

A importância do limiar anaeróbio e do consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2\text{máx.}}$) em jogadores de futebol

Paulo Roberto Santos Silva¹, Angela Romano¹, Alberto Azevedo Alves Teixeira², Ana Maria Visconti², Carla Dal Maso Nunes Roxo³, Gilberto Silva Machado³, José Roberto Rivelino Vidal⁴ e Luís Antonio Inarra⁴

Centro de Medicina Integrada, Seção de Fisiologia da Associação Portuguesa de Desportos, SP, Brasil

RESUMO

O objetivo deste estudo foi fazer uma abordagem sobre a importância do limiar anaeróbio (LA) e o consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2\text{máx.}}$) em jogadores de futebol e comparar os resultados encontrados em nossos futebolistas com os da literatura especializada. Foram avaliados 18 jogadores de futebol profissional, com média de idade de 24 ± 4 anos, peso de $72,5 \pm 5,9$ kg; estatura de $176,5 \pm 7,0$ cm e superfície corpórea de $1,91 \pm 0,15$ m². Todos os atletas foram avaliados após um período de dois meses de treinamentos. Os futebolistas foram submetidos a teste máximo em esteira ergométrica, utilizando-se protocolo escalonado e contínuo. A resposta de frequência cardíaca (FC) foi registrada por meio de um eletrocardiografo (*HeartWare*) de 12 derivações simultâneas e, a pressão arterial (PA), por meio de método auscultatório. A ventilação pulmonar (V_E), o consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$), a produção de dióxido de carbono ($\dot{V}CO_2$) e a razão de troca respiratória (RER) foram avaliados por método espirométrico computadorizado respiração-a-respiração (*MedGraphics Corporation [MGC]*). Os seguintes resultados foram verificados: **no (LA):** [FC = $173,6 \pm 8,6$ bpm; $\dot{V}O_2 = 55,78 \pm 5,93$ ml.kg⁻¹.min⁻¹; velocidade = $14,6 \pm 1,0$ km.h⁻¹]; **no exercício máximo** [FC = $189,5 \pm 11,4$ bpm; $V_E = 134,1 \pm 15,9$ L.min⁻¹; $\dot{V}O_{2\text{máx.}} = 63,75 \pm 4,93$ ml.kg⁻¹.min⁻¹; velocidade = $17,8 \pm 1,0$ km.h⁻¹; Borg = $18,3 \pm 1,3$ pontos]. **Concluindo:** Os resultados, comparados com os da literatura especializada na modalidade futebol, de-

monstraram que os índices de LA e $\dot{V}O_{2\text{máx.}}$ foram semelhantes e, até mesmo, superiores a vários de estudos publicados sobre essas duas variáveis em jogadores de futebol profissional. Entretanto, considerando as posições dos jogadores, não há um consenso definido sobre os índices mais adequados de LA e $\dot{V}O_{2\text{máx.}}$ em futebolistas, mas, sim, sugestões.

Palavras-chave: Jogador de futebol. Limiar anaeróbio. Consumo máximo de oxigênio. Ergoespirometria. Medicina Esportiva.

ABSTRACT

The importance of the anaerobic threshold and maximum oxygen uptake ($\dot{V}O_{2\text{PEAK}}$) for soccer players

