

REATIVAÇÃO MUSCULAR ANTES DOS JOGOS DE FUTEBOL: É BENÉFICO PARA A PERFORMANCE FÍSICA?

Autores

Eduardo Abade¹, Jaime Sampaio², Bruno Gonçalves², Jorge Batista³, Alberto Alves¹, João Viana¹

eabade@ismai.pt

Resumo

As rotinas de aquecimento (WU) são consensualmente reconhecidas como úteis para a otimização da performance e prevenção de lesões. No entanto, os protocolos que antecedem as competições oficiais podem representar uma janela temporal de aproximadamente 15 minutos entre o final do aquecimento e o início do jogo, o que pode ter um impacto negativo na performance. O objetivo deste estudo foi investigar o contributo de diferentes estratégias de reativação (R-WU) na performance física de jogadores de futebol. Este estudo decorreu durante o período competitivo e contou com a participação de 22 jogadores sub-19 que competiam na primeira divisão do Nacional de Juniores. Foram testados 4 protocolos (WU + R-WU) em 4 dias consecutivos (crossover controlled) que se diferenciaram em função da estratégia de R-WU utilizada: controlo, excêntrico, pliometria e mudanças de direção. Avaliou-se a impulsão vertical e a capacidade de sprint em dois momentos distintos: imediatamente após e 12 minutos após o WU. Os exercícios de R-WU foram realizados 6 minutos após o WU. Este estudo mostra que o exercício excêntrico pode ter um efeito agudo prejudicial na performance física quando realizado imediatamente antes de um jogo. Por outro lado, exercícios pliométricos ou tarefas que envolvam mudanças de direção repetidas apresentam-se como de fácil execução e eficientes no atenuar da perda das capacidades de salto e sprint após o WU. A ausência de R-WU na janela temporal entre o final do aquecimento e o início do jogo pode deteriorar a performance física dos jogadores. No entanto, a inclusão de R-WU antes do jogo é delicada e deve considerar que a manipulação do volume, intensidade e tempo de recuperação pode afetar positiva ou negativamente a performance subsequente.

Palavras-chave: potencial de pós-ativação; perfis de performance; aquecimento.

¹ Centro de Investigação em Desporto, Saúde e Desenvolvimento Humano, CIDESD, ISMAI, Portugal

² Centro de Investigação em Desporto, Saúde e Desenvolvimento Humano, CIDESD, UTAD, Portugal

³ Instituto Universitário da Maia

Introdução

Apesar de um aparente consenso entre treinadores no que diz respeito à estrutura padrão de um aquecimento (WU) (Kirkendall, Junge, & Dvorak, 2010), o compromisso entre volume, intensidade e recuperação, particularmente na janela temporal entre o WU e o jogo continua a ser alvo de debate. Aparentemente, períodos de recuperação moderados (7-10 minutos) podem favorecer manifestações de potência muscular, apesar desta tendência estar altamente dependente do volume, intensidade da atividade e historial de cargas de treino do sujeito (Wilson, Duncan, Marin, Brown, Loenneke, Wilson, et al., 2013). Isto significa que a variabilidade inter-individual na resposta às atividades de potenciação muscular é grande e que a seleção das variáveis mais adequadas para a manipulação dos potenciais de pós-ativação continua em debate (Robbins, 2005).

Regra geral, os protocolos oficiais que antecedem os jogos permitem que os jogadores regressem aos balneários após o aquecimento. Em competições internacionais, como a Liga dos Campeões, o tempo despendido na apresentação das equipas e os hinos da prova fazem com que este hiato de tempo ronde frequentemente os 15 minutos. Como resultado, os efeitos agudos do WU, dependentes de alterações na temperatura muscular (Russell, West, Harper, Cook, & Kilduff, 2015), podem comprometer a performance, particularmente em esforços explosivos de curta duração (Mohr, Krustup, Nybo, Nielsen, & Bangsbo, 2004). Este hipotético efeito negativo na performance reforça a importância das estratégias de reativação muscular (R-WU) no atenuar das perdas de temperatura (Towlson, Midgley, & Lovell, 2013) e manutenção da performance muscular (Russell et al., 2015).

Como referido anteriormente, os exercícios de força para áreas problemáticas (1), pliometria (2) e tarefas de agilidade (3), são estratégias tradicionalmente usadas pelos treinadores de futebol durante o aquecimento. Mas será que estas estratégias induzem efeitos agudos positivos na performance?

