAKI, 2016; MROCZEK; MACKALA; CHMURA; SUPERLAK *et al.*, 2019), ao passo que no LPO, essa adaptação não desempenha um papel relevante. Além do mais, é sugerida que a melhora na utilização do ciclo alongamento-encurtamento em decorrência da PLIO, ocorra pelo aumento da rigidez das estruturas musculoesqueléticas (BRAZIER; BISHOP; SIMONS; ANTROBUS *et al.*, 2014; HACKETT; DAVIES; SOOMRO; HALAKI, 2016; MROCZEK; MACKALA; CHMURA; SUPERLAK *et al.*, 2019; SPURRS; MURPHY; WATSFORD, 2003). Portanto, para verificar se a melhora do desempenho no salto vertical ocorre por diferentes adaptações, é necessária a comparação da rigidez das estruturas musculoesqueléticas entre o LPO e a PLIO.

Deve ser destacado que em diversas modalidades esportivas, o salto vertical é executado não somente com a massa corporal do atleta, mas também com a adição de resistência externa, como a oposição de um adversário. Além disso, é importante ressaltar que mesmo em modalidades esportivas onde o salto vertical não seja preponderante; por vezes, há necessidade de realizar a tripla extensão (i.e., extensão das articulações do quadril, dos joelhos e dos tornozelos) com a máxima velocidade possível contra a força do adversário (e.g., movimentos do rúgbi e de modalidades de combate). Neste sentido, a melhora da capacidade dos membros inferiores em produzir potência mecânica com a adição de resistência externa é fundamental. Contudo, até o presente momento, nenhum estudo comparou os efeitos do LPO e da PLIO sobre o desempenho do salto vertical e da produção de potência mecânica dos

membros inferiores com diferentes resistências externas. Ainda assim, apesar dessa falta de informação, é possível especular um melhor desempenho para o LPO em relação à PLIO. Como mencionado anteriormente, o LPO permite realizar os exercícios com alta resistência externa (SUCHOMEL; COMFORT; LAKE, 2017), enquanto a PLIO executa os exercícios apenas com a massa corporal, isto é, com baixa resistência externa (FATOUROS; JAMURTAS; DEONTSINI; TAXILDARIS *et al.*, 2000; WILSON; NEWTON; MURPHY; HUMPHRIES, 1993). Essa diferença é fundamental e vantajosa para o LPO, uma vez que a realização do exercício com maior resistência externa pode ocasionar maior ganho da força muscular (AMERICAN COLLEGE OF SPORTS, 2009; SCHOENFELD; PETERSON; OGBORN; CONTRERAS *et al.*, 2015). Por sua vez, o aumento da força muscular é relevante, pois é um dos fatores cruciais para a melhora do desempenho do salto vertical e da produção de potência mecânica com a adição de resistência externa (HORI; NEWTON; ANDREWS; KAWAMORI *et al.*, 2008; MARKOVIC; MIRKOV; NEDELJKOVIC; JARIC, 2014; NIBALI; CHAPMAN; ROBERGS; DRINKWATER, 2013; STONE; O'BRYANT; MCCOY; COGLIANESE *et al.*, 2003; SWINTON; LLOYD; KEOGH; AGOURIS *et al.*, 2014).

Com relação ao desempenho da velocidade de corrida, resultados contraditórios podem ser observados na literatura especialmente nas distâncias curtas (TEO; NEWTON; NEWTON; DEMPSEY *et al.*, 2016; TRICOLI; LAMAS; CARNEVALE; UGRINOWITSCH, 2005). Enquanto o LPO foi mais efetivo para alterar o desempenho na distância de 10 metros (TRICOLI; LAMAS; CARNEVALE; UGRINOWITSCH, 2005), resposta semelhante entre os métodos foi evidenciada para a distância de 5 metros (TEO; NEWTON; NEWTON; DEMPSEY *et al.*, 2016). Embora os resultados sejam conflitantes, um aspecto importante e que poderia contribuir para uma maior eficiência da PLIO não foi verificado. Como mencionado anteriormente, a PLIO possibilita a execução dos exercícios no eixo ântero-posterior. Esta característica atribui maior similaridade para o aperfeiçoamento da velocidade de corrida. Em outras palavras, o uso do salto horizontal na PLIO pode contribuir para um melhor desempenho, devido a maior similaridade e consequentemente, uma maior transferência dos fatores importantes para a velocidade de corrida, como a força e a potência horizontais (BUCHHEIT; SAMOZINO; GLYNN; MICHAEL *et al.*, 2014; CHELLY; DENIS, 2001; MORIN; BOURDIN; EDOUARD; PEYROT *et al.*, 2012; RABITA; DOREL; SLAWINSKI; SAEZ-DE-VILLARREAL *et al.*, 2015). Ao encontro dessas informações, estudos têm observado melhor desempenho na distância de 10 metros e maior aumento da força horizontal quando utilizado o exercício no eixo ântero-posterior em comparação ao

exercício no eixo longitudinal (DELLO IACONO; MARTONE; MILIC; PADULO, 2017; LOTURCO; PEREIRA; KOBAL; ZANETTI *et al.*, 2015).

Embora não haja consenso para as distâncias curtas (5 e 10 metros), os estudos têm evidenciado respostas semelhantes entre o LPO e a PLIO para as distâncias maiores, como 20 e 30 metros (MOORE; HICKEY; REISER, 2005; TEO; NEWTON; NEWTON; DEMPSEY *et al.*, 2016; TRICOLI; LAMAS; CARNEVALE; UGRINOWITSCH, 2005). Contudo, dois fatores devem ser ressaltados. O primeiro fator é a não utilização do exercício no eixo ântero-posterior para a PLIO (TEO; NEWTON; NEWTON; DEMPSEY *et al.*, 2016; TRICOLI; LAMAS; CARNEVALE; UGRINOWITSCH, 2005). Como mencionado anteriormente, a utilização desse exercício pode induzir uma melhora substancial na fase inicial da corrida (10 metros) (DELLO IACONO; MARTONE; MILIC; PADULO, 2017; LOTURCO; PEREIRA; KOBAL; ZANETTI *et al.*, 2015). Consequentemente, essa vantagem pode possibilitar um melhor desempenho para a PLIO em distâncias maiores (e.g., 20-30 metros). O segundo fator está relacionado à limitação no desenho experimental do estudo de Moore, Hickey e Reiser (2005). Embora tenham sido utilizados exercícios no eixo ântero-posterior para a PLIO, não foi observado diferença quando comparada com o LPO. A explicação para este resultado pode estar relacionada ao desenho experimental, mais especificamente, à inclusão do treinamento de força tradicional somente para o grupo LPO. A inclusão do treinamento de força tradicional no grupo de LPO pode ter contribuído para um efeito adicional no desempenho da velocidade de corrida (RUMPF; LOCKIE; CRONIN; JALILVAND, 2016) e desta forma, ter ocultado um possível melhor desempenho da PLIO em relação LPO.

Em razão dos argumentos apresentados acima, o presente trabalho teve como objetivo comparar os efeitos do LPO *vs.* PLIO sobre o desempenho dos saltos verticais e da velocidade de corrida. Em relação às hipóteses, esperava-se (1) similar melhora no desempenho do salto vertical para o LPO e a PLIO, embora por diferentes adaptações, (2) melhor desempenho nos saltos verticais e na produção de potência mecânica com diferentes resistências externas para o LPO em relação à PLIO, em decorrência do maior ganho de força muscular nos membros inferiores e (3) melhor desempenho na velocidade de corrida para a PLIO em comparação ao LPO, devido à inclusão dos exercícios no eixo ântero-posterior e assim, maior transferência da força e da potência horizontais.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Comparar os efeitos do LPO vs. PLIO sobre o desempenho dos saltos verticais e da velocidade de corrida.

2.2 Objetivos específicos

Verificar os efeitos do LPO e da PLIO sobre:

- a) a altura dos saltos e a força pico, velocidade pico e potência pico dos membros inferiores durante a execução dos saltos verticais sem (SJ) e com contramovimento (CMJ);
- b) a rigidez das estruturas musculoesqueléticas durante a execução do CMJ;
- c) a altura dos saltos e a força pico, velocidade pico e potência pico dos membros inferiores durante a execução do CMJ com a adição de diferentes resistências externas (40%, 60% e 80% da massa corporal);
- d) a força dinâmica máxima no exercício meio-agachamento;
- e) a velocidade de corrida nas distâncias de 5, 10, 20 e 30 m;
- f) a força e a potência horizontais produzidas durante a execução do teste de velocidade de corrida em 30 m;
- g) o comprimento do passo durante a execução do teste de velocidade de corrida na distância de 30 m.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Importância dos saltos verticais e da velocidade de corrida

Na maioria das modalidades esportivas, individuais ou coletivas, o desempenho esportivo pode ser atribuído a uma complexa interação dos fatores técnicos, táticos, psicológicos, biotipológicos e sócio-ambientais (GIACOMINI; GRECO, 2008). Não somente esses, mas também outro fator relevante que integra esta complexa interação são as capacidades motoras (GIACOMINI; GRECO, 2008). De acordo com as necessidades das modalidades esportivas, as capacidades motoras força e velocidade, e como consequência disso a potência muscular, são constantemente consideradas durante os programas de treinamento. Regularmente, a melhora destas capacidades motoras promove efeitos positivos em duas habilidades motoras essenciais para o desempenho esportivo, o salto vertical e a velocidade de corrida.

Com o objetivo de demonstrar a importância destas duas habilidades motoras, alguns estudos têm mensurado a execução delas durante os eventos esportivos oficiais. Por exemplo, Barnes *et al.* (2014) mensuraram a velocidade de corrida durante sete temporadas do campeonato inglês de futebol. Como resultado, os autores evidenciaram um aumento de 35% na distância percorrida em alta velocidade de corrida ($\geq 25,1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) na temporada 2012/13 em comparação a temporada 2006/07. Em outro estudo, Faude, Koch e Meyer (2012) analisaram a frequência da velocidade de corrida, bem como do salto vertical em 322 gols da primeira divisão do campeonato alemão de futebol. Como resultado, os autores evidenciaram que 61% e 22% das jogadas resultantes em gols foram precedidas imediatamente antes pela velocidade de corrida e pelo salto vertical, respectivamente. Embora não tenham sido quantificadas a velocidade de corrida (i.e., $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$) e a altura dos saltos verticais, é possível indicar a relevância dessas habilidades motoras devido à ocorrência em momentos importantes da partida.

Outra forma de demonstrar que as habilidades motoras exercem um papel importante para o desempenho esportivo é por meio da análise classificatória da competição. De modo mais simples, é a comparação do desempenho das habilidades motoras entre as equipes com diferentes classificações na competição. Neste sentido, estudo realizado na primeira divisão do campeonato grego de futebol, evidenciou a partir de testes realizados em laboratório, maior desempenho na altura do salto vertical para as equipes classificadas entre os três primeiros lugares em comparação às equipes classificadas na zona intermediária e final da tabela (KALAPOTHARAKOS; STRIMPAKOS; VITHOULKA; KARVOUNIDIS *et al.*, 2006).

Com objetivo similar ao trabalho anterior, foi investigada na primeira divisão do campeonato grego de handebol, a diferença do desempenho do salto vertical entre as equipes classificadas em primeiro, segundo e oitavo lugar. Os autores observaram maior altura do salto vertical para o primeiro em relação ao oitavo colocado, ao passo que não houve diferença significativa entre o primeiro e o segundo colocado (NIKOLAIDIS; INGEBRIGTSEN, 2013). Resumidamente, esses resultados sugerem que o desempenho no salto vertical pode discriminar equipes com moderada diferença na classificação da competição (i.e., primeiro e oitavo lugar), enquanto uma pequena diferença (i.e., primeiro e segundo lugar) é provavelmente explicada por outros fatores.

Outros estudos evidenciaram a relevância do salto vertical e/ou da velocidade de corrida, a partir das comparações entre atletas de diferentes divisões. Nesta perspectiva, Barnes *et al.* (2007) evidenciaram no voleibol universitário feminino norte americano, melhor desempenho no salto vertical para as atletas da primeira em relação as atletas da terceira divisão. No entanto, não foi observada diferença significativa entre as jogadoras da primeira e segunda divisão. Similarmente, Nikolaidis, Afonso e Busko (2015) evidenciaram na liga profissional grega de voleibol feminino, menor desempenho no salto vertical para as atletas da terceira em comparação as atletas da segunda divisão. Para as atletas das duas primeiras divisões, não foram observadas diferenças significantes. Adicionalmente, neste estudo foi mensurada a velocidade de corrida em uma distância de 10 m, e também não houve diferença significativa entre as jogadoras das três divisões.

Semelhantemente aos estudos com voleibol, outras modalidades como futebol e futebol americano também encontraram diferenças entre os jogadores de diferentes divisões. Em estudo com jogadores da liga francesa de futebol, foi observado melhor desempenho no salto vertical para os atletas da primeira em relação à segunda divisão, enquanto similar resultado foi encontrado para a velocidade de corrida (COMETTI; MAFFIULETTI; POUSSON; CHATARD *et al.*, 2001). Já no futebol americano universitário, os atletas da primeira divisão tiveram melhor desempenho no salto vertical e na velocidade de corrida em relação aos atletas da segunda divisão (BLACK; ROUNDY, 1994).

Diante deste cenário, torna-se evidente a necessidade de promover a melhora do salto vertical e da velocidade de corrida. Para esta finalidade, são amplamente utilizados os métodos de treinamento LPO e PLIO. Assim sendo, nos próximos tópicos são apresentadas, as características, vantagens e efeitos de ambos os métodos de treinamento, sobre os saltos verticais e a velocidade de corrida.

3.2 Levantamento de peso olímpico: características e vantagens

Como o próprio nome sugere, o levantamento de peso olímpico é uma das modalidades esportivas dos Jogos Olímpicos. Introduzido na primeira edição da era moderna, Atenas 1896, o levantamento de peso olímpico foi inicialmente composto por dois exercícios, o arranco com uma mão e o arremesso com as duas mãos. Entretanto, alterações foram realizadas ao longo do tempo. As mais importantes foram em 1925, quando o levantamento de peso olímpico foi constituído pelos exercícios desenvolvimento, arranco e arremesso com as duas mãos e em 1973, quando o exercício desenvolvimento foi excluído. Esta alteração em 1973 permanece em vigência até os dias atuais. Consequentemente, o desempenho no levantamento de peso olímpico é definido pela maior quantidade de peso que o atleta pode elevar acima da cabeça, nos exercícios arranco e arremesso (INTERNATIONAL WEIGHTLIFTING FEDERATION, 2018).

Embora o objetivo seja similar (elevar acima da cabeça a maior quantidade de peso possível), as técnicas do arranco e do arremesso são executadas de maneiras distintas. A execução do arranco compreende: (1) a primeira puxada - o atleta inicia o exercício com as anilhas em contato com o solo e a partir de então, realiza a extensão principalmente da articulação do joelho para deslocar a barra até a posição logo acima da patela; (2) a transição - nessa fase é realizada uma pequena flexão dos joelhos (ação excêntrica), seguida rapidamente pela extensão das articulações dos joelhos (ação concêntrica) para posicionar a barra na região proximal da coxa; (3) a segunda puxada - nessa fase ocorre a rápida extensão do quadril, dos joelhos e dos tornozelos, também denominada como tripla extensão; (4) o *turnover* - o atleta realiza o deslocamento do seu tronco para debaixo da barra; (5) a fase do encaixe - o atleta permanece em posição de agachamento completo com a barra acima da cabeça; e (6) a fase de recuperação - é realizada a extensão do quadril e dos joelhos com a barra acima da cabeça (STOREY; SMITH, 2012).

Diferentemente do arranco, a execução do arremesso é realizada em duas fases. A primeira fase do arremesso é semelhante ao arranco, pois incluiu a primeira puxada, a transição, a segunda puxada, o *turnover*, o encaixe e a recuperação. Entretanto, na recuperação, início da segunda fase, a barra no exercício arremesso é apoiada sobre os ombros e não diretamente elevada acima da cabeça como no arranco. Com a barra apoiada sobre os ombros, o atleta realiza um movimento de agachamento (com uma pequena amplitude de movimento), a fim de elevar a barra acima da cabeça. Por fim, o exercício é considerado completo quando o atleta está com quadril e joelhos estendidos e com a barra acima da cabeça (STOREY; SMITH, 2012).

Como demonstrado anteriormente, o levantamento de peso olímpico é constituído pelos exercícios arranco e arremesso. No entanto, não apenas os “pesistas”, mas também atletas de outras modalidades esportivas que buscam melhorar o salto vertical e velocidade de corrida têm adotado ambos os exercícios como um método de treinamento para seus programas de desempenho esportivo. A incorporação do arranco e do arremesso está fundamentada em duas características importantes para a melhora do salto vertical e da velocidade de corrida, isto é, a potência muscular (HACKETT; DAVIES; SOOMRO; HALAKI, 2016; KAWAMORI; HAFF, 2004; SUCHOMEL; COMFORT; STONE, 2015) e o princípio da especificidade (YOUNG, 2006).

De fato, estudos têm apontado que a execução do arranco e do arremesso permite uma alta produção de potência mecânica (observação: os estudos nesse tópico determinaram a potência mecânica pelo sistema barra-participante). Por exemplo, são observados em “pesistas” profissionais valores de potência mecânica normalizada pela massa corporal entre 23 a 62 W/kg para o arranco (GARHAMMER, 1985; 1991), entre 25 a 60 W/kg para a primeira (GARHAMMER, 1980; 1985) e entre 48 a 77 W/kg para a segunda fase do arremesso (GARHAMMER, 1985). Particularmente, esta produção de potência mecânica é relevante, pois quando aplicada sistematicamente durante o período de treinamento, pode proporcionar um estímulo adequado para a melhora das habilidades motoras dependentes da potência muscular (i.e., salto vertical e velocidade de corrida) (GONZÁLEZ-BADILLO; MARQUES, 2010; KANEKO; FUCHIMOTO; TOJI; SUEI, 1983; KAWAMORI; HAFF, 2004; MARKOVIC; MIRKOV; NEDELJKOVIC; JARIC, 2014; SHALFAWI; SABBAH; KAILANI; TONNESSEN *et al.*, 2011; YOUNG; MCLEAN; ARDAGNA, 1995).

Apesar de contribuírem para a melhora do desempenho, as adaptações induzidas pelos exercícios com alta produção de potência mecânica podem ser mais vantajosas se foram obtidas de acordo com o princípio da especificidade. O princípio da especificidade sugere que os exercícios sejam realizados com a maior similaridade possível em relação à habilidade motora alvo. Assim, pode ocorrer uma maior transferência das adaptações adquiridas durante o treinamento (YOUNG, 2006). A partir desta perspectiva, é possível observar que o arranco e o arremesso, assim como o salto vertical e a velocidade de corrida, são realizados com movimentos multiarticulares, com grande ênfase na tripla extensão (articulações do quadril, joelho e tornozelo), no eixo ântero-posterior (exceto para a velocidade de corrida) e na maior velocidade possível (CORMIE; MCGUIGAN; NEWTON, 2011; SUCHOMEL; COMFORT; STONE, 2015). Por consequência dessa similaridade, o arranco e o arremesso são considerados exercícios apropriados em programas de treinamento destinados ao

aperfeiçoamento do desempenho do salto vertical e da velocidade de corrida. Contudo, apesar dessas qualidades, uma crítica importante deve ser ressaltada. Uma desvantagem do arranco e do arremesso é o alto consumo de tempo para a aprendizagem (SUCHOMEL; COMFORT; STONE, 2015). Essa alta demanda de tempo para a aprendizagem está atrelada ao fato de ambos os exercícios possuírem as fases de transição e de encaixe, consideradas altamente complexas. Como uma opção a esta desvantagem, recentes estudos têm sugerido a utilização dos exercícios educativos do levantamento de peso olímpico (SUCHOMEL; COMFORT; LAKE, 2017; SUCHOMEL; COMFORT; STONE, 2015).

Exercícios educativos são derivações do arranco e/ou do arremesso que priorizam uma, ou mais fases do movimento, por exemplo, a primeira e/ou a segunda puxada. Sua execução tem uma menor complexidade, uma vez que determinados educativos podem excluir justamente as fases de transição e/ou de encaixe (e.g., *hang high pull*, *hang power clean* e *mid-thigh pull*) (SUCHOMEL; COMFORT; LAKE, 2017). Não apenas pela menor complexidade, mas os educativos do levantamento de peso olímpico também possuem outras vantagens. Assim como o arranco e o arremesso, os exercícios educativos produzem alta potência mecânica durante sua execução. Valores entre 43 a 45 W/kg, 51 a 56 W/kg e 52 a 67 W/kg são observados nos exercícios *hang power clean* (KAWAMORI; CRUM; BLUMERT; KULIK *et al.*, 2005; KILDUFF; BEVAN; OWEN; KINGSLEY *et al.*, 2007), *hang high pull* (SUCHOMEL; BECKHAM; WRIGHT, 2015; SUCHOMEL; SOLE, 2017) e *mid-thigh pull* (COMFORT; JONES; UDALL, 2015; COMFORT; UDALL; JONES, 2012), respectivamente. Do ponto de vista da similaridade, os exercícios educativos também são comparáveis ao arranco e ao arremesso, pois são realizados com movimentos multiarticulares, com grande ênfase na tripla extensão e na maior velocidade possível (SUCHOMEL; COMFORT; STONE, 2015). Além disso, recentemente foi evidenciado padrão similar de deslocamento angular do quadril entre o salto vertical e o exercício *power clean* (MACKENZIE; LAVERS; WALLACE, 2014).