*The aim of this study was to make an approach on the importance of the anaerobic threshold (AT) and the peak oxygen uptake in soccer players, and compare the results found in players to those existing in the specialized literature. An evaluation was made in 18 professional soccer players aged 24 ± 4 ; weight 72.5 ± 5.9 kg; height 176.5 ± 7.0 cm, and body surface 1.91 ± 0.15 m². Every athlete was evaluated after a 2 month training period. The soccer players were submitted to a maximum exercise test on treadmill, using incremental continuous protocol. The heart rate (HR) was recorded by means of an electrocardiograph (HeartWare) with 12 simultaneous leads and the arterial blood pressure (BP) by auscultation method. The pulmonary ventilation (V_E), the oxygen uptake ($\dot{V}O_2$), the carbon dioxide production ($\dot{V}CO_2$) and the respiratory exchange rate (RER) were evaluated by means of the breath-by-breath spirometric computerized method (MedGraphics Corporation-MGC). The following results were verified in the AT: HR = 173.6 ± 8.6 bpm; $\dot{V}O_2 = 55.78 \pm 5.93$ mlO₂.kg⁻¹.min⁻¹; running velocity = 14.6 ± 1.0 km.h⁻¹; **maximum exercise:** HR = 189.5 ± 11.4 bpm; $V_E = 134.1 \pm 15.9$ L.min⁻¹; $\dot{V}O_{2\text{peak}} = 63.75 \pm 4.93$ mlO₂.kg⁻¹.min⁻¹; maximum velocity = 17.8 ± 1.0 km.h⁻¹; Borg scale = 18.3 ± 1.3 points. **In conclusion,** the results, when compared to those of specialized literature, proved the rate of AT and $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ to be*

1. Fisiologista.
2. Médico do Esporte.
3. Fisioterapeuta.
4. Fisicultor.

Endereço para correspondência:

Paulo Roberto Santos Silva
Rua Frederico Bartholdi, 566
04193-000 – São Paulo, SP
Tel.: (11) 6331-6481
Celular: (11) 9998-2591

similar and even superior to several results published about such two variables in professional soccer players. Considering, however, the players' position, there is no definite consensus on the most adequate AT rates and $\dot{V}O_2$ peak in soccer players, but only suggestions.

Key words: Soccer players. Anaerobic thresholds. Maximum oxygen uptake. Spiroergometry. Sports Medicine.

INTRODUÇÃO

Em nosso país há escassez significativa de estudos que retratam o futebolista brasileiro em vários aspectos, principalmente, o fisiológico. Jogadores considerados de elite e que militam em grandes clubes do Brasil jogam mais de 60 partidas por ano. Sobre eles recaem solicitações físicas, muitas vezes inesperadas, intensas e das mais variadas formas durante a partida, exigindo elevado nível de aptidão física. Assim, esse novo conceito está mudando significativamente os padrões de solicitação energética do futebolista da atualidade.

Portanto, ficam cada vez mais evidentes a valorização e a preocupação plena com uma preparação física bem desenvolvida e apoiada em conceitos científicos bem fundamentados.

Alguns parâmetros fisiológicos são de grande importância para qualificar o nível de capacidade funcional em futebolistas. Dentre estes, o limiar anaeróbio e o consumo máximo de oxigênio têm recebido a atenção de vários pesquisadores em diversas modalidades desportivas, pois, quando bem desenvolvidos, são de fundamental importância para um adequado rendimento físico desses atletas durante as competições¹⁻⁷.

OBJETIVO

O propósito principal deste trabalho foi verificar e comparar, por meio da literatura especializada em futebol, em nossos jogadores profissionais, o limiar anaeróbio e o consumo máximo de oxigênio, dois índices de aptidão física considerados importantes para o rendimento físico desses atletas durante as partidas.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram avaliados 18 jogadores de futebol profissional, todos do sexo masculino, com média de idade de 24 ± 4 anos (18-31), peso de $72,5 \pm 5,9$ kg (62-83), estatura de $176,5 \pm 7,0$ cm (164-188), superfície corpórea de $1,91 \pm 0,15$ m² (1,70-2,18) e suas características cardiovasculares em repouso (tabela 1). As condições ambientais durante as realizações dos testes foram as seguintes: temperatura ambiente de $21,8 \pm 1,2$ °C (20-24), pressão barométrica de $702,7 \pm 1,4$ mmHg (700-705) e umidade relativa percentual do ar atmosférico de $52,1 \pm 14,9\%$ (28-71). Todos os atletas eram pertencentes ao Departamento de Futebol Profissional da Associação Portuguesa de Desportos, SP, Brasil.