(1) Já foi demonstrado que exercícios de força focados nos posteriores da coxa como os *Nordic Hamstrings* podem induzir melhorias a médio prazo na força excêntrica dos isquiotibiais de jogadores de futebol (Mjolsnes, Arnason, Osthagen, Raastad, & Bahr, 2004). No entanto, a não familiarização com o exercício e o tipo de contração muscular podem resultar num dano significativo dos componentes contrácteis e estruturais do músculo (Coffey & Hawley, 2007). Será esta uma preocupação aquando da sua utilização para melhoria aguda da performance? (2) O treino pliométrico é capaz de promover a potenciação muscular, o que permite a melhoria da potência e performance muscular dinâmica durante exercícios que envolvam os ciclos de alongamento-encurtamento como ações de impulsão vertical e *sprints* (Fatouros, Jamurtas, Leontsini, Taxildaris, Aggelousis, Kostopoulos, et al., 2000). Será esta uma estratégia adequada ao momento que antecede a competição? (3) As mudanças de direção constituem-se como uma habilidade importante no futebol porque reproduzem movimentos intermitentes e multilaterais de alta intensidade realizados durante o jogo (Wong, Chan, & Smith, 2012). No entanto, o impacto fisiológico destas tarefas é superior ao verificado em *sprints* lineares (Dellal, Keller, Carling, Chaouachi, Wong, & Chamari, 2010). Apesar da sua representatividade, será que a fadiga resultante deste tipo de exercícios pode ter um impacto agudo negativo na performance?

Apesar dos jogadores serem geralmente agrupados durante o WU, as respostas aos mecanismos de pós-ativação são individuais, o que exige uma análise detalhada da carga e

períodos de recuperação respeitados neste contexto (Naclerio, Chapman, Larumbe-Zabala, Massey, Neil, & Triplett, 2015). Será que as tarefas anteriormente mencionadas são capazes de promover melhorias agudas da performance quando realizadas imediatamente antes do jogo? Alguma destas estratégias de R-WU é capaz de atenuar as perdas na performance resultantes da janela temporal entre o final do aquecimento e início do jogo? O objetivo deste estudo foi avaliar o contributo de diferentes estratégias de R-WU realizadas imediatamente antes do jogo na performance física de jogadores de futebol.

MÉTODOS

Amostra

Vinte e dois jogadores de elite do escalão sub-19 (idade: 18.1 ± 0.7 ; estatura: 181.7 ± 6.4 cm; peso: 73.6 ± 5.8 kg; anos de experiência: 9.6 ± 1.8) a competir no campeonato nacional de juniores 2015-2016 participaram neste estudo. Na altura em que o estudo foi realizado, os jogadores treinavam 4 a 5 vezes por semana em sessões de aproximadamente 90 minutos com um jogo oficial aos fins-de-semana. Todos os jogadores foram informados sobre os procedimentos inerentes à investigação e da possibilidade de abandonarem o estudo em qualquer momento. Esta investigação foi aprovada pelo comité de ética do centro de investigação local e de acordo com as recomendações da declaração de Helsínquia.

Procedimentos

Todas as avaliações foram realizadas no mesmo horário (15:00) em campos de relva artificial e em condições atmosféricas semelhantes (temperatura 8-15°C, humidade relativa 48-56%). Os protocolos aplicados (WU + R-WU) diferenciaram-se em função da estratégia de R-WU utilizada. O WU *standard* consistiu no seguinte: 2 minutos de corrida de baixa intensidade, 4x30m corrida lateral e 5 minutos de flexibilidade dinâmica (2x10 adutores da coxa, 2x10 abdutores da coxa, 2x10 quadricípites, 2x10 glúteos máximos e 2x10 isquiotibiais), exercícios de força (2x10 agachamentos e 2x10 afundos). Finalmente, *sprints* intermitentes com aumento progressivo da intensidade e exercícios de mudanças de direção foram realizados de acordo a seguinte sequência: 2x10m $\frac{3}{4}$ *pace*, 2x20m $\frac{3}{4}$ *pace*, 2x30m $\frac{3}{4}$ *pace*, 1x30m com 10 desacelerações a 2 pés, 1x30 com 10 desacelerações a 1 pé, 2x30 com 4 mudanças de direção $\frac{3}{4}$ *pace* (90°), 1x20m *full pace* e 1x30 *full pace*.

Após o WU, o grupo de controlo (CON) recuperou de forma passiva, sentados durante 12 minutos, enquanto os outros grupos realizaram exercício excêntrico (ECC), pliométrico (PLY) ou *sprints* com mudanças de direção (RCOD) exatamente 6 minutos após o final do WU. No R-WU ECC foi pedido aos jogadores que realizassem o exercício *Nordic Hamstrings* (Sayers & Sayers, 2008) em 4 séries de 3 repetições com 15 segundos de recuperação passiva. Os jogadores foram instruídos a colocar as mãos no peito e a inclinarem-se gradualmente para a frente enquanto resistiam durante 3 segundos mantendo o tronco e coxas numa posição neutra durante toda a amplitude de movimento. O grupo PLY realizou 4 séries de 5 saltos (40 cm) seguidos de 10 *skippings* bilaterais numa escada de agilidade.

