

---

## Revisão

---

# Aspectos físicos e fisiológicos do jovem jogador de futebol

## *Physical and physiological aspects of young soccer player*

Giovani dos Santos Cunha\*, Alvaro Reischak de Oliveira\*

*\*Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Escola de Educação Física - LAPEX - Porto Alegre/RS*

### Resumo

O futebol é um dos esportes mais populares do mundo e seu desempenho depende de vários aspectos, como os fatores técnicos, táticos, físicos, fisiológicos e psicológicos. Durante uma partida de futebol, os jogadores percorrem em média 10 km, sendo a corrida a atividade predominante, mas exercícios de explosão como *sprints*, saltos, marcação e chute são importantes para o desempenho no futebol. A intensidade de trabalho durante uma partida de futebol é muito próxima do limiar anaeróbio (LAN). Os valores de LAN em jovens jogadores de futebol são compreendidos entre 80-90% da FC<sub>máx</sub> ou entre 75-90% do VO<sub>2máx</sub>. Tradicionalmente, jovens jogadores de futebol possuem valores de VO<sub>2máx</sub> inferiores a 60 ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>, estes valores podem ser influenciados pela posição tática, tempo de treinamento e pelo processo de maturação biológica. A maturação biológica tem um impacto relevante no processo de detecção de talentos, pois é relacionada com o desempenho técnico e físico, no qual atletas mais avançados no processo maturacional possuem maiores níveis de força, potência e capacidade aeróbia em relação aos indivíduos menos avançados.

**Palavras-chave:** futebol, limiar anaeróbio, consumo máximo de oxigênio.

### Abstract

Soccer is one of the most popular sports in the world, and its performance depends on many aspects, such as technical, tactical, physical, physiological and psychological factors. During a soccer match, players cover distances around 10 km, with running as the predominant activity. But sprints, jumps, marking and kicking are other important aspects to soccer performance. Physical work intensity during a soccer match is very close to the anaerobic threshold (LAN). LAN values of young soccer players are between 80-90% of maximum heart rate or between 75-90% of VO<sub>2max</sub>. Traditionally, young soccer players have VO<sub>2max</sub> values less than 60 ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>, and these values may be influenced by tactic position, years of training and biological maturation process. Biological maturation has a relevant impact upon the process of talent detection because it is related to technical and physical performance. More advanced athletes in regard to biological maturation process have higher levels of strength, power and aerobic capacity in relation to less advanced individuals.

**Key-words:** soccer, anaerobic threshold, maximal oxygen uptake.

Recebido em 12 de outubro de 2007; aceito em 15 de março de 2008.

**Endereço para correspondência:** Giovani dos Santos Cunha, UFRGS/ESEF – LAPEX, Rua Felizardo, 750, 90690 -200 Porto Alegre RS, E-mail: giovanicunha@yahoo.com.br

---

## Introdução

Atualmente existe uma limitação de estudos sobre os efeitos do exercício físico e do treinamento desportivo sobre o metabolismo das crianças e adolescentes [1-12]. Mais especificamente no futebol, que é um dos esportes mais populares do mundo [13], praticado por homens, mulheres e crianças com diferentes níveis de desempenho [14], a maioria dos estudos com crianças são referentes à força e velocidade [15-17], padrão de atividade física durante o jogo [18, 19] e consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2\text{máx}}$ ) [18, 20-24].

O  $VO_{2\text{máx}}$  de jogadores de futebol internacional varia de 50-75  $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  [16,18,21-27], sendo que esta capacidade fisiológica está relacionada com a posição tática. Os valores de limiar anaeróbio (LAn) em jogadores de futebol são compreendidos entre aproximadamente 80% e 90% da frequência cardíaca máxima ( $FC_{\text{máx}}$ ). Estima-se que a intensidade de trabalho médio, mensurado como  $\%FC_{\text{máx}}$  durante uma partida de futebol coincida como os valores de LAn [18,22,23,28,29].

Embora estes valores de  $VO_{2\text{máx}}$  e LAn sejam evidentes em jogadores adultos, em jovens jogadores de futebol ainda não existe um consenso sobre o comportamento do  $VO_{2\text{máx}}$  e do LAn principalmente durante o processo maturacional [30,31]. A maturação biológica é referida como o progresso em direção ao estado biologicamente adulto, que varia em *timing* e tempo [32] é um fator relevante na detecção de talentos e no treinamento [33,34]. Poucos estudos investigaram a relação entre o  $VO_{2\text{máx}}$  e a maturação biológica [35], entretanto, algumas evidências sugerem que ela possa influenciar o  $VO_{2\text{máx}}$  e o LAn [8,9,11,12,17,35-38].

Torna-se importante identificar o comportamento do  $VO_{2\text{máx}}$  e do LAn durante o processo de maturação biológica em jovens jogadores de futebol, para podermos prescrever e controlar o treinamento de forma adequada a cada etapa do crescimento destes atletas, visto que, o  $VO_{2\text{máx}}$  é considerado o melhor indicador de potência aeróbia [13,35,39] e o LAn é considerado o indicador mais sensível às alterações aeróbias em resposta ao treinamento [13, 40-42].

Neste sentido, devido a limitações de estudos sobre os aspectos físicos e fisiológicos do jovem jogador de futebol, esta revisão abordará aspectos referentes às demandas físicas do futebol e a influência da maturação biológica sobre o  $VO_{2\text{máx}}$  e LAn em jovens jogadores de futebol.

## Demandas físicas do futebol

O desempenho no futebol é multifatorial, onde podemos citar de forma resumida os fatores técnicos, táticos, físicos, fisiológicos e psicológicos [43]. Especificamente, o futebol necessita de atividades físicas intermitentes, em que a sequência de ações requer uma variedade de habilidades em diversas intensidades. A corrida é a atividade predominante, mas exercícios de explosão como *sprints*, saltos, marcação e

chute são fatores importantes para o desempenho no futebol [15]. Outro fator importante para o futebol é a distância percorrida, que em uma partida de futebol de alto nível são da ordem de 9-12 km [23, 44-46] e 4 km para goleiros [43]. Muitos estudos têm apresentado que jogadores de meio-campo percorrem grandes distâncias durante o jogo e que jogadores profissionais percorrem maiores distâncias do que jogadores amadores [44]. No 2º tempo, a intensidade do jogo diminui em relação ao 1º tempo, onde a distância percorrida diminui de 5-10% [44, 45].

