

Rev Bras Fisiol Exerc 2019;18(3):136-44

<https://doi.org/10.33233/rbfe.v18i3.3239>

ARTIGO ORIGINAL

Efeito agudo do treinamento de força com restrição de fluxo sanguíneo sobre demanda metabólica de lactato em jovens futebolistas

Acute effect of the blood flow resistance training on metabolic demand of lactate in young soccer players

Ezequias Pereira-Neto*, Ragami Chaves Alves**, Tácito Pessoa Souza Júnior**, Leandro Henrique Albuquerque Brandão*, Marzo Edir Da Silva-Grigoletto*, Marcos Bezerra de Almeida*

**Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão/SE, **Departamento de Educação Física, Universidade Federal do Paraná, Curitiba/PR*

Recebido em 17 de setembro de 2019; aceito em 30 de setembro de 2019.

Correspondência: Ezequias Pereira-Neto, Universidade Federal de Sergipe (UFS), Avenida Marechal Rondon, s/n Jardim Rosa Elze 49100-000 São Cristóvão SE

Ezequias Pereira-Neto: neto.pereiraedf@gmail.com

Ragami Chaves Alves: ragami1@hotmail.com

Tácito Pessoa Souza Júnior: tacitojr2009@hotmail.com

Leandro Henrique Albuquerque Brandão: leao.henriquee01@gmail.com

Marzo Edir Da Silva-Grigoletto: dasilvame@gmail.com

Marcos Bezerra de Almeida: mb.almeida@gmail.com

Resumo

O treinamento de força (TF) com restrição de fluxo sanguíneo e cargas leves possibilita obter ganhos de força similares aos do TF tradicional com cargas altas, o que pode ser uma estratégia de treino interessante para jovens futebolistas. Contudo, não é claro se esses métodos se equivalem em termos de magnitude da solicitação metabólica. Desta maneira, o objetivo deste estudo é identificar a resposta metabólica via análise de níveis de lactato em uma sessão de dois diferentes tipos de TF aplicado a jovens futebolistas. Dezoito atletas de futebol sub-20 foram submetidos a uma sessão TF, em dois modelos de intervenção: o Grupo TF com Restrição de Fluxo Sanguíneo (GRF; n = 9) e o Grupo TF Tradicional (GTT; n = 9). O GRF submeteu-se a 4 séries de 15 repetições a 20% de 1RM e 80% de restrição de fluxo sanguíneo, no exercício agachamento. O GTT submeteu-se a 6 séries de 10 repetições a 80% de 1RM, no exercício agachamento. Antes e após a sessão de treino foram medidas as concentrações de lactato. O teste de Friedman analisou os momentos pré e pós-treino, assim como entre grupos. Houve aumento expressivo dos níveis de lactato após o treino, independentemente do método aplicado (GRF: $1,8 \pm 0,4$ vs $9,8 \pm 1,6$ mM/dL; GTT: $1,8 \pm 0,5$ vs $9,6 \pm 1,1$ mM/dL; $p \leq 0,05$ para ambos), e sem diferença entre os grupos ($p > 0,05$). Os dois modelos de TF produzem aumentos similares das concentrações de lactato em jovens futebolistas.

Palavras-chave: desempenho atlético; biomarcadores; hipóxia.

Abstract

Blood flow restriction resistance training (TF) and low-loads enables strength gains similar to those of traditional high-load TF, which can be an interesting training strategy for young soccer players. However, it is not clear whether these methods are equivalent in terms of magnitude of metabolic demand. Thus, the objective of this study was to identify the metabolic intensity response via La- level analysis, in a session of two different types of Strength Training (TF) applied to young soccer players. Eighteen soccer athletes U-20 underwent a strength training session in two intervention models: The group TF with blood flow restriction (GRF = 9) and traditional TF group (GTT n = 9). The GRF underwent 4 sets of 15 repetitions at 20% 1RM and 80% blood flow restriction in the squat exercise. The GTT performed 6 sets of 10 repetitions at 80% of 1RM in the squat exercise. Before and after the training session, venous blood samples were collected and afterwards the blood lactate concentrations were measured. Friedman's nonparametric test analyzed the pre and post-training moments, as well as between groups.

There was a significant increase in La⁻ levels after training, regardless of the method applied (GRF: $1,8 \pm 0,4$ vs $9,8 \pm 1,6$ mM/dL; GTT: $1,8 \pm 0,5$ vs $9,6 \pm 1,1$ mM/dL; $p \leq 0,05$ for both), and no difference between groups ($p > 0,05$). The two resistance training models promote similar increases in blood lactate concentrations in under-20 soccer players.

Keywords: athletic performance; biomarkers; hypoxia.