Foi concedido um período de recuperação passivo de 15 segundos entre séries. Finalmente, o grupo RCOD realizou 4x20m com 4 mudanças de direção (100°) (Wong et al., 2012) com 15 segundos de recuperação passiva. Estes protocolos tiveram durações idênticas e foram realizados em 4 dias diferentes de acordo com a seguinte sequência: CON, ECC, PLY e RCOD. A impulsão vertical (VJ) e a capacidade de *sprint* foram avaliadas imediatamente após e 12 minutos após o WU.

Os saltos de contra movimento (CMJ) e *Abalakov* (AJ) foram utilizados para avaliação da capacidade de salto (Bosco, Luhtanen, & Komi, 1983) com recurso a um aparelho Optojump (Microgate, Italy). Os participantes realizaram duas tentativas em cada teste para que o melhor resultado fosse registado. O tempo de *sprint* para os 10-m e 20-m foi medido com recurso a um sistema de infravermelhos (Witty, Microgate, Italy).

Análise estatística

As variações individuais e médias de grupo observadas do pós-RW para o R-WU, tendo em conta todos os protocolos de R-WU, foram representados graficamente e a variação expressa em percentagem (média \pm desvio padrão). Com o objetivo de testar os possíveis efeitos *beneficial/harmful* dos protocolos de intervenção de R-WU na performance dos atletas, em comparação com o grupo controlo (sem R-WU), os dados foram analisados com uma folha de cálculo específico para *pre-post crossover trial* (Hopkins, 2006). Os efeitos foram estimados em percentagem e a incerteza dos resultados com 90% de intervalo de confiança. O resultado da performance foi avaliado com abordagem clinica/prática, através de inferência com base na magnitude (*magnitude-based inference*): os valores sugeridos para o efeito ser considerado *clinically beneficial* são: $<0.5\%$ (*most unlikely*) para *harmful* e $>25\%$ (*possible*) para *benefit* (Hopkins, Marshall, Batterham, & Hanin, 2009). As Probabilidade foram reportadas usando a seguinte escala: 25–75%, *possibly*; 75–95%, *likely*; 95–99.5%, *very likely*; $>99.5\%$, *most likely*. Diferenças estandardizadas das médias (*Cohen*), com 90% de intervalos de confiança foram igualmente processadas tendo em conta os seguintes valores de corte:

0.2, *trivial*; 0.6, *small*; 1.2, *moderate*; 2.0, *large*; and >2.0 , *very large* (Hopkins et al., 2009).

Resultados

Os resultados individuais e da média do grupo são apresentados na Figura 1 e 2. Em complemento, o Quadro 1 apresenta as inferências práticas com base na análise *pre-post crossover trial* assim como as correspondentes magnitudes.

Foram identificadas *small-large beneficial* melhorias em todos os indicadores de performance processados aquando da aplicação do protocolo PLY (Quadro 1). Tanto os resultados do CMJ como do AJ apresentaram *likely/very likely* melhorias ($\sim 3.8\%$ no CMJ e $\sim 4.8\%$ no AJ) quando comparado com o grupo controlo. O mesmo protocolo apresentou um *moderate very likely beneficial* efeito na performance dos 10-m (ES=Cohen d; $\pm 90\%CL$, -0.7 ; ± 0.3) e um *moderate most likely beneficial* efeito nos 20-m (ES= -0.9 ; ± 0.3). Variações

individuais do post-WU para o R-WU apresentaram $0.2 \pm 3.7\%$ no CMJ, $0.1 \pm 4.2\%$ no AJ, enquanto o grupo CON apresentou $-3.5 \pm 5.5\%$ no CMJ e $-4.5 \pm 3.8\%$ na AJ (Figura 1). Igualmente, quer a performance nos 10-m quer nos 20-m decresceu, respetivamente, o tempo de sprint em $-1.6 \pm 3.4\%$ e $-1.6 \pm 3.0\%$, enquanto o grupo CON apresentou um aumento de $1.4 \pm 2.2\%$ nos 10-m e $1.8 \pm 1.9\%$ nos 20-m.

O protocolo RCOD apresentou aproximadamente as mesmas inferências que o OLY. As principais diferenças estão bem relacionadas com a variabilidade individual do post-WU para o R-WU uma vez que os jogadores decresceram a sua performance em $\sim 1\%$ na altura de salto e aumentaram em $\sim 1\%$ a duração dos *sprints* (Figura 1 e Figura 2). No entanto, esta intervenção de R-WU apresentou um *likely/possible beneficial* efeito para o CMJ (ES=0.3; ± 0.2) e AJ (ES=0.3; ± 0.2), respetivamente, e um *moderate likely/most likely beneficial* efeito para a performance nos 10-m e 20-m *sprint* (Quadro 1).