Previamente à avaliação em esforço, todos os atletas foram submetidos a eletrocardiograma (ECG) em repouso e, durante o teste de esforço, por meio da monitoração de 12 derivações segundo Mason e Likar, com modificação da derivação (D_1 para MC_3), registradas por impressora a jato de tinta (*Hp Deskjet*, modelo 680c) utilizando-se eletrocardiógrafo computadorizado (*HeartWare*, modelo 6.4). A pressão arterial (PA) foi medida por método auscultatório indireto, utilizando-se esfigmomanômetro aneróide (*Tycos*).

A ventilação pulmonar ($V_{E\text{ BTPS}}$), o consumo de oxigênio ($\dot{V}O_{2\text{ STPD}}$), a produção de dióxido de carbono ($\dot{V}CO_{2\text{ STPD}}$) e a razão de troca respiratória (RER) foram calculados a partir de valores medidos por um sistema computadorizado de análise de troca gasosa (respiração-a-respiração) (*MedGraphics Corporation*, modelo *CPX Express*). O volume ventilatório foi medido por um pneumotacógrafo bidirecional de pressão diferencial (*MedGraphics*, modelo *Prevent*). A calibração foi feita antes e imediatamente após a realização de cada teste com uma seringa de três litros, para ser empregado fator de correção que determinará o volume respiratório. As frações expiradas de oxigênio ($F_{E\text{ O}_2}$) foram medidas por uma célula de zircônio de resposta rápida (< 90ms) e elevada precisão ($\pm 0,1\%$) e, as frações de dióxido de carbono ($F_{E\text{ CO}_2}$), pelo princípio infravermelho, não dispersante de resposta rápida (< 130ms) e precisão absoluta ($\pm 0,1\%$). A calibração do equi-

TABELA 1
Idade, sexo, estatura, superfície corpórea (SC), frequência cardíaca em repouso (FC_{rep}), pressão arterial sistólica (PAS_{rep}), pressão arterial diastólica em repouso (PAD_{rep}) nos jogadores de futebol profissional (n = 18)

Idade (anos)	Peso (kg)	Estatura (cm)	SC (m ²)	FC_{rep} (bpm)	PAS_{rep} (mmHg)	PAD_{rep} (mmHg)
24 ± 4 (18-31)	72,5 $\pm 5,9$ (62-83)	176,5 $\pm 7,0$ (164-188)	1,91 $\pm 0,15$ (1,70-2,18)	71 ± 13 (46-106)	112 ± 9 (100-130)	64 ± 6 (60-80)

Os valores significam a média, o desvio-padrão e as variações mínima e máxima dos dados

pamento foi feita antes e imediatamente após cada teste com mistura conhecida de O₂, CO₂ e balanceada com nitrogênio (N₂). As variáveis ventilatórias, registradas instantaneamente, foram posteriormente calculadas para o tempo médio de 60 segundos⁸⁻¹⁴.

A determinação da capacidade física máxima foi verificada realizando-se um teste de esforço em esteira rolante (*Inbra-med*, modelo ATL-10100) de velocidade (km.h⁻¹) e inclinação (%) variáveis, utilizando-se protocolo escalonado contínuo e inclinação fixa de 3%. Nesse protocolo, o atleta ficou dois minutos em repouso, foi aquecido por quatro minutos nas velocidades de 4, 5, 6 e 7km.h⁻¹ durante um minuto em cada uma. Posteriormente à fase de aquecimento, iniciou-se o teste com 8km.h⁻¹ e incrementos de 1km.h⁻¹ a cada dois minutos até a exaustão do atleta. A fase de recuperação durou quatro minutos e foi realizada com velocidades controladas a 60, 50, 40 e 30% da velocidade máxima atingida pelo atleta no teste. A percepção subjetiva ao esforço foi verificada em cada estágio do teste pela escala linear gradual de 15 pontos [6 a 20] de Borg¹⁵⁻¹⁹.