Por fim, embora não seja exclusividade apenas dos exercícios educativos do levantamento de peso olímpico, esse método de treinamento também possibilita melhorar todas as áreas da curva força-velocidade (SUCHOMEL; COMFORT; LAKE, 2017). Por exemplo, o exercício *hang high pull*, comumente realizado em alta velocidade e baixa resistência externa, pode induzir uma melhor adaptação na área justamente relacionada à velocidade. Já o *hang power clean*, comumente executado com moderada velocidade e resistência externa, pode induzir melhor adaptação na área central da curva força-velocidade, enquanto o exercício *mid-thigh pull* com baixa velocidade e alta resistência externa, pode

contribuir para área mais relacionada a força (SUCHOMEL; COMFORT; LAKE, 2017). Deste modo, a partir da ênfase que cada exercício educativo possibilita, atletas podem escolher a melhor opção de acordo com suas necessidades, ou seja, movimentos com maior estímulo na velocidade, na força ou em ambos.

3.2.1 Efeitos do levantamento de peso olímpico sobre o desempenho dos saltos verticais e da velocidade de corrida

Em razão das características positivas anteriormente descritas, diversos estudos investigaram os efeitos do LPO sobre os saltos verticais e a velocidade de corrida. Com a pretensão de sintetizar esses resultados, são apresentadas a seguir as características resumidas de todos os estudos, bem como as mudanças percentuais médias causadas nas variáveis saltos verticais e velocidade de corrida. Para a inclusão dos estudos foi utilizado as palavras-chave *Olympic weightlifting*, *Olympic lifting*, *power clean*, *power*, *countermovement jump* e *sprinting* na base de dados PubMed.

Do ponto de vista histórico, o primeiro estudo foi realizado por Hoffman et al. (2004). Embora adicionados novos trabalhos à literatura, o número de artigos científicos com esse tema e objetivo permanece pequeno (Figura 1). Essa pequena quantidade de estudos apresenta em média $9,4 \pm 5,1$ semanas de treinamento, $2,5 \pm 0,6$ sessões de treino por semana, $15,0 \pm 12,1$ participantes no grupo de LPO e $1,4 \pm 2,1$ sessões de aprendizado para os exercícios de LPO. Em relação à caracterização da amostra, 65% são atletas universitários ou profissionais, enquanto os 35% restantes, são participantes saudáveis, mas não atletas. Ainda em relação à amostra, apenas 35% dos estudos recrutaram participantes com experiência em LPO. Os outros 65% dos estudos recrutaram participantes sem experiência em LPO, embora, em 69% desses estudos, os participantes tinham experiência em treinamento de força, enquanto o restante (31%) não tinha experiência em nenhum método de treinamento. Por fim, 100% dos estudos mensuraram o salto vertical, enquanto 50% a velocidade de corrida. As informações de cada estudo são apresentadas na Tabela 1.

Não apenas as características dos estudos, mas também os dados relacionados ao efeito do LPO sobre os saltos verticais e velocidade de corrida foram sintetizados (Figura 2). Para o SJ é possível observar uma melhora de $7,16\% \pm 7,82\%$, ao passo que para o CMJ a melhora é de $6,99\% \pm 4,90\%$. Para velocidade de corrida, especificamente nas distâncias curtas, de 5 a 10 m, a melhora é de $1,36\% \pm 4,54\%$. Por outro lado, para as distâncias maiores, de 20-36 m, o ganho percentual é de $2,08\% \pm 4,22\%$. Excluindo os resultados de Moore, Hickey e Reiser (2005), os quais foram obtidos com mensuração da velocidade de corrida por

meio de cronômetro manual, este ganho cai para $1,09\% \pm 3,00\%$. Embora os resultados apresentados sejam importantes, é também relevante observar a variabilidade da resposta. Devido à inclusão de diferentes amostras (e.g., atletas e não atletas), o percentual de ganho induzido pelo LPO variou consideravelmente tanto no desempenho do salto vertical como na velocidade de corrida.

Figura 1. Número de artigos científicos publicados com o objetivo de verificar o efeito levantamento de peso olímpico sobre o salto vertical e a velocidade de corrida. Número de artigos apresentados por ano (colunas brancas) e total (coluna preta).

Tabela 1. Características dos estudos que investigaram os efeitos do LPO sobre o salto vertical e a velocidade de corrida.

Estudos	Semanas de treinamento	Sessões por semana	N no grupo de LPO	Sessões de aprendizado	Característica da amostra	Experiência em LPO	Teste de salto vertical	Teste de velocidade de corrida
Hoffman <i>et al.</i> 2004	10	4	10	0	Atleta	Sim	Sim	Sim
Moore <i>et al.</i> 2005	12	3	8	6	Atleta	Não	Sim	Sim
Tricoli <i>et al.</i> 2005	8	3	7	3	Não atleta	Não	Sim	Sim
Channell <i>et al.</i> 2008	8	3	11	0	Atleta	Não	Sim	Não
Hawkins <i>et al.</i> 2008	8	3	9	2	Não atleta	Não	Sim	Não
Arabatzi <i>et al.</i> 2010	8	3	9	6	Não atleta	Não	Sim	Não
Arabatzi <i>et al.</i> 2012	8	3	9	6	Não atleta	Não	Sim	Não
Barr 2012	16	3	31	0	Atleta	Não	Sim	Não
Scherfeberg 2013	6	2	58	2	Atleta	Não	Sim	Não
Otto <i>et al.</i> 2014	6	2	13	2	Não atleta	Não	Sim	Não
Ayreset <i>et al.</i> 2016	6	2	12	0	Atleta	Sim	Sim	Sim
Helland <i>et al.</i> 2016	8	3	13	0	Atleta	Sim	Sim	Sim
Loturco <i>et al.</i> 2016	6	2	8	0	Atleta	Não	Sim	Sim
Teo <i>et al.</i> 2016	6	3	13	1	Não atleta	Não	Sim	Sim
Oranchuk <i>et al.</i> 2017	10	2	9	0	Atleta	Sim	Sim	Não
Comfort <i>et al.</i> 2018	9	2	17	0	Atleta	Sim	Sim	Não
Keller <i>et al.</i> 2018	4	2	12	0	Atleta	Não	Sim	Não
Hermassi <i>et al.</i> 2019	10	2	10	0	Atleta	Sim	Sim	Sim
Hermassi <i>et al.</i> 2019	12	2	11	0	Atleta	Sim	Sim	Sim
Pichardo <i>et al.</i> 2019	28	2	31	0	Não atleta	Não	Sim	Sim

Figura 2. Efeito do levantamento de peso olímpico sobre o desempenho dos saltos verticais sem (SJ) e com contramovimento (CMJ) e da velocidade de corrida nas distâncias 0 a 5-10 metros, 0 a 20-36 metros e 0 a 20-36 metros* sem o estudo de Moore, Hickey e Reiser (2005).

3.3 Pliométrica: características e vantagens

A PLIO é um método de treinamento amplamente reconhecido e deste modo, utilizado por atletas amadores e profissionais. Particularmente, a PLIO é caracterizada pela realização de exercícios com o uso do ciclo alongamento-encurtamento, ou seja, pela rápida ação excêntrica (alongamento), seguida imediatamente da rápida ação concêntrica (encurtamento) (WATHEN, 1993). Além disso, sua execução ocorre normalmente com uma baixa resistência externa, isto é, apenas com a massa corporal ou com implementos de baixa resistência para não comprometer a rápida ação do ciclo alongamento-encurtamento (MARKOVIC; MIKULIC, 2010). Neste sentido, entre as estratégias adotadas para o aumento da sobrecarga na PLIO estão: (i) o aumento no número de saltos (DE VILLARREAL; KELLIS; KRAEMER; IZQUIERDO, 2009; RAMIREZ-CAMPILLO; ANDRADE; IZQUIERDO, 2013), (ii) a utilização de *medicine balls* ou até mesmo halteres (CORMIE; MCGUIGAN; NEWTON, 2011; KOBAL; PEREIRA; ZANETTI; RAMIREZ-CAMPILLO *et al.*, 2017), (iii) o aumento na altura de queda nos exercícios de profundidade (i.e., *depth* ou *drop jump*) (BYRNE; MORAN; RANKIN; KINSELLA, 2010; RAMIREZ-CAMPILLO; ALVAREZ; GARCIA-PINILLOS; SANCHEZ-SANCHEZ *et al.*, 2018) e (iv) a utilização de exercícios unilaterais (RAMIREZ-CAMPILLO; BURGOS; HENRIQUEZ-OLGUIN; ANDRADE *et al.*, 2015).

A popularidade e a implementação da PLIO em programas de treinamento podem estar diretamente associadas à sua baixa complexidade de execução, fácil aplicabilidade e

baixo custo dos materiais. Contudo, outra vantagem importante da PLIO é sua capacidade de aumentar a rigidez das estruturas musculoesqueléticas (DELLO IACONO; MARTONE; MILIC; PADULO, 2017). Essa rigidez exerce papel fundamental para a melhora no desempenho dos movimentos com ciclo alongamento-encurtamento (e.g., salto vertical e velocidade de corrida) (BOJSEN-MOLLER; MAGNUSSON; RASMUSSEN; KJAER *et al.*, 2005; KALKHOVEN; WATSFORD, 2018). Resumidamente, é sugerida que a maior rigidez das estruturas musculoesqueléticas possibilite um maior acúmulo de energia elástica durante a ação excêntrica e como resultado, uma maior liberação dessa energia durante a ação concêntrica (BRAZIER; MALONEY; BISHOP; READ *et al.*, 2017). Como desfecho final, esse mecanismo possibilita aumentar a produção de força e consequentemente, a produção de potência durante a ação concêntrica (BRAZIER; MALONEY; BISHOP; READ *et al.*, 2017; CAVAGNA, 1977). Novamente, é importante mencionar que o aumento na produção de potência pode ser relevante devido a sua associação com o desempenho do salto vertical e da velocidade de corrida (GONZÁLEZ-BADILLO; MARQUES, 2010; MARKOVIC; MIRKOV; NEDELJKOVIC; JARIC, 2014; SHALFAWI; SABBAB; KAILANI; TONNESSEN *et al.*, 2011; YOUNG; MCLEAN; ARDAGNA, 1995).

Como detalhado anteriormente (tópico 3.2 Levantamento de peso olímpico: características e vantagens), as adaptações induzidas pelos exercícios são mais vantajosas, se adquiridas com exercícios similares à habilidade motora alvo (WIRTH *et al.*, 2015; YOUNG, 2006). Neste contexto, a PLIO destaca-se pela sua versatilidade. Além de uma grande diversidade de exercícios, esses podem ser adaptados para as necessidades dos movimentos tipicamente realizados nas diferentes modalidades esportivas. Por exemplo, os exercícios pliométricos podem ser realizados nos eixos longitudinal, ântero-posterior e látero-lateral. Nesse sentido, essa característica permite que os exercícios pliométricos sejam aplicados em diferentes habilidades motoras executadas nos diferentes eixos.

Não somente a adequação dos eixos, mas também o tempo para a aplicação da força pode ser modulado nos exercícios pliométricos. Os exercícios pliométricos podem ser classificados em movimentos de rápida ou lenta ação do ciclo alongamento-encurtamento (CORMIE; MCGUIGAN; NEWTON, 2011; PEDLEY; LLOYD; READ; MOORE *et al.*, 2017). Especificamente, a rápida ação do ciclo alongamento-encurtamento é caracterizada pela duração do tempo de contato com solo até 250 milissegundos, enquanto a lenta ação do ciclo alongamento-encurtamento é caracterizada pelo tempo acima de 250 milissegundos (CORMIE; MCGUIGAN; NEWTON, 2011; PEDLEY; LLOYD; READ; MOORE *et al.*, 2017). Novamente, em um contexto prático, treinadores podem escolher o exercício

pliométrico com maior similaridade a habilidade motora que se pretende melhorar. Por exemplo, o salto em profundidade (preferencialmente com baixa altura de queda e com a instrução de minimizar a duração do tempo de contato com o solo) pode ser considerado um exercício de rápida ação do ciclo alongamento-encurtamento (PEDLEY; LLOYD; READ; MOORE *et al.*, 2017); e portanto, sua utilização pode ser apropriada para melhorar a velocidade de corrida. Estudos têm demonstrado que a duração do tempo de contato com solo durante a velocidade de corrida é aproximadamente 191 milissegundos na fase de aceleração (RABITA; DOREL; SLAWINSKI; SAEZ-DE-VILLARREAL *et al.*, 2015) e 94 milissegundos para a fase de máxima velocidade (HUNTER; MARSHALL; MCNAIR, 2004; RABITA; DOREL; SLAWINSKI; SAEZ-DE-VILLARREAL *et al.*, 2015; WEYAND; STERNLIGHT; BELLIZZI; WRIGHT, 2000). Por outro lado, o salto vertical com contramovimento (exercício de lenta ação do ciclo alongamento-encurtamento) (PEDLEY; LLOYD; READ; MOORE *et al.*, 2017) pode ser adequado para induzir um melhor desempenho do salto vertical realizado durante o ataque no voleibol. Beardt *et al.* (2018) evidenciaram que a duração do tempo de contato com o solo durante o salto vertical ocorrido imediatamente antes da cortada de ataque no voleibol é de 414 milissegundos.

3.3.1 Efeito da pliometria sobre o desempenho dos saltos verticais e da velocidade de corrida

A ampla popularidade da PLIO também pode ser observada pela grande produção científica na área da Ciência do Exercício. Ao realizar uma busca na base de dados *Pubmed*, com a terminologia *plyometric training*, é possível observar um aumento exponencial na publicação de artigos científicos ao longo das décadas (Figura 3). Como comparativo e independente dos objetivos dos estudos (e.g., efeitos agudos e/ou crônicos), com a terminologia *olympic weightlifting*, foi encontrado um total de 123 artigos científicos, enquanto para *plyometric training* 1203 (busca realizada no dia 28/02/2020).

Figura 3. Número de artigos científicos publicados com a terminologia *plyometric training* no período de 1983 a 2020. Número de artigos apresentados por década (colunas brancas) e total (coluna preta).

Contrariamente a estratégia utilizada no tópico 3.2.1 “Efeitos do LPO sobre o desempenho dos saltos verticais e da velocidade de corrida”, os efeitos da PLIO sobre os saltos verticais e a velocidade de corrida foram reportados a partir das revisões sistemáticas e/ou meta-análises. Esta estratégia foi utilizada devido à grande quantidade de artigos com esta temática.

Após a busca, foram encontradas 10 revisões sistemáticas e/ou meta-análises. No entanto, foram consideradas para essa tese três revisões sistemáticas (MARKOVIC; MIKULIC, 2010; PEREZ-GOMEZ; CALBET, 2013; SLIMANI; CHAMARI; MIARKA; DEL VECCHIO *et al.*, 2016), um estudo com revisão sistemática e meta-análise (STOJANOVIC; RISTIC; MCMASTER; MILANOVIC, 2017) e um estudo com apenas meta-análise (MARKOVIC, 2007). Os outros cinco estudos foram excluídos por não descreverem os resultados e/ou utilizar apenas crianças e adolescentes.

Em relação ao desempenho dos saltos verticais foram observados ganhos similares entre as cinco revisões e/ou meta-análises (Figura 4). O primeiro estudo a estimar os efeitos da PLIO foi à meta-análise de Markovic (2007). O autor observou aumento no desempenho, ou seja, na altura dos saltos verticais de 4,7% para o SJ e 8,7% para o CMJ. Posteriormente, o mesmo autor, porém em outra publicação, observou aumento de 8,1% para o SJ e 9,9% para o CMJ (MARKOVIC; MIKULIC, 2010). Nos anos seguintes, mais três trabalhos foram realizados e os valores encontrados foram de 11,3% para o SJ e 7,9% para o CMJ no estudo de Perez-Gomez e Calbet (2013), 9,5% para o SJ e 10,2% para o CMJ no estudo de Slimani *et*

al. (2016) e 10,2% para o SJ e 14,1% para o CMJ no estudo de Stojanovic *et al.* (2017). Por fim, é importante notar que embora diferentes critérios de inclusão foram utilizados (e.g., somente atletas, estudos com duração mínima de seis semanas e obrigatoriedade do grupo controle), os valores não diferem substancialmente entre os estudos (exceto pelo dado de SJ da meta-análise de Markovic (2007). Em outras palavras, os dados evidenciam com consistência, o efeito da PLIO no desempenho dos saltos verticais.

Figura 4. Efeitos da pliometria sobre o desempenho dos saltos verticais sem (SJ) e com contramovimento (CMJ). Resultados apresentados em média $\pm$ desvio padrão.

Enquanto cinco revisões sistemáticas e/ou meta-análises foram utilizadas para os saltos verticais, apenas uma revisão sistemática (MARKOVIC; MIKULIC, 2010) e uma meta-análise (RUMPF; LOCKIE; CRONIN; JALILVAND, 2016) foram encontradas para a velocidade de corrida (Figura 5). Para a distância de até 10 m e entre 20-30 m, MARKOVIC e MIKULIC (2010) observaram melhora no desempenho de 2,2% e 1,4%, respectivamente. Resultados semelhantes foram observados por Rumpf *et al.* (2016), uma vez que para a distância de até 10 m e entre 20-30 m, a melhora apresentada no desempenho foi de 2,3% e 1,6%, respectivamente.

Figura 5. Efeito da pliometria sobre o desempenho da velocidade de corrida nas distâncias 0 a 5-10 metros e 0 a 20-30 metros. Resultados apresentados em média $\pm$ desvio padrão.

3.4 Levantamento de peso olímpico vs. pliometria: comparação do desempenho do salto vertical

Com um total de quatro estudos, o salto vertical é a habilidade motora mais comparada entre o LPO e a PLIO (ARABATZI; KELLIS; SAEZ-SAEZ DE VILLARREAL, 2010; HAWKINS; DOYLE; MCGUIGAN, 2009; MOORE; HICKEY; REISER, 2005; TRICOLI; LAMAS; CARNEVALE; UGRINOWITSCH, 2005). Além dessa quantidade de estudos, destacam-se também as semelhanças nos desenhos experimentais. Todos eles realizaram um período de intervenção entre 8 a 12 semanas, utilizaram amostras sem experiência em LPO e submeteram os participantes à sessões de aprendizagem antes da intervenção dos métodos de treinamento. Apesar dessas importantes similaridades, ainda assim os resultados são contraditórios. Tricoli *et al.* (2005) e Hawkins, Doyle e McGuigan (2009) observaram melhor desempenho nas duas técnicas de salto vertical (sem e com contramovimento) para o LPO em comparação a PLIO. Entretanto, os outros estudos não observaram diferenças significantes nos saltos verticais entre os métodos de treinamento (ARABATZI; KELLIS; SAEZ-SAEZ DE VILLARREAL, 2010; MOORE; HICKEY; REISER, 2005).

A razão exata para esse resultado contraditório no desempenho do salto vertical é desconhecida. Porém, o tamanho da amostra pode ser um fator. Os estudos que compararam

os efeitos do LPO e da PLIO sobre os saltos verticais utilizaram aproximadamente 8,0 participantes por grupo (ARABATZI; KELLIS; SAEZ-SAEZ DE VILLARREAL, 2010; HAWKINS; DOYLE; MCGUIGAN, 2009; MOORE; HICKEY; REISER, 2005; TRICOLI; LAMAS; CARNEVALE; UGRINOWITSCH, 2005). Esse baixo número de participantes pode ter contribuído para uma maior chance do erro tipo II, ou seja, ter aceitado a hipótese nula quando a mesma é falsa (BECK, 2013). Com o objetivo de diminuir o erro tipo II e permitir uma conclusão mais precisa, têm sido recomendada a realização de meta-análise. Diante dessa lógica, nosso grupo de pesquisa realizou uma meta-análise com o objetivo de verificar a diferença ou a semelhança no desempenho do salto vertical com contramovimento entre o LPO e a PLIO (BERTON; LIXANDRÃO; PINTO; TRICOLI, 2018). Como resultado, foi observada uma diferença no *effect size* entre os grupos de $0,15 \pm 0,23$, isto é, uma magnitude de diferença apenas trivial. Percentualmente, os ganhos decorrentes com os métodos de treinamento também demonstraram uma pequena e não substancial diferença, 8,8% para o LPO e 8,1% para a PLIO (BERTON; LIXANDRÃO; PINTO; TRICOLI, 2018). Portanto, ao considerar o resultado da meta-análise, parece razoável inferir que LPO e a PLIO, embora sejam métodos de treinamento com características distintas, proporcionam ganhos semelhantes no desempenho do salto vertical.