Diferentes implicações práticas poderão ser retiradas do protocolo de R-WU respeitante ao ECC. A altura de salto do CMJ apresentou um valor de $-5.1 \pm 5.6\%$ variação do post-WU para R-WU, o que aporta um *possible harmful* efeito quando comparado com o grupo CON (35% *harmful*, 65% *trivial* e 1% *beneficial*) (Figura 1 e quadro 1). Além desta evidência, em relação à performance dos *sprints* de 10-m e 20-m, o presente protocolo de R-WU apresentou *likely trivial* e *unclear* efeito, respetivamente. A única exceção foi encontrada na performance do AJ, uma vez que 70% dos jogadores *possibly benefited* com este protocolo (Quadro 1).

Quadro 1. Inferências da aplicação dos protocolos R-WU na performance dos atletas quando comparados com o grupo controlo.

Variáveis	Comparação de grupos Controlo vs.	Diferença nas médias; %; $\pm 90\%CL$ (%)	% Probabilidade harmful/trivial/beneficial	Inferências Práticas
CMJ	Pliométrico	3.8; ± 1.8	0/10/90	<i>likely beneficial</i>
	Rcod	3.5; ± 2.6	0/25/75	<i>likely beneficial</i>
	Excêntrico	-1.8; ± 2.7	35/65/1	<i>possibly harmful</i>
AJ	Pliométrico	4.8; ± 1.9	0/1/99	<i>very likely beneficial</i>
	Rcod	3.1; ± 2.9	0/31/69	<i>possibly beneficial</i>
	Excêntrico	3.2; ± 3.1	0/30/70	<i>possibly beneficial</i>
Sprint 10-metros	Pliométrico	-2.9; ± 1.3	0/1/99	<i>very likely beneficial</i>
	Rcod	-2.3; ± 1.4	0/6/94	<i>likely beneficial</i>
	Excêntrico	0.1; ± 1.3	15/76/9	<i>likely trivial</i>
Sprint 20-metros	Pliométrico	-3.4; ± 1.0	0/0/100	<i>most likely beneficial</i>
	Rcod	-2.8; ± 1.1	0/0/100	<i>most likely beneficial</i>
	Excêntrico	-0.5; ± 1.0	3/64/33	<i>unclear</i>

Nota: 90% CL = 90% limites de confiança. CMJ = salto de contramovimento. AJ = abalakov.

Figura 1.