Introdução

O futebol tem predominância de sistema energético aeróbio, entretanto muitas ações decisivas têm suporte do metabolismo anaeróbio, como os dribles, arrancadas, corridas de alta velocidade durante as transições ofensivas e defensivas, cobranças de faltas, lançamentos e cruzamentos para a área. Estas ações motoras expõem os jogadores a altos níveis de esforços, caracterizando assim o esporte como intermitente de alta intensidade [1-3]. Atletas de futebol executam ações intermitentes de curta duração e alta intensidade que podem se repetir de 150 a 250 vezes por partida, apontando uma contribuição valiosa dos sistemas de fornecimento de energia creatina fosfato (CP) e glicólise anaeróbia para a ressíntese de ATP [1-4].

A contribuição do sistema anaeróbio, durante o jogo, também é demonstrada pelas concentrações de lactato (La⁻) sanguíneo [5]. Segundo alguns estudos, essas concentrações podem variar em média de cinco a sete milimolares (mM) por litro [6,7]. Esse La⁻ formado tem como importante finalidade ser transportado via corrente sanguínea para o fígado, a fim de ser utilizado como fonte de energia [8]. Logo, a concentração de La⁻ sanguíneo pode ser utilizada como uma medida indireta de demanda metabólica e um marcador de intensidade [9]. Outra importante função do lactato é manter a alcalinidade do meio intramuscular, já que um dos fatores limitantes da via glicolítica de fornecimento de energia é a acidose muscular [10].

O fenômeno de acidose muscular é proveniente da liberação de íons hidrogênio (H⁺) no meio intramuscular e para que haja a manutenção do fornecimento de energia pela via glicolítica existem dois mecanismos conhecidos. As reações reduzidas de nicotinamida adenina dinucleotídeo (NAD⁺) e flavina adenina dinucleotídeo (FAD), os quais recebem um H⁺ e tornam-se NADH e FADH, removendo os H⁺ do meio intramuscular. Outro mecanismo é o La⁻ receber de volta um H⁺, formando novamente uma molécula de ácido láctico. Esse mecanismo age como um sistema de tamponamento [10,11] e responde pela manutenção do sistema glicolítico em fornecer energia por vias anaeróbias. Por essa razão, é entendido como um recurso alcalinizante do meio intramuscular e um recurso ergogênico endógeno para manutenção da atividade metabólica em demandas de alta intensidade [9,10].

Demandas e respostas metabólicas da via glicolítica estão ligadas à produção de energia em programas de treinamento de força (TF) tradicional de alta intensidade ($\geq 70\%$ 1RM) [11]. Contudo, TF, mesmo que de baixa intensidade, quando associado à restrição de fluxo sanguíneo (TFRFS) tem resposta metabólica semelhante, ao menos quanto à produção de La⁻ [12]. Castro *et al.* [12] apontam que o TFRFS gera um aumento de produção de energia via sistemas anaeróbios, em decorrência da hipóxia promovida pela isquemia. Logo, a redução de aporte de oxigênio induz a produção de energia por vias anaeróbias, caracterizando maior demanda metabólica anaeróbia.

Apesar do futebol apresentar predominância de sistema energético aeróbio, as ações decisivas têm suporte do metabolismo anaeróbio, como os dribles, arrancadas, corridas de velocidade, aceleração e desaceleração. Estas ações motoras provocam um alto desgaste psicofisiológico ao jogador, caracterizando assim as demandas do atleta de futebol como intermitente de alta intensidade [1,13,14]. As demandas metabólicas do atleta devem ser avaliadas e interpretadas de forma a propiciar informações reais sobre condições dos jogadores e possíveis elaborações de estratégias de treino, bem como de aprimoramento de capacidades físicas que poderão determinar o desempenho do jogador [15].

Dessa forma, todas as informações biológicas inerentes aos jogadores são importantes, pois quando os agentes estressores das cargas (internas ou externas) de treinamento aplicadas após os jogos forem excessivos e/ou a recuperação insuficiente, efeitos indesejados podem surgir, elevando os danos musculares [16]. Com isso a medida de La⁻ em jogadores de futebol é uma ferramenta útil para detectar alterações na aptidão física, podendo ser usada como um indicador de mudança de nível de desempenho do atleta [17]. Teoricamente, maior limiar de La⁻ significa que um jogador poderia manter uma intensidade média maior durante uma partida de futebol sem excesso de acúmulo do mesmo [18,19].

Alterações do limiar e concentração de La⁻ parecem mudar em conjunto com melhora no desempenho para jogadores de futebol, podendo ser alterada também por intervenções de TF

[17]. O estresse metabólico também medido pelo acúmulo de La- tem sido sugerido como sendo um estimulador-chave para adaptações fisiológicas [20]. Estudos reportam que o ambiente isquêmico e hipoxêmico intramuscular associado a protocolos de RFS induz uma maior resposta do lactato [21-23].