Outra questão que permanece a ser esclarecida é como o desempenho do salto vertical pode ser similar entre os métodos de treinamento com características distintas. Uma sugestão para essa questão é a melhora do desempenho do salto vertical, a partir de diferentes adaptações. Em outras palavras, a melhora do salto vertical induzida pela PLIO pode ser em decorrência de adaptações diferentes das quais ocorrem com o uso do LPO (ARABATZI; KELLIS; SAEZ-SAEZ DE VILLARREAL, 2010; HACKETT; DAVIES; SOOMRO; HALAKI, 2016). Nessa perspectiva, tem sido sugerido que na PLIO, mas não no LPO, ocorra à melhora substancial do ciclo alongamento-encurtamento, mais especificadamente, via o aumento na rigidez das estruturas musculoesqueléticas (ARABATZI; KELLIS; SAEZ-SAEZ DE VILLARREAL, 2010; BRAZIER; BISHOP; SIMONS; ANTROBUS *et al.*, 2014; HACKETT; DAVIES; SOOMRO; HALAKI, 2016; MROCZEK; MACKALA; CHMURA; SUPERLAK *et al.*, 2019).

Para compreender a adaptação do ciclo alongamento-encurtamento via a rigidez das estruturas musculoesqueléticas é necessário o entendimento do conceito de rigidez. Do ponto de vista físico, o conceito de rigidez baseia-se na lei de Hooke (BRAZIER; BISHOP; SIMONS; ANTROBUS *et al.*, 2014). A lei de Hooke afirma que a rigidez pode ser compreendida como a relação da deformação de um objeto dada uma determinada força

(WILSON; FLANAGAN, 2008). De um modo mais simples, representa a capacidade de um objeto ou corpo resistir a uma determinada aplicação de força (BRAZIER; MALONEY; BISHOP; READ *et al.*, 2017). Adicionalmente ao conceito, devem ser mencionadas duas características importantes da rigidez. A primeira característica é sua capacidade de armazenar energia elástica durante a deformação e liberar essa energia elástica durante o retorno (BUTLER; CROWELL; DAVIS, 2003). Já a segunda característica, é a maior eficiência em armazenar e liberar energia em ações de rápido estiramento e retorno (CAVAGNA, 1977).

A partir do conceito e das características anteriormente descritas é possível compreender a importância da rigidez em determinadas habilidades motoras. Por exemplo, a rigidez das estruturas musculoesqueléticas dos membros inferiores (i.e., músculos, tendões e ligamentos) (WILSON; FLANAGAN, 2008) exerce papel fundamental no desempenho do salto vertical com contramovimento. Nessa técnica de salto vertical, a ação excêntrica (alongamento) armazena energia, enquanto imediatamente após, na ação concêntrica (encurtamento), essa energia elástica é liberada ocasionando uma maior produção de força, potência e possivelmente melhora do desempenho do salto vertical (CAVAGNA, 1977). Corroborando a essa lógica, estudos têm demonstrado moderada associação ($r = 0,47$ a $0,55$) entre a rigidez e o desempenho do salto vertical com contramovimento (BOJSEN-MOLLER; MAGNUSSON; RASMUSSEN; KJAER *et al.*, 2005; KALKHOVEN; WATSFORD, 2018). Não apenas por estudos observacionais, mas também, Dello Iacono *et al.* (2017) demonstraram após 10 semanas de PLIO, aumento significativo da rigidez (17,6%) e da altura do salto vertical (7,9%).

Em resumo, é possível afirmar que o desempenho do salto vertical pode ser positivamente afetado pela melhora do ciclo alongamento-encurtamento via a rigidez das estruturas musculoesqueléticas. Particularmente, essa adaptação do ciclo alongamento-encurtamento parece ser preponderante para a PLIO. Isso porque, a característica inerente da PLIO é realizar o exercício a partir de um rápido ciclo alongamento-encurtamento. Por outro lado, para o LPO, essa adaptação pode não ocorrer, uma vez que seus exercícios não são realizados a partir do ciclo alongamento-encurtamento, e sim, iniciados de maneira estática seguida pela ação concêntrica. Desta maneira, é aceitável elaborar a hipótese que após um período de treinamento ocorrerá uma substancial melhora da rigidez das estruturas musculoesqueléticas e consequentemente do ciclo alongamento-encurtamento para a PLIO, mas não para o LPO.

3.5 Levantamento de peso olímpico vs. pliometria: comparação do desempenho do salto vertical com resistência externa

Não somente com a massa corporal, mas o salto vertical realizado com uma determinada resistência externa pode ser importante para desempenho físico-esportivo. Por exemplo, em situações específicas como o ataque no handebol, o atacante tem por vezes, a necessidade de saltar para fazer o arremesso da bola, com o adversário aplicando força contra o próprio arremessador. Mesmo o salto vertical não sendo realizado, em outras situações de diferentes modalidades esportivas pode ser necessário realizar a tripla extensão, com a máxima velocidade possível contra uma resistência externa. Por exemplo, atletas de futebol americano e de rúgbi, precisam realizar alta produção de potência muscular a partir da tripla extensão nas jogadas de *scrimmage* e *scrum*. Diante esses fatos, torna-se pertinente compreender os efeitos do LPO e da PLIO sobre a altura e a produção de potência do salto vertical com a adição de resistência externa.

Até o momento, nenhum estudo investigou o efeito do LPO sobre a altura do salto vertical realizado com resistência externa. No entanto, para a produção de potência foram realizados dois estudos. Loturco *et al.* (2016) investigaram em atletas de futebol de alto nível, o efeito do *olympic push press* (educativo do LPO) sobre a produção de potência propulsiva média com resistência externa mínima de 40% da massa corporal. Após seis semanas (12 sessões) de treinamento, não foi observada alteração significativa na produção de potência propulsiva média. Por outro lado, Helland *et al.* (2017) investigaram em atletas de diferentes modalidades esportivas, o efeito do LPO na produção de potência mecânica com resistências externas de 40 kg e 80 kg para as mulheres e os homens, respectivamente. Após oito semanas (21 sessões), foi observado um aumento de 5,9%. Contrariamente a Loturco *et al.* (2016), o estudo de Helland *et al.* (2017) pode ter demonstrado efeito positivo devido ao maior número de sessões de treinamento.

Enquanto o LPO pode induzir uma melhora na produção de potência mecânica com a oposição de resistência externa, na PLIO essa melhora no desempenho parece ser mais incerta. Villarreal, Izquierdo e Gonzalez-Badillo (2011), verificaram em indivíduos ativos, porém não atletas, o efeito da PLIO sobre a potência mecânica e altura do salto vertical com contramovimento, com resistências externas de 24,5%, 38,9% e 53,3% da massa corporal. Após sete semanas (21 sessões) de treinamento, não foram encontradas alterações significantes na produção de potência mecânica e na altura do salto vertical em nenhuma das resistências externas. A partir desse resultado, pode ser sugerido que a PLIO não proporciona

a melhora no desempenho da potência mecânica e na altura do salto vertical quando aplicadas diferentes resistências externas.

Embora as comparações diretas entre LPO e PLIO não foram realizadas até o momento, os resultados apresentados acima indicam um possível melhor desempenho para o LPO em relação à PLIO. Não somente por esses estudos, mas também, outro fator sustenta a hipótese de melhor desempenho para o LPO. Estudos têm demonstrado que a força muscular tem papel fundamental para a produção de potência mecânica e consequentemente, altura do salto vertical com resistência externa (HORI; NEWTON; ANDREWS; KAWAMORI *et al.*, 2008; KRASKA; RAMSEY; HAFF; FETHKE *et al.*, 2009; NIBALI; CHAPMAN; ROBERGS; DRINKWATER, 2013; STONE; O'BRYANT; MCCOY; COGLIANESE *et al.*, 2003). Por exemplo, Stone *et al.* (2003) verificaram a influência da força muscular na produção de potência mecânica nos saltos verticais sem e com contramovimento em um amplo intervalo de intensidades (10% a 100% 1RM do exercício meio-agachamento). Especificamente, uma das análises realizadas pelos autores foi à comparação entre os participantes com maiores e menores níveis de força muscular (1RM relativo no exercício meio-agachamento de 2,0 e 1,2 kg·kg⁻¹, respectivamente). Os resultados evidenciaram para ambas as técnicas do salto vertical e em todas as intensidades, maior produção de potência mecânica para os participantes com maiores níveis de força.

Semelhante aos achados de Stone *et al.* (2003), outros trabalhos demonstraram a importância da força muscular. Nibali *et al.* (2013) também separaram os participantes com maiores e menores níveis de força muscular (1RM relativo no exercício meio-agachamento de $\geq 1,5$ e $\leq 1,5$ kg·kg⁻¹, respectivamente). Para a comparação, foram utilizadas as resistências externas de 10, 20, 30, 40, 50 e 60 kg no salto vertical com contramovimento. Os resultados demonstraram maior produção de potência mecânica em todas as resistências externas para os participantes mais fortes em comparação aos mais fracos. Resultado similar também foi encontrado no estudo Hori *et al.* (2008). Os autores separaram os participantes com maiores e menores níveis de força ($\geq 1,0$ e $\leq 0,8$ kg·kg⁻¹, respectivamente), a partir da 1RM do exercício *hang power clean*. Na única resistência externa testada (40 kg) no salto vertical com contramovimento, foi observada maior produção de potência mecânica para os indivíduos mais fortes. Por fim, o estudo de Kraska *et al.* (2009) foi o único que comparou a influência da força muscular na altura dos saltos verticais (sem e com contramovimento) com resistência externa de 20 kg. Os autores observaram melhor desempenho na altura de ambas as técnicas do salto vertical para o grupo com maior nível de força.

Resumidamente, todos os estudos anteriores indicam efeito positivo da força muscular na produção de potência mecânica e na altura dos saltos verticais em situações com resistências externas. Neste sentido, é possível sugerir maior vantagem para o LPO, pois esse método de treinamento pode induzir maiores ganhos de força muscular em comparação a PLIO.

A lógica para o maior ganho de força muscular no LPO em relação à PLIO está associada às características inerentes dos métodos. Enquanto no LPO é possível à execução de exercícios com alta resistência externa (SUCHOMEL; COMFORT; LAKE, 2017), os exercícios pliométricos são predominantemente realizados com baixa resistência externa (CORMIE; MCGUIGAN; NEWTON, 2011). Essa diferença é considerada crucial, uma vez que os exercícios com alta resistência externa são recomendados para os ganhos substanciais de força muscular (AMERICAN COLLEGE OF SPORTS, 2009; SCHOENFELD; PETERSON; OGBORN; CONTRERAS *et al.*, 2015).

Portanto, a partir dos argumentos apresentados neste tópico, é possível supor um melhor desempenho para o LPO em relação à PLIO sobre a altura e a produção de potência mecânica dos saltos verticais realizados com resistências externas. Contudo, para testar a hipótese apropriadamente, faz necessária a comparação direta entre os métodos de treinamento.

3.6 Levantamento de peso olímpico vs. pliometria: comparação do desempenho da velocidade de corrida

Apenas dois estudos realizaram a comparação entre o LPO e PLIO sobre o desempenho da velocidade de corrida na fase de aceleração em distâncias curtas (i.e., 5-10 m). Tricoli *et al.* (2005), subterram os participantes com baixa experiência no treinamento de força e sem familiaridade com o LPO a um protocolo de oito semanas de treinamento (24 sessões). Enquanto o grupo LPO realizou três exercícios (*high pull*, *power clean*, *clean and jerk*), o grupo PLIO utilizou quatro exercícios com ênfase apenas no eixo longitudinal (salto bilateral, unilateral e unilateral alternado sobre obstáculo e salto em profundidade). Ao término do treinamento, foi observado aumento significativo da velocidade de corrida somente para o grupo LPO (3,5%) na distância de 10 m. Por sua vez, Teo *et al.* (2016) também utilizaram indivíduos com baixa experiência em treinamento de força e nenhuma familiaridade com LPO. Durante as seis semanas de treinamento (18 sessões), ambos os grupos realizaram apenas exercícios no eixo longitudinal (LPO = *hang power clean* e *power snatch* e PLIO = salto vertical com resistência hidráulica e salto em profundidade).

Contrariamente ao resultado de Tricoli *et al.* (2005), foram observadas melhoras significantes para ambos os grupos na distância de 5 m (LPO = 5,4% e PLIO = 7,0%).

Como observado no parágrafo anterior, novos estudos devem ser realizados não somente pelos resultados conflitantes, mas também pela utilização exclusiva de exercícios no eixo longitudinal para o grupo PLIO. De acordo com os recentes estudos, o exercício pliométrico no eixo longitudinal pode induzir apenas uma pequena melhora na fase de aceleração em distâncias curtas (5 e 10 m) (DELLO IACONO; MARTONE; MILIC; PADULO, 2017; LOTURCO; PEREIRA; KOBAL; ZANETTI *et al.*, 2015). Por outro lado, o exercício pliométrico no eixo ântero-posterior pode maximizar o desempenho nas mesmas distâncias (DELLO IACONO; MARTONE; MILIC; PADULO, 2017; LOTURCO; PEREIRA; KOBAL; ZANETTI *et al.*, 2015).

Loturco *et al.* (2015) compararam os efeitos dos saltos horizontais (eixo ântero-posterior) vs. saltos verticais (eixo longitudinal) em jogadores de futebol. Após 11 sessões de treinamento, foi observada maior velocidade média na distância de 10 m para os participantes que realizaram os saltos horizontais em relação aos participantes que executaram os saltos verticais. Com objetivo similar, Dello Iacono *et al.* (2017) investigaram a influência de diferentes técnicas do salto em profundidade, em jogadores de handebol. Enquanto o primeiro grupo realizou a queda do caixote seguido do salto vertical, o segundo grupo realizou após a queda do caixote o salto horizontal. Após 10 semanas de treinamento (20 sessões), foi observado melhor desempenho na velocidade de corrida na distância de 10 m para o grupo que efetuou os saltos horizontais. De acordo com os resultados, torna-se evidente que a melhora na fase de aceleração em distância curta é ocasionada principalmente pelo exercício pliométrico no eixo ântero-posterior e não no eixo longitudinal.

A explicação para essa maior vantagem do exercício no eixo ântero-posterior está relacionada à sua similaridade e assim, maior transferência da força e da potência horizontais adquiridas durante o período de treinamento. Particularmente, essas variáveis mecânicas, força e a potência horizontais são consideradas fundamentais para o desempenho na corrida em distâncias curtas (BUCHHEIT; SAMOZINO; GLYNN; MICHAEL *et al.*, 2014; CHELLY; DENIS, 2001; LOTURCO; PEREIRA; KOBAL; ZANETTI *et al.*, 2015; MORIN; BOURDIN; EDOUARD; PEYROT *et al.*, 2012; RABITA; DOREL; SLAWINSKI; SAEZ-DE-VILLARREAL *et al.*, 2015; RANDELL; CRONIN; KEOGH; GILL, 2010). Por exemplo, Loturco *et al.* (2015) compararam o efeito do salto horizontal vs. salto vertical em jogadores de futebol. Além do melhor desempenho na distância de 10 m, os autores também evidenciaram maior produção de força horizontal para o grupo que efetuou o salto horizontal

em relação ao grupo salto vertical. Estudos transversais também demonstraram a importância da força e da potência horizontais na fase de aceleração da corrida. Por exemplo, Buchheit *et al.* (2014), Morin *et al.* (2012) e Rabita *et al.* (2015) evidenciaram associações de 0,57, 0,77 e 0,77, respectivamente, entre a força horizontal (mensurada durante a velocidade de corrida) e a fase de aceleração. De maneira semelhante, Chelly e Denis (2001), Rabita *et al.* (2015) e Morin *et al.* (2012) encontraram associações de 0,80, 0,86 e 0,89, respectivamente, entre a potência horizontal (também mensurada durante a velocidade de corrida) e a fase de aceleração. A partir dos dados anteriormente mencionados, é possível recomendar a inclusão de exercício no eixo ântero-posterior para PLIO. Em consequência dessa inclusão, pode ser esperada uma melhora substancial da fase de aceleração em corridas de distâncias curtas para a PLIO em relação a um método treinamento que possibilita somente exercícios no eixo longitudinal, como o LPO. Por fim, esse aumento substancial do desempenho pode estar relacionado ao aumento da força e potência horizontais.

Outros três estudos também compararam o LPO e a PLIO no desempenho da velocidade de corrida, embora em distâncias maiores da fase de aceleração (i.e., 20-36 m). Tricoli *et al.* (2005) e Teo *et al.* (2016) não observaram diferenças significantes entre os grupos nas distâncias de 30 m e 20 m, respectivamente. Resultado semelhante também foi encontrado por Moore, Hickey e Reiser (2005) quando avaliada a distância de 25 m. Contrariamente aos resultados conflitantes em distâncias curtas, todos os estudos que compararam o LPO e a PLIO na fase de aceleração, porém em distâncias maiores, observaram ganhos similares entre métodos de treinamento.

Embora os resultados sejam consistentes entre os estudos, alguns pontos devem ser mencionados. Como descrito anteriormente, o estudo de Tricoli *et al.* (2005) e o de Teo *et al.* (2016) não utilizaram exercícios pliométricos no eixo ântero-posterior. A utilização desses exercícios poderia induzir um melhor desempenho na velocidade de corrida nas distâncias iniciais (DELLO IACONO; MARTONE; MILIC; PADULO, 2017; LOTURCO; PEREIRA; KOBAL; ZANETTI *et al.*, 2015) e desta forma, proporcionar uma vantagem no desempenho final das distâncias de 20-36 m. Outro ponto relevante que deve ser mencionado é o estudo de Moore, Hickey e Reiser (2005). Esses autores utilizaram exercícios no eixo ântero-posterior para a PLIO. Desta forma, de acordo com a lógica mencionada anteriormente, esperava-se melhor desempenho para a PLIO; fato que não ocorreu. No entanto, é importante ressaltar que Moore, Hickey e Reiser (2005) adicionaram um protocolo de treinamento de força somente para o LPO. Esse estímulo adicional pode ter contribuído para um aumento do desempenho na

velocidade de corrida (RUMPF; LOCKIE; CRONIN; JALILVAND, 2016) e desta forma, ter ocultado uma possível diferença entre o LPO e a PLIO.

De acordo com os argumentos anteriores, novas comparações ainda são necessárias entre LPO e PLIO. Contudo, é importante enfatizar que essas comparações devem ser realizadas com exercícios no eixo ântero-posterior para a PLIO e sem a inclusão de outros métodos de treinamento para ambos os grupos.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Amostra

A amostra do presente estudo foi constituída por 45 participantes do sexo masculino (idade $26,3 \pm 4,9$ anos, estatura $175,5 \pm 7,1$ cm, massa corporal $79,2 \pm 9,6$ kg e 1RM relativo no exercício meio-agachamento $2,1 \pm 0,3$ kg·kg⁻¹). Como critérios de inclusão, os participantes deveriam ser (1) clinicamente saudáveis, (2) com idade entre 18-35 anos, (3) alcançar o valor mínimo no teste de uma repetição máxima (1RM) no exercício meio-agachamento de 1,5 vezes a massa corporal (4) estarem engajados de modo contínuo no treinamento de força por pelo menos um ano, (5) não possuir experiência em LPO e PLIO e (6) não possuir lesões que comprometessem a realização dos exercícios. É importante mencionar que a escolha da amostra foi relacionada à validade interna. Em outras palavras, para ter um grande controle metodológico, por exemplo, a diminuição da influência de variáveis de confusão (treinamento técnico e tático) optou-se por uma amostra de participantes com experiência em treinamento de força, mas de não-atletas.

Todos os participantes foram informados dos benefícios, possíveis riscos e desconfortos. Ao concordarem com os procedimentos do estudo, os participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido antes do início da intervenção. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo (parecer CAAE: 96913118.6.0000.5391, de 1 de novembro de 2018).

4.2 Procedimentos experimentais

O presente estudo foi composto pelas seguintes etapas: período de aprendizagem dos exercícios de LPO, avaliações pré-treinamento, período de treinamento e avaliações pós-treinamento (Figura 6). O período de aprendizagem dos exercícios de LPO foi constituído de oito sessões divididas em quatro semanas (SAKADJIAN; PANCHUK; PEARCE, 2014). Para verificar a eficácia desse período, foi realizado na segunda e oitava sessões de aprendizagem, a filmagem e posteriormente, a análise do deslocamento horizontal máximo da barra no exercício *hang power clean*. Também nesse período, especificamente nas últimas duas sessões, os participantes foram familiarizados com os testes de saltos verticais e velocidade de corrida.

Após intervalo de 72-96h em relação à última sessão do período de aprendizagem, os participantes iniciaram as avaliações pré-treinamento composta por seis sessões de testes. As

duas primeiras sessões de testes foram destinadas para os saltos verticais (SJ, CMJ e CMJ com resistências externas de 40%, 60% e 80% da massa corporal), enquanto as duas sessões de testes subsequentes para a velocidade de corrida e as duas últimas sessões de testes para a 1RM no exercício meio-agachamento. Intervalos entre 72-96h foram realizados entre as sessões de testes. Duas sessões para o mesmo teste foram realizadas para permitir o cálculo do erro de medida. Contudo, para cada variável dependente o maior resultado observado entre as duas sessões de testes foi utilizado como o valor do momento pré-treinamento.