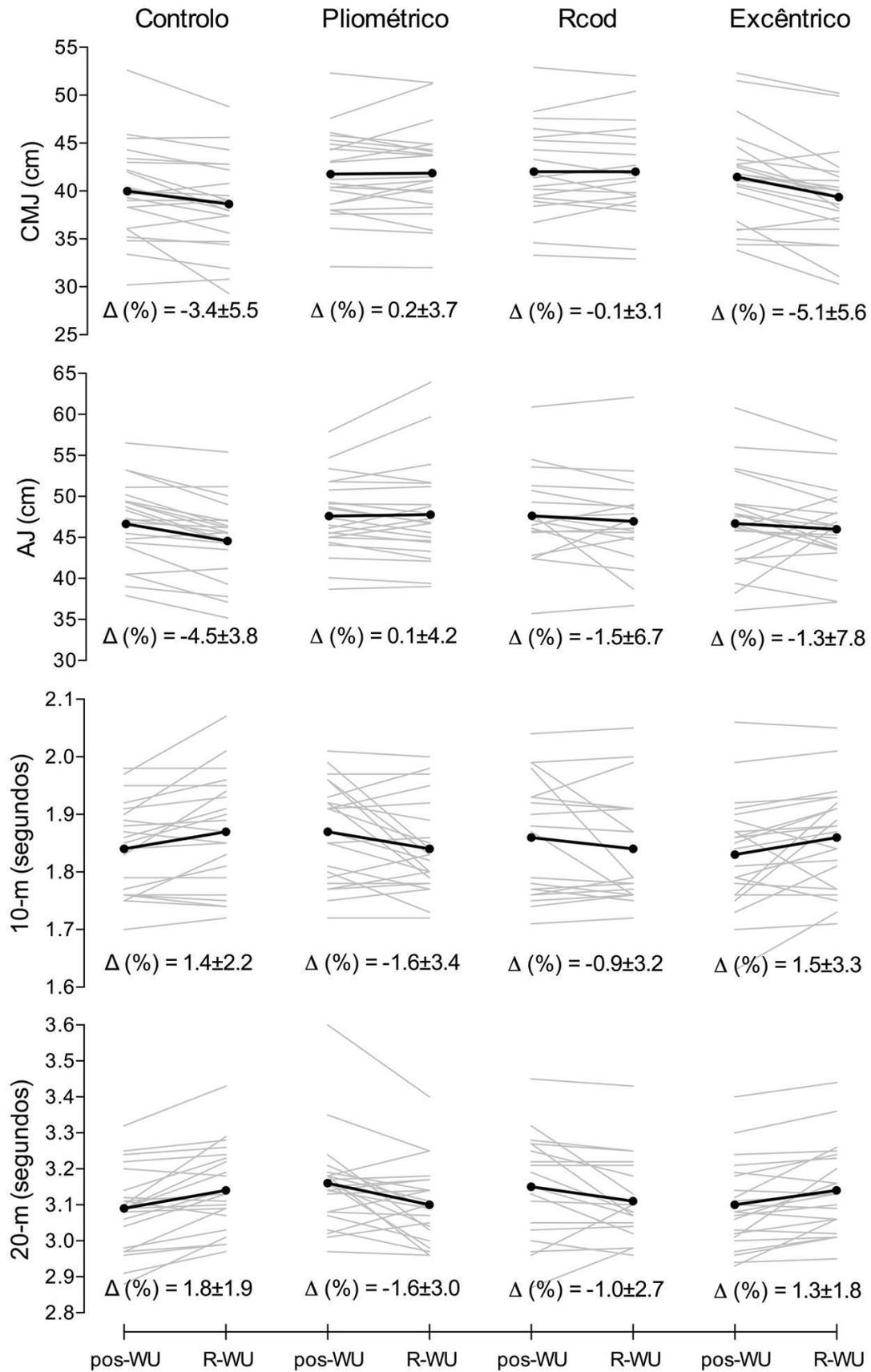
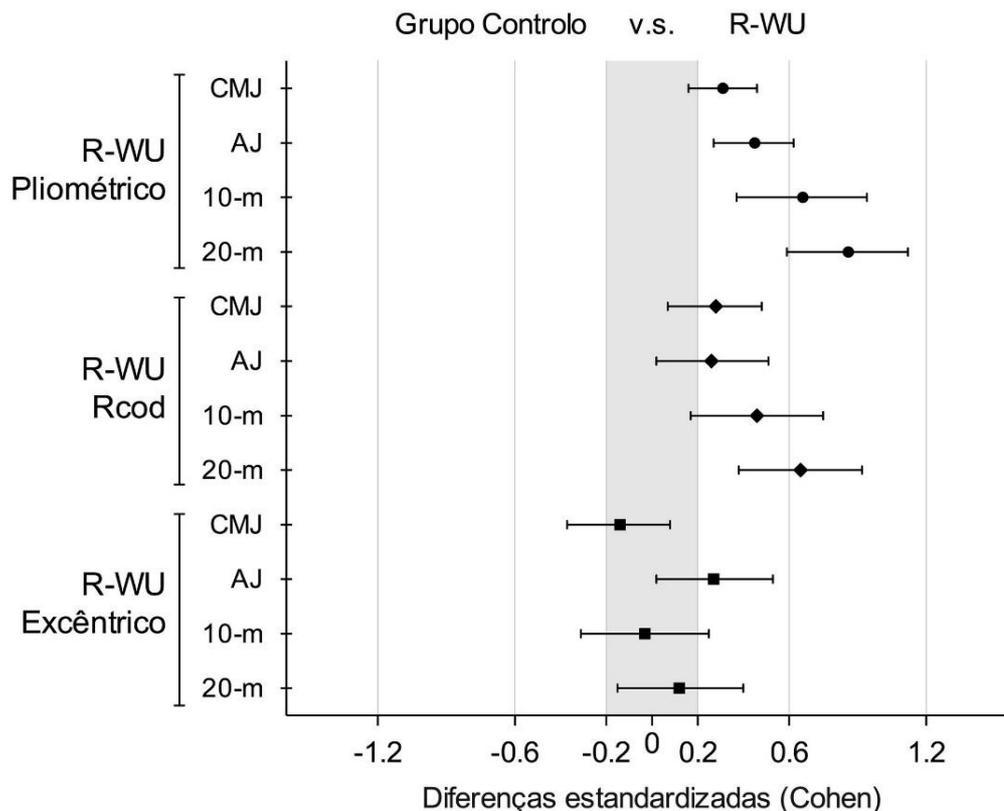


Figura 2.



Discussão

Este estudo mostra que estratégias ativas de R-WU como exercícios pliométricos e *sprints* repetidos com mudanças de direção podem ser eficientes no atenuar das perdas de potência muscular após o WU. Por outro lado, o exercício excêntrico pode ser prejudicial para a performance física se realizado imediatamente antes de um jogo de futebol.