A posição tática dos jogadores influencia a distância percorrida durante uma partida, na qual os zagueiros percorrem aproximadamente 7700-9700 metros (m), meio-campistas de 9000-11000 m e atacantes 7700-11000 m [23,44-46]. A distância percorrida tem sido classificada como padrão de atividade física, como caminhar, trotar, correr, *sprint* e corrida de costas. Durante a partida, os jogadores percorrem caminhando aproximadamente 1000-3500 m, trotam 2000-6000 m, correm 1000-2000 m, *sprint* 300-500 m e corrida de costas 100-800 m [19, 44-46].

Durante o jogo, um *sprint* ocorre aproximadamente a cada 90 segundos (s), cada um dura em média de 2-4 s [47]. Os *sprints* constituem de 1-10% da distância percorrida total durante o jogo [44], que corresponde a 0,5-3,0% do tempo efetivo de jogo [47]. No contexto de *endurance* do jogo, cada jogador realiza entre 1000-1400 atividades de curta duração alternadas a cada 4-6 s [44,47]. As atividades realizadas no jogo são aproximadamente de 10-20 *sprints*, corridas de alta intensidade a cada 70 s, 15 desarmes, 10 cabeçadas, 50 envoltimentos com bola, 30 passes, além de mudanças de direção e grande esforço muscular para manter o equilíbrio e o controle da bola contra a pressão da defesa [47]. Mohr *et al.* [44] reportaram que laterais e atacantes realizam *sprints* em maiores distâncias do que zagueiros e meio-campistas. Da mesma forma que a distância percorrida, a capacidade de realizar *sprint* também diminui ao final da partida [44, 48].

A maioria dos resultados são referentes a jogadores profissionais, por isso, Castagna *et al.* [19] verificaram o padrão de atividade física de jovens jogadores de futebol durante os jogos (idade 11,8 anos), onde a duração de cada jogo era de 60 minutos e as medidas do campo eram de 100 x 65 m. Foi verificado que a distância percorrida total era de 6175 m, sendo que 1112 m e 32 m foram percorridos caminhando e caminhando de costas respectivamente. Em média os jogadores percorriam 3200 m em baixa intensidade, 986 m em intensidade moderada e 468 m em alta intensidade de corrida. Em média 34 *sprints* com duração de 2,3 s eram realizados durante a partida, com velocidades máximas de 18  $\text{km.h}^{-1}$ , o tempo entre cada *sprint* foi de 118,5 segundos. A distância percorrida diminuía 5,53% entre o 1º e o 2º tempo. Os autores concluíram que o padrão de atividade de jovens jogadores de futebol é intermitente e às vezes desempenhado em alta intensidade (9% do tempo total da partida).

## Intensidade do jogo

Por causa da duração do jogo, estima-se que o metabolismo aeróbio contribui com aproximadamente 90% do custo energético de uma partida de futebol [14]. A intensidade de trabalho médio, mensurada como  $\%FC_{máx}$  durante os 90 minutos de uma partida de futebol é próximo do LAn, compreendido entre 80-90% da  $FC_{máx}$  dos jogadores [18,22,23,28,29]. Fisiologicamente, poderia ser impossível manter esta altíssima intensidade média por um longo período de tempo, principalmente devido ao acúmulo de lactato sanguíneo.

Assim, a fadiga é um componente importante para o desempenho no futebol. Em recente revisão, Mohr *et al.* [49] relatam que a fadiga pode ocorrer em 3 diferentes momentos durante o jogo: após períodos de alta intensidade de exercício tanto no 1º como no 2º tempo de partida, no início do 2º tempo de partida e no final da partida. A fadiga temporária após exercícios de alta intensidade durante o jogo não parece estar relacionada diretamente com as concentrações de glicogênio muscular, acúmulo de lactato, acidose ou a quebra da creatina fosfato. No entanto, isto pode estar relacionado a distúrbios na homeostase iônica do músculo ou ainda a um desequilíbrio na excitação do sarcolema. O desempenho máximo dos jogadores de futebol é inibido no início do 2º tempo, provavelmente devido a uma diminuição da temperatura muscular quando comparado com o final do 1º tempo [49].

Realmente, as partidas de futebol apresentam períodos e situações de alta intensidade de exercício, nas quais ocorre um acúmulo de lactato sanguíneo localizado. Desta forma, os jogadores de futebol necessitam de períodos de baixa intensidade de exercício para poderem remover este lactato muscular acumulado. Em termos relativos, existe pouca ou nenhuma diferença entre a intensidade de exercício de jogadores profissionais e amadores, mas a intensidade absoluta é maior em jogadores profissionais [43].

Stroyer *et al.* [18] estudaram as demandas fisiológicas do futebol em jovens futebolistas (idade 12-14 anos) verificaram que o  $VO_2$  durante a partida era em média maior no 1º tempo (50-58  $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ ) do que no 2º tempo (48-54  $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ ). Estes valores correspondem a 80-85% e 78-80% do  $VO_{2máx}$  respectivamente. A FC média também era em média maior no 1º tempo (180 bpm) do que no 2º tempo (175 bpm).

Estabelecendo a relação entre  $FC-VO_2$  em teste de esforço máximo, esta relação fornece uma mensuração indireta válida do  $VO_2$  durante uma partida de futebol. Estabelecendo a relação da  $FC-VO_2$  de cada atleta, esta pode refletir exatamente o gasto energético do exercício em estado de equilíbrio. Bangsbo [14] apresentou que a relação  $FC-VO_2$  é válida para exercícios intermitentes, verificada pela comparação de exercícios contínuos e intermitentes em testes de esteira em laboratório. A mesma relação  $FC-VO_2$  era estabelecida após um grande aumento de intensidade [14], estes dados são suportados por

estudos recentes [50,51]. A relação entre  $FC-VO_2$  pode ser uma boa estimativa de gasto energético para o futebol [50].