O limiar anaeróbio ventilatório dois (LV₂) foi detectado, utilizando-se os seguintes critérios de determinação: 1) menor valor do equivalente ventilatório de dióxido de carbono (V_E. $\dot{V}CO_2^{-1}$) e 2) maior F_ECO₂ ou PETCO₂, em exercício de intensidade progressiva²⁰.

A análise estatística dos dados foi realizada, calculando-se a média, o desvio-padrão e as variações mínima e máxima das variáveis analisadas²¹.

RESULTADOS E COMENTÁRIOS

O limiar anaeróbio (LA) é uma zona metabólica a partir do qual ocorre o desequilíbrio entre a produção e eliminação do ácido láctico. Sua determinação tem implicações práticas importantes na prescrição e avaliação dos efeitos do treinamento físico (TF), para atletas, em diversas modalidades esportivas.

Um LA elevado, ou seja, uma fração elevada do $\dot{V}O_{2\text{máx}}$, sem que haja acúmulo progressivo de ácido láctico no sangue, tem grandes implicações funcionais. Basicamente, o atleta está melhor preparado para realizar atividades energéticas de maior intensidade por períodos de tempo mais prolongados. Conseqüentemente, é, sem dúvida, uma vantagem o atleta que consegue utilizar uma percentagem alta do seu $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ sem entrar em acidose metabólica precoce.

Sabe-se que atletas em eventos de *endurance* são capazes de trabalhar por longos períodos de tempo a intensidades de exercício que resultam em níveis de ácido láctico sanguíneo no limite de seu LA³.

Acredita-se que a margem de aumento do LA, pelo TF, na capacidade para realizar exercício submáximo prolongado é mais ampla que o $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ ^{22,23}. Portanto, de acordo com estudos controlados, tem sido demonstrado que, tanto limiares ventilatórios como de lactato podem aumentar mais que o

$\dot{V}O_{2\text{máx}}$, após períodos de treinamentos²⁴⁻²⁶. Entretanto, outros estudos sobre treinamento demonstraram que os limiares ventilatório e de lactato aumentaram na mesma proporção do $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ ^{27,28}, ou não aumentaram²⁸.

OLA, em jogadores de futebol, tem sido verificado rotineiramente pelos métodos ventilatório (análise de gases expirados) ou metabólico (análise de concentrações fixas de ácido láctico). Entretanto, torna-se difícil fazer comparações entre eles, pois cada estudo utiliza procedimentos metodológicos e critérios de determinação diferentes, gerando dificuldades para estabelecer a relação entre trabalho e concentrações de ácido láctico ou mesmo variáveis ventilatórias²⁹⁻³³. Essas dificuldades foram encontradas por Shimizu *et al.*³⁴, que verificaram que a variação do $\dot{V}O_2$ no LA era devida ao tipo de protocolo de teste em 82% dos casos estudados; aos vários critérios e métodos de determinação em 14%; finalmente, a variabilidade em 4% devia-se à experiência dos especialistas.

Bangsbo³⁵ avaliou 60 jogadores dinamarqueses, considerados de elite, e utilizou uma concentração fixa de ácido láctico de 3,0mmol.L⁻¹, como a intensidade ótima de transição entre os metabolismos aeróbio e anaeróbio. Verificou que o LA médio do grupo encontrava-se a 80,7% do $\dot{V}O_{2\text{máx}}$, com variação entre 66,4 e 92,4%. Isso foi correspondente a uma velocidade média de corrida na esteira de 14,5km.h⁻¹ e 11,7km.h⁻¹, respectivamente (na posição horizontal e com inclinação de 5%). Ele também analisou o impacto da posição adotada pelos jogadores em campo sobre o LA e constatou que os laterais ou alas e os meio-campistas apresentaram valores semelhantes de LA (15,9 e 15,0km.h⁻¹), porém diferente e significativamente mais elevados do que os goleiros (13,8km.h⁻¹), os defesas-central (13,4km.h⁻¹) e os atacantes (13,6km.h⁻¹).