Os efeitos agudos do WU estão altamente correlacionados com mecanismos de temperatura muscular (Bishop, 2003). Esta temperatura parece diminuir durante períodos de inatividade física, o que pode comprometer a performance em ações curtas de alta intensidade (Edholm, Krstrup, & Randers, 2015). Considerando os protocolos oficiais que antecedem um jogo de futebol, os jogadores podem experienciar 15-20 minutos de inatividade entre o final do WU e o início do jogo. Como resultado, a ausência de R-WU nesta janela temporal pode prejudicar a performance, tal como observado neste estudo. Isto significa que os treinadores deverão encontrar exercícios de curta-duração capazes de atenuar ou potenciar a performance física dos jogadores no imediato.

Pliometria

Contrações musculares de curta duração e alta intensidade são capazes de melhorar a performance explosiva subsequente através do aumento da atividade do sistema nervoso central (Ebben & Watts, 1998). Neste âmbito, os exercícios pliométricos são capazes de induzir potenciação muscular, o que beneficia a força rápida, explosiva e performance dinâmica (Fatouros et al., 2000). Por exemplo, exercícios como os *drop jumps* parecem

aumentar o recrutamento de unidades motoras de alto limiar, contribuindo para aumentar a performance explosiva subsequente (Masamoto, Larson, Gates, & Faigenbaum, 2003). No presente estudo, a realização de 4 séries de 5 saltos seguidos de *skipping* bilateral foi efetiva no atenuar das perdas na impulsão vertical e *sprint* no espaço temporal entre o WU e o início do jogo.

Sprints com mudanças de direção repetidas

Os *sprints* repetidos com mudanças de direção são capazes de aumentar a atividade muscular dos membros inferiores quando comparados com sprints lineares (Fauth, Petushek, Feldmann, Hsu, Garceau, Lutsch, et al., 2010), o que parece estar relacionado como as forças laterais significativas aplicadas no solo (Schot, Dart, & Schuh, 1995). Além disto, as mudanças de direção a 90° resultam numa atividade eletromiográfica superior quando comparada com mudanças de direção a 45°, provavelmente devido à maior exigência mecânica dos padrões de desaceleração e re-aceleração (Hader, Mendez-Villanueva, Palazzi, Ahmaidi, & Buchheit, 2016). Assume-se que os 100° aplicados nas mudanças de direção do exercício do presente estudo exigem um padrão cinemático e metabólico que resulta em potenciação da performance semelhante à observada após os exercícios pliométricos. Como esta estratégia de R-WU foi aplicada 6 minutos após o WU e durou aproximadamente 2 minutos, parece que o equilíbrio entre a ativação muscular e o tempo de recuperação resultou na potenciação da performance. De facto, a otimização da performance ocorre quando a fadiga é ultrapassada e os efeitos de potenciação permanecem (Hodgson, Docherty, & Robbins, 2005).

Exercício excêntrico

Uma vez que níveis reduzidos de força excêntrica dos isquiotibiais estão fortemente relacionados com o aumento do risco de lesão (Opar, Williams, & Shield, 2012), o exercício *Nordic Hamstrings* tem sido utilizado como uma ferramenta útil no aumento da força excêntrica e redução do risco de lesão dos posteriores da coxa (Olsen, Myklebust, Engebretsen, Holme, & Bahr, 2005). No entanto, a familiarização com o exercício e o historial de cargas de treino podem influenciar os efeitos agudos do exercício nórdico. Aliás, os programas FIFA 11+ sugerem um número diferente de séries e repetições para jogadores de diferentes níveis: iniciantes, intermédios e avançados (Barengo, Meneses-Echavez, Ramirez-Velez, Cohen, Tovar, & Bautista, 2014).

O exercício excêntrico é capaz de induzir dano muscular resultante do alongamento e dano dos sarcómeros (Proske & Allen, 2005), o que pode resultar num efeito agudo nefasto para a performance (Walsh, Hesse, Morgan, & Proske, 2004). O exercício nórdico, em particular, implica alterações na relação alongamento-tensão dos isquiotibiais com um aumento gradual do torque muscular ao longo do alongamento (Brockett, Morgan, & Proske, 2001). Todas estas adaptações neuromusculares agudas ao exercício podem prejudicar a performance muscular explosiva tal como demonstrado pelo efeito negativo que esta estratégia teve durante o R-WU no presente estudo.

O modo, intensidade, tempo de recuperação, tipo de contração e historial de cargas de treino determinam uma resposta individual a um qualquer exercício de potenciação muscular que pode resultar em melhoria da performance subsequente ou induzir fadiga (Brandenburg, 2005; Tillin & Bishop, 2009). Neste âmbito, a literatura sugere que os mecanismos de

potenciação muscular durante o WU são mais eficientes em indivíduos treinados do que em atletas de recreação (Chiu, Fry, Weiss, Schilling, Brown, & Smith, 2003), provavelmente devido à sua capacidade de recrutar unidades motoras a um limiar mais elevado (Ratamess, 2008). Por esta razão, os treinadores devem procurar e determinar estratégias individuais de ativação muscular que otimizem os efeitos do R-WU na performance de jogadores de futebol.