Figura 6. Procedimentos experimentais. Sessões 1, 2 e 7 = saltos verticais (sem e com contramovimento e com resistências externas de 40%, 60% e 80% da massa corporal), sessões 3, 4 e 8 = velocidade de corrida e sessões 5, 6 e 9 = força dinâmica máxima (1RM) no exercício meio-agachamento. A seta representa a filmagem do exercício *hang power clean*.

Com o término das avaliações pré-treinamento, os participantes foram balanceados (a partir da altura do CMJ) e aleatorizados nos grupos LPO, PLIO ou grupo controle (GC). A partir de então, foi iniciado o período de treinamento constituído de 16 sessões divididas em oito semanas (frequência de duas vezes por semana). Cinco dias após a última sessão do período de treinamento, os participantes realizaram as avaliações pós-treinamento composta por três sessões testes. A primeira sessão pós-treinamento (7) foi destinada para os testes de saltos verticais (SJ, CMJ e CMJ com resistências externas de 40%, 60% e 80% da massa corporal), enquanto a segunda sessão (8) para a velocidade de corrida e terceira (9) para a 1RM no exercício meio-agachamento. Intervalos entre 72-96h foram realizados entre as sessões de testes.

4.3 Testes

4.3.1 Saltos verticais

Inicialmente, foram medidos os saltos verticais sem contramovimento (SJ) e com contramovimento (CMJ). Para tanto, os participantes foram submetidos a um aquecimento

geral em ciclo ergômetro (*Ergomedic 828E*, Monark, *Vansbro, Dalarna*, Suécia) com duração de cinco minutos a $20 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Dois minutos após o aquecimento geral, os participantes realizaram o aquecimento específico composto de quatro saltos verticais submáximos para cada técnica (i.e. SJ e CMJ). Após intervalo de três minutos, foram realizados cinco saltos verticais máximos para o SJ e CMJ (LOTURCO; PEREIRA; KOBAL; MALDONADO *et al.*, 2016). Foram realizados intervalos de 10-15 segundos entre os cinco saltos verticais e três minutos entre SJ e CMJ.

Para a realização do SJ, os participantes permaneceram por dois segundos em posição de semi-agachamento (joelhos flexionados a 90°) e com as mãos apoiadas no quadril. O ângulo de flexão do joelho foi determinado por um goniômetro antes da realização do aquecimento geral. Para garantir a flexão de 90° da articulação do joelho em todas as tentativas do SJ, foram utilizadas estruturas semelhantes à estadiômetros conectados por uma faixa elástica (Figura 7). Resumidamente, ao atingir 90° de flexão de joelho, a amplitude do movimento foi demarcada pelo contato do glúteo com a faixa elástica (Figura 7). A partir da correta amplitude de movimento e novamente, após dois segundos em posição de semi-agachamento, foi dado à ordem para realizar o SJ o mais alto possível. A tentativa foi considerada inválida em caso de contramovimento e/ou auxílio dos braços (perda do contato das mãos com o quadril). O teste de SJ foi considerado válido, somente se o participante conseguisse realizar no mínimo três tentativas corretas. Em caso de apenas uma ou duas tentativas corretas, o resultado do participante não foi incluído na análise estatística (observação: apenas os resultados de dois participantes para o SJ não foram incluídos na análise estatística. Um participante estava alocado no grupo PLIO e o outro no GC).

Figura 7. Teste de salto vertical sem contramovimento (SJ). Seta preta = estrutura similar a um estadiômetro, seta branca = faixa elástica.

Para o CMJ, os participantes iniciaram o movimento com os joelhos estendidos e as mãos apoiadas no quadril. Após a ordem do avaliador, os participantes realizaram uma rápida ação excêntrica (flexão de joelhos com amplitude auto selecionável), seguida de uma rápida ação concêntrica (Figura 8). Foi dada a instrução aos participantes para realizar o CMJ o mais alto possível. Adicionalmente, a tentativa foi considerada inválida em caso de auxílio dos braços (perda do contato das mãos com o quadril). O teste de CMJ foi considerado válido, somente se o participante conseguisse realizar no mínimo três tentativas corretas. Em caso de apenas uma ou duas tentativas corretas, o resultado do participante não foi incluído na análise estatística.

Figura 8. Teste de salto vertical com contramovimento (CMJ).

Por fim, também foi realizado o CMJ com adição de resistências externas de 40%, 60% e 80% da massa corporal (CMJ40%, CMJ60% e CMJ80%, respectivamente). Dez minutos após o teste do CMJ, os participantes realizaram um aquecimento específico em um equipamento com barra guiada (*Smith-Machine Bolt, Movement*, São Paulo, SP, Brasil). O aquecimento específico foi composto por uma série de três CMJ submáximos com cerca de 45% da massa corporal e após um minuto de intervalo, uma série de dois CMJ submáximos com aproximadamente 65% da massa corporal. Três minutos após o aquecimento específico, os participantes realizaram o teste. Para o CMJ40% e CMJ60% foram realizadas três tentativas, enquanto para o CMJ80% apenas duas tentativas.

As instruções dos saltos verticais CMJ40%, CMJ60% e CMJ80% foram semelhantes ao CMJ. Brevemente, os participantes iniciaram o movimento com os joelhos estendidos e após a ordem do avaliador, realizaram uma rápida ação excêntrica (amplitude auto selecionável), seguida de uma rápida ação concêntrica (Figura 9). Diferentemente do CMJ, os participantes foram instruídos a apoiar as mãos na barra guiada durante toda a execução do

movimento. O teste foi considerado inválido quando a barra perdeu o contato com os ombros do participante. Dada essa situação, a tentativa foi repetida. Por fim, foi dada a instrução aos participantes para realizar o CMJ40%, CMJ60% e CMJ80% o mais alto possível. O teste de CMJ com resistência externa foi considerado válido, somente se o participante conseguisse realizar no mínimo duas tentativas corretas. Em caso de apenas uma tentativa correta, o resultado do participante no teste específico (i.e., CMJ40%, CMJ60% e/ou CMJ80%) não foi incluído na análise estatística.

Figura 9. Teste de salto vertical com contramovimento (CMJ%), com resistências externas de 40%, 60% e 80% da massa corporal.

4.3.1.1 Aquisição das variáveis dos saltos verticais

Os participantes realizaram todos os saltos verticais (SJ, CMJ e CMJ com adição de 40%, 60% e 80% da massa corporal) sobre uma plataforma de força móvel (*AccuPower*, AMTI, *Watertown, Massachusetts*, EUA) para a mensuração da força de reação do solo (FRS). Os dados foram coletados em frequência amostral de 1000 Hz e posteriormente filtrados por um filtro digital *Butterworth* de passa baixa, de 2ª ordem e com frequência de corte de 20 Hz. Adicionalmente, também foi utilizada uma placa conversora A/D com resolução de 16 bits.

A partir da curva de FRS, foram quantificadas as variáveis, força pico, velocidade pico, potência pico e deslocamento do centro de massa (observação: todos os valores foram adquiridos durante a ação concêntrica). Os procedimentos adotados para a aquisição das variáveis citadas foram: (1) normalização da curva de FRS pela subtração da massa corporal do participante, (2) divisão da curva de FRS normalizada pela massa corporal do participante para a obtenção da curva de aceleração, (3) integração trapezoidal da área sob a curva da aceleração para a obtenção da curva de velocidade e (4) integração da curva de velocidade

para a obtenção do deslocamento vertical do centro de massa (altura do salto = maior deslocamento vertical do centro de massa) (DIAS; DAL PUPO; REIS; BORGES *et al.*, 2011). O cálculo da potência foi obtido pela multiplicação da FRS pela velocidade. Para cada variável, a média dos valores obtidos nas tentativas foi utilizada para a análise estatística. A utilização da média na análise estatística está relacionada ao seu menor erro de medida em comparação ao valor pico.

4.3.1.2 Rigidez das estruturas musculoesqueléticas

A rigidez das estruturas musculoesqueléticas foi mensurada apenas no CMJ. A equação utilizada para quantificar essa variável foi: rigidez das estruturas musculoesqueléticas = força pico excêntrica dividida pelo deslocamento durante a ação excêntrica (ABOODARDA; YUSOF; ABU OSMAN; THOMPSON *et al.*, 2013; CORMIE; MCGUIGAN; NEWTON, 2010b; WANG; LIN; HUANG, 2004). Tanto a força pico excêntrica quanto o deslocamento na ação excêntrica foram adquiridos com o uso de uma plataforma de força (*AccuPower*, AMTI, *Watertown, Massachusetts*, EUA). A média dos valores obtidos nas cinco tentativas do CMJ foi utilizada para a análise estatística.

4.3.2 Teste de força dinâmica máxima

A força dinâmica máxima foi mensurada por meio do teste de uma repetição máxima (1RM) no exercício meio-agachamento realizado em um equipamento com barra guiada (*Smith-Machine SSM*, *Life Fitness*, *Rosemont, Illinois*, EUA). Inicialmente, os participantes foram submetidos a um aquecimento geral em ciclo ergômetro (*Ergomedic 828E*, *Monark*, *Vansbro*, *Dalarna*, Suécia) com duração de cinco minutos a 20 km·h⁻¹. Em seguida, foi realizado um aquecimento específico constituído de uma série de oito repetições com intensidade estimada de 50% 1RM e após um minuto, mais uma série, porém de três repetições com intensidade estimada de 70% 1RM. Três minutos após o aquecimento específico, os participantes realizaram o teste de 1RM. Foram permitidas até cinco tentativas com intervalo de três minutos entre tentativas para obter o maior valor de 1RM em um ciclo correto e completo de movimento (BROWN; WEIR, 2001).

Para considerar um ciclo correto e completo de movimento, o participante deveria iniciar o movimento com os joelhos em extensão completa, realizar a fase excêntrica até atingir 90° de flexão dos joelhos e imediatamente retornar à posição inicial (fase concêntrica). O ângulo de flexão dos joelhos foi mensurado previamente ao teste por meio de um goniômetro. A amplitude de movimento foi controlada por duas estruturas semelhantes à

estadiômetros conectadas por uma faixa elástica. Alocada perpendicularmente a barra guiada, essa estrutura permitiu fixar a faixa elástica na altura que a barra atingiu quando o participante encontrava-se em 90° de flexão de joelho. Dessa maneira, quando a borda inferior da barra tocasse a faixa elástica foi possível afirmar que a amplitude de movimento proposta foi alcançada (Figura 10). A tentativa com o maior valor foi utilizada para a análise estatística.

Figura 10. Teste de força dinâmica máxima no exercício meio-agachamento. Seta preta = estrutura similar a um estadiômetro, seta branca = faixa elástica.

4.3.3 Velocidade de corrida

O teste de velocidade de corrida foi realizado em uma trajetória de 30 m em linha reta. Para a realização do teste, os participantes realizaram um aquecimento geral composto de cinco minutos de corrida leve e um aquecimento específico com três tentativas submáximas no percurso de 30 m. Após intervalo de três minutos em relação ao aquecimento específico, os participantes realizaram o teste de velocidade de corrida constituído de três tentativas máximas. Foram permitidos três minutos de intervalo entre as tentativas e os participantes foram instruídos a correr na máxima velocidade do início ao fim da distância demarcada. Todas as tentativas foram filmadas para posterior análise do desempenho (detalhes no tópico 4.3.2.1).

4.3.3.1 Aquisição das variáveis da velocidade de corrida

As variáveis mensuradas no teste de velocidade de corrida foram: velocidade média nas distâncias 0-5, 0-10, 0-20 e 0-30 m, força e potência horizontais (referentes aos 30 m) e comprimento do passo. Para a mensuração dessas variáveis, foi utilizado uma câmera (*IPad Pro, Apple Inc., Cupertino, Califórnia, EUA*) com configuração de 240 fps e qualidade de 720p, posicionada sobre um tripé no marcador central da trajetória (15 m) e a 10 m de

distância da área utilizada para a corrida (Figura 11). Na trajetória do teste, foram colocados marcadores nas distâncias de 5, 10, 15, 20, 25 e 30 m. Contudo, devido à necessidade de movimentar a câmera durante toda a trajetória dos 30 m, foram adicionados mais seis marcadores com posições pré-estabelecidas (5,57; 10,28; 15; 19,72; 24,43 e 29,15 m) (Figura 11) (ROMERO-FRANCO; JIMENEZ-REYES; CASTANO-ZAMBUDIO; CAPELO-RAMIREZ *et al.*, 2017). Estes últimos seis marcadores tinham o objetivo de corrigir o efeito paralaxe (i.e., deslocamento aparente de um objeto quando alterado o ponto de observação). Adicionalmente, para que a correção fosse realizada, o tempo foi adquirido somente quando quadril do participante estivesse alinhado aos marcadores de efeito paralaxe.

Figura 11. Representação do teste de velocidade de corrida. As bandeiras representam os marcadores de 5, 10, 15, 20, 25 e 30 m. Os triângulos pretos representam os marcadores fixados para a correção do efeito paralaxe.

Posteriormente a filmagem do teste, foi utilizado o aplicativo *MySprint* (Apple Inc. Cupertino, Califórnia, EUA) para a obtenção dos resultados. A velocidade média nas distâncias 0-5, 0-10, 0-20 e 0-30 m foram mensuradas somente quando o quadril do participante estivesse alinhado aos marcadores de efeito paralaxe colocados nas seguintes distâncias 5,57, 10,28, 19,72 e 29,15 m. As análises de força e potência horizontais também foram determinadas a partir do alinhamento do quadril com os marcadores de efeito paralaxe. Contudo, para a força e potência horizontais foram considerados os seis marcadores de efeito paralaxe. As etapas para o cálculo da força e potência horizontais foram: (1) ajuste da curva velocidade-tempo por meio do método de regressão dos quadrados mínimos ($[V(t) = V_{\text{máx}} \cdot (1 - e^{(-t/\tau)})]$), onde $V_{\text{máx}}$ é a velocidade máxima e τ é a constante aceleração, (2) cálculo da aceleração horizontal (A_h) ao longo do tempo ($a_h(t) = (V_{\text{máx}}/t) \cdot e^{(-t/\tau)}$), (3) cálculo

da força horizontal (F_h) modelada ao longo do tempo ($F_h(t) = m.a(t) +$ força de atrito aerodinâmico), onde m é massa corporal do participante e por fim, (4) cálculo da potência horizontal (P_h), $P_h(t) = F_h(t).V(t)$ (SAMOZINO; RABITA; DOREL; SLAWINSKI *et al.*, 2016). A validação das variáveis mecânicas a partir da utilização do aplicativo foi previamente demonstrada (ROMERO-FRANCO; JIMENEZ-REYES; CASTANO-ZAMBUDIO; CAPELO-RAMIREZ *et al.*, 2017). Por fim, o comprimento do passo foi determinado pela distância do trajeto (30 m) dividido pelo número de passos (MARTINEZ-VALENCIA; GONZALEZ-RAVE; SANTOS-GARCIA; ALCARAZ RAMON *et al.*, 2014). Para cada variável, a média dos valores obtidos nas tentativas foi utilizada para a análise estatística.

4.4 Período de aprendizagem

Todos os participantes foram submetidos ao período de aprendizagem dos exercícios de LPO. A duração desse período foi de quatro semanas, com frequência de duas sessões semanais e intervalos entre 48-72h entre as sessões.

Para a aprendizagem dos exercícios de LPO, inicialmente os participantes realizaram quatro exercícios coordenativos: (1) somente extensão do quadril, (2) extensão do quadril e tornozelo com um segundo de pausa entre a extensão de cada articulação, (3) extensão do quadril, tornozelo e remada alta com um segundo de pausa entre a extensão de cada articulação e a remada e (4) remada alta com fase de encaixe. Em seguida, na mesma sessão de aprendizagem, os participantes também realizaram os exercícios utilizados no período de treinamento, isto é, o *hang high pull*, o *hang power clean* e o *mid-thigh pull* (Figura 12).

Foram realizadas para cada exercício do período de aprendizagem três séries de seis repetições, com intervalos de 60 segundos entre as séries e os exercícios. Na semana 1, os exercícios foram realizados somente com o peso da barra olímpica (20 kg), enquanto nas semanas 2 e 3, foram acrescentados 10 kg (peso total de 30 kg) e na semana 4, foram adicionados mais 10 kg (peso total de 40 kg). Durante os intervalos das séries, *feedback* verbal, bem como visual (filmagem no plano sagital), foram fornecidos aos participantes para as correções dos movimentos. O *feedback* verbal e visual são estratégias eficientes para aprendizagem dos educativos do LPO (RUCCI; TOMPOROWSKI, 2010).

4.4.1 Análise da técnica do *hang power clean*

Para verificar a aprendizagem dos participantes, foi realizada a análise da técnica do *hang power clean* (exercício de maior complexidade do estudo) na segunda e oitava sessões

do período de aprendizagem. Para tanto, os participantes realizaram inicialmente um aquecimento geral em ciclo ergômetro (*Ergomedic 828E*, Monark, Vansbro, Dalarna, Suécia) com duração de cinco minutos a 20 km·h⁻¹. Aproximadamente três minutos após, os participantes realizaram uma série de cinco repetições do *hang power clean* (HPC). Essa série foi filmada para a análise do deslocamento horizontal máximo da barra. Especificamente, na segunda sessão os participantes realizaram o exercício com 22 kg (barra olímpica mais duas anilhas de 1 kg), enquanto na oitava sessão, foi utilizada a barra olímpica mais duas anilhas de 10 kg (total de 40 kg).

Em relação aos procedimentos para a filmagem, foi utilizada uma câmera com configuração de 120 fps e resolução de 720p (*IPad Pro*, Apple Inc. Cupertino, Califórnia, EUA). A câmera foi posicionada no plano sagital, sobre um tripé com altura de 1,30 m em relação ao solo e a 5 m de distância para a área na qual foi realizado o exercício HPC.

A análise do deslocamento horizontal máximo da barra durante a execução do HPC foi realizada pelo *software* Kinovea (Experimental Version 0.8.25-x64) (DAEHLIN; KROSSHAUG; CHIU, 2017; MARRINER; CRONIN; MACADAM; STOREY, 2017). Inicialmente, cada vídeo (i.e., cada repetição) foi calibrado com o mesmo comprimento de referência (anilha de 45 cm de diâmetro) (GARHAMMER; NEWTON, 2013) e pelo mesmo pesquisador. Na etapa subsequente, foi realizado o procedimento de rastreamento automático do deslocamento horizontal máximo da barra. Valor positivo no deslocamento representou o afastamento da barra em relação ao corpo do participante. Por fim, os dados foram adquiridos por arquivos *xlsx*. A média dos valores obtidos nas cinco repetições foi utilizada para a análise estatística.

4.5 Protocolos de treinamento

Todos os participantes foram balanceados pela altura do CMJ e posteriormente, distribuídos de forma aleatória em um dos três possíveis grupos: LPO, PLIO ou grupo controle (GC). Com exceção do GC, todos os participantes realizaram oito semanas de treinamento, com a frequência de duas sessões semanais e intervalos entre as sessões de 48-72h. Para incluir o resultado do participante na análise estatística foi necessária a frequência acima de 85%. Na média, a frequência do grupo LPO foi de 92,5%, enquanto para o grupo PLIO de 91,6%.

Em relação ao protocolo de intervenção, os participantes do grupo LPO realizaram os seguintes exercícios, nessa sequência: *hang high pull*, *hang power clean* e *mid-thigh pull* (Figura 12). A escolha dos três exercícios foi relacionada à menor complexidade técnica em

comparação ao arranco e ao arremesso, bem como, pela capacidade de melhorar o desempenho do salto vertical e da velocidade de corrida (ARABATZI; KELLIS; SAEZ- SAEZ DE VILLARREAL, 2010; AYERS; DEBELISO; SEVENE; ADAMS, 2016; HAWKINS; DOYLE; MCGUIGAN, 2009; TEO; NEWTON; NEWTON; DEMPSEY *et al.*, 2016; TRICOLI; LAMAS; CARNEVALE; UGRINOWITSCH, 2005). Adicionalmente, a escolha dos três exercícios também foi relacionada à possibilidade de melhorar todo o perfil da curva força-velocidade (*hang high pull* = alta velocidade/baixa resistência externa, *hang power clean* = moderada velocidade/moderada resistência externa e *mid-thigh pull* = baixa velocidade/alta resistência externa) (SUCHOMEL; COMFORT; LAKE, 2017). Por fim, os exercícios foram prescritos por repetição máxima e competência técnica. Em outras palavras, foi utilizado em todas as sessões, o maior peso possível sem o comprometimento da técnica do movimento (HAWKINS; DOYLE; MCGUIGAN, 2009; HELLAND; HOLE; IVERSEN; OLSSON *et al.*, 2017; TRICOLI; LAMAS; CARNEVALE; UGRINOWITSCH, 2005). Todas as sessões foram supervisionadas pelo mesmo pesquisador. Adicionalmente, os participantes foram orientados a realizar todas as repetições na maior velocidade possível. Intervalos de dois minutos foram permitidos entre as séries e os exercícios. Detalhes sobre o protocolo (número de séries e repetições) podem ser observados na Tabela 2.