Assumindo que a relação  $FC-VO_2$  é uma estimativa válida para o futebol, uma intensidade média de exercício de 85% da  $FC_{máx}$  poderia corresponder a aproximadamente 75% do  $VO_{2máx}$ . Isto corresponde em média a 45, 48,8 e 52,5 de  $VO_2$  ( $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ ) para jogadores com 60, 65 e 70 de  $VO_{2máx}$  ( $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ ) respectivamente, refletindo o gasto energético do futebol moderno [39].

## $VO_{2máx}$ durante a maturação biológica em jovens jogadores de futebol

Tradicionalmente, jovens jogadores de futebol apresentam valores de  $VO_{2máx}$  inferiores a 60  $ml.kg^{-1}.min^{-1}$  [18,23,24]. Stroyer *et al.* [18] verificaram o  $VO_{2máx}$  em 3 grupos de jovens jogadores de futebol, classificados como elite (12 anos), não-elite (12 anos) e elite (14 anos). O  $VO_{2máx}$  correspondia a 58,7, 58,6 e 63,7  $ml.kg^{-1}.min^{-1}$  respectivamente, não apresentando diferenças significativas entre os grupos. Ao contrário, outros autores encontraram diferenças significativas no  $VO_{2máx}$ , os valores correspondiam a 58,2 e 55,3  $ml.kg^{-1}.min^{-1}$  entre os grupos elite (12,3 anos) e não-elite (11,7 anos) de jogadores de futebol respectivamente [38]. Por outro lado, Chamari *et al.* [20] estabeleceram valores superiores (66,5  $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ , jogadores com 14 anos de idade) em comparação aos estudos citados anteriormente.

Estudos transversais têm indicado que o  $VO_{2máx}$  absoluto ( $ml.min^{-1}$ ) aumenta gradualmente e continuamente em meninos dos 8 aos 16 anos de idade. Após esta idade, o  $VO_{2máx}$  continua a aumentar lentamente [12,36,52]. Resultados semelhantes foram encontrados em jovens jogadores de futebol, onde o  $VO_{2máx}$  absoluto aumentava significativamente tanto no grupo elite (2,46 para 3,99  $l.min^{-1}$ , n=21) como no grupo não elite (2,10 para 2,99  $l.min^{-1}$ , n=28) ao longo de três anos e meio de acompanhamento [38].

Entretanto, durante o crescimento e a maturação biológica o  $VO_{2máx}$  absoluto é altamente correlacionado com tamanho corporal, ocorrendo um aumento significativo dos componentes que determinam o  $VO_{2máx}$ , como pulmões, coração e músculo esquelético [53]. Assim, os valores de  $VO_{2máx}$  absoluto aumentam com o desenvolvimento das crianças, podendo aumentar de 1,2  $l.min^{-1}$  para 2,7  $l.min^{-1}$  dos 6 aos 12 anos de idade, este aumento acelerado é devido aos hormônios anabólicos secretados durante a puberdade [53]. Desta forma, para efeitos independentes da idade cronológica, maturação biológica e sexo sobre o  $VO_2$ , é importante examinar a confusa influência do tamanho corporal, ajustando-o devidamente [9,53].

Uma forma amplamente utilizada na literatura para tentar ajustar o  $VO_{2máx}$  ao tamanho corporal, é expressá-lo na forma relativa à massa corporal ( $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ ). Ao contrário da forma absoluta, quando o  $VO_{2máx}$  é expresso na forma relativa, não existem incrementos com a idade cronológica nem

com o estágio maturacional, ou seja, o  $VO_{2\text{máx}}$  apresenta um comportamento relativamente constante durante o processo maturacional [11,36,53,54].

Recentemente, este método tradicional de expressar o  $VO_{2\text{máx}}$  ( $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ) tem sido contestado por não ajustar adequadamente os efeitos da massa corporal [6,9-12,20,27,36,53-58]. Durante os últimos anos, existe um importante debate sobre o melhor método para normalizar o  $VO_{2\text{máx}}$  e ajustar os efeitos da massa corporal em adultos e crianças. Em recente revisão, Nevill *et al.* [55] exploram uma variedade de modelos utilizados para descrever variáveis fisiológicas e antropológicas que variam com o tamanho corporal e com outras variáveis de confusão, como por exemplo, a idade cronológica. Os autores concluíram que os modelos alométricos são superiores aos demais modelos. Sendo a alometria o método matemático que expressa a medida à qual uma variável (seja fisiológica, anatômica ou temporal) é relacionada com uma unidade de tamanho corporal, geralmente massa corporal em kg [53].

Entretanto, Welsman & Armstrong [59] enfatizam que não existe um método universalmente correto de normalizar o  $VO_{2\text{máx}}$  e remover os efeitos da massa corporal. Todos os métodos apresentam suas limitações, sendo que a técnica de normalização depende da natureza da pesquisa e que sua validade seja observada dentro de um determinado contexto. Apesar disto, vários autores têm sugerido que para facilitar as comparações entre grupos heterogêneos em tamanho corporal, a maneira mais apropriada de remover os efeitos da massa corporal é utilizar a função potência ( $VO_{2\text{máx}} = aM^b$ ), onde (a) é uma constante de escala e (b) é a valor do expoente referente à massa corporal. O expoente pode ser estimado através da análise de regressão linear após obtermos o logaritmo da equação da função potência  $\log e$  ( $VO_{2\text{máx}} = \log a + b \cdot \log m$ ).

Atualmente existe um considerável debate sobre qual o valor que este expoente pode assumir (ex.  $b = 0,66$ ;  $b = 0,75$  ou  $b > 0,75$ ) [11,53,55,56,60-62], sendo este expoente altamente específico de uma determinada amostra. Estudos com crianças demonstram que este expoente pode variar de  $b = 0,37$  a  $b = 1,17$  [37,53], com valor médio de  $b = 0,83$  [53]. Tem sido sugerido que o tamanho da amostra, a composição corporal, o somatotipo, treinamento e o sexo podem ser responsáveis pela grande variação nos valores dos expoentes alométricos em crianças [53].

