

## Metabolismo no Futebol x Treino Intervalado

### *Metabolism in Soccer X Interval Training*

Moreira, PVS<sup>1,2,3,4</sup>; Teodoro, BG<sup>2,3,5,6</sup>; Resende, NM<sup>7</sup>; Magalhães Neto, AM<sup>7</sup>

1 – Mestre em Treino de Alto Rendimento - Faculdade de Motricidade Humana (Universidade Técnica de Lisboa), Lisboa/Portugal

2 – Especialista em Fisiologia do Exercício - Universidade de Volta Redonda (UNIFOA), Uberlândia-MG

3 – Graduado em Educação Física - Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia-MG

4 – Professor da Escola Básica de Aplicação da Universidade Federal de Uberlândia, ESEBA-UFU/Uberlândia-MG

5 – Mestre em Educação Física – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG

6 – Professor do Instituto Federal de São Paulo – IFSP – Sertãozinho/SP

7 – Mestre em Genética e Bioquímica Universidade Federal de Uberlândia MG.

### Resumo

O futebol é uma modalidade com altas exigências metabólicas que possui grande especificidade com o treino intervalado. Porém, há uma carência de estudos de revisão que conjuguem os principais achados sobre esta temática com os resultados bioquímicos adquiridos com o treino intervalado. Assim, o objetivo do presente estudo foi analisar através de uma revisão de literatura nas bases de dados PUBMED, SCIELO, quais as especificidades metabólicas do futebol e quais as aclimações bioquímicas adquiridas pelo treino intervalado por diversos protocolos que possam estar associadas ao desempenho desta modalidade. Pôde-se verificar que o futebol é uma atividade intermitente cujas diferenças de desempenho competitivo dos jogadores são dadas pela realização de atividades em altas intensidades durante uma partida e que a realização destas jogadas em alta intensidade e o ranking competitivo são influenciados pelo condicionamento aeróbico. A análise de pesquisas sobre treino intervalado permitiu concluir que tanto aclimações aeróbicas como as de desempenho anaeróbico podem ser obtidas com este tipo de treinamento.

**Palavras Chave:** Atividade Intermitente, Condicionamento, Desempenho, Bioquímica do Futebol, Atividade Enzimática

---

### Correspondência:

Pedro Vieira Sarmet Moreira  
Rua São Francisco de Assis, nº 1300, Ap.: 441,  
Bairro: Saraiva  
Uberlândia-MG  
CEP: 3408-432  
E-mail: sarmet\_treinamento@hotmail.com

## Abstract

Soccer is a modality with high metabolic demands that has high specificity with the interval training. However, there is a lack of review studies that conjugate the main finding about this thematic with the interval training biochemical results. Therefore, the purpose of the present study was to analyze, through a literature review in the PUBMED and SCIELO data base, what are the metabolic specificities of the soccer and the biochemical acclimations acquiring by the interval training through diverse protocols that be associated with this modality. It was observed that soccer is an intermittent activity whose the differences in the players competitive performance are given by the realization of high intensity activities during a match and that this playing realization in high intensity and the competitive ranking are influenced by the aerobic conditioning. The analyze of interval training researches allow to conclude that both, the aerobic and anaerobic acclimations may be acquiring with this type of training.

**Keywords:** Intermittent Activities, Conditioning, Performance, Biochemical of Soccer, Enzymatic Activities.

## Introdução

O futebol é classificado como uma atividade intermitente<sup>1</sup>. As atividades intermitentes têm como característica a constante mudança de intensidade. O nível de esforço físico varia de situação para situação, de um estímulo máximo de velocidade a um leve trote, de uma situação estática para movimento balístico de alta potência<sup>2-4</sup>.

Existem poucos estudos na literatura que sintetizam todos os achados acerca dos aspectos metabólicos do futebol, assim, o objetivo deste estudo foi analisar quais as especificidades metabólicas do futebol e quais as aclimações bioquímicas adquiridas pelo treino intervalado por diversos protocolos que possam estar associadas ao desempenho desta modalidade.

Para isso realizou-se um levantamento bibliográfico, através das bases de dados Scielo e PubMed, de artigos publicados nos últimos dez anos, utilizando como palavras-chaves os termos “futebol” e “metabolismo” bem como seus correspondentes em inglês. Além disso, referências consideradas clássicas foram também incluídas.