Aplicações práticas

Este é o primeiro estudo a investigar os efeitos agudos da reativação muscular no intervalo de tempo entre o final do aquecimento e o início do jogo. As principais conclusões são:

- Exercícios de reativação como mudanças de direção repetidas e tarefas pliométricas são estratégias simples e eficientes para atenuar as perdas de potência muscular após o final do aquecimento.
- Exercícios excêntricos como o *Nordic Hamstrings* podem ser prejudiciais para a performance física quando realizados imediatamente antes de um jogo de futebol, particularmente se os jogadores não estiverem familiarizados com a tarefa.
- Os treinadores devem considerar que a resposta a diferentes estratégias de reativação apresenta uma elevada variabilidade inter-individual, pelo que a prescrição individual dos exercícios e cargas deve ser prioritária.

Bibliografia

- Barengo, N. C., Meneses-Echavez, J. F., Ramirez-Velez, R., Cohen, D. D., Tovar, G., & Bautista, J. E. C. (2014) The Impact of the FIFA 11+ Training Program on Injury Prevention in Football Players: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11(11), 11986-12000. doi: 10.3390/ijerph111111986
- Bishop, D. (2003) Warm up I - Potential mechanisms and the effects of passive warm up on exercise performance. *Sports Medicine*, 33(6), 439-454. doi: Doi 10.2165/00007256-200333060-00005
- Bosco, C., Luhtanen, P., & Komi, P. V. (1983) A Simple Method for Measurement of Mechanical Power in Jumping. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 50(2), 273-282.
- Brandenburg, J. P. (2005) The acute effects of prior dynamic resistance exercise using different loads on subsequent upper-body explosive performance in resistance-trained men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), 427-432.
- Brockett, C. L., Morgan, D. L., & Proske, U. (2001) Human hamstring muscles adapt to eccentric exercise by changing optimum length. *Med Sci Sports Exerc*, 33(5), 783-790.
- Chiu, L. Z. F., Fry, A. C., Weiss, L. W., Schilling, B. K., Brown, L. E., & Smith, S. L. (2003) Postactivation potentiation response in athletic and recreationally trained individuals. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(4), 671-677. doi: Doi 10.1519/1533-4287(2003)017<0671:Ppriaa>2.0.Co;2

- Coffey, V. G., & Hawley, J. A. (2007) The molecular bases of training adaptation. *Sports Medicine*, 37(9), 737-763. doi: Doi 10.2165/00007256-200737090-00001
- Dellal, A., Keller, D., Carling, C., Chaouachi, A., Wong, D. P., & Chamari, K. (2010) Physiologic Effects of Directional Changes in Intermittent Exercise in Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(12), 3219-3226. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181b94a63
- Ebben, W. P., & Watts, P. B. (1998) A review of combined weight training and plyometric training modes: Complex training. *Strength and Conditioning*, 20(5), 18-27. doi: Doi 10.1519/1073-6840(1998)020<0018:Arocwt>2.3.Co;2
- Edholm, P., Krstrup, P., & Randers, M. B. (2015) Half-time re-warm up increases performance capacity in male elite soccer players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 25(1), E40-E49. doi: 10.1111/sms.12236
- Fatouros, I. G., Jamurtas, A. Z., Leontsini, D., Taxildaris, K., Aggelousis, N., Kostopoulos, N., & Buckenmeyer, P. (2000) Evaluation of plyometric exercise training, weight training, and their combination on vertical jumping performance and leg strength. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 14(4), 470-476.
- Fauth, M. L., Petushek, E. J., Feldmann, C. R., Hsu, B. E., Garceau, L. R., Lutsch, B. N., & Ebben, W. P. (2010) Reliability of Surface Electromyography during Maximal Voluntary Isometric Contractions, Jump Landings, and Cutting. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(4), 1131-1137. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181cc2353
- Hader, K., Mendez-Villanueva, A., Palazzi, D., Ahmaidi, S., & Buchheit, M. (2016) Metabolic Power Requirement of Change of Direction Speed in Young Soccer Players: Not All Is What It Seems. *PLoS One*, 11(3), e0149839. doi: 10.1371/journal.pone.0149839
- Hodgson, M., Docherty, D., & Robbins, D. (2005) Post-activation potentiation - Underlying physiology and implications for motor performance. *Sports Medicine*, 35(7), 585-595. doi: Doi 10.2165/00007256-200535070-00004
- Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., & Hanin, J. (2009) Progressive Statistics for Studies in Sports Medicine and Exercise Science. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(1), 3-12. doi: Doi 10.1249/Mss.0b013e31818cb278
- Hopkins, W.G. . (2006) Spreadsheets for analysis of controlled trials, with adjustment for a subject characteristic. *Sportscience*, 10, 46-50.
- Kirkendall, D. T., Junge, A., & Dvorak, J. (2010) Prevention of football injuries. *Asian J Sports Med*, 1(2), 81-92.
- Masamoto, N., Larson, R., Gates, T., & Faigenbaum, A. (2003) Acute effects of plyometric exercise on maximum squat performance in male athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(1), 68-71.
- Mjolsnes, R., Arnason, A., Osthagen, T., Raastad, T., & Bahr, R. (2004) A 10-week randomized trial comparing eccentric vs. concentric hamstring strength training in well-trained soccer players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 14(5), 311-317. doi: 10.1046/j.1600-0838.2003.00367.x
- Mohr, M., Krstrup, P., Nybo, L., Nielsen, J. J., & Bangsbo, J. (2004) Muscle temperature and sprint performance during soccer matches - beneficial effect of re-warm-up at half-time. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 14(3), 156-162. doi: 10.1046/j.1600-0838.2003.00349.x