Figura 12. Exercícios de levantamento de peso olímpico. A = *hang high pull*, B = *hang power clean* e C = *mid-thigh pull*.

Para o grupo PLIO foram realizados os seguintes exercícios, nessa sequência: salto em profundidade, salto sobre obstáculo e salto horizontal bilateral (Figura 13). Assim como no LPO, a escolha desses exercícios também foi relacionada à capacidade de induzir efeitos positivos no desempenho do salto vertical e da velocidade de corrida (BERTON; LIXANDRÃO; PINTO; TRICOLI, 2018; HAWKINS; DOYLE; MCGUIGAN, 2009; LOTURCO; PEREIRA; KOBAL; ZANETTI *et al.*, 2015; TRICOLI; LAMAS; CARNEVALE; UGRINOWITSCH, 2005). Em relação à prescrição, no exercício salto em profundidade foi utilizada a altura de queda individualizada. Antes do início do período de treinamento, os participantes realizaram dois saltos em profundidade em diferentes alturas de queda. A instrução fornecida para a realização do exercício foi: “salte o mais rápido e alto possível”. A altura de queda na qual foi maximizada o índice de força reativa (tempo de voo durante o salto dividido pelo tempo de contato), foi à escolhida para ser utilizada durante todo o período de treinamento (RAMIREZ-CAMPILLO; ALVAREZ; GARCIA-PINILLOS; SANCHEZ-SANCHEZ *et al.*, 2018). No exercício salto sobre obstáculo, a altura do obstáculo foi determinada de tal modo que o participante a ultrapassava com adequada “margem de segurança”. No entanto, a altura foi aumentada quando o participante foi capaz de ultrapassar

facilmente o obstáculo em todas as séries e repetições. Para o salto horizontal bilateral, a distância total percorrida com os cinco saltos na primeira série foi demarcada com um cone em toda sessão de treinamento. O objetivo desse procedimento foi estimular o participante a alcançar o cone nas séries subsequentes para motivar o máximo desempenho durante todas as sessões. Por fim, todas as sessões foram supervisionadas pelo mesmo pesquisador. Adicionalmente, nos três exercícios pliométricos, os participantes foram orientados a realizar os saltos com a maior velocidade possível. Intervalos de dois minutos foram permitidos entre as séries e os exercícios. Detalhes sobre protocolo (número de séries e repetições) podem ser consultados na Tabela 2.

Figura 13. Exercícios pliométricos.

Tabela 2. Protocolos de treinamento dos grupos LPO e PLIO.

Grupos	Exercícios	Semanas 1-4 (séries x repetições)	Semanas 5-8 (séries x repetições)
LPO	<i>Hang high pull</i>	4 x 6	5 x 6
	<i>Hang power clean</i>	4 x 4	5 x 4
	<i>Mid-thigh pull</i>	3 x 3	3 x 3 + 1 x 2
PLIO	Salto em profundidade	5 x 5	6 x 5
	Salto sobre obstáculo	5 x 5	6 x 5
	Salto horizontal bilateral	4 x 5	5 x 5

LPO = levantamento de peso olímpico, PLIO = pliometria.

4.6 Análise estatística

A primeira etapa da análise estatística compreendeu a identificação de *outliers* (considerado quando o valor do participante para uma determinada variável dependente estava 3 desvios-padrões acima ou abaixo da média), seguido pelo teste de normalidade de *Shapiro-Wilk* e determinação do erro de medida (HOPKINS, 2000). Em relação a esses procedimentos, não foi observado nenhum *outlier*, bem como nenhuma variável dependente apresentou distribuição não normal. O valor do erro de medida (erro típico e coeficiente de variação) de cada variável dependente pode ser observado na Tabela 3 (saltos verticais) e na Tabela 4 (velocidade de corrida e teste de 1RM).

A segunda etapa compreendeu a análise da técnica do exercício *hang power clean* e a progressão da carga nos grupos LPO e PLIO durante o período de treinamento. Para verificar alteração no deslocamento horizontal máximo da barra do exercício *hang power clean* foi utilizado o Teste t de *Student* para amostras dependentes. Em relação à progressão da carga de treinamento, foi realizada para cada grupo (LPO e PLIO) ANOVA para medidas repetidas com um fator. Em caso de valor de F significativo, foi utilizado o *post-hoc* de *Tukey*. Para todas as análises mencionadas acima o nível de significância adotado foi de $P \leq 0,05$.

A terceira etapa objetivou comparar os grupos LPO, PLIO e GC com relação às variáveis dependentes adquiridas nos testes de saltos verticais, velocidade de corrida e 1RM. Inicialmente, ANOVA de um fator foi empregado para verificar a existência de possíveis diferenças entre os valores pré-treinamento dos grupos LPO, PLIO e GC (observação: não foram encontradas diferenças entre os grupos no momento pré-treinamento). Em seguida, foi realizado um modelo misto para cada variável dependente, sendo os três grupos (LPO, PLIO e GC) e os dois momentos (pré e pós-treinamento) considerados como fatores fixos e os participantes como fator aleatório. Em caso de valor de F significativo, foi utilizado o *post-hoc* de *Tukey*. O valor de significância adotado foi de $P \leq 0,05$ e os dados foram apresentados em média $\pm$ desvio-padrão (DP).

Por fim, foi calculado o *effect size* com intervalo de confiança fixado em 95% (NAKAGAWA; CUTHILL, 2007). Para calcular o *effect size* entre grupos (i.e., LPO vs. PLIO, LPO vs. GC e PLIO vs. GC) foi utilizada a média e o desvio-padrão do percentual de mudança (LIXANDRÃO; UGRINOWITSCH; LAURENTINO; LIBARDI *et al.*, 2015). Desta forma, o *effect size* foi calculado a partir da diferença dos valores percentuais médios, dividido pelo desvio-padrão dos valores percentuais médios de cada grupo (COHEN, 1988). Os valores de limiar adotados para o *effect size* foram: trivial (0 a $<0,2$), pequeno (0,2 - $<0,6$), moderado (0,6 - $<1,2$) e grande (1,2 - $<2,0$) (HOPKINS; MARSHALL; BATTERHAM;

HANIN, 2009). É importante ressaltar que efeito incerto foi considerado quando o intervalo de confiança incluiu valores positivos e negativos (NAKAGAWA; CUTHILL, 2007).

5 RESULTADOS

5.1 Diagrama de fluxo

O diagrama de fluxo apresentado na Figura 14 mostra o processo de seleção e alocação dos participantes nos diferentes grupos.

Figura 14. Diagrama de fluxo.

5.2 Reprodutibilidade de medida

Com o objetivo de determinar o erro de medida, foram realizados dois testes no momento pré-treinamento. Na Tabela 3 são apresentados os resultados referentes aos saltos verticais e ao teste de 1RM, enquanto na Tabela 4, os resultados da velocidade de corrida.

Tabela 3. Reprodutibilidade de medida para as variáveis dos saltos verticais e força dinâmica máxima (1RM).

	Erro típico (valor absoluto)	Coefficiente de variação (percentual)
Altura (cm)		
SJ	1,00	2,98
CMJ	1,17	3,09
CMJ40%	0,75	3,68
CMJ60%	0,67	4,23
CMJ80%	0,87	7,03
Força pico ($\text{N}\cdot\text{kg}^{-1}$)		
SJ	0,61	2,64
CMJ	0,83	3,43
CMJ40%	0,63	2,51
CMJ60%	0,71	2,66
CMJ80%	0,72	2,53
Velocidade pico ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)		
SJ	0,03	1,46
CMJ	0,04	1,52
CMJ40%	0,03	1,84
CMJ60%	0,03	2,23
CMJ80%	0,05	3,64
Potência pico ($\text{W}\cdot\text{kg}^{-1}$)		
SJ	1,24	2,34
CMJ	1,02	1,95
CMJ40%	0,88	1,86
CMJ60%	1,13	2,46
CMJ80%	1,65	3,63
Rigidez ($\text{N}\cdot\text{m}^{-1}$)		
CMJ	298,25	6,07
1RM ($\text{kg}\cdot\text{kg}^{-1}$)		
Valor relativo	0,09	4,28

SJ = salto vertical sem contramovimento, CMJ = salto vertical com contramovimento, CMJ40% = salto vertical com contramovimento com resistência externa de 40% da massa corporal, CMJ60% = salto vertical com contramovimento com resistência externa de 60% da massa corporal, CMJ80% = salto vertical com contramovimento com resistência externa de 80% da massa corporal, rigidez = rigidez das estruturas musculoesqueléticas e 1RM = força dinâmica máxima.

Tabela 4. Reprodutibilidade de medida para as variáveis da velocidade de corrida.

	Erro típico (valor absoluto)	Coefficiente de variação (percentual)
Velocidade de corrida ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)		
0-5 m	0,07	1,97
0-10 m	0,05	1,09
0-20 m	0,05	0,97
0-30 m	0,06	0,93
Força horizontal ($\text{N}\cdot\text{kg}^{-1}$)	0,38	4,34
Potência horizontal ($\text{W}\cdot\text{kg}^{-1}$)	0,68	3,85
Comprimento do passo (m)	0,03	2,07

5.3 Análise da técnica do exercício *hang power clean* durante o período de aprendizagem

Para quantificar a melhora da técnica durante o período de aprendizagem foi realizada na segunda e oitava sessões, a mensuração do deslocamento horizontal máximo da barra durante a execução do exercício *hang power clean* (Figura 15). É importante ressaltar que a comparação observada na Figura 15 foi realizada apenas com os participantes do grupo LPO.

Figura 15. Deslocamento horizontal máximo da barra durante a execução do exercício *hang power clean*. * Diferença significativa em relação à 2ª sessão. Dados apresentados em média $\pm$ DP.

Figura 16. Representação da trajetória da barra na 2ª e 8ª sessão de aprendizagem (linha preta e cinza, respectivamente). Figura meramente ilustrativa.

5.4 Resultados referentes ao período de treinamento

Na Figura 17, são apresentados os ajustes das cargas ao longo das 16 sessões de treinamento. Para o LPO, o ajuste foi representado pela alteração do peso no exercício *hang power clean* (A), enquanto para a PLIO, o ajuste foi representado pela alteração da altura do obstáculo no exercício salto sobre obstáculo (B).

Figura 17. Alteração da (A) quantidade de peso no exercício *hang power clean*, grupo levantamento de peso olímpico (LPO) e alteração da (B) altura do obstáculo no exercício salto sobre obstáculos, grupo pliometria (PLIO). * Diferença significativa em relação à sessão 1. Dados apresentados em média $\pm$ DP.

Na Tabela 5, são apresentados os resultados dos testes do SJ e CMJ. Para o SJ, foi observado efeito de interação grupo *vs.* tempo ($P = 0,0005$) para a altura do salto vertical. O grupo PLIO aumentou significativamente a altura do salto vertical ($P = 0,0006$), enquanto nenhuma alteração estatística foi observada para o LPO ($P = 0,32$) e o GC ($P = 0,69$). Para a força pico não foi observado efeito de interação grupo *vs.* tempo ($P = 0,20$). Contudo, para a velocidade pico foi observado efeito de interação grupo *vs.* tempo ($P = 0,0004$), sendo encontrado um aumento significativo para a PLIO ($P = 0,004$), mas não para o LPO ($P = 0,31$) e o GC ($P = 0,68$). Por fim, efeito de interação grupo *vs.* tempo ($P = 0,0001$) foi encontrado para a potência pico. Novamente, apenas o grupo PLIO ($P = 0,001$) aumentou significativamente a potência pico, enquanto nenhuma alteração estatística foi observada para o LPO ($P = 0,11$) e o GC ($P = 0,99$). Como análise adicional, foi observado *effect size* favorável para a PLIO em comparação ao LPO nas variáveis altura vertical (moderado), velocidade pico (moderado) e potência pico (grande). Também foi observado *effect size* favorável para a PLIO em relação ao GC nas variáveis altura vertical (grande), força pico (moderado), velocidade pico (grande) e potência pico (grande). Para o LPO, a magnitude da diferença do *effect size* também foi favorável quando comparado com o GC nas variáveis altura vertical (moderado), velocidade pico (moderado) e potência pico (moderado).

Em relação ao CMJ, não foram observados efeitos de interação grupo *vs.* tempo para a altura do salto vertical ($P = 0,19$), força pico ($P = 0,07$), velocidade pico ($P = 0,17$), potência pico ($P = 0,09$) e rigidez das estruturas musculoesqueléticas ($P = 0,84$). Contudo, a magnitude da diferença do *effect size* foi favorável para a PLIO em relação ao LPO nas variáveis velocidade pico (moderado) e potência pico (moderado), bem como, quando comparado com o GC nas variáveis altura vertical (moderado), velocidade pico (moderado) e potência pico (grande). Para o LPO, foi observado *effect size* favorável em relação ao GC nas variáveis força pico (moderado) e potência pico (moderado).

Como resultado complementar, são apresentadas nas Figuras 18 e 19 as respostas individuais das variáveis do SJ e do CMJ, respectivamente.

Tabela 5. Variáveis dos testes de salto vertical sem contramovimento (SJ) e com contramovimento (CMJ) nos momentos pré e pós-treinamento.

	LPO		PLIO		GC		EFFECT SIZE		
	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	LPO vs. PLIO	LPO vs. CG	PLIO vs. GC
SJ									
Altura (cm)	34,4 ± 3,77	35,52 ± 3,94	32,78 ± 3,98	35,28 ± 4,24*	34,42 ± 5,47	33,87 ± 5,49	-0,79 (-1,56 -0,04) (moderado)	1,01 (0,26 1,81) (moderado)	1,48 (0,67 2,37) (grande)
Força pico (N•kg ⁻¹)	23,75 ± 1,74	23,95 ± 1,34	22,67 ± 2,45	23,45 ± 1,79	22,64 ± 1,47	22,61 ± 1,55	-0,50 (-1,25 0,22) (incerto)	0,12 (-0,59 0,86) (incerto)	0,82 (0,07 1,62) (moderado)
Velocidade pico (m•s ⁻¹)	2,60 ± 0,14	2,65 ± 0,14	2,54 ± 0,15	2,64 ± 0,16*	2,60 ± 0,21	2,58 ± 0,20	-0,78 (-1,56 -0,04) (moderado)	1,02 (0,26 1,82) (moderado)	1,49 (0,67 2,37) (grande)
Potência pico (W•kg ⁻¹)	54,15 ± 4,16	55,52 ± 4,28	51,11 ± 5,78	54,61 ± 5,52*	52,46 ± 5,87	52,24 ± 6,61	-1,21 (-2,04 -0,44) (grande)	0,83 (0,08 1,61) (moderado)	1,81 (0,95 2,74) (grande)
CMJ									
Altura (cm)	39,45 ± 5,20	39,49 ± 5,59	38,59 ± 4,90	39,93 ± 5,27	39,79 ± 5,74	38,77 ± 5,17	-0,72 (-1,48 0,02) (incerto)	0,43 (-0,28 1,16) (incerto)	1,00 (0,25 1,78) (moderado)
Força pico (N•kg ⁻¹)	24,50 ± 1,69	25,73 ± 2,24	23,90 ± 2,16	24,51 ± 2,65	24,93 ± 2,57	24,79 ± 2,49	0,38 (-0,33 1,11) (incerto)	0,81 (0,08 1,58) (moderado)	0,47 (-0,24 1,20) (incerto)
Velocidade pico (m•s ⁻¹)	2,79 ± 0,18	2,79 ± 0,19	2,76 ± 0,17	2,80 ± 0,18	2,80 ± 0,20	2,76 ± 0,18	-0,73 (-1,4 -0,002) (moderado)	0,43 (-0,27 1,17) (incerto)	0,99 (0,25 1,77) (moderado)
Potência pico (W•kg ⁻¹)	54,22 ± 4,55	55,23 ± 5,06	52,76 ± 6,16	55,47 ± 5,90	54,23 ± 5,24	53,56 ± 5,15	-0,93 (-1,71 -0,19) (moderado)	0,73 (0,004 1,48) (moderado)	1,46 (0,67 2,30) (grande)
Rigidez (N•m ⁻¹)	5088 ± 926	5278 ± 1121	4866 ± 919	4976 ± 736	5710 ± 1023	5721 ± 1136	0,07 (-0,63 0,79) (incerto)	0,15 (-0,59 0,92) (incerto)	0,10 (-0,64 0,86) (incerto)

LPO = grupo levantamento de peso olímpico, PLIO = grupo pliometria, GC = grupo controle. * Diferença significativa em relação ao momento pré-treinamento.

Figura 18. Salto vertical sem contramovimento (SJ) nos diferentes grupos experimentais. Alteração percentual média (—) e individual (•) na (A) altura, (B) na força pico, (C) na velocidade pico e (D) na potência pico. Área demarcada em cinza representa o erro de medida (coeficiente de variação). LPO = grupo levantamento de peso olímpico, PLIO = grupo pliometria e GC = grupo controle.

Figura 19. Salto vertical com contramovimento (CMJ) nos diferentes grupos experimentais. Alteração percentual média (—) e individual (•) na (A) altura, (B) na força pico, (C) na velocidade pico, (D) na potência pico e (E) na rigidez da estrutura musculoesquelética. Área demarcada em cinza representa o erro de medida (coeficiente de variação). LPO = grupo levantamento de peso olímpico, PLIO = grupo pliometria e GC = grupo controle.

Os resultados dos saltos verticais com resistências externas e do teste de 1RM são apresentados na Tabela 6. Para o CMJ40%, foi observado efeito de interação grupo *vs.* tempo ($P = 0,0003$) para a altura do salto vertical. O grupo PLIO aumentou significativamente a altura do salto vertical ($P = 0,03$), enquanto nenhuma alteração estatística foi observada para o LPO ($P = 0,07$) e o GC ($P = 0,14$). Para a força pico também foi observado efeito de interação grupo *vs.* tempo ($P = 0,002$). Os grupos PLIO e LPO aumentaram significativamente a força pico ($P = 0,01$ e $P = 0,01$, respectivamente), enquanto nenhuma alteração estatística foi observada para o GC ($P = 0,85$). Para a velocidade pico foi observado efeito de interação grupo *vs.* tempo ($P = 0,0004$), sendo encontrado um aumento significativo para a PLIO ($P = 0,003$), mas não para o LPO ($P = 0,07$) e o GC ($P = 0,17$). Por fim, efeito de interação grupo *vs.* tempo ($P = 0,0001$) foi encontrado para a potência pico. Novamente, apenas o grupo PLIO ($P = 0,0003$) aumentou significativamente a potência pico, enquanto nenhuma alteração estatística foi observada para o LPO ($P = 0,15$) e o GC ($P = 0,29$). A magnitude da diferença do *effect size* entre a PLIO e o LPO foi incerta para todas as variáveis. Entretanto, foi favorável para a PLIO e para o LPO quando comparado com o GC nas variáveis altura vertical (grande), força pico (grande), velocidade pico (grande) e potência pico (grande).

Para o CMJ60%, foi observado efeito de interação grupo *vs.* tempo ($P = 0,002$) para a altura do salto vertical. O grupo PLIO aumentou significativamente a altura do salto vertical ($P = 0,01$), enquanto nenhuma alteração estatística foi observada para o LPO ($P = 0,56$) e o GC ($P = 0,52$). Para a força pico não foi observado efeito de interação grupo *vs.* tempo ($P = 0,37$). Contudo, para a velocidade pico foi observado efeito de interação grupo *vs.* tempo ($P = 0,002$), sendo encontrado um aumento significativo para a PLIO ($P = 0,01$), mas não para o LPO ($P = 0,57$) e o GC ($P = 0,52$). Por fim, efeito de interação grupo *vs.* tempo ($P = 0,002$) foi encontrado para a potência pico. Novamente, apenas o grupo PLIO ($P = 0,01$) aumentou significativamente a potência pico, enquanto nenhuma alteração estatística foi observada para o LPO ($P = 0,69$) e o GC ($P = 0,45$). A magnitude da diferença do *effect size* entre a PLIO e o LPO foi incerta para todas as variáveis. Por outro lado, foi evidenciado *effect size* favorável para a PLIO em relação ao GC nas variáveis altura vertical (grande), velocidade pico (grande) e potência pico (grande). Para o LPO, também foi observado *effect size* favorável em relação ao GC nas variáveis altura vertical (moderado), velocidade pico (moderado) e potência pico (moderado).

Para o CMJ80%, não foram observados efeitos de interação grupo *vs.* tempo para altura do salto vertical ($P = 0,31$), força pico ($P = 0,11$), velocidade pico ($P = 0,30$) e

potência pico ($P = 0,12$). Adicionalmente, a magnitude da diferença do *effect size* entre a PLIO e o LPO foi incerta para todas as variáveis. Por outro lado, foi demonstrado *effect size* favorável para a PLIO em relação ao GC nas variáveis força pico (moderado) e potência pico (moderado). Entre o LPO e o GC a magnitude da diferença do *effect size* foi incerta para todas as variáveis.