## Caracterização da modalidade

A distância média percorrida por profissionais em uma partida de futebol é de aproximadamente 10 km e varia de acordo com o nível e a posição do jogador, pois atletas de alto nível percorrem tipicamente de 10 a 13 Km por partida, com os jogadores de meio de campo a realizar maior deslocamento que as demais posições<sup>5</sup>. No estudo de Mohr et al.<sup>6</sup>, atletas top percorreram  $10.86 \pm 0.18$  Km, que foi 5% maior ( $p < 0.05$ ) que os  $10.33 \pm 0.26$  Km percorridos por jogadores profissionais de nível médio. Apesar dos jogadores realizarem atividades de baixa-intensidade por mais que 70% do jogo, ficou claro que o que separa os jogadores de padrão superior dos demais é a quantidade de exercícios realizados em alta intensidade<sup>5</sup>. Em um estudo, a análise de movimento computadorizada mostrou que jogadores de nível internacional percorrem 28% mais ( $p < 0.05$ ) corrida de alta intensidade (2.43 vs 1.90 Km) e 58% mais ( $p < 0.05$ ) sprints (560 vs 410 m) que jogadores profissionais de nível mais baixo<sup>6</sup>.

Aproximadamente 10% da distância total coberta durante uma partida de futebol, ou seja, cerca de 1000 m são percorridos em velocidades máximas.

Esta distância é dividida em vários sprints (70 a 100) de 10 a 15m com duração média de 2-3 segundos e intensidade de 75 a 100% da velocidade máxima<sup>7</sup>, em harmonia com estes dados, foi verificado que durante uma partida de futebol, jogadores de alto nível realizam em média 100 corridas curtas-rápidas dos quais aproximadamente 65% não excedem 16m<sup>8</sup>. De acordo com Bangsbo et al.<sup>5,9</sup>, estudos têm demonstrado através do monitoramento da frequência cardíaca e da temperatura corporal que a média do consumo de oxigênio durante uma partida de futebol é aproximadamente 70% do consumo máximo de oxigênio (VO<sub>2</sub>max). Além disto, nestas pesquisas, os jogadores de nível superior realizaram de 150 a 250 ações intensas e breves durante uma partida, indicando que as taxas de utilização da creatina fosfato (CP) e de glicólise são frequentemente altas durante um jogo. Além destes sprints, outros movimentos como saltos e chutes são repetidamente realizados pelos jogadores, que por terem alta intensidade e curtíssima duração, também sugerem a importância da contribuição do sistema energético creatina fosfato<sup>5,9,10,11</sup>.

## **Metabolismo no futebol**

A suposição à respeito das taxas de utilização de CP e glicólise serem frequentemente altas durante uma partida, é suportada por achados de redução dos níveis musculares de CP e de aumentos da concentração do lactato muscular e sanguíneo a valores muito superiores aos de repouso. De acordo com estes achados, o pH muscular é diminuído e as concentrações musculares de Inosina Monofostato (IMP) são elevadas durante um jogo<sup>9,12,13</sup>. Estes dados indicam haver a utilização de glicólise anaeróbica e do sistema anaeróbico alático nesta modalidade.

O desencadear da fadiga parece ocorrer temporalmente durante um jogo<sup>9</sup>, e poderia estar relacionada a 2 fatores principais: taxa de

formação/acúmulo de lactato [chegando até a valores superiores a 10mMol/L7 e íons H+; e a disponibilidade de glicogênio e glicose como substratos energéticos<sup>14</sup>; porém, durante a maior parte do jogo, é improvável que a fadiga seja causada pela elevação de lactato muscular, diminuição do pH muscular, ou mudanças no status da energia muscular. Não estão claras as causas da redução transitória da habilidade dos jogadores em realizar ações à máxima intensidade. Porém, a redução do desempenho que ocorre ao final do jogo pode sim estar relacionada à depleção do glicogênio em algumas fibras musculares, pois este substrato é reduzido de 40% a 90% durante uma partida e é provavelmente o substrato mais importante para a produção energética. Os níveis de glicose sanguínea e de catecolaminas são elevados e os de insulina diminuídos durante um jogo. Os níveis de ácidos graxos livres aumentam progressivamente durante uma partida, provavelmente refletindo um acréscimo na oxidação de gorduras, compensando a diminuição do glicogênio muscular<sup>9</sup>.

A evolução do futebol, com relação ao aumento do número de partidas, campeonatos, patrocinadores e espectadores, promovem mudanças quanto aos métodos de treinamento. Isto é visível analisando os aspectos táticos e físicos do futebol entre as décadas de 50 a 70, em que a marcação era feita à distância e os lançamentos longos corriam constantemente. A resistência aeróbia e a coordenação eram as capacidades físicas mais desenvolvidas durante os treinamentos. A partir da Copa do Mundo da Alemanha (1974), a velocidade passou a ocupar local de destaque nos treinamentos e nos anos 80 chegou ao primeiro plano. De 1990 até os dias atuais, a velocidade e a resistência anaeróbia são as capacidades físicas determinantes para o êxito das equipes, seguidas pela força<sup>4,5,15</sup>.