Nesse sentido, hipotetizamos que respostas de La- aumentadas podem gerar maior adaptação a esportes que tenham grande dependência do sistema glicolítico de fornecimento de energia, sendo um caminho para maior eficiência do atleta em produzir energia. Logo, estratégias de TF para jovens jogadores de futebol devem ter resposta de La- similar as repostas do jogo, a fim de tornar o TF mais específico possível para essa modalidade e categoria. Apesar de ser clara a relação direta entre a magnitude da carga externa e a resposta obtida (carga interna), resta ainda estabelecer se um TFRFS de baixa intensidade pode produzir respostas metabólicas similares àquelas decorrentes de TF tradicional de alta intensidade em atletas de futebol.

Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi investigar e identificar a resposta de intensidade metabólica via análise de níveis de La-, em uma sessão de treino de força de dois diferentes protocolos de treinamento aplicado a jovens futebolistas.

Material e métodos

Abordagem experimental do problema

Este foi um estudo transversal controlado e randomizado, desenhado para verificar os efeitos de uma sessão de dois distintos modelos de TF sobre as concentrações de La- em jogadores de futebol sub-20. Os atletas foram divididos em dois grupos, grupo treinamento de força tradicional (GTT) e grupo treinamento de força com restrição de fluxo sanguíneo (GRF). A sessão de treino foi composta de TF tradicional (6 séries de 10 repetições a 80% de 1RM) para o grupo e sessão de TFRFS (4 séries de 15 repetições a 30% de 1RM e 80% de oclusão de fluxo sanguíneo). Cada grupo submeteu-se a um protocolo de treinamento. Para determinar os níveis de força inicial foi usado o teste de repetição máxima (1RM), para randomizar os grupos de forma balanceada foi utilizado o teste *Countermovement Jump* (CMJ), para determinar a restrição de fluxo sanguíneo foi usado os procedimentos descritos por Laurentino *et al.* [26] e para determinar os níveis de concentração de La- foi usada amostra de coleta sanguínea nos momentos pré e pós-sessão de treino. Os indivíduos participantes do experimento assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido. O projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de Sergipe, parecer nº 3.493.367.

Amostra

O tamanho da amostra foi estimado usando G*Power (versão 3.0.10; Universitat Kiel, Alemanha). O cálculo foi baseado em um tamanho de efeito 1,3, um nível de significância de 0,05 e um poder de 0,80. A estimativa do tamanho da amostra indicou que seria necessário incluir pelo menos 18 voluntários. Fizeram parte da amostra 18 atletas de futebol da categoria sub 20 ($18,1 \pm 1,3$ anos, IMC $21,9 \pm 1,4$ kg.m⁻²). A amostra foi alocada randomicamente em dois grupos, denominados GTT e GRF. Inicialmente, eles foram estratificados em quartis de acordo com a altura máxima obtida no salto contra movimento (CMJ) e, posteriormente, os indivíduos de cada quartil foram aleatoriamente distribuídos de forma equilibrada em um dos dois grupos (n = nove em cada grupo). Optou-se usar a altura do salto vertical para classificar os grupos experimentais por conta da familiarização dos atletas com este gesto motor, que fornece uma avaliação consistente e válida de sua capacidade de potência muscular.

Critérios de seleção da amostra

Foram convidados a participar do estudo atletas de futebol jovens com idade máxima de 20 anos, vinculados a uma equipe registrada na Federação de Futebol Estadual local, mas que não tivessem participado de programa de treinamento de força nos seis meses anteriores à coleta. Seriam excluídos da amostra atletas que apresentassem fatores de risco cardiovascular ou lesões musculoesqueléticas que pudessem impedir ou limitar a realização dos procedimentos (nenhuma ocorrência).

Procedimentos de coleta de dados

Teste de 1RM

O teste de 1RM foi desempenhado conforme descrito pelo *National Strength and Conditioning Association* [24], inclusive reproduzindo as estratégias sugeridas para minimizar margem de erro na execução. Desta forma, as instruções devem ser transmitidas a todos os atletas de forma padronizada, indicando cuidadosamente a técnica do movimento. Os pesos utilizados no estudo devem ser previamente aferidos em balança de precisão. Ao longo do teste, o avaliador deve permanecer atento durante toda a execução do movimento para evitar interpretações errôneas dos escores obtidos, e manter encorajamento verbal para que os participantes possam obter seu melhor desempenho.

No presente estudo, o exercício agachamento foi utilizado para a determinação da carga máxima (1RM). A reprodutibilidade dessa técnica tem demonstrado valores de correlação testes superiores a 0,9 [25].