Em outro estudo realizado por Green³⁶, em jogadores de dois times australianos, não foi verificada diferença significativa no $\dot{V}O_2$ do LA (45,5 vs. 43,8ml.kg⁻¹.min⁻¹), o que representou 78% do $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ atingido. Entretanto, os jogadores mais qualificados atingiram o LA numa velocidade de corrida mais alta (14,5 vs. 13,1km.h⁻¹).

Bunc *et al.*⁵ verificaram, em futebolistas de seu país, percentagem de 80,5% do $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ no LA, resultado considerado por eles um pouco abaixo daqueles registrados em corredores de média e longa distância, altamente treinados. Entretanto, o mesmo valor foi verificado por Rhodes *et al.*³⁷, em jogadores do time olímpico do Canadá.

Nossos resultados demonstraram que os jogadores estavam bem condicionados aerobiamente, a capacidade de *endurance* submáxima (fração percentual do $\dot{V}O_{2\text{máx}}$) utilizada no LA estava bem desenvolvida. O valor médio da percentagem do $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ no LA foi de 86,7%, correspondente a um $\dot{V}O_2$ de 55,78ml.kg⁻¹.min⁻¹ (tabela 2), resultados superiores aos verificados por Bunc *et al.*⁵, Green³⁶ e Bangsbo³⁵, mas semelhantes aos de atletas bem condicionados em provas de *endurance*³⁸.

É importante ressaltar que alta potência aeróbia e uma porcentagem elevada de O₂ no LA (maior fração percentual de utilização de O₂) em futebolistas são alguns dos fatores considerados preditores de boa capacidade do organismo para tolerar a longa duração do jogo, com maior eficiência de movimento, sem se cansar rapidamente, pois seus músculos estarão melhor capacitados para extrair e utilizar um maior volume de oxigênio e, conseqüentemente, maior produção de energia durante a partida.

O consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2\text{máx.}}$) é definido como o volume máximo de O₂ que pode ser captado, transportado e utilizado ao nível do mar^{39,40}. Seu desdobramento no pulmão ocorre da seguinte forma: 1) por difusão, o O₂ passa para o sangue arterial; 2) no sangue, os eritrócitos (células vermelhas) transportam-no até a membrana celular do músculo; 3) por meio desta, o O₂ é transportado até as mitocôndrias; e 4) nestas, o O₂ exerce sua função através das reações químicas associadas ao metabolismo aeróbio⁴⁰. Ele tem sido tradicionalmente aceito como um dos melhores indicadores da capacidade para o exercício prolongado. Entretanto, alguns estudos⁴¹⁻⁴⁴ demonstraram que, em indivíduos saudáveis, as diferenças genéticas contribuem, significativamente, para sua variabilidade. Portanto, a modificação dessa variável metabólica, pelo treinamento, tem um limite biológico. Pode ser expresso em termos absolutos (LO₂.min⁻¹) ou relativos à superfície corpórea (mLO₂.kg⁻¹.min⁻¹). Em futebolistas, pela necessidade de transportar o peso corpóreo, é mais adequado utilizar medidas relativas.

Vários pesquisadores têm demonstrado resultados de ($\dot{V}O_{2\text{máx.}}$) e sua importância para o futebolista devido à longa duração do jogo. Nowacki, citado por Losada⁴⁵, encontrou nos jogadores da seleção alemã, finalista e ganhadora da Copa do Mundo de 1974, valores entre 66,0 e 68,0 e até mesmo 70,0ml.kg⁻¹.min⁻¹. Outros estudos não diferem muito desses apontados, apesar de apresentarem valores mais baixos. Recentemente, Rico-Sanz *et al.*⁴⁶ encontraram, em jogadores da