O treinamento de qualquer modalidade esportiva leva à aclimações morfológicas e funcionais, e cada uma com sua especificidade, sendo de grande importância as aclimações a nível de estrutura muscular, sendo assim, estudos realizados através de biópsia muscular revelam que o músculo esquelético de jogadores de futebol apresenta variações entre a distribuição das fibras tipo I ou II. Entretanto, futebolistas parecem não haver predomínio de uma em relação à outra<sup>16</sup>. Quanto à capilarização do músculo, Bangsbo e colaboradores<sup>17</sup> observaram que 16 semanas de treinamento de futebol são suficientes para aumentar em 18% o número de capilares por fibras. Outro estudo, realizado por Bangsbo e Mizuno<sup>18</sup> detectou que a área de ambas as fibras (contração rápida e lenta) e capilarização das mesmas eram maiores em jogadores de elite em comparação a jogadores não profissionais e sedentários.

Apesar de recentemente as características anaeróbicas e de velocidade estarem em primeiro plano no futebol, o condicionamento aeróbico também é importante. Estudos prévios têm demonstrado uma significativa relação entre  $VO_2\max$  e a distância percorrida durante uma partida<sup>7</sup> e uma correlação significativa entre a colocação no ranking da liga dos melhores times da Hungria e os valores do consumo máximo de oxigênio<sup>19</sup>. Estes fundamentos são suportados por Wysloff et al.<sup>20</sup> que demonstrou uma substancial superioridade nesta variável em jogadores da elite da liga Norueguesa. Em 2001, Helgerud e colaboradores<sup>21</sup>, demonstraram que o treinamento intervalado (90-95% da frequência cardíaca máxima-FCmáx) de corrida realizada por quatro períodos de 4 minutos, separados por 3 minutos de recuperação ativa à 70% da FCmáx, duas vezes por semana durante nove semanas – incrementou o máximo consumo de oxigênio em 11%. Isto resultou em um incremento de

20% na distância percorrida durante um jogo, em 23% de acréscimo na posse de bola, e em 100% de incremento no número de sprints, destacando as vantagens de um alto  $VO_2\max$  no futebol.

### Treinamento intervalado

O tipo de treinamento que melhor simula as situações fisiológicas específicas de jogo é o treinamento intervalado<sup>22</sup>, sendo este tipo de treinamento utilizado para resolver problemas ou maximizar características físicas bem definidas. Apesar de que um tipo de treino pode promover aclimações positivas em duas ou mais características fisiológicas e em alguns casos pode ocorrer o contrário, aclimação negativa ou simorfose, onde a especificidade de determinado protocolo de treinamento cause prejuízos em sistemas energéticos poucos trabalhados, como por exemplo, a dessensibilização metabólica<sup>23</sup>.

Em um estudo, seis sujeitos executaram 3 séries de 5 tiros de 50 m, em máxima velocidade, em diferentes regimes de pausa de 30, 60 e 120 segundos respectivamente. Não houve diferença significativa entre as concentrações de lactato nos diferentes regimes de pausa, apesar de ter havido diferenças significativas ( $p < 0,01$ ) entre as repetições, havendo alta concentração (12,1mM) de lactato, mesmo com regime de pausa de 120 segundos e esforços de 7 segundos, sendo que a diminuição do desempenho ocorreu apenas no regime de pausas de 30 segundos. Isto pareceu confirmar as conclusões obtidas por McCartney e colaboradores<sup>24</sup> em estudo com exercício máximo de curta duração, em que alterações ácido básicas parecem exercer pequena influência no desempenho. É possível que a deterioração do desempenho neste estudo tenha sido devido à insuficiente reposição de PCr, que não foi aferida<sup>25</sup>. Outra provável justificativa pode ser que, pelo ao

menos em altas velocidades, e especificamente em velocidade máxima, o rendimento está relacionado com a formação de pontes de actina-miosina, que pode ser alterada pela concentração tanto de ADP quanto de íons hidrogênio<sup>26</sup>.

No estudo de Wooton e Williams<sup>27</sup> com duração semelhante (6s) ao anterior, porém executado em cicloergômetro, com pausa de 30 segundos, obteve-se uma potência média de apenas 79,5% na 5ª repetição, quando comparada à 1ª repetição. No estudo do parágrafo anterior, com pausa de 30 segundos, chegou-se ainda a 91,5% de eficiência na 5ª execução.