Determinação de restrição de fluxo sanguíneo

Para determinar as medidas de RFS (mmHg) foi feita com a utilização de um esfigmomanômetro de pressão sanguínea e um aparelho doppler vascular (DV-600, Marted, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil). Os atletas permaneceram deitados em decúbito dorsal e o esfigmomanômetro (18 cm de largura por 80 cm de comprimento, Premium, lote nº 0718014890529, aferido pelo Inmetro) foi colocado na região inguinal da coxa e inflado até o ponto em que o pulso auscultatório da artéria tibial fosse interrompido [26]. Em seguida, foi adotada uma pressão de restrição de fluxo para os treinos equivalente a 80% da pressão de restrição total.

Análises de lactato

Foi coletada amostra de sangue venoso, feita por meio de um sistema de coleta a vácuo, utilizando adaptadores, agulhas 25x8 descartáveis e tubos com vácuo sem aditivos, além de seringas e escalpes, quando necessário. A coleta de sangue foi realizada por uma enfermeira habilitada. A coleta de sangue ocorreu em dois momentos, sendo um imediatamente antes da sessão de treino, e o outro, cinco minutos após o fim da sessão de treino. Em cada momento foram coletados 4 mL de sangue em tubos com EDTA. O plasma sanguíneo foi obtido por meio da centrifugação a 3000 rpm a 4°C por 15 minutos (Centrífuga clínica Daiki modelo 80-2B) realizada imediatamente após a última coleta. Após ser separado em alíquotas de 1ml, o plasma sanguíneo obtido foi armazenado em temperatura de -80° para posterior análise das concentrações de lactato. Todo procedimento de análise desse metabólito foi realizado por meio do analisador bioquímico Bioplus 2000 (Bioplus Produtos para Laboratórios Ltda, Barueri/SP). A determinação da concentração de La- sanguíneo foi realizada em uniplicata. Todos os procedimentos de preparação da amostra foram feitos seguindo as instruções do fabricante (Kit comercial Labtest).

Countermovement Jump (CMJ)

O teste de impulsão vertical é comumente utilizado no futebol para avaliação da potência de membros inferiores, tendo em vista sua facilidade de aplicação e por apresentar correlação com força explosiva em jogadores de futebol [27]. A avaliação da impulsão vertical foi realizada por meio de salto com contra movimento (Countermovement jump – CMJ) proposto por Bosco *et al.* [28]. O CMJ consiste em um teste no qual os sujeitos da amostra realizaram saltos verticais e pousam em uma plataforma de contato (Probiotics Inc., 8502 Esslinger, CT, Huntsville) conectado ao software Chronojump da Boscosystem® através de um transmissor, cujos dados foram transmitidos a um computador. O indivíduo foi orientado a realizar o salto utilizando o contra movimento (breve agachamento) antes da impulsão vertical, anulando o movimento dos braços, que foram posicionados na crista ilíaca durante todo movimento. O teste foi monitorado para garantir que haja flexão de quadril, joelhos e tornozelos no pouso para favorecer o amortecimento.

Protocolo de sessão

O protocolo experimental foi executado após um programa de quatro semanas de treino. Os grupos realizaram sua sessão de treino descritos a seguir. O grupo GTT realizou o exercício agachamento na barra guiada em seis séries de 10 repetições a 80% de 1RM, ao passo em que o grupo GRF realizou quatro séries de 15 repetições a 30% de 1RM e pressão do manguito a 80% da restrição de fluxo sanguíneo total. Ambos os grupos respeitaram um intervalo de recuperação entre séries de um minuto, o que se mostrou suficiente para que pudesse ser executado o número de repetições pré-estabelecido em cada série. Importante frisar que os manguitos permaneceram inflados ao longo de toda a sessão de treino, mesmo durante os intervalos de recuperação, no grupo GRF. Os volumes totais de treino (séries e repetições) de todos os grupos estiveram equalizados durante todo o experimento.

Análise estatística

Para análise estatística dos dados, foi adotada a estatística descritiva, com as médias e desvio padrão nos momentos pré e pós-intervenção. Para verificarmos a normalidade da distribuição foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk. O valor $p \leq 0,05$ foi adotado para estabelecer a significância estatística para todas as comparações. Foi utilizado um teste não paramétrico de Friedman para analisar o comportamento da variável, nos momentos pré e pós-sessão, como também, para realizar a comparação entre os dois grupos estudados. Adicionalmente, foi efetuada a análise de inferência baseada na magnitude das diferenças, segundo o método proposto por Batterham e Hopkins [29], e através de planilha disponibilizada por Hopkins [30]. Todos os cálculos estatísticos foram realizados utilizando o software SPSS 22.0 (IBM, Inc).

Resultados

Os dados descritivos contendo o perfil antropométrico e capacidade de salto estão apresentados na tabela I.

Tabela I - Dados descritivos dos sujeitos expressos em média \pm DP ($n = 18$)

Variáveis	$x \pm DP$
Peso (kg)	66,6 \pm 5,4
Estatura (cm)	174,1 \pm 5,9
CMJ (cm)	40,3 \pm 3,0

Houve um aumento significativo das concentrações de La- na sessão de treinamento em ambos os grupos do momento pré para o momento pós-sessão ($p \leq 0,05$). Apesar de não ter sido identificada diferença entre os grupos ($p > 0,05$), a inferência estatística sugere que as respostas do GRF foram mais expressivas que as do GTT (tabela II).