Por fim, no teste de 1RM não foi observado efeito de interação grupo *vs.* tempo ($P = 0,13$). Além disso, a magnitude da diferença do *effect size* foi incerta entre PLIO *vs.* LPO, PLIO *vs.* GC e LPO *vs.* GC.

Como resultado complementar, são apresentadas nas Figuras 20, 21, 22 e 23 às respostas individuais do CMJ40%, CMJ60%, CMJ80% e 1RM, respectivamente.

Tabela 6. Variáveis dos testes salto vertical com contramovimento (CMJ) com resistências externas de 40% (CMJ40%), 60% (CMJ60%) e 80% (CMJ80%) da massa corporal e do teste de força dinâmica máxima (1RM) nos momentos pré e pós-treinamento.

	LPO		PLIO		GC		EFFECT SIZE		
	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	LPO vs PLIO	LPO vs CG	PLIO vs GC
CMJ40%									
Altura (cm)	21,10 ± 4,11	22,11 ± 3,84	19,93 ± 3,83	21,06 ± 3,81*	21,72 ± 3,26	21,01 ± 3,07	-0,05 (-0,77 0,65) (incerto)	1,29 (0,51 2,13) (grande)	1,65 (0,83 2,55) (grande)
Força pico (N•kg ⁻¹)	25,55 ± 1,15	26,58 ± 1,47*	24,62 ± 1,69	25,70 ± 1,36*	26,14 ± 2,09	25,83 ± 2,25	-0,09 (-0,81 0,61) (incerto)	1,40 (0,61 2,26) (grande)	1,26 (0,48 2,09) (grande)
Velocidade pico (m•s ⁻¹)	2,03 ± 0,20	2,08 ± 0,18	1,98 ± 0,19	2,03 ± 0,18*	2,07 ± 0,15	2,03 ± 0,15	-0,06 (-0,77 0,65) (incerto)	1,28 (0,50 2,11) (grande)	1,67 (0,86 2,55) (grande)
Potência pico (W•kg ⁻¹)	48,19 ± 5,94	49,68 ± 5,24	45,84 ± 6,23	48,68 ± 5,52*	48,96 ± 3,83	47,86 ± 4,14	-0,52 (-1,26 0,19) (incerto)	1,25 (0,47 2,08) (grande)	1,93 (1,06 2,86) (grande)
CMJ60%									
Altura (cm)	16,85 ± 3,41	17,50 ± 3,54	15,70 ± 3,06	17,07 ± 3,48*	17,21 ± 2,99	16,81 ± 2,90	-0,49 (-1,23 0,22) (incerto)	0,95 (0,18 1,75) (moderado)	1,35 (0,54 2,21) (grande)
Força pico (N•kg ⁻¹)	27,02 ± 1,32	27,86 ± 1,34	26,75 ± 1,47	27,29 ± 1,23	27,61 ± 2,48	27,89 ± 3,24	0,23 (-0,48 0,95) (incerto)	0,56 (-0,18 1,33) (incerto)	0,47 (-0,26 1,24) (incerto)
Velocidade pico (m•s ⁻¹)	1,82 ± 0,19	1,85 ± 0,19	1,76 ± 0,17	1,83 ± 0,19*	1,84 ± 0,16	1,82 ± 0,16	0,39 (-1,13 0,33) (incerto)	0,95 (0,18 1,76) (moderado)	1,34 (0,54 2,20) (grande)
Potência pico (W•kg ⁻¹)	47,83 ± 5,37	48,88 ± 5,38	45,96 ± 5,76	48,46 ± 5,82*	48,01 ± 4,29	46,97 ± 4,56	-0,47 (-1,21 0,23) (incerto)	0,93 (0,16 1,74) (moderado)	1,44 (0,63 2,32) (grande)

LPO = grupo levantamento de peso olímpico, PLIO = grupo pliometria, GC = grupo controle. * Diferença significativa em relação ao momento pré-treinamento.

Tabela 6 (continuação). Variáveis dos testes salto vertical com contramovimento (CMJ) com resistências externas de 40% (CMJ40%), 60% (CMJ60%) e 80% (CMJ80%) da massa corporal e do teste de força dinâmica máxima (1RM) nos momentos pré e pós-treinamento.

	LPO		PLIO		GC		EFFECT SIZE		
	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	LPO vs. PLIO	LPO vs. CG	PLIO vs. GC
CMJ80%									
Altura (cm)	13,53 ± 3,23	13,80 ± 2,99	12,66 ± 3,21	13,67 ± 3,17	13,39 ± 2,30	13,39 ± 2,58	-0,14 (-0,87 0,57) (incerto)	0,46 (-0,27 1,22) (incerto)	0,61 (-0,15 1,39) (incerto)
Força pico (N•kg ⁻¹)	28,91 ± 1,42	29,47 ± 1,29	28,68 ± 1,62	29,58 ± 1,79	29,46 ± 2,03	29,42 ± 2,48	-0,10 (-0,83 0,62) (incerto)	0,68 (-0,06 1,46) (incerto)	0,86 (0,09 1,68) (moderado)
Velocidade pico (m•s ⁻¹)	1,63 ± 0,20	1,65 ± 0,18	1,57 ± 0,20	1,64 ± 0,19	1,62 ± 0,14	1,62 ± 0,16	-0,13 (-0,87 0,58) (incerto)	0,46 (-0,27 1,23) (incerto)	0,59 (-0,16 1,38) (incerto)
Potência pico (W•kg ⁻¹)	47,58 ± 5,71	48,18 ± 5,33	46,09 ± 6,27	48,24 ± 6,45	47,17 ± 3,82	46,62 ± 4,27	-0,24 (-0,97 0,48) (incerto)	0,56 (-0,18 1,33) (incerto)	0,81 (0,04 1,61) (moderado)
1RM									
Relativo (kg•kg ⁻¹)	2,12 ± 0,49	2,23 ± 0,54	2,16 ± 0,35	2,20 ± 0,39	2,10 ± 0,25	2,13 ± 0,25	0,22 (-0,53 0,98) (incerto)	0,53 (-0,23 1,32) (incerto)	0,38 (-0,37 1,15) (incerto)

LPO = levantamento de peso olímpico, PLIO = pliometria, GC = grupo controle.

Figura 20. Salto vertical com contramovimento com resistência de 40% da massa corporal (CMJ40%) nos diferentes grupos experimentais. Alteração percentual média (—) e individual (•) na (A) altura, (B) na força pico, (C) na velocidade pico e (D) na potência pico. Área demarcada em cinza representa o erro de medida (coeficiente de variação). LPO = grupo levantamento de peso olímpico, PLIO = grupo pliometria e GC = grupo controle.

Figura 21. Salto vertical com contramovimento com resistência de 60% da massa corporal (CMJ60%) nos diferentes grupos experimentais. Alteração percentual média (—) e individual (•) na (A) altura, (B) na força pico, (C) na velocidade pico e (D) na potência pico. Área demarcada em cinza representa o erro de medida (coeficiente de variação). LPO = grupo levantamento de peso olímpico, PLIO = grupo pliometria e GC = grupo controle.

Figura 22. Salto vertical com contramovimento com resistência de 80% da massa corporal (CMJ80%) nos diferentes grupos experimentais. Alteração percentual média (—) e individual (•) na (A) altura, (B) na força pico, (C) na velocidade pico e (D) na potência pico. Área demarcada em cinza representa o erro de medida (coeficiente de variação). LPO = grupo levantamento de peso olímpico, PLIO = grupo pliometria e GC = grupo controle.

Figura 23. Força dinâmica máxima (1RM) nos diferentes grupos experimentais. Alteração percentual média (—) e individual (•) na 1RM relativa. Área demarcada em cinza representa o erro de medida (coeficiente de variação). LPO = grupo levantamento de peso olímpico, PLIO = grupo pliometria e GC = grupo controle.

Os resultados da velocidade de corrida são apresentados na Tabela 7. Para a distância de 0-5 m foi observado efeito de interação grupo *vs.* tempo ($P = 0,02$). O grupo PLIO aumentou significativamente a velocidade de 0 a 5 m ($P = 0,01$), enquanto nenhuma alteração estatística foi observada para o LPO ($P = 0,38$) e o GC ($P = 0,98$). Para a distância de 0-10 m também foi observado efeito de interação grupo *vs.* tempo ($P = 0,001$). O grupo PLIO aumentou significativamente a velocidade de 0-10 m ($P = 0,002$), enquanto nenhuma alteração estatística foi observada para o LPO ($P = 0,35$) e GC ($P = 0,96$). Para a distância de 0-20 m foi observado efeito de interação grupo *vs.* tempo ($P = 0,003$), sendo encontrado um aumento significativo para a PLIO ($P = 0,002$), mas não para o LPO ($P = 0,99$) e o GC ($P = 0,94$). Por fim, nenhum efeito de interação grupo *vs.* tempo ($P = 0,64$) foi encontrado para a velocidade na distância de 0-30 m. Como análise adicional, foi observada magnitude da diferença do *effect size* favorável para a PLIO em relação ao LPO nas distâncias de 0-20 m (moderado) e 0-30 m (moderado). Também foi observado *effect size* favorável para a PLIO em relação ao GC nas distâncias de 0-5 m (moderado), 0-10 m (grande), 0-20 m (grande) e 0-30 m (moderado). Para o LPO, também foi evidenciado *effect size* favorável quando comparado com GC, porém nas distâncias de 0-5 m (moderado) e 0-10 m (moderado).

Os resultados da produção de força horizontal, potência horizontal e comprimento do passo também podem ser observados na Tabela 7. Para a força horizontal, não foi observado efeito de interação grupo *vs.* tempo ($P = 0,08$). Contudo, foi observado efeito de interação grupo *vs.* tempo ($P = 0,01$) para a potência horizontal. O grupo PLIO aumentou significativamente a potência pico ($P = 0,005$), enquanto nenhuma alteração estatística foi observada para o LPO ($P = 0,24$) e o GC ($P = 0,98$). Para o comprimento do passo, não foi observado efeito de interação grupo *vs.* tempo ($P = 0,24$). Por fim, a magnitude da diferença do *effect size* entre a PLIO e o LPO foi incerta para a força horizontal e a potência horizontal. Contudo, ambos os grupos apresentaram *effect sizes* favoráveis em relação à produção de força horizontal e potência horizontal quando comparados com o GC (moderado). Além disso, a magnitude da diferença do *effect size* foi incerta entre PLIO *vs.* LPO, PLIO *vs.* GC e LPO *vs.* GC para o comprimento do passo (Tabela 7).

Como resultado complementar, são apresentadas nas Figuras 24 e 25, as respostas individuais nas distâncias de 0-5 m, 0-10 m, 0-20 m e 0-30 m, bem como, as variáveis associadas ao desempenho da velocidade de corrida, respectivamente.

Tabela 7. Desempenho da velocidade de corrida e das variáveis associadas nos momentos pré e pós-treinamento.

	LPO		PLIO		GC		EFFECT SIZE		
	Pré	Pós	Pré	Pós	Pré	Pós	LPO vs. PLIO	LPO vs. CG	PLIO vs. GC
0-5 m (m•s ⁻¹)	3,86 ± 0,26	3,93 ± 0,25	3,76 ± 0,23	3,86 ± 0,19*	3,87 ± 0,20	3,85 ± 0,17	-0,44 (-1,20 0,29) (incerto)	0,88 (0,09 1,71) (moderado)	1,01 (0,21 1,86) (moderado)
0-10 m (m•s ⁻¹)	4,82 ± 0,26	4,88 ± 0,25	4,69 ± 0,23	4,81 ± 0,20*	4,82 ± 0,18	4,81 ± 0,17	-0,72 (-1,50 0,02) (incerto)	1,09 (0,28 1,95) (moderado)	1,35 (0,51 2,24) (grande)
0-20 m (m•s ⁻¹)	5,84 ± 0,28	5,87 ± 0,27	5,71 ± 0,33	5,80 ± 0,28*	5,84 ± 0,22	5,83 ± 0,25	-0,96 (-1,77 -0,19) (moderado)	0,44 (-0,32 1,24) (incerto)	1,29 (0,47 2,18) (grande)
0-30 m (m•s ⁻¹)	6,39 ± 0,31	6,40 ± 0,30	6,24 ± 0,40	6,33 ± 0,35	6,38 ± 0,29	6,36 ± 0,32	-0,94 (-1,75 -0,17) (moderado)	0,23 (-0,53 1,01) (incerto)	1,08 (0,27 1,94) (moderado)
Força horizontal (N•kg ⁻¹)	8,72 ± 1,13	9,19 ± 1,11	8,33 ± 0,97	8,77 ± 0,77	8,80 ± 1,13	8,74 ± 1,07	-0,14 (-0,88 0,59) (incerto)	0,85 (0,06 1,68) (moderado)	0,82 (0,03 1,64) (moderado)
Potência horizontal (W•kg ⁻¹)	17,64 ± 2,64	18,29 ± 2,57	16,52 ± 2,4	17,45 ± 1,96*	17,70 ± 1,94	17,5 ± 1,79	-0,50 (-1,26 0,24) (incerto)	0,86 (0,06 1,69) (moderado)	1,13 (0,31 1,99) (moderado)
Comprimento do passo (m)	1,56 ± 0,12	1,60 ± 0,11	1,59 ± 0,10	1,58 ± 0,14	1,57 ± 0,11	1,56 ± 0,09	0,47 (-0,26 1,23) (incerto)	0,46 (-0,30 1,25) (incerto)	-0,01 (-0,78 0,75) (incerto)

LPO = grupo levantamento de peso olímpico, PLIO = grupo pliometria, GC = grupo controle. * Diferença significativa em relação ao momento pré-treinamento.

Figura 24. Velocidade de corrida em diferentes distâncias nos diferentes grupos experimentais. Alteração percentual média (—) e individual (•) nas distâncias (A) 0-5 m, (B) 0-10 m, (C) 0-20 m e (D) 0-30 m. Área demarcada em cinza representa o erro de medida (coeficiente de variação). LPO = grupo levantamento de peso olímpico, PLIO = grupo pliometria e GC = grupo controle.

Figura 25. Variáveis associadas ao desempenho da velocidade de corrida nos diferentes grupos experimentais. Alteração percentual média (—) e individual (•) na (A) força horizontal, (B) na potência horizontal e (C) no comprimento do passo. Área demarcada em cinza representa o erro de medida (coeficiente de variação). LPO = grupo levantamento de peso olímpico, PLIO = grupo pliometria e GC = grupo controle.

6 DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo comparar os efeitos do LPO e da PLIO sobre o desempenho dos saltos verticais e da velocidade de corrida. Os principais achados foram: (a) melhor desempenho do SJ e CMJ para a PLIO, (b) nenhuma alteração significativa da rigidez das estruturas musculoesqueléticas durante a execução do CMJ para ambos os métodos de treinamento, (c) melhor desempenho do CMJ40% e CMJ60% para a PLIO, (d) melhor desempenho da velocidade de corrida para PLIO, (e) nenhuma alteração significativa na produção de força horizontal para ambos os métodos de treinamento; porém, maior produção de potência horizontal para a PLIO e (f) nenhuma alteração significativa do comprimento do passo para ambos os métodos de treinamento. Adicionalmente, como resultado secundário, foi observado após o período de aprendizagem a melhora da técnica do movimento no exercício *hang power clean*.

6.1 Período de aprendizagem

Os exercícios do LPO com a fase do encaixe (e.g., *power clean* e *hang power clean*) são considerados movimentos de alta complexidade técnica (SUCHOMEL; COMFORT; STONE, 2015). Em razão dessa alta complexidade técnica, tem sido sugerida a necessidade de um longo período de aprendizagem (JAMES; COMFORT; SUCHOMEL; KELLY *et al.*, 2019). Ao encontro com essa sugestão, o presente estudo observou que mesmo em um curto período (oito sessões) é possível melhorar da técnica do movimento. Especificamente, a melhora da técnica foi representada pelo menor deslocamento horizontal máximo da barra durante a execução do *hang power clean*. De acordo com a Figura 15, foi observada uma redução significativa de 25,2%, isto é, de $13,6 \pm 4,2$ cm na segunda sessão para $10,1 \pm 2,9$ cm na oitava sessão.

O deslocamento horizontal máximo da barra é considerado um importante critério técnico, uma vez que reflete a capacidade de aplicar a força na direção apropriada. Estudo realizado com o exercício *power clean* (educativo do LPO semelhante ao *hang power clean*) evidenciou que a tentativa bem sucedida desse exercício ocorreu quando a aplicação da força na barra foi direcionada para o corpo do participante que executava o movimento. Por outro lado, na tentativa mal sucedida (não completada), a aplicação da força na barra foi direcionada para longe do corpo do participante (KIPP; MEINERZ, 2017). O aspecto interessante desse estudo de Kipp e Meinerz (2017) foi também a mensuração do deslocamento horizontal máximo da barra. Foi observado um pequeno deslocamento

horizontal (7 cm) quando aplicada à força em direção ao corpo do participante. De maneira oposta, foi observado um grande deslocamento horizontal (15 cm) quando aplicado à força na direção contrária ao corpo do participante. Esses resultados indicam que a aplicação da força na barra em uma direção inapropriada (oposta a quem executa o movimento) pode contribuir para uma grande alteração do deslocamento horizontal máximo da barra (GOURGOULIS; AGGELOUSSIS; GARAS; MAVROMATIS, 2009; KIPP; MEINERZ, 2017). Complementarmente a esse achado, Stone *et al.* (1998) sugeriram que o maior deslocamento horizontal máximo da barra pode ocasionar a mudança do centro de pressão plantar da área do médio pé para área do antepé (i.e., metatarsos e falanges). Por sua vez, essa mudança do centro de pressão induz uma alteração do centro de gravidade, seguida por mais instabilidade e consequentemente, uma maior probabilidade de não completar a execução do exercício.

De acordo com os argumentos mencionados, o deslocamento horizontal da barra é importante parâmetro técnico. Nessa lógica, ao observar o resultado do presente estudo, torna-se possível concluir que devido à redução do deslocamento horizontal máximo da barra, o período de aprendizagem foi efetivo para a melhora da técnica do movimento do *hang power clean*.

6.2 Período de treinamento

6.2.1 Progressão da carga de treinamento

Em relação aos resultados do período de treinamento, podemos inicialmente observar o aumento na progressão do peso utilizado no exercício *hang power clean* (LPO) e da altura da barreira do exercício salto sobre obstáculo (PLIO) (Figura 17). Esses dados são importantes, pois evidenciam o aumento do estímulo para o LPO e a PLIO durante o período de treinamento. Contudo, é importante ressaltar que o aumento significativo do peso no exercício *hang power clean* ocorreu a partir da décima primeira sessão, enquanto o aumento da altura do salto sobre obstáculo a partir da oitava sessão de treinamento.

6.2.2 Saltos vertical sem (SJ) e com contramovimento (CMJ) e rigidez das estruturas musculoesqueléticas

Como pode ser observado nos *effect sizes* (Tabela 5), os métodos de treinamento LPO e PLIO induziram maiores magnitudes de efeito no desempenho do SJ e CMJ em relação ao GC. Entretanto, entre os métodos de treinamento, o grupo PLIO foi o mais eficaz para a melhora no SJ (i.e., altura vertical e potência pico) e no CMJ (i.e., potência pico). Os achados do presente estudo vão de encontro aos resultados reportados na literatura científica. De

maneira geral, tem sido reportada a melhora semelhante entre o LPO e a PLIO para a altura vertical do SJ e do CMJ (ARABATZI; KELLIS; SAEZ-SAEZ DE VILLARREAL, 2010; BERTON; LIXANDRÃO; PINTO; TRICOLI, 2018; HAWKINS; DOYLE; MCGUIGAN, 2009; MOORE; HICKEY; REISER, 2005; TEO; NEWTON; NEWTON; DEMPSEY *et al.*, 2016). Por outro lado, alguns estudos têm indicado que o LPO pode proporcionar maiores ganhos na produção de potência pico em ambos os tipos de salto vertical (HAWKINS; DOYLE; MCGUIGAN, 2009; TEO; NEWTON; NEWTON; DEMPSEY *et al.*, 2016).

O motivo para os diferentes resultados do presente trabalho em relação à literatura pode estar relacionado ao protocolo de treinamento. Dois estudos que compararam as respostas entre LPO e PLIO sobre a altura vertical e potência pico dos saltos verticais, incluíram além dos exercícios característicos de cada método de treinamento, exercícios do treinamento de força tradicional (e.g., agachamento e levantamento terra) apenas para o grupo LPO (HAWKINS; DOYLE; MCGUIGAN, 2009; MOORE; HICKEY; REISER, 2005). Nessa perspectiva, é possível indicar uma maior vantagem para o grupo LPO em relação ao grupo PLIO, uma vez que a adição do treinamento de força tradicional pode contribuir para a melhora na altura e na potência pico do salto vertical (CORMIE; MCGUIGAN; NEWTON, 2010a; LAMAS; UGRINOWITSCH; RODACKI; PEREIRA *et al.*, 2012; SMILIOS; SOTIROPOULOS; CHRISTOU; DOUDA *et al.*, 2013; WILSON; NEWTON; MURPHY; HUMPHRIES, 1993). Desta maneira, as alterações positivas nestas variáveis poderiam ser consequência da somatória dos efeitos do LPO e do treinamento de força tradicional (HAWKINS; DOYLE; MCGUIGAN, 2009; MOORE; HICKEY; REISER, 2005). Como desfecho final desses protocolos, o efeito do LPO pode ter sido superestimado e assim, ter ocultado a diferença real para o grupo PLIO.