Dados importantes relacionados ao treinamento de sprints, são as aclimações relacionadas às atividades enzimáticas, como efeito crônico do treino. O estudo de McDougall et al.<sup>28</sup>, analisou os efeitos do treinamento de repetições máximas de 30 segundos em cicloergômetro intercaladas por 2 a 4 minutos de recuperação. Houve incremento significativo da potência de pico, do VO<sub>2</sub>max e da atividade de enzimas oxidativas (ex.: citrato sintase) e glicolíticas (p.ex. fosfofrutoquinase). Neste outro estudo, com sujeitos ativos, foram realizadas 6 sessões de treinamento intercaladas durante 2 semanas, onde foram realizadas entre 4 a 7 séries do protocolo de Wingate por sessão, intercaladas por 4 minutos entre estas, verificou-se acréscimo da atividade da enzima citrato sintase em 38% ( $p < 0,05$ ), do conteúdo do glicogênio em repouso em 26% ( $p < 0,05$ ), além de um impressionante incremento de 100% ( $p < 0,05$ ) no tempo de exaustão para a atividade à 80% do VO<sub>2</sub>máx no cicloergômetro, sem no entanto haver incremento no VO<sub>2</sub>máx dos voluntários. Demonstrando então que o treinamento intervalado de sprint realizado por aproximadamente 15 minutos por 2 semanas, pode incrementar o potencial oxidativo muscular e dobrar a capacidade de endurance durante intensas atividades cíclicas aeróbicas<sup>29,30</sup>.

Uma pesquisa com a aplicação de 6 semanas de treinamento de sprints, duas vezes por semana, demonstrou uma tendência de mudança de isoforma de fibras musculares rápidas (IIb) para isoformas de fibras intermediárias (IIa), em consequência do treino<sup>31</sup>. A habilidade de repetidamente gerar potência máxima é geralmente acompanhada de ajustes neuromusculares. O estudo de Bilaut and Smith<sup>32</sup> teve como objetivo explorar a ocorrência de desaturação de O<sub>2</sub> arterial durante a capacidade de repetição de sprints prolongados (RSP) e sua relação com a atividade neuromuscular, evidenciada por alterações na integral da eletromiografia de superfície (iEMG). Quinze jogadores de futebol de nível nacional realizaram vinte e cinco sprints (25 segundos de descanso). O trabalho mecânico e o iEMG do vasto lateral (VL) e reto femoral (RF) do membro inferior dominante foram registrados para cada sprint. A saturação arterial de O<sub>2</sub> (SpO<sub>2</sub>) foi estimada através de oximetria de pulso e percepção subjetiva de esforço (RPE), registrados imediatamente após cada sprint. Ao longo dos sprints, o trabalho mecânico (23,5%), iEMG (VL: 14,2%, RF: 16,4%) e SpO<sub>2</sub> (3,5%) diminuíram significativamente ( $p < 0,05$ ), e RPE aumentou para 19 ( $P < 0,05$ ). Houve uma forte relação linear ( $R^2 = 0,83$ ,  $P < 0,05$ ) entre as mudanças na produção mecânica e iEMG durante os sprints. Mais importante ainda foi que as mudanças na SpO<sub>2</sub> se correlacionou com o trabalho mecânico, a iEMG e o EPR ( $R^2 = 0,68$ ,  $R^2 = 0,64$ ,  $R^2 = 0,62$ ,  $P < 0,05$ , respectivamente) significativamente.

Em outra pesquisa, com o intuito de investigar os efeitos do treinamento de sprints curtos (< 10 s), Dawson e colaboradores<sup>33</sup> realizaram uma pesquisa com repetições de distâncias entre 30 a 80 metros, em 90-100% da velocidade máxima. Os autores encontraram melhoras significativas ( $p < 0,01$ ) no tempo da corrida de 40 metros e desempenho em sprints repetidos (6X40m intercalados por 24 segundos de recuperação). Após

análise de biópsias do músculo vasto lateral, não foram encontradas diferenças significativas nas concentrações em repouso de ATP e fosfocreatina (CP). A atividade da enzima fosforilase aumentou ( $p < 0,025$ ), da citrato sintase decaiu ( $p < 0,01$ ), mas nenhuma alteração significativa foi encontrada nas atividades da mioquinase (MK, enzima que catalisa a ressíntese do ATP a partir de ADP) e da fosfofrutoquinase. A proporção do tipo de fibras tipo II aumentou significativamente ( $p < 0,05$ ). Neste caso, as aclimações a este tipo de treinamento foram bastante específicas às necessidades de jogadores de futebol.