Tabela II - Análise da inferência baseada na magnitude das diferenças das respostas do lactato sanguíneo ao treino de força com restrição de fluxo sanguíneo e treino de força tradicional em jogadores jovens de futebol

	PRÉ	PÓS	Δ	Inferência
GRF (mM/dL)	1,84 \pm 0,39	9,78 \pm 1,65	5,81	Muito provavelmente favorável
GTT (mM/dL)	1,83 \pm 0,46	9,61 \pm 1,12	7,77	Provavelmente favorável

GRF = Grupo Treinamento de Força com Restrição de Fluxo Sanguíneo; GTT = Grupo Treinamento de Força Tradicional. Δ = Diferença absoluta

Discussão

A proposta do presente estudo foi investigar e identificar a resposta de intensidade metabólica via análise de níveis de La-, em uma sessão de dois diferentes tipos de TF aplicados a jovens jogadores de futebol. Ambos os protocolos de treinamento (tradicional vs. com restrição de fluxo sanguíneo) se mostraram eficazes para aumentar as concentrações de La- em atletas de futebol sub-20 de maneira significativa.

Contudo, os resultados da inferência baseada na magnitude, análise mais sensível que os modelos estatísticos matemáticos convencionais, e capaz de aplicar maior efeito prático/clínico [31,32] apontam que há muito provavelmente maior eficácia no GRF. Esses resultados corroboram outros estudos, que compararam magnitude de demanda fisiológica a partir das concentrações de La- em exercícios com e sem restrição de fluxo sanguíneo [33,34]. Achados estes que vão de encontro aos de Yasuda *et al.* [35], que observaram vantagem para treinamento de alta intensidade para obter maior demanda metabólica. Os nossos achados apontam demanda metabólica de magnitude comparável entre baixa e alta intensidades, com a vantagem de exigir menor carga externa de trabalho para gerar respostas anaeróbias comparáveis, a partir das concentrações de La-.

Em esportes intermitentes como futebol, a queda no desempenho anaeróbio pode estar relacionada com diversos fatores [36], dentre eles o acúmulo de íons H⁺, favorecendo, portanto, a queda do pH e consequentemente a acidificação do meio intramuscular [37]. Krustrup *et al.* [6] não observaram correlação entre concentrações de La-, alteração de pH e diminuição nos estoques de glicogênio muscular. Contudo, estratégias de intervenção que visem preservar ou acelerar a ressíntese de estoques de glicogênio durante a realização do exercício e entre intervalos de recuperação são importantes para desempenho esportivo em modalidades de caráter intermitente. Inclusive, apontando superioridade em intervenções que utilizam intervalos de recuperação passiva em relação a intervalos ativos após exercícios de alta intensidade [6,38].

Em nosso estudo, testamos dois modelos de treino, equalizados pelo volume (séries e repetições), porém distintos quanto às cargas aplicadas (baixa versus alta intensidade), tendo em vista a inclusão da restrição de fluxo sanguíneo. Esse recurso demanda que os exercícios sejam realizados com carga mais leves e, mesmo assim, os resultados mostram-se semelhantes [39,40]. Outro ponto de convergência entre os dois métodos de treino foi a recuperação passiva, sinalizando o TFRFS como uma alternativa de treinamento para possíveis adaptações nas respostas do La- em jogadores de futebol, sem a necessidade de aplicar exercícios de alta intensidade para essa adaptação metabólica quanto ao La- e fornecimento de energia via sistema anaeróbio.

Logo, esportes intermitentes de alta intensidade, como é o caso do futebol, podem se beneficiar de treinos que otimizem o fornecimento de energia, haja vista que os sistemas anaeróbios de ressíntese de ATP são essenciais nos momentos decisivos da partida [1,3]. Em face disso, a intervenção com TFRFS torna-se ainda mais promissora como alternativa a treinos que gerem adaptação fisiológica positiva em relação a melhora no sistema glicolítico de fornecimento de energia ao jogador de futebol. Isso se dá não só por conta das magnitudes comparáveis ao TF tradicional quanto à cinética do La-, como também para recrutamento de fibras de contração rápida [12,41].

Os atletas de futebol necessitam de capacidades físicas como força e potência, para as quais, o recrutamento de fibras rápidas (tipo II) é mais solicitado. Enquanto as fibras musculares de contração lenta priorizam a oxidação do lactato, as fibras glicolíticas primariamente convertem lactato para glicogênio [42]. O aumento das concentrações de La- ocorre devido à glicólise rápida, e o acúmulo e utilização, juntamente com outros metabolitos, sugere a hipótese de desempenhar um papel importante no músculo esquelético para adaptações através do aumento do recrutamento de fibras musculares [43,44].