Vários autores têm utilizado o expoente alométrico  $b = 0,75$  ( $VO_{2\text{máx}} \text{ ml.kg}^{-0,75}.\text{min}^{-1}$ ) a fim de realizar comparações adequadas do  $VO_{2\text{máx}}$  entre jogadores de futebol de diferentes massas corporais [16,21-23,27,50,53,63]. Diversos autores concordam com esta afirmação [53,56,60,64]. Neste sentido, Chamari *et al.* [20] compararam a capacidade aeróbia de jogadores de futebol jovens e adultos utilizando um procedimento alométrico. Quando o  $VO_2$  foi expresso de forma relativa ( $66,6$  e  $66,5 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ , respectivamente), os valores de adultos e jovens foram semelhantes, mas quando expresso na forma alométrica ( $216$  e  $206 \text{ ml.kg}^{-0,72}.\text{min}^{-1}$  respectivamente), foi 5% maior nos adultos do que nos jovens. Os autores concluíram

que na comparação com jovens jogadores de futebol, o  $VO_{2\text{máx}}$  de adultos era subestimado e a economia de movimento era superestimada quando expresso na forma relativa.

Diferentemente da expressão relativa, quando o  $VO_{2\text{máx}}$  é expresso na forma alométrica, este apresenta um aumento progressivo conforme avançam os estágios maturacionais. Welsman *et al.* [54] utilizaram tanto a expressão relativa como a alométrica para remover os efeitos do tamanho corporal sobre o  $VO_{2\text{máx}}$  dos grupos pré-púberes ( $n=24$ ), púberes ( $n=26$ ) e adultos ( $n=16$ ). A expressão relativa estava de acordo com a literatura, demonstrando que não existia diferenças significativas no  $VO_{2\text{máx}}$  ( $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ) entre os grupos. Ao contrário, a análise alométrica ( $\text{ml.kg}^{-0,80}.\text{min}^{-1}$ ) demonstrou um aumento progressivo do  $VO_{2\text{máx}}$  entre os grupos. Estas descobertas alteram a interpretação convencional do comportamento do  $VO_{2\text{máx}}$  durante o crescimento e a maturação biológica de crianças [35].

Embora a relação entre o  $VO_{2\text{máx}}$  e o tamanho corporal seja bem documentada e algumas vezes mal interpretada, relativamente poucos estudos têm investigado a relação entre o  $VO_{2\text{máx}}$  e a maturação biológica [11,35], principalmente em jogadores de futebol.

Malina *et al.* [17] estimaram a contribuição da experiência, do tamanho corporal e do estágio maturacional nas variações das capacidades funcionais de jogadores de futebol com idades de 13,2 -15,1 anos. Os autores verificaram que a maturação biológica e o tempo de treinamento eram variáveis explicativas da resistência aeróbia em 21%.

Armstrong *et al.* [65] argumentam que os estudos que não controlaram adequadamente a massa corporal pela alometria, esta relação entre o  $VO_{2\text{máx}}$  e a maturação biológica pode ser obscurecida pelo uso inapropriado da normalização dos valores pela expressão relativa a massa corporal ( $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ). Os autores verificaram o  $VO_{2\text{máx}}$  de 93 meninos e 83 meninas de 12 anos de idade e constataram que o  $VO_{2\text{máx}}$  expresso na forma relativa permanecia constante com a maturação. Quando os dados eram expressos na forma alométrica, o  $VO_{2\text{máx}}$  apresentava um aumento com a maturação em ambos os sexos e uma significativa influência da maturação biológica foi observada.

Claramente, a expressão tradicional ( $VO_2/\text{massa}$ ) falha em remover totalmente os efeitos da massa corporal, sendo inapropriado para estudos epidemiológicos que desejam comparar o  $VO_{2\text{máx}}$  entre grupos (ex. ativos e inativos ou crianças e adultos) que são associados ao tamanho corporal [10,54]. Atualmente, muitos autores concordam que os modelos alométricos são os mais indicados para ajustar corretamente o  $VO_{2\text{máx}}$  à massa corporal [10-12,16,20-23,27,50,54,56,64,66-70].

## Limiar anaeróbio em jovens jogadores de futebol

Embora o metabolismo aeróbio seja predominante na ressíntese de energia durante uma partida de futebol, as ações

mais importantes são desempenhadas por meio do metabolismo anaeróbio. A liberação de energia via metabolismo anaeróbio é exigida principalmente na execução de *sprints*, saltos e disputas pela bola. Estas ações são cruciais para o resultado da partida [71].

O padrão de lactato durante uma partida de futebol tem apresentado maiores valores no 1º tempo (4,1-7,0 mmol/L) do que no 2º tempo (2,7- 4,4 mmol/L) [47,49,72,73]. É importante notar que, a concentração de lactato em jogadores de futebol é largamente dependente do padrão de atividade do jogador. Realmente, tem sido apresentado que os valores de lactato são positivamente correlacionados com o aumento do trabalho realizado previamente antes da coleta de sangue [14]. McMillan *et al.* [42] têm indicado que a avaliação do lactato submáximo em jogadores de futebol pode ser utilizado com um indicador de alterações no desempenho de *endurance* em períodos específicos do treinamento. Estes autores indicam que as concentrações de lactato fixadas entre 2 e 4 mmol.L<sup>-1</sup> podem ser utilizadas para avaliar as respostas aeróbias de jogadores de futebol.

Os valores de LAn também podem ser expressos de várias maneiras, como por exemplo o método ventilatório (LV<sub>2</sub>), %FC<sub>máx</sub>, %VO<sub>2máx</sub> ou ainda a valores correspondentes a FC (bpm) e VO<sub>2</sub> (ml.min<sup>-1</sup>, ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>, ml.kg<sup>-0,75</sup>.min<sup>-1</sup>). Os valores de LV<sub>2</sub> em jogadores de futebol são compreendidos entre aproximadamente 80% e 90% da FC<sub>máx</sub> [18,22,23,28,29]. Quando o LV<sub>2</sub> é expresso em %VO<sub>2máx</sub>, Hoff *et al.* [50] verificaram que este correspondia a 75% em jogadores com 22 anos de idade. Chamari *et al.* [20] identificaram que o LV<sub>2</sub> correspondia a 88,8% e 90,1% para jogadores com 14 e 17 anos de idade respectivamente [22]. Helgerud *et al.* [23] demonstraram que este valor correspondia a 82,4 ± 3,1% em jogadores com 18 anos de idade.