A atividade da Mioquinase tem demonstrado aumentar (~20%) após o treinamento de sprints curtos (5 segundos de trabalho intervalado com 25-55 sec). Sendo assim, parece que o treinamento de "sprints curtos" (SC) pode causar mudanças que podem levar ao realce da ressíntese de ATP e incrementar o desempenho em SC<sup>34</sup>. Os mesmos autores demonstraram que a enzima creatina fosfoquinase (CK) aumenta sua atividade em 36% após um período de treino de SC (5 sec por 25-55 sec de descanso). Similarmente, sprints de 15 sec têm também demonstrado serem efectivos em elevar os níveis de CK<sup>35</sup>. Contudo, apesar de velocistas de alto nível estarem hábeis em utilizar a PCr mais rapidamente que outros, o treino de Sprints com repetições prolongadas (> 30 sec) não parece ser útil para nenhuma mudança dos níveis da actividade da CK<sup>36</sup>.

Sprints de duração mais longa (15 sec) têm também mostrado um substancial acréscimo na actividade da MK, enquanto este tipo de adaptação parece ser dependente da frequência de treinos, com 72 horas de intervalos entre sessões produziram acréscimo de 18%, em contraste, aquelas separadas por 24 horas produziram um decréscimo de aproximadamente 3%<sup>35</sup>. Glaister<sup>37</sup> examinou o padrão de atividade de muitos esportes como por exemplo (badminton, basquete, futebol e squash), que são de natureza intermitente, consistindo

de ataques repetidos de curta duração (< ou = 6 segundos) de trabalho máximo intercaladas com relativamente curtos (< ou = 60 segundos). Durante um único sprint (5 - a 6 segundos), a adenosina trifosfato (ATP) é resintetizado predominantemente a partir de fontes anaeróbias (fosfocreatina [PCr] degradação e glicólise). Porém, durante a recuperação de sprints múltiplos, o consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2\text{máx}}$ ) permanece elevado para restaurar a homeostase através de processos tais como o reabastecimento de oxigênio nos tecidos, a ressíntese de PCr, o metabolismo do lactato, e a remoção de acúmulo de fosfato intracelular inorgânico (Pi). Portanto, se os períodos de recuperação são relativamente curtos, o  $VO_{2\text{máx}}$  permanece elevado antes de sprints subseqüentes e a contribuição aeróbia aumenta para a resíntese de ATP. No entanto, se a duração dos períodos de recuperação é insuficiente para restaurar o ambiente metabólico para as condições de repouso, o desempenho em sprints sucessivos pode ser comprometido. Embora os mecanismos precisos de fadiga durante o trabalho de sprints múltiplos sejam difíceis de elucidar, existem evidências a favor de que a indisponibilidade de PCr e o acúmulo de Pi intracelulares, sejam as causas mais prováveis da fadiga. Além disso, o fato de que tanto resíntese de PCr, como a remoção do Pi intracelular acumulado sejam processos dependentes de oxigênio, tem levado diversos autores a proporem uma ligação entre a aptidão aeróbia e a fadiga durante o trabalho de sprints múltiplos. Apesar de anos de investigação, as limitações técnicas analíticas combinadas com diferenças metodológicas entre os estudos deixaram muitas questões a respeito da resposta fisiológica ao trabalho sprint.

A glicólise pode contribuir entre 55 e 75 % da energia metabólica produzida durante um sprint de aproximadamente 10 segundos<sup>38</sup>. A atividade da Fosfofrutoquinase (PFK), enzima chave na glicólise, tem

demonstrado aumentar ou se manter inalterada após o treino de SC. Contudo, os principais estudos que têm encontrado que a atividade da PFK incrementa após o treino de sprint são constituídos de repetições de longa duração ou a combinação de ambas, longas e curtas. A atividade de outras 2 enzimas chave, a Lactato desidrogenase (LDH) e a Glicogênio fosforilase (PHOS) têm demonstrado acréscimos após o treino de sprints, tanto < 10 sec, como > 10 sec. Uma maior atividade das enzimas glicolíticas pode ser responsável por desempenhos superiores em atletas treinados em sprints, comparado com outros atletas<sup>36</sup>. Contudo, existe estudo mostrando acréscimo na atividade da PFK sem concomitante melhora no desempenho em sprint<sup>35</sup>.

Em relação ao processo pós treinamento muitas vezes caracterizado no meio desportivo como (destreino), após 3 meses de treino de 50 a 250 metros em velocidade, seguido de 6 meses de destreino, constatou-se um retorno da PFK aos valores pré treino<sup>39</sup>. Com um período curto de destreino, os resultados são menos claros, com a atividade da LDH ainda significativamente elevada após o período de 7 semanas de destreino, enquanto a atividade da PHOS tem quase retornado ao valor basal<sup>40</sup>.