Além disso, fibras do tipo II se destacam por suas características anaeróbias, cujo recrutamento é favorecido pelo meio hipóxico. Baixos níveis de hipóxia promovem um aumento da atividade enzimática metabólica em direção ao equilíbrio aeróbio, enquanto a hipóxia grave altera o metabolismo para maior potencial anaeróbio [45]. A hipóxia proveniente do TFRFS gera um ambiente anaeróbio e favorece respostas fisiológicas e adaptações a partir do treinamento associado à restrição de fluxo sanguíneo, solicitando maior recrutamento de fibras do tipo II [12]. Em adendo, essas fibras musculares têm maior potencial de desenvolvimento de hipertrofia e força, capacidades essenciais em atletas de futebol [9].

Na revisão de Lindholm e Rundqvist [46], as autoras reportam benefícios induzidos pela hipóxia no exercício, fato que suporta a premissa de que o TFRFS tem potencial para promover essas adaptações fisiológicas aos atletas. Segundo as autoras, a resposta celular à hipóxia é conferida em grande parte por ativação do fator de transcrição sensível a fatores induzidos pela hipóxia 1 (HIF-1). Os genes-alvo do HIF-1 aumentam o transporte de oxigênio através de mecanismos como a mediação da eritropoietina, eritropoiese e angiogênese induzidas pelo fator de crescimento endotelial vascular. Com base nisso, é capaz de melhorar a função do tecido durante a baixa disponibilidade de oxigênio através do aumento da expressão de transportadores de glicose e enzimas glicolíticas.

Baseado nos mecanismos descritos, sugere-se que os nossos resultados que comparam a magnitude do TFRFS aos resultados de TF tradicional, no que diz respeito à resposta fisiológica do La-, possivelmente podem gerar benefícios extras em adaptação ao sistema glicolítico, via indução de hipóxia. Contudo, cabe destacar que o presente estudo se limitou a testar o efeito agudo do TFRFS. Portanto, essa hipótese ainda precisa ser testada em investigações futuras.

A distribuição dos dados não foi normal, o que limitou, em parte, as análises. Ainda assim, vale destacar que o tamanho da amostra respeitou as determinações dos procedimentos de cálculo amostral. Além disso, em face de restrições operacionais, não foi possível monitorar outros indicadores metabólicos associados a este tipo de treino, a exemplo das respostas de creatina quinase e mioglobina nos dias seguintes à sessão de treino. A inclusão destes marcadores em estudos futuros pode ampliar o conhecimento acerca deste protocolo de treino.

Conclusão

Podemos concluir que tanto o TF de força tradicional como o TFRFS são similarmente eficazes para produzir repostas fisiológicas quanto ao aumento das concentrações de La- em atletas de futebol da categoria sub-20. Em adendo, treinadores, preparadores físicos e fisiologistas do esporte podem se favorecer destes achados a partir da alternativa ao TF aplicadas em jovens jogadores de futebol, não somente com olhar de adaptações mecânicas e de capacidades físicas, como também adaptações fisiológicas.

O TFRFS aponta uma vantagem em relação à utilização de cargas externas menores para respostas similares a treinos com altas cargas externas, diminuindo assim a sobrecarga mecânica de trabalho e gerando resposta fisiológica necessária aos atletas, especialmente na fase pré-competitiva, em que se encontrava a amostra do presente estudo.

Referências

1. Stolen T, Chamari K, Castagna C, Wisloff U. Physiology of soccer: an update. *Sports Med* 2005;35(6):501-36. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535060-00004>
2. Sporis G, Jukic I, Ostojic SM, Milanovic D. Fitness profiling in soccer: physical and physiologic characteristics of elite players. *J Strength Cond Res* 2009;23(7):1947-53. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b3e141>
3. Varley M, Aughey R. Acceleration profiles in elite Australian soccer. *Int J Sports Med* 2013;34(1):282-7. <https://doi.org/10.1055/s-0032-1331776>
4. Bangsbo J, Krstrup P, Gonzalez-Alonso J, Saltin B. ATP production and efficiency of human skeletal muscle during intense exercise: effect of previous exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2001;280(6):956-64. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.2001.280.6.E956>
5. Ferrari HG, Oliveira R, Strapasson MV, Santa Cruz RAR, Libardi CA, Cavaglieri CR. Efeito de diferentes métodos de recuperação sobre a remoção de lactato e desempenho anaeróbio de futebolistas. *Rev Bras Med Esporte* 2013;19(6):423-6.
6. Krstrup P, Mohr M, Steensberg A, Bencke J, Kjaer M, Bangsbo J. Muscle and blood metabolites during a soccer game: implications for sprint performance. *Med Sci Sports Exerc* 2006;38(6):1165-74. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000222845.89262.cd>
7. Krstrup P, Zebis M, Jensen JM, Mohr M. Game-induced fatigue patterns in elite female soccer. *J Strength Cond Res* 2010;24(2):437-41. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181c09b79>
8. Maughan R, Gleeson M, Greenhaff PL. *Bioquímica do exercício e do treinamento*. Barueri: Manole; 2000.
9. Pope ZK, Willardson JM, Schoenfeld BJ. Exercise and blood flow restriction. *J Strength Cond Res* 2013;27(10): 2914-26. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182874721>
10. Santos GB. Lactate: From villain to hero. *Rev Bras Nutr Func* 2019;42(77):23-30.
11. Powers SK, Howley ET. *Fisiologia do Exercício: teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho*. 8 ed. Barueri: Manole; 2014.
12. Castro FMP, Aquino R, Berti Junior JA, Gonçalves LGC, Puggina EF. Strength training with vascular occlusion: a review of possible adaptive mechanisms. *Human Movement* 2017;18(2):3-14.
13. Mohr M, Krstrup P, Bangsbo J. Match Performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *J Sports Sci* 2003;21(7):519-28. <https://doi.org/10.1080/0264041031000071182>