Identificamos uma limitação de estudos que verificaram os limiares ventilatórios (LV<sub>1</sub> e LV<sub>2</sub>) em jovens jogadores de futebol, visto que, a intensidade de trabalho médio, mensurada como %FC<sub>máx</sub> durante os 90 minutos de uma partida de futebol é muito próxima do LV<sub>2</sub>. Curiosamente, não encontramos nenhum estudo verificando o comportamento do LV<sub>1</sub> e LV<sub>2</sub> durante a maturação biológica em jogadores de futebol e nem se esta exerce algum efeito sobre o mesmo. Assim, a discussão sobre este tópico torna-se limitada.

Klentrou *et al.* [74] compararam os limiares ventilatórios entre adultos e crianças praticantes de futebol. Quando os limiares ventilatórios eram expressos em %VO<sub>2máx</sub>, os valores correspondiam 64,9 ± 7,1% e 57,7 ± 8,0 para LV<sub>1</sub> e 80,0 ± 3,8 e 77,3 ± 5,1 para LV<sub>2</sub> em crianças e adultos respectivamente. Foi verificado que as crianças apresentavam um LV<sub>1</sub> significativamente superior e LV<sub>2</sub> semelhante ao dos adultos. Os autores atribuíram estas diferenças ao menor potencial enzimático da via glicolítica e ao padrão ventilatório em resposta ao exercício.

Outras possíveis explicações acerca das diferenças nos limiares ventilatórios (LV<sub>1</sub> e LV<sub>2</sub>) e VO<sub>2máx</sub> dos jovens jo-

gadores de futebol poderiam ser atribuídas a alterações no padrão de utilização de substrato, metabolismo enzimático, distribuição do tipo de fibras musculares e aos estoques de glicogênio muscular.

### **Maturação biológica, VO<sub>2máx</sub> e LAn - perspectivas para o treinamento do futebol**

O desempenho no futebol é multifatorial e suas atividades físicas são de características intermitentes. A corrida é a atividade predominante, mas exercícios de explosão como *sprints*, saltos, marcação e chute são fatores importantes para o desempenho no futebol de alto nível [15]. Jogadores de futebol percorrem em uma partida cerca de 9-12 km [23,44-46]. As atividades realizadas no jogo são aproximadamente de 10-20 *sprints*, que ocorrem aproximadamente a cada 90s e tem duração média de 2-4 s [47], corridas de alta intensidade a cada 70 s, cerca de 15 desarmes e 50 envoltimentos com bola, além de mudanças de direção e grande esforço muscular para manter o equilíbrio e o controle de bola contra a pressão do adversário [47].

Entretanto, os atletas necessitam recuperar suas reservas energéticas em pequenos intervalos de tempo ou ainda durante exercício de baixa intensidade. Durante este período, os níveis de ATP e PCr são restaurados em 70% em aproximadamente 30 s e totalmente restaurados dentro de aproximadamente 3 a 5 minutos [75]. Como no futebol uma atividade de alta intensidade ocorre aproximadamente a cada 70 s, o metabolismo anaeróbio poderia ser necessário para suprir estas demandas energéticas. A consequência metabólica é um aumento das concentrações H<sup>+</sup>, diminuição do pH, aumento das concentrações de lactato, que podem afetar o desempenho dos jogadores [75].

Tem sido sugerido que uma elevada capacidade aeróbia melhora a recuperação entre os exercícios intermitentes de alta intensidade, provavelmente por remover mais rapidamente o lactato sanguíneo e restaurar os níveis de ATP-PCr. Este fato demonstra a importância de um atleta possuir um elevado VO<sub>2máx</sub> e LAn. Provavelmente, estes atletas conseguiriam suportar exercícios de alta intensidade com uma menor parcela de energia proveniente da via anaeróbia, assim diminuindo as contrações de lactato e H<sup>+</sup>, resultando em uma melhor manutenção do desempenho físico.

As adaptações induzidas pelo treinamento aeróbio têm sido extensivamente estudadas em adultos, entretanto, existem muitas controvérsias em relação às respostas do treinamento aeróbio em crianças e adolescentes. Tem sido sugerido que crianças não são aptas a aumentarem seu VO<sub>2máx</sub> com o treinamento aeróbio, principalmente antes da puberdade, ao contrário, tem sido verificado efeitos positivos do treinamento em crianças pré-púberes [76,77].

Baquet *et al.* [76] analisaram os procedimentos aplicados à prescrição e aos métodos de treinamento para verificarem o real impacto que o treinamento aeróbio exerce sobre o VO<sub>2máx</sub>

de crianças e adolescentes. Os autores excluíram os estudos que não atendiam a certos critérios como, ausência de grupo controle, procedimentos estatísticos inadequados, tamanho amostral insuficiente, protocolo de treinamento inapropriado, populações especiais e estudos que não apresentavam os dados sobre  $VO_{2\text{máx}}$ . Foi levado em consideração o controle da maturação biológica, constituição dos grupos, consistência entre o treinamento e os procedimentos, sendo que dos 51 estudos analisados, 21 apenas foram selecionados. Os resultados de maneira geral sugerem que o treinamento aeróbio aumenta o  $VO_{2\text{máx}}$  de 5-6% em crianças e adolescentes independentemente de sexo ou estágio maturacional. Quando somente os estudos que apresentavam um significativo efeito do treinamento aeróbio eram considerados, o  $VO_{2\text{máx}}$  aumentava de 8-10%. Os autores sugerem que as intensidades de treinamento sejam superiores a 80% da  $FC_{\text{máx}}$  para esperar um aumento significativo do  $VO_{2\text{máx}}$  em crianças e adolescentes.