Por fim, Castagna et al<sup>41</sup> estudaram os efeitos da distribuição de intensidade de treinamento (durante 6 semanas antes do campeonato principal) em variáveis de aptidão aeróbia de futebolistas de elite. A velocidade de corrida em esteira e a Frequência cardíaca (FC) foi acessada nas intensidades correspondentes a 2 e a 4 mmol·L<sup>-1</sup>. Neste estudo, as intensidades de treinamento foram classificadas em 3 zonas: baixa intensidade (< 2 mmol·L<sup>-1</sup>), intensidade moderada (entre 2 e 4 mmol·L<sup>-1</sup>), e alta intensidade (>4 mmol · L<sup>-1</sup> e > 90 % da FC max) e a análise de várias (504) sessões de treino mostrou que 73 ± 2.5, 19 ± 2.8, e 8 ± 1.4% do treinamento total foi despendido em baixa, moderada e alta intensidade,

respectivamente (p < 0.001). Interessante mostrar que apenas o treino em alta intensidade (FC > 90%) foi relacionado às mudanças no condicionamento aeróbico, apresentando correlações de r = 0.84 (< 0.001) e r = 0.65 (p = 0.001), com os acréscimos na velocidade a 2 mmol·L<sup>-1</sup> e a 4 mmol·L<sup>-1</sup>, respectivamente.

## **Conclusão**

A maior parte dos estudos tornou clara a idéia de que o que difere um jogador de nível superior para os demais futebolistas profissionais é a capacidade de realizar sprints, embora durante a maior parte do jogo os atletas utilizem o metabolismo aeróbico, os 10% determinantes são realizados com grande velocidade e potência, o que envolve corridas, dribles, saltos e movimentos balísticos. O metabolismo determinante das principais ações do futebol é, portanto, o anaeróbico e inclui o sistema da fosfocreatina (PC) (alático) e a glicólise. Apesar disto, o sistema oxidativo possui um papel de suporte da capacidade de regeneração dos sistemas anaeróbicos, pois pesquisas têm demonstrado correlações importantes do metabolismo aeróbico com a distância percorrida por partida e com o ranking de jogadores profissionais. Além disto, uma pesquisa demonstrou que o aumento do VO<sub>2</sub>max incrementou o número de sprints realizados por partida, e até mesmo o envolvimento com a bola.

Embora a depleção da CP e a Glicólise sejam os sistemas energéticos mais importantes para o futebol e embora o glicogênio seja o principal substrato energético para a regeneração de ATP e CP nesta modalidade, no decorrer da partida também ocorre aumento dos níveis plasmáticos de glicose e ácidos graxos livres, além do aumento de catecolaminas e diminuição dos níveis insulínicos. As causas da fadiga que ocorrem durante o decorrer da partida são incertas e talvez envolvam mecanismos neurais e enzimáticos, mas a fadiga que ocorre nos momentos finais da partida é apontada como

sendo causada pela depleção do glicogênio muscular, o que poderia ser atenuado pelo uso de bebidas carboidratadas e pelo aumento do glicogênio em resposta crônica ao treinamento intervalado.

O treino intervalado é o que possui maior especificidade com o jogo de futebol, e tanto séries de média duração (4 min), quanto as de curta (30 s) e ultracurta duração (< 10s) mostraram se eficazes no desempenho relacionado a esta modalidade. O treino de séries de média duração aumentou a distância percorrida, o número de sprints realizados durante um jogo e o envolvimento com a bola. Estudos com treino de curta duração mostraram aumentos não somente de características anaeróbicas, tais como a potência de pico e a atividade de enzimas glicolíticas, como características aeróbicas tais como o  $VO_2\text{max}$ , a capacidade de endurance e a atividade de enzimas oxidativas. Por fim, o treino intervalado de duração ultracurta tem demonstrado melhorias significativas na velocidade e resistência de velocidade de corrida, além do aumento da atividade da enzima fosforilase, diminuição da quantidade de isoformas de fibras tipo I, e aumento das isoformas tipo IIa, com ou sem diminuição daquelas do tipo IIb.

### Aplicações práticas

- O principal determinante físico do desempenho no futebol e a capacidade de realizar sprint; as capacidades aeróbicas devem ser treinadas para auxiliar a recuperação do ATP entre ações anaeróbicas.
- A suplementação com carboidratos durante o jogo e o intervalo podem ser importantes atenuadores da fadiga que ocorre ao fim das partidas.
- O treino intervalado com períodos de trabalho de média duração (4min) pode ser utilizado com o

intuito de aumentar a distância percorrida, o número de sprints realizados durante um jogo e o envolvimento com a bola.