O protocolo de treinamento da PLIO também pode ter contribuído para os diferentes resultados. Teo *et al.* (2016) observaram após seis semanas de treinamento, maior produção da potência pico durante o SJ e o CMJ para o LPO em relação à PLIO. Contudo, o critério para a prescrição dos dois exercícios no protocolo de treinamento pode ter contribuído para uma alteração subestimada da potência pico no grupo PLIO. A primeira limitação está relacionada à prescrição do exercício salto em profundidade. Os autores utilizaram altura de queda padronizada para todos os participantes. Embora seja uma alternativa prática, essa prescrição pode ter contribuído para uma resposta subestimada do desempenho do salto vertical. Ramirez-Campillo *et al.* (2018) investigaram o desempenho do salto vertical a partir da prescrição padronizada (mesma altura de queda, 30 cm) ou individualizada (por meio do índice de força reativa) de um programa de treinamento. Após sete semanas de treinamento, o

grupo com a altura de queda individualizada foi o único que melhorou significativamente o desempenho do CMJ. Além da altura de queda não individualizada, o outro exercício pliométrico foi realizado em um equipamento com sistema hidráulico para reduzir o impacto da aterrissagem (TEO; NEWTON; NEWTON; DEMPSEY *et al.*, 2016). A diminuição no impacto da aterrissagem pode ser uma limitação, pois contribui para a redução do estímulo no ciclo alongamento-encurtamento via a atenuação da ação excêntrica. Como já mencionado nesse trabalho, a rápida ação excêntrica durante o exercício pliométrico exerce um papel relevante para o acúmulo e a liberação da energia elástica durante ação concêntrica (BRAZIER; BISHOP; SIMONS; ANTROBUS *et al.*, 2014; CAVAGNA, 1977). Posto isto, a realização desse exercício pode ter atenuado a adaptação do ciclo alongamento-encurtamento e consequentemente, ter prejudicado a produção de força e potência pico durante o salto vertical.

Em vista das informações apresentadas anteriormente, a resposta semelhante entre os métodos de treinamento para a altura do salto vertical, ou até mesmo, a maior vantagem do LPO para a produção de potência pico durante a execução do salto vertical, parecem estar atreladas às limitações dos protocolos de treinamento. Diante dessas possíveis limitações, o presente estudo não incluiu exercícios de outros métodos de treinamento, individualizou a altura de queda e utilizou exercícios com grande ênfase no ciclo alongamento-encurtamento para a PLIO. Somente nesse cenário de comparação foi possível observar pela primeira vez, o melhor resultado na altura vertical e potência pico para a PLIO em relação ao LPO.

Não apenas os resultados da altura vertical e da potência pico, mas também a resposta da rigidez das estruturas musculoesqueléticas pode ser considerada surpreendente. Após oito semanas de treinamento não foi observada alteração significativa da rigidez, do *effect size* (Tabela 5) ou até mesmo acima do erro de medida (Tabela 3) para os grupos LPO e PLIO. De fato, não era esperada a alteração substancial dessa variável dependente para o grupo LPO. Isso porque, esse método de treinamento não realiza exercícios com ênfase no ciclo alongamento-encurtamento. Por outro lado, esperava-se a alteração no grupo PLIO, pois seus exercícios proporcionam um grande estímulo no ciclo alongamento-encurtamento (MALISOUX; FRANCAUX; NIELENS; THEISEN, 2006; MROCZEK; MACKALA; CHMURA; SUPERLAK *et al.*, 2019).

A primeira hipótese para a não alteração da rigidez das estruturas musculoesqueléticas foi atrelada a estratégia do salto vertical. Como pode ser verificada no tópico “4.3.1.2 Rigidez das estruturas musculoesqueléticas”, essa variável dependente resulta da divisão da força pico excêntrica pelo deslocamento durante a ação excêntrica (ABOODARDA; YUSOF; ABU

OSMAN; THOMPSON *et al.*, 2013; CORMIE; MCGUIGAN; NEWTON, 2010b). Nesse sentido, foi especulado que os participantes do grupo PLIO tinham alterado a estratégia do salto vertical por meio do menor deslocamento durante a ação excêntrica. Contudo, após a análise dos dados do grupo PLIO, foi observado deslocamento semelhante entre o momento pré e pós-treinamento (pré = 38 cm, pós = 37 cm; $P > 0,05$). Tendo em vista que essa análise não explicou o resultado da rigidez das estruturas musculoesqueléticas, outras hipóteses foram consideradas, como o tempo de intervenção e o número de saltos verticais durante o treinamento. Dello Iacono *et al.* (2017) observaram após 10 semanas de treinamento, aumento significativo da rigidez das estruturas musculoesqueléticas. Ao comparar os estudos, é possível observar além de um maior tempo de intervenção, maior número de saltos verticais (cerca de 17%) para Dello Iacono *et al.* (2017) em relação ao presente trabalho. Nesse sentido, é apenas especulado que o tempo de intervenção e o número de saltos verticais (i.e., estímulo no ciclo alongamento-encurtamento) podem ser determinantes para a adaptação da rigidez das estruturas musculoesqueléticas.

6.2.3 Salto vertical com contramovimento com adição de resistências externas de 40% (CMJ40%), 60% (CMJ60%) e 80% (CMJ80%) da massa corporal e teste de força dinâmica máxima (1RM)

De acordo com os *effect sizes*, os métodos de treinamento induziram maiores magnitudes de efeito em relação ao GC para praticamente todas as variáveis do CMJ40% e CMJ60% (Tabela 6). Além disso, a PLIO também induziu maior *effect size* em relação ao GC para a força e potência pico do CMJ80% (Tabela 6). Contudo, a principal hipótese, da superioridade do LPO em relação à PLIO não foi confirmada. Contrariamente, o grupo PLIO foi o único que alterou de maneira significativa as variáveis dependentes, altura vertical e potência pico do CMJ40% e CMJ60%.

Embora os resultados sejam surpreendentes, algumas explicações podem ser fornecidas para a compreensão desses achados. Primeiramente, a melhora do desempenho do grupo PLIO pode estar relacionada à escolha do exercício. No presente estudo foi utilizado o exercício salto em profundidade. Embora seja realizado apenas com a massa corporal, esse exercício possibilita uma alta sobrecarga devido à altura de queda. De maneira comparativa, é observada uma alta produção de força ($51 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$) e potência pico ($69 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$) durante a execução do salto em profundidade (JIDOVTSSEFF; QUIEVRE; HARRIS; CRONIN, 2014). Por outro lado, exercícios pliométricos sem a utilização da altura de queda, como exemplo, o CMJ a partir do pequeno, profundo ou auto selecionável deslocamento excêntrico, alcançam

menores valores de força e potência pico (25 a 36 N•kg⁻¹ e 50 a 55 W•kg⁻¹, respectivamente) (JIDOVTSSEFF; QUIEVRE; HARRIS; CRONIN, 2014). Nessa perspectiva, sugere-se que o grande estímulo agudo gerado pelo salto em profundidade nas sessões de treinamento (alta produção de força e potência pico) possa ter contribuído para o efeito crônico (melhora do desempenho do CMJ40%, CMJ60% e CMJ80%). Entretanto, é importante ressaltar que a lógica apresentada acima é apenas uma hipótese. Portanto, estudos futuros devem investigar os efeitos dos diferentes exercícios pliométricos sobre o desempenho dos saltos verticais com a adição de diferentes resistências externas.

Enquanto a melhora no grupo PLIO pode ser decorrente do salto em profundidade, para o LPO, a falta das alterações significantes pode ser explicada pela característica do exercício *mid-thigh pull*. Embora todos os exercícios do protocolo de treinamento do LPO tivessem a possibilidade de contribuir para a melhora do desempenho, é possível especular que a melhora no CMJ40%, CMJ60% e CMJ80% poderia ser em função da inclusão do *mid-thigh pull* (SUCHOMEL; COMFORT; LAKE, 2017). Devido à ausência da fase do encaixe, o *mid-thigh pull* pode ser realizado com altíssima resistência externa. Por sua vez, essa característica poderia possibilitar o aumento substancial da força muscular (capacidade física associada ao desempenho dos saltos verticais com resistências externas) (STONE; O'BRYANT; MCCOY; COGLIANESE *et al.*, 2003; SUCHOMEL; COMFORT; LAKE, 2017). De fato, no presente estudo o *mid-thigh pull* foi realizado com a maior resistência externa em relação aos outros exercícios. Porém, como já mencionado, essa alta resistência externa não proporcionou melhor resultado em relação à PLIO, ou até mesmo, alterações significantes para o CMJ40%, CMJ60% e CMJ80%. A explicação para esse desfecho pode estar relacionada à pequena amplitude de movimento do *mid-thigh pull* (Figura 12). Devido a essa particularidade, o ganho de força muscular pode ter sido limitado à pequena amplitude de movimento e desta forma, não ter impactado positivamente nas habilidades motoras com maiores amplitudes de movimento como os saltos verticais com resistências externas.

A lógica descrita anteriormente pode ser sustentada pelo estudo de Hartmann *et al.* (2012). Os autores investigaram a influência da amplitude de movimento do exercício agachamento nos ganhos de força muscular e desempenho dos saltos verticais. Os achados do estudo evidenciaram maior ganho de força muscular no teste de 1RM do exercício agachamento com pequena amplitude de movimento, justamente para o grupo submetido ao exercício agachamento com pequena amplitude de movimento. Por outro lado, foi encontrado maior ganho de força muscular no teste de 1RM com grande amplitude de movimento para o grupo que realizou o programa de treinamento com o exercício agachamento com grande

amplitude de movimento. O resultado interessante desse trabalho foi à falta da alteração significativa do SJ e CMJ apenas para o grupo que treinou com a menor amplitude de movimento. Ao contextualizar esses achados para o presente estudo, é possível sugerir que embora o *mid-thigh pull* seja realizado com alta resistência externa e possa contribuir para o aumento da força muscular, a pequena amplitude de movimento desse exercício não possibilitou a melhora dos saltos verticais com diferentes resistências externas. Por fim, para corroborar com a lógica apresentada anteriormente, é importante ressaltar o estudo de Helland *et al.* (2017). Os autores observaram após oito semanas de treinamento com LPO, o aumento da produção de potência mecânica do salto vertical com resistência externa. Contrariamente ao presente estudo que utilizou exercícios com pequena amplitude de movimento (início acima da articulação do joelho, Figura 12), Helland *et al.* (2017) incluíram no programa de treinamento, exercícios do LPO com grande amplitude de movimento (início abaixo da articulação do joelho, e.g., *snatch* e *power clean*). Portanto, estudos futuros devem investigar o efeito da amplitude de movimento dos exercícios do LPO no desempenho de habilidades motoras com pequenas e grandes amplitudes de movimento.

O teste de 1RM também foi aplicado no presente estudo. Como pode ser observada na Tabela 6, não foram evidenciadas alterações significantes ou diferenças entre os grupos a partir da análise do *effect size*. Adicionalmente, a mudança percentual média para os três grupos permaneceu no intervalo do erro de medida (Figura 23). Como mencionado, esperava-se melhor desempenho dos saltos verticais com diferentes resistências externas para o grupo LPO. Particularmente, essa melhora seria em decorrência do aumento da força muscular, mensurada nesse trabalho pelo teste de 1RM do exercício meio-agachamento. Além da não alteração do desempenho para o LPO, o grupo PLIO, o único que possibilitou aumento no desempenho dos saltos verticais com resistências externas, também não melhorou o desempenho do teste de 1RM. Embora esse resultado não esteja de acordo com a literatura, é importante ressaltar que a relevância da força máxima para os saltos verticais com resistências externas está atrelada aos estudos transversais (HORI; NEWTON; ANDREWS; KAWAMORI *et al.*, 2008; KRASKA; RAMSEY; HAFF; FETHKE *et al.*, 2009; NIBALI; CHAPMAN; ROBERGS; DRINKWATER, 2013; STONE; O'BRYANT; MCCOY; COGLIANESE *et al.*, 2003). Mesmo importantes, os estudos transversais não permitem inferir causa e efeito. Nesse sentido, a relevância da força máxima, principalmente obtida pelo teste de 1RM deve ser vista com cautela.

Em razão dos resultados obtidos, o protocolo de PLIO utilizado no presente estudo parece ser uma opção adequada para melhorar o desempenho dos saltos verticais com a

adição de diferentes resistências externas. Além disso, a força muscular mensurada pelo teste de 1RM no exercício meio-agachamento parece não ter influência sobre as variáveis dos saltos verticais com resistências externas.

6.2.4 Velocidade de corrida, força e potência horizontais e comprimento do passo

Com exceção do comprimento do passo, foram observados maiores magnitudes de efeito para o LPO e a PLIO em comparação ao GC nas variáveis velocidade média, força horizontal e potência horizontal (Tabela 7). Em relação à comparação entre os métodos de treinamento, o presente estudo confirmou a hipótese inicial. O grupo PLIO foi o único que aumentou significativamente a velocidade média das distâncias 0-5 m, 0-10 m e 0-20 m. Além disso, maiores *effect sizes* foram observados para a PLIO em comparação ao LPO para a velocidade média das distâncias de 0-20 m e 0-30 m. Por fim, o grupo PLIO também foi o único que aumentou significativamente a potência horizontal (Tabela 7).

A partir desses resultados, é possível afirmar uma grande vantagem da PLIO em relação ao LPO. Essa vantagem no desempenho da velocidade de corrida está atrelada a principalmente a inclusão do exercício no eixo ântero-posterior, ou seja, inclusão do exercício salto horizontal bilateral. De fato, os estudos têm consistentemente demonstrado que o exercício realizado no eixo ântero-posterior pode maximizar o desempenho da fase inicial (i.e., 0-10 m) da corrida (DELLO IACONO; MARTONE; MILIC; PADULO, 2017; LOTURCO; PEREIRA; KOBAL; ZANETTI *et al.*, 2015). Por consequência, esse início vantajoso também pode proporcionar melhores resultados das distâncias de 20 e 30 m; fato observado no presente estudo.

O efeito benéfico induzido pelo exercício no eixo ântero-posterior (i.e., salto horizontal) pode ser explicado pela similaridade. Embora utilizado exercício bilateral no presente estudo, o salto horizontal permite a aplicação da força sobre o solo no mesmo eixo da fase inicial da velocidade de corrida (HICKS; SCHUSTER; SAMOZINO; MORIN, 2019). Por sua vez, essa condição estabelece uma grande similaridade da aplicação de força e deste modo, possibilita um grande efeito de transferência das adaptações adquiridas durante o treinamento para a velocidade de corrida (HICKS; SCHUSTER; SAMOZINO; MORIN, 2019; RUMPF; LOCKIE; CRONIN; JALILVAND, 2016; YOUNG, 2006). Entre essas adaptações adquiridas por meio do salto horizontal destacam-se a força e a potência horizontais. Como já mencionado na revisão de literatura, a força e a potência horizontais são consideradas relevantes, pois possuem altas associações com a fase inicial da velocidade de corrida (CHELLY; DENIS, 2001; MORIN; BOURDIN; EDOUARD; PEYROT *et al.*, 2012;

RABITA; DOREL; SLAWINSKI; SAEZ-DE-VILLARREAL *et al.*, 2015). Nessa perspectiva, a inclusão do exercício salto horizontal no presente protocolo de treinamento, correspondeu com a lógica apresentada. Isso porque, o grupo PLIO foi o único que aumentou significativamente a potência horizontal e por consequência, a velocidade média em praticamente todas as distâncias.

Os resultados observados do presente estudo não estão de acordo com os artigos que compararam o LPO e a PLIO. Quando a variável de interesse foi o desempenho da velocidade de corrida, os estudos observaram melhor desempenho para o LPO (TRICOLI; LAMAS; CARNEVALE; UGRINOWITSCH, 2005), ou na maioria dos trabalhos, desempenho semelhante entre os dois métodos de treinamento (MOORE; HICKEY; REISER, 2005; TEO; NEWTON; NEWTON; DEMPSEY *et al.*, 2016). Como já mencionado, esses resultados podem estar relacionados à inclusão de outras estratégias de treinamento no grupo LPO ou até mesmo, a não inclusão do exercício no eixo anterior-posterior para a PLIO. Diante dessa situação, o presente estudo anulou essas variáveis intervenientes e deste modo, evidenciou pela primeira vez, o melhor desempenho da velocidade de corrida para a PLIO em relação ao LPO.

6.2.5 Limitações

O presente estudo não é isento de limitações. A primeira limitação foi à falta da análise do padrão de movimento durante o salto vertical. Bobbert e Van Soest (1994) reportaram que além da melhora da força muscular, o salto vertical também pode ser maximizado pela melhora da coordenação. Nesse sentido, a análise do padrão de movimento como a sequência próximo-distal da ativação dos músculos dos membros inferiores (BOBBERT; VAN INGEN SCHENAU, 1988) e a mensuração da extensão do quadril, joelhos e tornozelos durante o salto vertical poderiam melhorar a compreensão das respostas encontradas no presente estudo.

A segunda limitação está relacionada à equalização da intensidade e do volume de treinamento entre o LPO e a PLIO. Embora, a determinação da intensidade e do volume do treinamento seja possível para o LPO, para a PLIO a determinação dessas variáveis ainda é discutida na literatura científica (RAMIREZ-CAMPILLO; ALVAREZ; GARCIA-HERMOSO; RAMIREZ-VELEZ *et al.*, 2018). Porém, para tentar atenuar as possíveis diferenças entre os métodos de treinamento, o presente estudo equalizou a quantidade de movimentos realizados no eixo longitudinal para ambos os grupos de treinamento (880 movimentos realizados no eixo longitudinal para ambos os grupos de treinamento (880 movimentos verticais), aumentou semelhantemente o número percentual de repetições na

quinta semana de treinamento (LPO =19,6% e PLIO = 16,6%) e solicitou aos participantes a execução dos exercícios na maior velocidade possível.

7 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados apresentados, a PLIO foi o método de treinamento mais vantajoso para a melhora do desempenho do SJ e do CMJ. No entanto, a melhora do desempenho do CMJ não ocorreu pelo aumento da rigidez das estruturas musculoesqueléticas. A PLIO também foi o método de treinamento mais vantajoso para aumentar o desempenho dos saltos verticais com diferentes resistências externas. Por fim, a PLIO possibilitou melhor desempenho para a velocidade de corrida. Devido à inclusão do exercício no eixo ântero-posterior, a PLIO induziu uma maior produção da potência horizontal e consequentemente, melhor desempenho da velocidade média em todas as distâncias. Portanto, os resultados do presente estudo indicam a superioridade da PLIO em relação ao LPO no desempenho dos saltos verticais e da velocidade de corrida.

8 REFERÊNCIAS

ABOODARDA, S. J. *et al.* Enhanced performance with elastic resistance during the eccentric phase of a countermovement jump. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 8, n. 2, p. 181-187, Mar. 2013.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS, M. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 41, n. 3, p. 687-708, Mar. 2009.

ARABATZI, F. *et al.* Vertical jump biomechanics after plyometric, weight lifting, and combined (weight lifting + plyometric) training. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 24, n. 9, p. 2440-2448, Sep. 2010.

AYERS, J. L. *et al.* Hang cleans and hang snatches produce similar improvements in female collegiate athletes. **Biology of Sport**, v. 33, n. 3, p. 251-256, Sep. 2016.

BARNES, C. *et al.* The evolution of physical and technical performance parameters in the English Premier League. **International Journal of Sports Medicine**, v. 35, n. 13, p. 1095-1100, Dec. 2014.

BARNES, J. L. *et al.* Relationship of jumping and agility performance in female volleyball athletes. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 21, n. 4, p. 1192-1196, Nov. 2007.

BEARDT, B. S. *et al.* Lower-Extremity Kinematics Differed Between a Controlled Drop-Jump and Volleyball-Takeoffs. **Journal of Applied Biomechanics**, v. 34, n. 4, p. 327-335, Aug. 1 2018.

BECK, T. W. The importance of a priori sample size estimation in strength and conditioning research. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 27, n. 8, p. 2323-2337, Aug. 2013.

BERTON, R. *et al.* Effects of weightlifting exercise, traditional resistance and plyometric training on countermovement jump performance: a meta-analysis. **Journal of Sports Sciences**, v. 36, n. 18, p. 2038-2044, Sep. 2018.

BLACK, W.; ROUNDY, E. Comparisons of Size, Strength, Speed, and Power in NCAA Division 1-A Football Players. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 8, n. 2, p. 80-85, May. 1994.

BOBBERT, M. F.; VAN INGEN SCHENAU, G. J. Coordination in vertical jumping. **Journal of Biomechanics**, v. 21, n. 3, p. 249-262, Feb. 1988.

BOBBERT, M. F.; VAN SOEST, A. J. Effects of muscle strengthening on vertical jump height: a simulation study. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 26, n. 8, p. 1012-1020, Aug. 1994.