Mais especificamente no futebol, McMillan *et al.* [21] verificaram que após 10 semanas de treinamento aeróbio específico para o futebol (90-95% $FC_{\text{máx}}$ ), o  $VO_{2\text{máx}}$  aumentava de 63,4 para 69,8  $\text{ml.kg}^{-1}\text{min}^{-1}$  em 11 jogadores (16,9 anos), sem que ocorresse prejuízos no desempenho de força, saltos ou *sprints*.

Assumindo o pressuposto que crianças e adolescentes respondem positivamente ao treinamento aeróbio, onde aumentos no  $VO_{2\text{máx}}$  de 5-10% têm sido verificados, este fato demonstra que o treinamento aeróbio é um componente importante para o desempenho do futebol moderno. Recentemente, tem sido apresentado que um aumento de 11% no  $VO_{2\text{máx}}$  após 8 semanas de treinamento com jovens jogadores de futebol, reflete um incremento de 20% na distância percorrida total de uma partida, aumento de 23% nos envoltimentos com bola e um aumento de 100% no número de *sprints* realizados por cada jogador [23]. Estas são algumas das vantagens que demonstram a relação entre uma alta capacidade aeróbia e desempenho no futebol moderno [16].

A maturação biológica exerce um claro efeito sobre o  $VO_{2\text{máx}}$  de jovens jogadores de futebol, sendo importante o seu controle, pois a maturação biológica é relacionada com o desempenho físico e atletas mais avançados no processo maturacional possuem níveis maiores de força, potência e capacidade aeróbia em relação aos indivíduos menos avançados.

Recentemente, um efeito da maturação biológica sobre as habilidades específicas do futebol tem sido constatado em jovens jogadores de futebol [78,79]. Malina *et al.* [79] verificaram que a maturação biológica tem efeito positivo sobre as habilidades específicas do futebol, como o controle da bola, controle da bola com a cabeça, drible em velocidade com passe e chute. Os autores concluíram que indivíduos mais avançados no processo maturacional apresentam um melhor desempenho nestas 4 habilidades específicas. Este fato tem grande impacto na detecção de talentos, pois se a maturação biológica não for controlada, indivíduos com processo maturacional mais lento geralmente serão excluídos

e indivíduos mais adiantados no processo maturacional serão favorecidos [33,34].

Visto que, o limiar anaeróbio é o indicador mais sensível às repostas do treinamento aeróbio e que a intensidade de trabalho médio, mensurada como % $FC_{\text{máx}}$  durante os 90 minutos de uma partida de futebol é muito próxima deste limiar. Torna-se importante desenvolver esta variável com o treinamento, pois quanto mais elevado for o  $LV_2$ , maior será a intensidade que o atleta poderá manter durante jogo sem a contribuição do metabolismo anaeróbio, conseqüentemente, diminuindo as contrações de lactato e  $H^+$ , resultando em uma melhor manutenção do desempenho físico.

## Conclusão

O futebol é um esporte de desempenho multifatorial, sendo necessário conhecer o comportamento do  $VO_{2\text{máx}}$  e do LAN durante o processo maturacional de jovens jogadores de futebol, visto que o  $VO_{2\text{máx}}$  é considerado o melhor indicador de capacidade aeróbia e o LAN é considerado o indicador mais sensível às alterações do condicionamento aeróbio em resposta ao treinamento. A expressão tradicional ( $VO_{2\text{máx}}$   $\text{ml.kg}^{-1}\text{.min}^{-1}$ ) falha em remover totalmente os efeitos da massa corporal, ocultando os efeitos da maturação biológica sobre o  $VO_{2\text{máx}}$ , dificultando assim a comparação entre jovens jogadores de diferentes tamanhos corporais.

A maturação biológica deve ser controlada durante o treinamento de futebol, principalmente no processo de detecção de talentos, pois influencia o  $VO_{2\text{máx}}$ , LAN e as capacidades técnicas dos jovens jogadores.

## Agradecimentos

Ao CNPq pelo apoio financeiro a este trabalho.

## Referências

1. Armstrong N, Welsman JR, Williams CA, Kirby BJ. Longitudinal changes in young people's short-term power output. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32(6):1140-5.
2. Obert P, Mandigout M, Vinet A, Courteix D. Effect of a 13-week aerobic training programme on the maximal power developed during a force-velocity test in prepubertal boys and girls. *Int J Sports Med* 2001;22(6):442-6.
3. Rattel S, Duche P, Hennegrave A, Van Praagh E, Bedu M. Acid-base balance during repeated cycling sprints in boys and men. *J Appl Physiol* 2002;92(2):479-85.
4. Keefer DJ, Tseh W, Caputo JL, Craig IS, Martin PE, Morgan DW. Stability of running economy in young children. *Int J Sports Med* 2000;21(8):583-5.
5. Kaczor JJ, Ziolkowski W, Popinigis J, Tarnopolsky MA. Anaerobic and aerobic enzyme activities in human skeletal muscle from children and adults. *Pediatr Res* 2005;57(3):331-5.
6. Armstrong N, Kirby BJ, McManus AM, Welsman JR. Prepubescent's ventilatory responses to exercise with reference to sex and body size. *Chest* 1997;112(6):1554-60.