- O treino com intervalos de curta duração ( $\approx 30\text{s}$ ) pode ser utilizado tanto para aumentos em potência anaeróbica como para incrementar o  $VO_2\text{max}$  e a capacidade de endurance.
- O treino com intervalo de duração ultracurta (<10s) tem demonstrado melhorias significativas na velocidade e resistência de velocidade de corrida, além de influenciar a distribuição dos tipos de fibras musculares em direção ao tipo II (fibras rápidas).

### Referências

- 1-da Silva JF, Guglielmo IG, Bishop D. Relationship between different measures of aerobic fitness and repeated-sprint ability in elite soccer players. *J Strength Cond Res.* 2010; 24(8): 2115-21.
- 2-Buchheit M, Mendez-villanueva A, Simpson BM, Bourdon PC. Repeated-sprint sequences during youth soccer matches. *Int J Sports Med.* 2010; 31(10):709-16.
- 3-Spierer DK, Petersen RA, Duffy K. Response time to stimuli in division I soccer players. *J Strength Cond Res.* 2011; 25(4):1134-41.
- 4-Aoki MA. Fisiologia, treinamento e nutrição aplicados ao futebol. Jundiaí-SP: Fontoura. 2002.
- 5-Mohr M, Krusturup 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.
- 6-Bangsbo J, Mohr M, Krusturup P. Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *J Sports Sci.* 2006; 24(7):665-74.
- 7-Bangsbo J. Energy demands in competitive soccer. *J Sports Sci.* 1994; 12 Spec No:S5-12.
- 8-Reilly T, Bangsbo J, Franks A. Anthropometric and physiological predisposition for elite soccer. *J Sports Sci.* 2000; 18 (9):669-83.
- 9-Bangsbo J, Iaia FM, Krusturup P. Metabolic response and fatigue in soccer. *Int J Sports Physiol Perform.* 2007; 2(2):111-27.
- 10-Gray AJ, Jenkins DG. Match analysis and the physiological demands of Australian football. *Sports Med.* 2010; 1;40(4):347-60.
- 11-Lees A, Asai T, Andersen TB, Nunome H, Sterzing T. The biomechanics of kicking in soccer: a review. *J Sports Sci.* 2010 Jun;28(8):805-17.
- 12-Schmidt W, Prommer N. Effects of various training modalities on blood volume. *Scand J Med Sci Sports.* 2008;18 Suppl 1:57-69.