BOJSEN-MOLLER, J. *et al.* Muscle performance during maximal isometric and dynamic contractions is influenced by the stiffness of the tendinous structures. **Journal of Applied Physiology** (1985), v. 99, n. 3, p. 986-994, Sep. 2005.

BRAZIER, J. *et al.* Lower extremity stiffness: effects on performance and injury and implications for training. **Strength & Conditioning Journal**, v. 36, n. 5, p. 103-112, Sep. 2014.

BRAZIER, J. *et al.* Lower Extremity Stiffness: Considerations for Testing, Performance Enhancement, and Injury Risk. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, Nov. 1 2017.

BROWN, L. E.; WEIR, J., P. Asep procedures recommendation i: Accurate assessment of muscular strength and power. **Journal of Exercise Physiology**, v. 4, n. 3, p. 1-21, Jul. 2001.

BUCHHEIT, M. *et al.* Mechanical determinants of acceleration and maximal sprinting speed in highly trained young soccer players. **Journal of Sports Sciences**, v. 32, n. 20, p. 1906-1913, Dec. 2014.

BUTLER, R. J.; CROWELL, H. P.; DAVIS, I. M. Lower extremity stiffness: implications for performance and injury. **Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)**, v. 18, n. 6, p. 511-517, Jul. 2003.

BYRNE, P. J. *et al.* A comparison of methods used to identify 'optimal' drop height for early phase adaptations in depth jump training. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 24, n. 8, p. 2050-2055, Aug. 2010.

CAVAGNA, G. A. Storage and utilization of elastic energy in skeletal muscle. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v. 5, p. 89-129, Jan. 1977.

CHELLY, S. M.; DENIS, C. Leg power and hopping stiffness: relationship with sprint running performance. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 33, n. 2, p. 326-333, Feb. 2001.

COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. Hillsdale: Lawrence Earlbaum Associates, 1988.

COMETTI, G. *et al.* Isokinetic strength and anaerobic power of elite, subelite and amateur French soccer players. **International Journal of Sports Medicine**, v. 22, n. 1, p. 45-51, Jan. 2001.

COMFORT, P.; JONES, P. A.; UDALL, R. The effect of load and sex on kinematic and kinetic variables during the mid-thigh clean pull. **Sports Biomechanics**, v. 14, n. 2, p. 139-156, Jun. 2015.

COMFORT, P.; UDALL, R.; JONES, P. A. The effect of loading on kinematic and kinetic variables during the midthigh clean pull. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 26, n. 5, p. 1208-1214, Maio. 2012.

CORMIE, P.; MCGUIGAN, M. R.; NEWTON, R. U. Adaptations in athletic performance after ballistic power versus strength training. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 42, n. 8, p. 1582-1598, Aug. 2010a.

CORMIE, P.; MCGUIGAN, M. R.; NEWTON, R. U. Changes in the eccentric phase contribute to improved stretch-shorten cycle performance after training. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 42, n. 9, p. 1731-1744, Sep. 2010b.

CORMIE, P.; MCGUIGAN, M. R.; NEWTON, R. U. Developing maximal neuromuscular power: part 2 - training considerations for improving maximal power production. **Sports Medicine**, v. 41, n. 2, p. 125-146, Feb. 1 2011.

DAEHLIN, T. E.; KROSSHAUG, T.; CHIU, L. Z. F. Enhancing Digital Video Analysis of Bar Kinematics in Weightlifting: A Case Study. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 31, n. 6, p. 1592-1600, Jun. 2017.

DE VILLARREAL, E. S.; IZQUIERDO, M.; GONZALEZ-BADILLO, J. J. Enhancing jump performance after combined vs. maximal power, heavy-resistance, and plyometric training alone. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 25, n. 12, p. 3274-3281, Dec. 2011.

VILLARREAL, E. S. *et al.* Determining variables of plyometric training for improving vertical jump height performance: a meta-analysis. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 23, n. 2, p. 495-506, Mar. 2009.

DELLO IACONO, A. *et al.* Vertical- vs. Horizontal-Oriented Drop Jump Training: Chronic Effects on Explosive Performances of Elite Handball Players. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 31, n. 4, p. 921-931, Apr. 2017.

DIAS, J. A. *et al.* Validity of two methods for estimation of vertical jump height. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 25, n. 7, p. 2034-2039, Jul. 2011.

FATOUROS, I. G. *et al.* Evaluation of plyometric exercise training, weight training, and their combination on vertical jumping performance and leg strength. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 14, n. 4, p. 470-476, Nov. 2000.

FAUDE, O.; KOCH, T.; MEYER, T. Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. **Journal of Sports Sciences**, v. 30, n. 7, p. 625-631, Mar. 2012.

GARHAMMER, J. Power production by Olympic weightlifters. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 12, n. 1, p. 54-60, 1980.

GARHAMMER, J. Biomechanical profiles of olympic weightlifters. **International Journal of Sports Biomechanics**, v. 1, p. 122-130, 1985.

GARHAMMER, J. A comparison of maximal power outputs between elite male and female weightlifters in competition. **International Journal of Sports Biomechanics**, v. 7, p. 3-11, 1991.

GARHAMMER, J.; NEWTON, H. Applied video analysis for coaches: weightlifting examples. **International Journal of Sports Science & Coaching**, v. 8, p. 581-593, Sep. 2013.

GIACOMINI, D. S.; GRECO, P. J. Comparação do conhecimento tático processual em jogadores de futebol de diferentes categorias e posições. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, v. 8, n. 1, p. 126-136, Sep. 2008.

GONZÁLEZ-BADILLO, J. J.; MARQUES, M. C. Relationship between kinematic factors and countermovement jump height in trained track and field athletes. **Strength & Conditioning Journal**, v. 24, n. 12, p. 3443-3447, Dec. 2010.

GOURGOULIS, V. *et al.* Unsuccessful vs. successful performance in snatch lifts: a kinematic approach. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 23, n. 2, p. 486-494, Mar. 2009.

HACKETT, D. *et al.* Olympic weightlifting training improves vertical jump height in sportspeople: a systematic review with meta-analysis. **British Journal of Sports Medicine**, v. 50, n. 14, p. 865-872, Jul. 2016.

HARTMANN, H. *et al.* Influence of squatting depth on jumping performance. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 26, n. 12, p. 3243-3261, Dec. 2012.

HAWKINS, S. B.; DOYLE, T. L.; MCGUIGAN, M. R. The effect of different training programs on eccentric energy utilization in college-aged males. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 23, n. 7, p. 1996-2002, Oct. 2009.

HELLAND, C. *et al.* Training Strategies to Improve Muscle Power: Is Olympic-style Weightlifting Relevant? **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 49, n. 4, p. 736-745, Apr. 2017.

HICKS, D. S. *et al.* Improving mechanical effectiveness during sprint acceleration: Practical recommendations and guidelines. **Strength & Conditioning Journal**, Feb. 2019.

HOFFMAN, J. R. *et al.* Comparison of Olympic vs. traditional power lifting training programs in football players. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 18, n. 1, p. 129-135, Feb. 2004.

HOPKINS, W. G. Measures of reliability in sports medicine and science. **Sports Medicine**, 30, n. v. 1, p. 1-15, Jul. 2000.

HOPKINS, W. G. *et al.* Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 41, n. 1, p. 3-13, Jan. 2009.

HORI, N. *et al.* Does performance of hang power clean differentiate performance of jumping, sprinting, and changing of direction? **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 22, n. 2, p. 412-418, Mar. 2008.

HUNTER, J. P.; MARSHALL, R. N.; MCNAIR, P. J. Interaction of step length and step rate during sprint running. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 36, n. 2, p. 261-271, Feb. 2004.

DELLO IACONO, A. D. *et al.* Vertical- vs. Horizontal-Oriented Drop Jump Training: Chronic Effects on Explosive Performances of Elite Handball Players. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 31, n. 4, p. 921-931, Apr. 2017.

JAMES, L. P. *et al.* Influence of Power Clean Ability and Training Age on Adaptations to Weightlifting-Style Training. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 33, n. 11, p. 2936-2944, Nov. 2019.

JIDOVTSEFF, B. *et al.* Influence of jumping strategy on kinetic and kinematic variables. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 54, n. 2, p. 129-138, Apr. 2014.

KALAPOTHARAKOS, V. I. *et al.* Physiological characteristics of elite professional soccer teams of different ranking. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 46, n. 4, p. 515-519, Dec. 2006.

KALKHOVEN, J. T.; WATSFORD, M. L. The relationship between mechanical stiffness and athletic performance markers in sub-elite footballers. **Journal of Sports Sciences**, v. 36, n. 9, p. 1022-1029, May. 2018.

KANEKO, M. *et al.* Training effects of different loads on the force-velocity relationship and mechanical power output in human muscle. **Scandinavian Journal of Sports**, n. 5, p. 50–55, 1983.

KAWAMORI, N. *et al.* Influence of different relative intensities on power output during the hang power clean: identification of the optimal load. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 19, n. 3, p. 698-708, Aug. 2005.

KAWAMORI, N.; HAFF, G. G. The optimal training load for the development of muscular power. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 18, n. 3, p. 675-684, Aug. 2004.

KILDUFF, L. P. *et al.* Optimal loading for peak power output during the hang power clean in professional rugby players. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 2, n. 3, p. 260-269, Sep. 2007.

KIPP, K.; MEINERZ, C. A biomechanical comparison of successful and unsuccessful power clean attempts. **Sports Biomechanics**, v. 16, n. 2, p. 272-282, Jun. 2017.

KOBAL, R. *et al.* Effects of Unloaded vs. Loaded Plyometrics on Speed and Power Performance of Elite Young Soccer Players. **Frontiers in Physiology**, v. 8, p. 742, Sep. 2017.

KRASKA, J. M. *et al.* Relationship between strength characteristics and unweighted and weighted vertical jump height. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 4, n. 4, p. 461-473, Dec. 2009.

KUBO, K. *et al.* Effects of plyometric and weight training on muscle-tendon complex and jump performance. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 39, n. 10, p. 1801-1810, Oct. 2007.

LAMAS, L. *et al.* Effects of strength and power training on neuromuscular adaptations and jumping movement pattern and performance. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 26, n. 12, p. 3335-3344, Dec. 2012.

LIXANDRAO, M. E. *et al.* Effects of exercise intensity and occlusion pressure after 12 weeks of resistance training with blood-flow restriction. **European Journal of Applied Physiology**, v. 115, n. 12, p. 2471-2480, Dec. 2015.

LOTURCO, I. *et al.* Improving Sprint Performance in Soccer: Effectiveness of Jump Squat and Olympic Push Press Exercises. **Plos One**, v. 11, n. 4, p. e0153958, Apr. 2016.

LOTURCO, I. *et al.* Transference effect of vertical and horizontal plyometrics on sprint performance of high-level U-20 soccer players. **Journal of Sports Sciences**, v. 33, n. 20, p. 2182-2191, Sep. 2015.

MACKENZIE, S. J.; LAVERS, R. J.; WALLACE, B. B. A biomechanical comparison of the vertical jump, power clean, and jump squat. **Journal of Sports Sciences**, v. 32, n. 16, p. 1576-1585, Apr. 2014.

MALISOUX, L. *et al.* Stretch-shortening cycle exercises: an effective training paradigm to enhance power output of human single muscle fibers. **Journal of Applied Physiology (1985)**, v. 100, n. 3, p. 771-779, Mar. 2006.

MARKOVIC, G. Does plyometric training improve vertical jump height? A meta-analytical review. **British Journal of Sports Medicine**, v. 41, n. 6, p. 349-355; discussion 355, Jun. 2007.

MARKOVIC, G.; MIKULIC, P. Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. **Sports Medicine**, v. 40, n. 10, p. 859-895, Oct. 1 2010.

MARKOVIC, S. *et al.* Body size and countermovement depth confound relationship between muscle power output and jumping performance. **Human Movement Science**, v. 33, p. 203-210, Feb. 2014.

MARRINER, C. R. *et al.* Redistributing load using wearable resistance during power clean training improves athletic performance. **European Journal of Sport Science**, v. 17, n. 9, p. 1101-1109, Oct. 2017.

MARTINEZ-VALENCIA, M. A. *et al.* Interrelationships between different loads in resisted sprints, half-squat 1 RM and kinematic variables in trained athletes. **European Journal of Sport Science**, v. 14 Suppl 1, p. S18-24, Dec. 2014.

MOORE, E. W.; HICKEY, M. S.; REISER, R. F. Comparison of two twelve week off-season combined training programs on entry level collegiate soccer players' performance. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 19, n. 4, p. 791-798, Nov. 2005.

MORIN, J. B. *et al.* Mechanical determinants of 100-m sprint running performance. **European Journal of Applied Physiology**, v. 112, n. 11, p. 3921-3930, Nov. 2012.

MROCZEK, D. *et al.* Effects of Plyometrics Training on Muscle Stiffness Changes in Male Volleyball Players. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 33, n. 4, p. 910-921, Apr. 2019.

NAKAGAWA, S.; CUTHILL, I. C. Effect size, confidence interval and statistical significance: a practical guide for biologists. **Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society**, v. 82, n. 4, p. 591-605, Nov. 2007.

NIBALI, M. L. *et al.* A rationale for assessing the lower-body power profile in team sport athletes. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 27, n. 2, p. 388-397, Feb. 2013.

NIKOLAIDIS, P. T.; AFONSO, J.; BUSKO, K. Differences in anthropometry, somatotype, body composition and physiological characteristics of female volleyball players by competition level. **Sport Sciences for Health**, v. 11, n. 1, p. 29-35, Jul. 2015.

NIKOLAIDIS, P. T.; INGEBRIGTSEN, J. Physical and physiological characteristics of elite male handball players from teams with a different ranking. **Journal of Human Kinetics**, v. 38, p. 115-124, Oct. 2013.

ORANCHUK, D. J. *et al.* Comparison of the Hang High-Pull and Loaded Jump Squat for the Development of Vertical Jump and Isometric Force-Time Characteristics. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, Apr. 15 2017.

PEDLEY, J. S. *et al.* Drop jump: a technical model for scientific application. **Strength & Conditioning Journal**, p. 1-9, Oct. 2017.

PEREZ-GOMEZ, J.; CALBET, J. A. Training methods to improve vertical jump performance. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 53, n. 4, p. 339-357, Aug. 2013.

RABITA, G. *et al.* Sprint mechanics in world-class athletes: a new insight into the limits of human locomotion. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 25, n. 5, p. 583-594, Oct. 2015.

RAMIREZ-CAMPILLO, R. *et al.* Methodological Characteristics and Future Directions for Plyometric Jump Training Research: A Scoping Review. **Sports Medicine**, v. 48, n. 5, p. 1059-1081, May. 2018.

RAMIREZ-CAMPILLO, R. *et al.* Optimal Reactive Strength Index: Is It an Accurate Variable to Optimize Plyometric Training Effects on Measures of Physical Fitness in Young Soccer Players? **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 32, n. 4, p. 885-893, Apr. 2018.

RAMIREZ-CAMPILLO, R.; ANDRADE, D. C.; IZQUIERDO, M. Effects of plyometric training volume and training surface on explosive strength. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 27, n. 10, p. 2714-2722, Oct. 2013.

RAMIREZ-CAMPILLO, R. *et al.* Effect of unilateral, bilateral, and combined plyometric training on explosive and endurance performance of young soccer players. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 29, n. 5, p. 1317-1328, May. 2015.

RANDELL, A. *et al.* Transference of strength and power adaptation to sports performance-horizontal and vertical force production. **Strength & Conditioning Journal**, v. 32, n. 4, p. 100-106, Aug. 2010.

ROMERO-FRANCO, N. *et al.* Sprint performance and mechanical outputs computed with an iPhone app: Comparison with existing reference methods. **European Journal of Sport Science**, v. 17, n. 4, p. 386-392, May. 2017.

RUCCI, J. A.; TOMPOROWSKI, P. D. Three types of kinematic feedback and the execution of the hang power clean. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 24, n. 3, p. 771-778, Mar. 2010.

RUMPF, M. C. *et al.* Effect of Different Sprint Training Methods on Sprint Performance Over Various Distances: A Brief Review. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 30, n. 6, p. 1767-1785, Jun. 2016.

SAKADJIAN, A. PANCHUK, D. PEARCE, A. J. Kinematic and kinetic improvements associated with action observation facilitated learning of the power clean in Australian footballers. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 28, n. 6, p. 1613-1625, Jun. 2014

SAMOZINO, P. *et al.* A simple method for measuring power, force, velocity properties, and mechanical effectiveness in sprint running. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 26, n. 6, p. 648-658, Jun. 2016.

SCHOENFELD, B. J. *et al.* Effects of Low- vs. High-Load Resistance Training on Muscle Strength and Hypertrophy in Well-Trained Men. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 29, n. 10, p. 2954-2963, Oct. 2015.

SHALFAWI, S. A. *et al.* The relationship between running speed and measures of vertical jump in professional basketball players: a field-test approach. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 25, n. 11, p. 3088-3092, Nov. 2011.

SLIMANI, M. *et al.* Effects of Plyometric Training on Physical Fitness in Team Sport Athletes: A Systematic Review. **Journal of Human Kinetics**, v. 53, p. 231-247, Dec. 1 2016.

SMILIOS, I. *et al.* Maximum power training load determination and its effects on load-power relationship, maximum strength, and vertical jump performance. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 27, n. 5, p. 1223-1233, May. 2013.

SPURRS, R. W.; MURPHY, A. J.; WATSFORD, M. L. The effect of plyometric training on distance running performance. **European Journal of Applied Physiology**, v. 89, n. 1, p. 1-7, May. 2003.

STOJANOVIC, E. *et al.* Effect of Plyometric Training on Vertical Jump Performance in Female Athletes: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports Medicine**, v. 47, n. 5, p. 975-986, May. 2017.

STONE, M. H. *et al.* Power and maximum strength relationships during performance of dynamic and static weighted jumps. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 17, n. 1, p. 140-147, Feb. 2003.

STONE, M. H. *et al.* Analysis of bar paths during the snatch in elite male weightlifters. **Strength & Conditioning Journal**, v. 20, p. 30-38, Aug. 1998.

STOREY, A.; SMITH, H. K. Unique aspects of competitive weightlifting: performance, training and physiology. **Sports Medicine**, v. 42, n. 9, p. 769-790, Sep. 1 2012.

SUCHOMEL, T. J.; BECKHAM, G. K.; WRIGHT, G. A. Effect of various loads on the force-time characteristics of the hang high pull. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 29, n. 5, p. 1295–1301, May. 2015.

SUCHOMEL, T. J.; COMFORT, P.; LAKE, J. P. Enhancing the force-velocity profile of athletes using weightlifting derivatives. **Strength & Conditioning Journal**, p. 1-11, Feb. 2017.

SUCHOMEL, T. J.; COMFORT, P.; STONE, M. H. Weightlifting pulling derivatives: rationale for implementation and application. **Sports Medicine**, v. 45, n. 6, p. 823-839, Jun. 2015.

SUCHOMEL, T. J.; SOLE, C. J. Power-Time Curve Comparison between Weightlifting Derivatives. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 16, n. 3, p. 407-413, Sep. 2017.

SWINTON, P. A. *et al.* Regression models of sprint, vertical jump, and change of direction performance. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 28, n. 7, p. 1839-1848, Jul. 2014.

TEO, S. Y. *et al.* Comparing the Effectiveness of a Short-Term Vertical Jump vs. Weightlifting Program on Athletic Power Development. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 30, n. 10, p. 2741-2748, Oct. 2016.

TRICOLI, V. *et al.* Short-term effects on lower-body functional power development: weightlifting vs. vertical jump training programs. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 19, n. 2, p. 433-437, May. 2005.

WANG, L.; LIN, D.; HUANG, C. Age effect on jumping techniques and lower limb stiffness during vertical jump. **Research in Sports Medicine**, v. 12, p. 209–219, Aug. 2004.

WATHEN, D. Position statement: explosive/plyometric exercises. **National Strength & Conditioning Association**, v. 15, n. 3, p. 16-19, Jun. 1993.

WEYAND, P. G. *et al.* Faster top running speeds are achieved with greater ground forces not more rapid leg movements. **Journal of Applied Physiology**, v. 89, n. 5, p. 1991-1999, Nov. 2000.

WILSON, G. J. *et al.* The optimal training load for the development of dynamic athletic performance. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 25, n. 11, p. 1279-1286, Nov. 1993.

WILSON, J. M.; FLANAGAN, E. P. The role of elastic energy in activities with high force and power requirements: a brief review. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 22, n. 5, p. 1705-1715, Sep. 2008.

WIRTH, K *et al.* The impact of back squat and leg-press exercises on maximal strength and speed-strength parameters. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 30, n. 5, p. 1205-1212, May. 2016.

YOUNG, W.; MCLEAN, B.; ARDAGNA, J. Relationship between strength qualities and sprinting performance. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 35, n. 1, p. 13-19, Mar. 1995.

YOUNG, W. B. Transfer of strength and power training to sports performance. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 1, n. 2, p. 74-83, Jun. 2006.