seleção de Porto Rico, valor médio de 69,2 ± 0,7ml.kg⁻¹.min⁻¹; Hollman *et al.*, citados por Dufour⁴⁷, verificaram consumos entre 65,0 e 67,0; Saltin e Astrand⁴⁸, 63,0; Ekblom⁴⁹, entre 60,0 e 65,0; Lacour e Flandrois, citados por Dufour⁴⁷, 63,0; Bunc *et al.*⁵, em jogadores de alto nível da Tchecoslováquia, 61,9ml.kg⁻¹.min⁻¹. Enquanto isso, outros verificaram valores médios abaixo de 60,0ml.kg⁻¹.min⁻¹. Caru *et al.*, citado por Ekblom⁴⁹, encontraram 56,0; Williams *et al.*⁵¹, 57,8; Agnevik, citado por Dufour⁴⁷, 58,6; Raven *et al.*, citado por Ekblom⁴⁹, 58,9; e Rhodes *et al.*³⁷, 58,7ml.kg⁻¹.min⁻¹.

Vários estudos têm demonstrado também o $\dot{V}O_{2\text{máx.}}$ em jogadores amadores de várias idades. Berg *et al.*⁵² e Bell⁵³ verificaram, em futebolistas com 12 anos de idade, valores entre 50,0 e 56,0ml.kg⁻¹.min⁻¹. Enquanto isso, valores entre 50,0 e 52,0ml.kg⁻¹.min⁻¹ foram observados por Caru *et al.*⁵⁴ em futebolistas entre 14 e 18 anos de idade. Entretanto, nessas mesmas idades, Jones e Helmes⁵⁵ encontraram valores mais elevados, entre 55,1 e 61,1ml.kg⁻¹.min⁻¹. Contudo, os valores mais expressivos e extremamente altos foram verificados por Apór⁵⁶, com média de 73,9ml.kg⁻¹.min⁻¹, em oito jogadores de 17 anos, pertencentes a clubes húngaros.

A variabilidade do $\dot{V}O_{2\text{máx.}}$ em futebolistas, independente da causa, é grande. Entretanto, alguns desses estudos foram realizados em bicicleta ergométrica, demonstrando, portanto, resultados mais baixos de $\dot{V}O_{2\text{máx.}}$. É sabido que valores de $\dot{V}O_{2\text{máx.}}$ obtidos em bicicleta são, em média, de 5 a 20% inferiores àqueles verificados em esteira⁵⁷⁻⁶⁰. Jogadores de futebol não estão adaptados àquele tipo de ergômetro, sendo mais adequada a utilização da esteira.

Nossos jogadores treinaram por dois meses, em preparação para o Campeonato Brasileiro de Futebol, temporada 1996, e o $\dot{V}O_{2\text{máx.}}$ médio do grupo de 18 atletas foi de 63,75 ± 4,93ml.kg⁻¹.min⁻¹ (variação de 55,95-73,21), muito próximo dos melhores resultados encontrados na literatura especializada em futebol (tabela 2). Isso demonstra que o volume de treinamento aeróbio realizado pelos atletas foi grande e eficiente

TABELA 2

Resultados da aptidão cardiorrespiratória e metabólica no limiar anaeróbio (LA) e no exercício máximo das variáveis ventilação pulmonar (V_E), consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$), frequência cardíaca (FC), consumo de oxigênio no limiar anaeróbio ($\dot{V}O_2$ -LA), percentagem do consumo máximo de oxigênio no limiar anaeróbio (% $\dot{V}O_2$), velocidade de corrida (km/h) e escala de percepção subjetiva ao esforço de Borg nos jogadores de futebol profissional (n = 18)

Limiar anaeróbio ventilatório					Exercício máximo			
$\dot{V}O_{2\text{STPD}}$ (ml/kg/min)	$\dot{V}O_2$ (%)	FC (bpm)	Veloc. (km/h)	$V_{E\text{BTSP}}$ (L/min)	$\dot{V}O_{2\text{STPD}}$ (ml/kg/min)	FC (bpm)	Veloc. (km/h)	Borg (pontos)
55,78	86,7	173,6	14,6	134,1	63,75	189,5	17,8	18,3
± 5,93	± 5,1	± 8,6	± 1,0	± 15,9	± 4,93	± 11,4	± 1,0	± 1,3
(42,70-59,65)	(72-92)	(164-190)	(13-16)	(110,6-172,6)	(55,95-73,21)	(174-210)	(16-19)	(17-20)