14. Mohr M, Draganidis D, Chatzinikolaou A, Barbero-Álvarez JC, Castagna C, Douroudos I et al. Muscle damage, inflammatory, immune and performance responses to three soccer games in 1 week in competitive male players. *Eur J Appl Physiol* 2016;116(1):179-93. <https://doi.org/10.1007/s00421-015-3245-2>
15. Bezerra JA, Farias NO, Melo SVA, Silva RPM, Castro ACM, Martins FSB et al. Respostas de indicadores fisiológicos a um jogo de futebol. *Rev Bras Med Esporte* 2016;22(3):200-6. <https://doi.org/10.1590/1517-869220162203137068>
16. Angelini C. Limb-girdle muscular dystrophies: heterogeneity of clinical phenotypes and pathogenetic mechanisms. *Acta Myol* 2004;23(3):130-6.
17. McMillan K, Helgerud J, Grant S J, Newell J, Wilson J, MacDonald R et al. Lactate threshold responses to a season of professional British youth soccer. *Br J Sports Med* 2005;39(7):432-6. <https://doi.org/10.1136/bjism.2004.012260>
18. Ramsbottom R, Williams C, Fleming N, Nute ML. Training induced physiological and metabolic changes associated with improvements in running performance. *Br J Sports Med* 1989;23:171-6. <https://doi.org/10.1136/bjism.23.3.171>
19. Helgerud J. Maximal oxygen uptake, anaerobic threshold and running economy in women and men with similar performances level in marathons. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1994;68(2):155-61. <https://doi.org/10.1007/bf00244029>
20. Goto K, Kizuka T, Takamatsu K. The impact of metabolic stress on hormonal responses and muscular adaptations. *Med Sci Sports Exerc* 2005;37(6):955-63.
21. Reeves G, Kraemer R, Hollander D, Clavier J, Thomas C, Francois M et al. Comparison of hormone responses following light resistance exercise with partial vascular occlusion and moderately difficult resistance exercise without occlusion. *J Appl Physiol* 2006;101(6):1616-22. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00440.2006>
22. Pierce J, Clark B, Ploutz-Snyder L, Kanaley J. Growth hormone and muscle function response to skeletal muscle ischemia. *J Appl Physiol* 2006;101(6):1588-95. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00585.2006>
23. Fujita S, Abe T, Drummond M, Cadenas J, Dreyer H, Sato Y et al. Blood flow restriction during lowintensity resistance exercise increases S6K1 phosphorylation and muscle protein synthesis. *J Appl Physiol*. 2007;103(3):903-10. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00195.2007>
24. Baechle TR, Earle RW. *Essentials of strength training and conditioning*, Champaign: Human Kinetics; 2000.
25. Ritti-Dias RM, Avelar A, Meneses AL, Salvador EP, Pereira DA Silva DR et al. Segurança, reprodutibilidade, fatores intervenientes e aplicabilidade de testes de 1-RM. *Motriz* 2013;19(1):231-42.
26. Laurentino G, Ugrinowitsch C, Aihara AY, Fernandes AR, Parcell AC, Ricard M et al. Effects of strength training and vascular occlusion. *Int J Sport Med* 2008;29(8):664-7. <https://doi.org/10.1055/s-2007-989405>
27. Rodríguez-Rosell D, Mora-Custodio R Franco-Márquez F, Yáñez-García JM González-Badillo JJ. Traditional vs. sport specific vertical jump tests: reliability, validity, and relationship with the legs strength and sprint performance in adult and teen soccer and basketball players. *J Strength Cond Res* 2017;31(1):196-206. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001476>
28. Bosco C, Belli A, Astrua M, Tihanyi J, Pozzo R, Kellis S et al. A dynamometer for evaluation of dynamic muscle work. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1995;70(5):379-86. <https://doi.org/10.1007/bf00618487>
29. Batterham AM, Hopkins WG. Making meaningful inferences about magnitudes. *Sportscience* 2005;9:6-13. Disponível em: <http://sportsci.org/jour/05/ambwgh.htm>. PMID: 19114737
30. Hopkins WG. A spreadsheet for analysis of straightforward controlled trials. *Sportscience* 2003. [citado 2019 Ago 10]. Disponível em: <http://sportsci.org/resource/stats/generalize.html#calculate>
31. Hopkins W, Marshall S, Batterham A, Hanin J. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Med Sci Sports Exerc* 2009;41(1):3-13. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818cb278>
32. Marcelino R, Pasquarelli BN, Sampaio J. Inferência baseada em magnitudes na investigação em ciências do esporte. A necessidade de romper com os testes de hipótese nula e os valores de p. *Rev Bras Educ Fís Esporte* 2017. Disponível em: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1802/1802.02972.pdf>