- Naclerio, F., Chapman, M., Larumbe-Zabala, E., Massey, B., Neil, A., & Triplett, T. N. (2015) Effects of Three Different Conditioning Activity Volumes on the Optimal Recovery Time for Potentiation in College Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(9), 2579-2585. doi: 10.1519/Jsc.0000000000000915
- Olsen, O. E., Myklebust, G., Engebretsen, L., Holme, I., & Bahr, R. (2005) Exercises to prevent lower limb injuries in youth sports: cluster randomised controlled trial. *British Medical Journal*, 330(7489), 449-452. doi: 10.1136/bmj.38330.632801.8F
- Opar, D. A., Williams, M. D., & Shield, A. J. (2012) Hamstring Strain Injuries Factors that Lead to Injury and Re-Injury. *Sports Medicine*, 42(3), 209-226.
- Proske, U., & Allen, T. J. (2005) Damage to skeletal muscle from eccentric exercise. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 33(2), 98-104. doi: Doi 10.1097/00003677-200504000-00007
- Ratamess, N. (2008). Adaptations to anaerobic training programs. In T. Baechele & R. Earle (Eds.), *Essentials of strength and conditioning* (pp. 94-119). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Robbins, D. W. (2005) Postactivation potentiation and its practical applicability: a brief review. *J Strength Cond Res*, 19(2), 453-458. doi: 10.1519/R-14653.1
- Russell, M., West, D. J., Harper, L. D., Cook, C. J., & Kilduff, L. P. (2015) Half-Time Strategies to Enhance Second-Half Performance in Team-Sports Players: A Review and Recommendations. *Sports Medicine*, 45(3), 353-364. doi: 10.1007/s40279-014-0297-0
- Sayers, A., & Sayers, B. E. (2008) The Nordic Eccentric Hamstring Exercise for Injury Prevention in Soccer Players. *Strength and Conditioning Journal*, 30(4), 56-58. doi: 10.1519/SSC.0b013e31817f985d
- Schot, P., Dart, J., & Schuh, M. (1995) Biomechanical analysis of two change-of-direction maneuvers while running. *J Orthop Sports Phys Ther*, 22(6), 254-258. doi: 10.2519/jospt.1995.22.6.254
- Tillin, N. A., & Bishop, D. (2009) Factors Modulating Post-Activation Potentiation and its Effect on Performance of Subsequent Explosive Activities. *Sports Medicine*, 39(2), 147-166.
- Towson, C., Midgley, A. W., & Lovell, R. (2013) Warm-up strategies of professional soccer players: practitioners' perspectives. *Journal of Sports Sciences*, 31(13), 1393-1401. doi: 10.1080/02640414.2013.792946
- Walsh, L. D., Hesse, C. W., Morgan, D. L., & Proske, U. (2004) Human forearm position sense after fatigue of elbow flexor muscles. *Journal of Physiology-London*, 558(2), 705-715. doi: DOI 10.1113/jphysiol.2004.062703
- Wilson, J. M., Duncan, N. M., Marin, P. J., Brown, L. E., Loenneke, J. P., Wilson, S. M., Jo, E., Lowery, R. P., & Ugrinowitsch, C. (2013) Meta-analysis of postactivation potentiation and power: effects of conditioning activity, volume, gender, rest periods, and training status. *J Strength Cond Res*, 27(3), 854-859. doi: 10.1519/JSC.0b013e31825c2bdb
- Wong, D. P., Chan, G. S., & Smith, A. W. (2012) Repeated-Sprint and Change-of-Direction Abilities in Physically Active Individuals and Soccer Players: Training and Testing Implications. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(9), 2324-2330. doi: 10.1519/JSC.0b013e31823daeab