Os valores significam a média, o desvio-padrão e as variações mínima e máxima dos dados

para a maioria dos jogadores, influenciando favoravelmente o sistema transportador de oxigênio. Entretanto, discute-se se a variação desses valores em futebolistas, no transcorrer do ano competitivo, está relacionada com fatores como: nível de qualidade técnica das equipes⁵⁶, motivação, carga genética⁴¹⁻⁴⁴, esquema tático, efeito do treinamento e/ou as funções ocupadas pelos jogadores (os defesas laterais e os meio-campistas apresentaram valores idênticos entre si, o que também verificamos em nossos jogadores, porém, superiores aos das outras posições) ou mesmo se todos esses fatores juntos podem interferir nos resultados^{61,62}.

Na literatura especializada não encontramos um padrão de referência absoluto para o $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ em futebolistas. Notamos que as diferenças observadas nessa variável fisiológica são grandes; entretanto, as modificações nas ações táticas e técnicas somadas às inovações criadas pelas federações (reposição de bola mais rápida durante as partidas, tempo útil de bola em movimento mais longo e acréscimo de tempo por parte dos árbitros ao final dos jogos) configuram esse esporte, na atualidade, com um maior grau de intensidade e volume de esforço realizado pelos jogadores, o que, seguramente, tem modificado o padrão de solicitação física dos atletas.

O conceito de futebol moderno, total ou compacto, parece caminhar para a exigência de um padrão mínimo de $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ que atenda às necessidades energéticas imposta pelo tempo útil mais longo das partidas e ao maior grau de intensidade de movimentação dos futebolistas. Isso é de grande importância, pois o futebol é um esporte com característica intermitente e de longa duração, e o atleta precisa resistir de maneira adequada às solicitações energéticas aeróbias. Além do que, o desenvolvimento dessa variável metabólica no futebolista permitirá recuperação mais rápida, durante as atividades de baixa intensidade, dos sistemas energéticos anaeróbios alático (explosão muscular) e láctico (resistência à acidose), quando seus músculos forem frequentemente estimulados pelos exercícios intermitentes, de alta intensidade, durante o transcorrer da partida.

Estudos realizados por Johansen e Quistorff⁶³ com a técnica de ressonância magnética nuclear, em diversos grupos de atletas, demonstraram que a taxa de ressíntese da creatinafosfato (CP) era maior nos atletas com boa capacidade de *endurance* (aeróbia); ao contrário, era menor em atletas velocistas e indivíduos não treinados. Portanto, os resultados encontrados sugerem que a habilidade para recuperar rapidamente essa via metabólica produtora de energia é dependente de boa capacidade aeróbia. Assim, o treinamento aeróbio exerce efeito primário na melhoria da capacidade para suportar exercícios de longa duração e, secundariamente, aumenta a velocidade de recuperação dos fosfatos (ATP-CP), responsáveis pelo fornecimento de energia durante períodos de alta intensidade. Aumenta, ainda, a eficiência na remoção do ácido láctico sanguíneo nos momentos de repouso ativo e/ou diminuição na intensidade do exercício durante o jogo⁶⁴⁻⁶⁷.

Essa evidência foi comprovada por vários autores⁶⁸⁻⁷¹, que verificaram maior potencial oxidativo e número de capilares dentro do músculo, após treinamento aeróbio.