7. Danis A, Kyriazis Y, Klissouras V. The effect of training in male prepubertal and pubertal monozygotic twins. *Eur J Appl Physiol* 2003;89(3-4):309-18.
8. Geithner CA, Thomis MA, Vanden Eynde B, Maes HH, Loos RJ, Peeters M, et al. Growth in peak aerobic power during adolescence. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36(9):1616-24.
9. Armstrong N, Welsman JR. Peak oxygen uptake in relation to growth and maturation in 11- to 17-year-old humans. *Eur J Appl Physiol* 2001;85(6):546-51.
10. Nevill A, Rowland T, Goff D, Martel L, Ferrone L. Scaling or normalising maximum oxygen uptake to predict 1-mile run time in boys. *Eur J Appl Physiol* 2004;92(3):285-8.
11. Armstrong N, Welsman JR, Nevill AM, Kirby BJ. Modeling growth and maturation changes in peak oxygen uptake in 11-13 yr olds. *J Appl Physiol* 1999;87(6):2230-6.
12. Eisenmann JC, Pivarnik JM, Malina RM. Scaling peak VO<sub>2</sub> to body mass in young male and female distance runners. *J Appl Physiol* 2001;90(6):2172-80.
13. Hoff J, Helgerud J. Endurance and strength training for soccer players: physiological considerations. *Sports Med* 2004;34(3):165-80.
14. Bangsbo J. The physiology of soccer--with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiol Scand Suppl* 1994;619:1-155.
15. Cometti G, Maffiuletti NA, Pousson M, Chatard JC, Maffulli N. Isokinetic strength and anaerobic power of elite, subelite and amateur French soccer players. *Int J Sports Med* 2001; 22(1):45-51.
16. Wisloff U, Castagna C, Helgerud J, Jones R, Hoff J. Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *Br J Sports Med* 2004;38(3):285-8.
17. Malina RM, Eisenmann JC, Cumming SP, Ribeiro B, Aroso J. Maturity-associated variation in the growth and functional capacities of youth football (soccer) players 13-15 years. *Eur J Appl Physiol* 2004;91(5-6):555-62.
18. Stroyer J, Hansen L, Klausen K. Physiological profile and activity pattern of young soccer players during match play. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36(1):168-74.
19. Castagna C, D'Ottavio S, Abt G. Activity profile of young soccer players during actual match play. *J Strength Cond Res* 2003;17(4):775-80.
20. Chamari K, Moussa-Chamari I, Boussaidi L, Hachana Y, Kaouech F, Wisloff U. Appropriate interpretation of aerobic capacity: allometric scaling in adult and young soccer players. *Br J Sports Med* 2005;39(2):97-101.
21. McMillan K, Helgerud J, Macdonald R, Hoff J. Physiological adaptations to soccer specific endurance training in professional youth soccer players. *Br J Sports Med* 2005;39(5):273-7.
22. Chamari K, Hachana Y, Ahmed YB, Galy O, Sghaier F, Chatard JC, et al. Field and laboratory testing in young elite soccer players. *Br J Sports Med* 2004;38(2):91-6.
23. Helgerud J, Engen LC, Wisloff U, Hoff J. Aerobic endurance training improves soccer performance. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33(11):1925-31.
24. Impellizzeri FM, Rampinini E, Coutts AJ, Sassi A, Marcora SM. Use of RPE-based training load in soccer. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36(6):1042-7.
25. Arnason A, Sigurdsson SB, Gudmundsson A, Holme I, Engebretsen L, Bahr R. Physical fitness, injuries, and team performance in soccer. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36(2):278-85.
26. Drust B, Reilly T, Cable NT. Physiological responses to laboratory-based soccer-specific intermittent and continuous exercise. *J Sports Sci* 2000;18(11):885-92.
27. Wisloff U, Helgerud J, Hoff J. Strength and endurance of elite soccer players. *Med Sci Sports Exerc* 1998;30(3):462-7.
28. Bunc V, Psotta R. Physiological profile of very young soccer players. *J Sports Med Phys Fitness* 2001;41(3):337-41.
29. Casajus JA. Seasonal variation in fitness variables in professional soccer players. *J Sports Med Phys Fitness* 2001;41(4):463-9.
30. Reilly T, Bangsbo J, Franks A. Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer. *J Sports Sci* 2000;18(9):669-83.
31. Williams AM, Reilly T. Talent identification and development in soccer. *J Sports Sci* 2000; 18(9):657-67.
32. Baxter-Jones A, Eisenmann J, Sherar B. Controlling for maturation in Pediatric Exercise Science. *Pediatric Exerc Sci* 2005;17:18-30.
33. Philippaerts RM, Vaeyens R, Janssens M, Van Renterghem B, Matthys D, Craen R, et al. The relationship between peak height velocity and physical performance in youth soccer players. *J Sports Sci* 2006;24(3):221-30.
34. Malina RM, Pena Reyes ME, Eisenmann JC, Horta L, Rodrigues J, Miller R. Height, mass and skeletal maturity of elite Portuguese soccer players aged 11-16 years. *J Sports Sci* 2000; 18(9):685-93.
35. Armstrong N, Welsman JR. Development of aerobic fitness during childhood and adolescence. *Pediatric Exerc Sci* 2000;12:128-49.
36. Armstrong N, Welsman JR. Assessment and interpretation of aerobic fitness in children and adolescents. *Exerc Sport Sci Rev* 1994;22: 435-76.
37. Beunen G, Baxter-Jones AD, Mirwald RL, Thomis M, Lefevre J, Malina RM, et al. Intraindividual allometric development of aerobic power in 8- to 16-year-old boys. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34(3):503-10.
38. Hansen L, Klausen K. Development of aerobic power in pubescent male soccer players related to hematocrit, hemoglobin and maturation. A longitudinal study. *J Sports Med Phys Fitness* 2004;44(3):219-23.
39. Åstrand PORK, Dahl HA, Sigmund B. Textbook of work physiology: physiological bases of exercise. Champaign: Human Kinetics; 2003.
40. Edwards AMCN, Macfadyen AM. Lactate and ventilatory thresholds reflect the training status of professional soccer players where maximum aerobic power is unchanged. *J Sports Sci Med* 2003;2:23-9.
41. Hebestreit H, Staschen B, Hebestreit A. Ventilatory threshold: a useful method to determine aerobic fitness in children? *Med Sci Sports Exerc* 2000;32(11):1964-9.
42. McMillan K, Helgerud J, Grant SJ, 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.
43. Stolen T, Chamari K, Castagna C, Wisloff U. Physiology of soccer: an update. *Sports Med* 2005;35(6):501-36.
44. 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.
45. Rienzi E, Drust B, Reilly T, Carter JE, Martin A. Investigation of anthropometric and work-rate profiles of elite South American international soccer players. *J Sports Med Phys Fitness* 2000;40(2):162-9.