- 13-Castagna C, D'ottavio S, Physiological aspects of soccer refereeing performance and training. *Sports Med.* 2007; 37(7):625-46.
- 14-Meeusen R, Watson P, Dvorak J. The brain and fatigue: new opportunities for nutritional interventions? *J Sports Sci.* 2006; 24(7):773-82.
- 15-Hoff J. Training and testing physical capacities for elite soccer players. *J Sports Sci.* 2005; 23(6):573-82.
- 16-Kuzon WM Jr, Rosenblatt JD, Huebel SC, Leatt P, Plyley MJ, McKee NH, Jacobs I. Skeletal muscle fiber type, fiber size, and capillary supply in elite soccer players. *Int J Sports Med.* 1990; 11(2):99-102.
- 17-Bangsbo J, Nielsen JJ, Mohr M, Randers MB, Krstrup BR, Brito J, Nybo L, Krstrup P. Performance enhancements and muscular adaptations of a 16-week recreational football intervention for untrained women. *Scand J Med Sci Sports.* 2010; 20: 1:24-30.
- 18-Bangsbo J, Mizuno E. Morphological and metabolic alterations in soccer players with detraining and retraining and their relation to performance. In *Science and Football* (eds REILLY, T.; LEES, A.; DAVIDS, K.; MURPHY, W.J), E & FN Spon, London, p.114-24, 1988.
- 19-Apor P. Successful formulae for fitness training. In: REILLY, T.; LEES, A.; DAVIDS, K et al, eds. *Science and football.* London: E & F N Spon, p. 95-107, 1988.
- 20-Wisløff U, Helgerud J, Hoff J. Strength and endurance of elite soccer players. *Med Sci Sports Exerc.* 1998 Mar;30(3):462-7.
- 21-Helgerud J, Engen LC, Wisloff U, Hoff J. Aerobic endurance training improves soccer performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2001 Nov;33(11):1925-31.
- 22-Chaouachi A, Manzi V, Wong del P, Chaalali A, Laurencelle L, Chamari K, Castagna C. Intermittent endurance and repeated sprint ability in soccer players. *J Strength Cond Res.* 2010 Oct;24(10):2663-9.
- 23-Stephens R, Rutherford A, Potter D, Fernie G.. Neuropsychological consequence of soccer play in adolescent U.K. School team soccer players. *J Neuropsychiatry Clin Neurosci.* 2010;22(3):295-303.
- 24-McCartney N, Heigenhauser GJ, Jones NL. Effects of pH on maximal power output and fatigue during short-term dynamic exercise. *J Appl Physiol.* 1983 Jul;55(1 Pt 1):225-9.
- 25-Brochado MMV, Kokubun E. Treinamento intervalado de corrida de velocidade: efeitos da duração e da pausa sobre o lactato sanguíneo e a cinemática da corrida. *Motriz.* 1997; 3(1): 11-18.
- 26-Green HJ. Manifestation and Sites of Neuromuscular Fatigue. *Biochemistry of Exercise;* 13-3, 1990.
- 27-Wooton SA, Williams C. The influence of recovery duration on repeated maximal sprints. In: Knuttgen, h.g.; Vogel, j.a. & Poortmans, J. (Eds.). *Biochemistry of exercise. Human Kinetics, Champaign,* p. 269-273, 1983
- 28-MacDougall JD, Hicks AL, MacDonald JR, McKelvie RS, Green HJ, Smith KM. Muscle performance and enzymatic adaptations to sprint interval training. *J Appl Physiol.* 1998 Jun;84(6):2138-42.
- 29-Di Salvo V, Baron R, González-Haro C, Gormasz C, Pigozzi F, Bachl N. Sprinting analysis of elite soccer players during European Champions League and UEFA Cup matches. *J Sports Sci.* 2010 Dec;28(14):1489-94.
- 30-Burgomaster KA, Hughes SC, Heigenhauser GJ, Bradwell SN, Gibala MJ. Six sessions of sprint interval training increases muscle oxidative potential and cycle endurance capacity in humans. *J Appl Physiol.* 2005 Jun;98(6):1985-90.
- 31-Allemeier CA, Fry AC, Johnson P, Hikida RS, Hagerman FC, Staron RS. Effects of sprint cycle training on human skeletal muscle. *J Appl Physiol.* 1994 Nov;77(5):2385-90.
- 32-Billaut F, Smith K. Prolonged Repeated-sprint ability is related to arterial O<sub>2</sub> desaturation in men. *Int J Sports Physiol Perform.* 2010; 5(2):197-209.
- 33-Dawson B, Fitzsimons M, Green S, Goodman C, Carey M, Cole K. Changes in performance, muscle metabolites, enzymes and fibre types after short sprint training. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1998 Jul;78(2):163-9.
- 34-Thorstensson A, Sjödin B, Karlsson J. Enzyme activities and muscle strength after "sprint training" in man. *Acta Physiol Scand.* 1975 Jul;94(3):313-8.
- 35-Parra J, Cadeñau JA, Rodas G, Amigó N, Cussó R. The distribution of rest periods affects performance and adaptations of energy metabolism induced by high-intensity training in human muscle. *Acta Physiol Scand.* 2000 Jun;169(2):157-65.
- 36-Ross A, Leveritt M. Long term metabolic and skeletal muscle adaptations to short-sprint training. Implications for Sprint Training and Tapering. *Sports Med.* 2001;31(15):1063-82.
- 37-Glaister M. Multiple sprint work : physiological responses, mechanisms of fatigue and the influence of aerobic fitness. *Sports Med.* 2005;35(9):757-77.
- 38-Bogdanis GC, Nevill ME, Lakomy HK, Boobis LH.. Power output and muscle metabolism during and following recovery from 10 and 20 s of maximal sprint exercise in humans. *Acta Physiol Scand.* 1998 Jul;163(3):261-72.
- 39-Fournier M, Ricci J, Taylor AW, Ferguson RJ, Montpetit RR, Chaitman BR.. Skeletal muscle adaptation in adolescent boys: sprint and endurance training and detraining. *Med Sci Sports Exerc.* 1982;14(6):453-6.
- 40-Linnosier MT, Dormois D, Perier C, Frey J, Geysant A, Denis C. Enzyme adaptation of human skeletal muscle during bicycle short-sprint training and detraining. *Acta Physiol Scand.* 2010; 161 (4): 439-445.
- 41-Castagna C, Impellizzeri FM, Chaouachi A, Bordon C, Manzi V. Effect of training intensity distribution on aerobic fitness variables in elite soccer players: a case study. *J Strength Cond Res.* 2011 Jan;25(1):66-71.