33. Yasuda T, Fukumura K, Iida H, Nakajima T. Effect of low-load resistance exercise with and without blood flow restriction to volitional fatigue on muscle swelling. *Eur J Appl Physiol* 2015;115(5):919-26. <https://doi.org/10.1007/s00421-014-3073-9>
34. Khajehlandi M, Janbozorgi M. Effect of one session of resistance training with and without blood flow restriction on serum levels of creatine kinase and lactate dehydrogenase in female athletes. *J Clin Basic Res* 2018;2(2):5-10. <https://doi.org/10.29252/jcbr.2.2.5>
35. Yasuda T, Abe T, Brechue WF, Iida H, Takano H, Meguro K et al. Venous blood gas and metabolite response to low intensity muscle contractions with external limb compression. *Metabolism* 2010;59(10):1510-9. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2010.01.016>
36. Clarkson PM, Hubal MJ. Exercise-induced muscle damage in humans. *Am J Phys Med Rehabil* 2002;81(Suppl 11):S52-69. <https://doi.org/10.1097/00002060-200211001-00007>
37. Lamb GD, Stephenson DG. Point: Counterpoint. Lactic acid accumulation is an advantage/disadvantage during muscle activity. *J Appl Physiol* 2006;100(4):1410-4. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00023.2006>
38. Eston R, Peters D. Effects of cold water immersion on the symptoms of exercise-induced muscle damage. *J Sports Sci* 1999;17(3):231-8. <https://doi.org/10.1080/026404199366136>
39. Karabulut M, Bemben DA, Sherk VD, Anderson MA, Abe T, Bemben MG. Effects of high-intensity resistance training and low-intensity resistance training with vascular restriction on bone markers in older men. *Eur J Appl Physiol* 2011;111(8):1659-67. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1796-9>
40. Yasuda T, Ogasawara R, Sakamaki M, Bemben MG, Abe T. Relationship between limb and trunk muscle hypertrophy following high-intensity resistance training and blood flow restricted low-intensity resistance training. *Clin Physiol Funct Imaging* 2011;31(5):347-51. <https://doi.org/10.1111/j.1475-097X.2011.01022.x>
41. Moritani T, Sherman WM, Shibata M, Matsumoto T, Shinohara M. Oxygen availability and motor unit activity in humans. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1992;64(6):552-6. <https://doi.org/10.1007/BF00843767>
42. Halestrap AP, Meredith D. The SLC16 gene family - from monocarboxylate transporters (MCTs) to aromatic amino acid transporters and beyond. *Pflugers Arch* 2004;447(5):619-28. <https://doi.org/10.1007/s00424-003-1067-2>
43. Loenneke JP, Kim D, Fahs CA, Thiebaud RS, Abe T, Larson RD et al. The influence of exercise load with and without different levels of blood flow restriction on acute changes in muscle thickness and lactate. *Clin Physiol Funct Imaging* 2017;37(6):734-40. <https://doi.org/10.1111/cpf.12367>
44. Ozaki H, Loenneke JP, Buckner SL, Abe T. Muscle growth across a variety of exercise modalities and intensities: contributions of mechanical and metabolic stimuli. *Med Hypotheses* 2016;88:22-6. <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2015.12.026>
45. Clanton TL, Klawitter PF. Invited review: adaptive responses of skeletal muscle to intermittent hypoxia: the known and the unknown. *J Appl Physiol* 2001;90(6):2476-87. <https://doi.org/10.1152/jappl.2001.90.6.2476>
46. Lindholm M, Rundqvist H. Skeletal muscle hypoxia-inducible factor-1 and exercise. *Exp Physiol* 2016;101(1):28-32. <https://doi.org/10.1113/EP085318>