46. Thatcher R, Batterham AM. Development and validation of a sport-specific exercise protocol for elite youth soccer players. *J Sports Med Phys Fitness* 2004;44(1):15-22.
47. Bangsbo J, Norregaard L, Thorso F. Activity profile of competition soccer. *Can J Sport Sci* 1991;16(2):110-6.
48. Mohr M, Krusturup P, Nybo L, Nielsen JJ, Bangsbo J. Muscle temperature and sprint performance during soccer matches--beneficial effect of re-warm-up at half-time. *Scand J Med Sci Sports* 2004;14(3):156-62.
49. Mohr M, Krusturup P, Bangsbo J. Fatigue in soccer: a brief review. *J Sports Sci* 2005;23(6): 593-9.
50. Hoff J, Wisloff U, Engen LC, Kemi OJ, Helgerud J. Soccer specific aerobic endurance training. *Br J Sports Med* 2002;36(3):218-21.
51. Esposito F, Impellizzeri FM, Margonato V, Vanni R, Pizzini G, Veicsteinas A. Validity of heart rate as an indicator of aerobic demand during soccer activities in amateur soccer players. *Eur J Appl Physiol* 2004;93(1-2):167-72.
52. Krahenbuhl GS, Skinner JS, Kohrt WM. Developmental aspects of maximal aerobic power in children. *Exerc Sport Sci Rev* 1985;13:503-38.
53. Rowland TW. Children's exercise physiology. 2nd ed. Champaign: Human Kinetics; 2005.
54. Welsman JR, Armstrong N, Nevill AM, Winter EM, Kirby BJ. Scaling peak VO<sub>2</sub> for differences in body size. *Med Sci Sports Exerc* 1996;28(2):259-65.
55. Nevill AM, Bate S, Holder RL. Modeling physiological and anthropometric variables known to vary with body size and other confounding variables. *Am J Phys Anthropol* 2005; Suppl 41: 141-53.
56. Heil DP. Body mass scaling of peak oxygen uptake in 20- to 79-yr-old adults. *Med Sci Sports Exerc* 1997;29(12):1602-8.
57. Nevill AM, Holder RL. Scaling, normalizing, and per ratio standards: an allometric modeling approach. *J Appl Physiol* 1995;79(3):1027-31.
58. Nevill AM, Ramsbottom R, Williams C. Scaling physiological measurements for individuals of different body size. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1992;65(2):110-7.
59. Welsman JR, Armstrong N. Statistical techniques for interpreting body size-related exercise performance during growth. *Pediatr Exerc Sci* 2000;12:112-27.
60. Agutter PS, Wheatley DN. Metabolic scaling: consensus or controversy? *Theor Biol Med Model* 2004;1:13.
61. Suarez RK, Darveau CA, Childress JJ. Metabolic scaling: a many-splendored thing. *Comp Biochem Physiol B Biochem Mol Biol* 2004;139(3):531-41.
62. Batterham AM, Jackson AS. Validity of the allometric cascade model at submaximal and maximal metabolic rates in exercising men. *Respir Physiol Neurobiol* 2003;135(1):103-6.
63. Bergh U, Sjodin B, Forsberg A, Svedenhag J. The relationship between body mass and oxygen uptake during running in humans. *Med Sci Sports Exerc* 1991;23(2):205-11.
64. Sjodin B, Svedenhag J. Oxygen uptake during running as related to body mass in circumpubertal boys: a longitudinal study. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1992;65(2): 150-7.
65. Armstrong N, Welsman JR, Kirby BJ. Peak oxygen uptake and maturation in 12-yr olds. *Med Sci Sports Exerc* 1998;30(1):165-9.
66. Batterham AM, Tolfrey K, George KP. Nevill's explanation of Kleiber's 0.75 mass exponent: an artifact of collinearity problems in least squares models? *J Appl Physiol* 1997;82(2):693-7.
67. Nevill AM, Holder RL, Baxter-Jones A, Round JM, Jones DA. Modeling developmental changes in strength and aerobic power in children. *J Appl Physiol* 1998;84(3):963-70.
68. Batterham AM, Vanderburgh PM, Mahar MT, Jackson AS. Modeling the influence of body size on V(O<sub>2</sub>) peak: effects of model choice and body composition. *J Appl Physiol* 1999; 87(4):1317-25.
69. Nevill AM, Brown D, Godfrey R, Johnson P, Romer L, Stewart AD, et al. Modeling maximum oxygen uptake of elite endurance athletes. *Med Sci Sports Exerc* 2003;35(3):488-94.
70. Buresh R, Berg K. Scaling oxygen uptake to body size and several practical applications. *J Strength Cond Res* 2002;16(3):461-5.
71. Wragg CB, Maxwell NS, Doust JH. Evaluation of the reliability and validity of a soccer-specific field test of repeated sprint ability. *Eur J Appl Physiol* 2000;83(1):77-83.
72. Bangsbo J. Energy demands in competitive soccer. *J Sports Sci* 1994;12:S5-12.
73. Capranica L, Tessitore A, Guidetti L, Figura F. Heart rate and match analysis in pre-pubescent soccer players. *J Sports Sc.* 2001;19(6):379-84.
74. Klentrou P, Nishio ML, Plyley M. Ventilatory breakpoints in boys and men. *Pediatric Exerc Sci* 2006;18:216-25.
75. Tomlin DL, Wenger HA. The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity intermittent exercise. *Sports Med* 2001;31(1):1-11.
76. Baquet G, van Praagh E, Berthoin S. Endurance training and aerobic fitness in young people. *Sports Med* 2003;33(15):1127-43.
77. Rowland TW. Aerobic response to endurance training in pre-pubescent children: a critical analysis. *Med Sci Sports Exerc* 1985;17(5):493-7.
78. Malina RM, Ribeiro B, Aroso J, Cumming SP. Characteristics of youth soccer players 13-15 years classified by skill level. *Br J Sports Med* 2007;41(5):290-5.
79. Malina RM, Cumming SP, Kontos AP, Eisenmann JC, Ribeiro B, Aroso J. Maturity-associated variation in sport-specific skills of youth soccer players aged 13-15 years. *J Sports Sci* 2005;23(5):515-22.