O futebol moderno exige um jogador rápido e forte, capaz de vencer resistências e suportar cargas intensas e, ao mesmo tempo, durante o jogo, manter elevado nível de rendimento na presença de fadiga. Portanto, o jogador atual deve ter força, velocidade, resistência e flexibilidade, de forma harmônica e conjugada. Entretanto, é importante lembrar que essas características não implicam, necessariamente, seja o futebolista um especialista em velocidade, que tenha a força de um halterofilista, a resistência de um maratonista e a flexibilidade de um bailarino. O futebol tem suas características próprias e suas relações são interdependentes. Um estudo feito por Weineck e citado por Bauer e Ueberle⁷² verificou que seus atletas internacionais, corredores de maratona, não suportavam mais que 15 minutos de um jogo de futebol, não porque lhes faltava capacidade cardiorrespiratória, mas, sim, especificidade.

Bunc *et al.*⁵⁰, levando em consideração seus resultados e os observados na literatura especializada, sugerem que alguns índices são fundamentais para o sucesso no futebol internacional: $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ maior que 62,0ml.kg.⁻¹.min⁻¹, velocidade máxima de corrida no teste ergométrico superior a 17,5km.h⁻¹, velocidade de corrida no limiar anaeróbio, acima de 14km.h⁻¹ e o $\dot{V}O_2$ no limiar anaeróbio maior que 81% do $\dot{V}O_{2\text{máx}}$. Coincidentemente, as observações feitas por Bunc *et al.*⁵⁰ foram verificadas em nosso grupo de atletas (tabela 2). Entretanto, Bunc *et al.*⁵⁰ alertam que esse possível sucesso atlético só acontecerá se houver o equilíbrio entre esses parâmetros.

Pelos resultados verificados até o presente e levando em consideração a dinâmica mais participativa dos atletas durante as partidas, pretensamente nos arriscamos a dizer que o valor mínimo de 60,0ml.kg.⁻¹.min⁻¹ parece ser razoável em futebolistas profissionais. Contudo, Rost e Hollmann⁷³ e Ekblom⁴⁹ acreditam que valores de $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ entre 65,0 e 67,0ml.kg.⁻¹.min⁻¹ parecem ser ideais para o futebolista correr eficientemente durante os 90 minutos de jogo. Entretanto, na opinião de Nowacki⁷⁴, valores acima de 70,0ml.kg.⁻¹.min⁻¹ ou, em níveis extremos, 85,0ml.kg.⁻¹.min⁻¹, tornam-se perigosos, pois podem comprometer a velocidade e a técnica dos jogadores. A observação de Nowacki⁷⁴ parece fazer sentido, pois, de acordo com observações feitas por Holloszy⁷⁵, há evidente diminuição do fluxo metabólico alático e láctico das fibras musculares quando o treinamento aeróbio é realizado de forma volumosa, diminuindo as concentrações sanguíneas de amônia e lactato. Portanto, a consequência é que os atletas diminuam a capacidade de suportar altas concentrações musculares desses metabólitos, ou seja, têm dificuldade em ativar a via glicolítica anaeróbia muscular de maneira eficiente durante o jogo; conseqüentemente, desenvolvem lentidão excessiva, ou seja, ficam muito resistentes aos esforços de longa duração, porém, pouco velozes⁷⁶⁻⁷⁸.

Essa resposta tem respaldo em estudos enzimáticos feitos por Boot e Thomason⁷⁹ e Duan e Winder⁸⁰, ao verificarem que um grande aumento no conteúdo mitocondrial pelo treinamento aeróbio de longa duração diminui a concentração e a atividade máxima de várias enzimas musculares (creatina-quinase, adenilato-quinase, adenosina-monofosfato-desaminase, adenilsuccinato-sintase e liase) envolvidas em exercícios de alta intensidade^{81,82}. Portanto, quando se emprega excessiva atividade aeróbia, há diminuição da concentração intracelular dos principais fatores alostéricos ativadores (adenosina-difosfato [ADP]; pirofosfato [pi]; adenosina-monofosfato [AMP]; ionosina-monofosfato (IMP) e amônia [NH₃⁺]) das enzimas glicogênio fosforilase, fosfofrutoquinase-1 e piruvato-quinase (principais enzimas reguladoras da via glicolítica anaeróbia), resultando em queda da atividade dessas enzimas e da própria via glicolítica^{80,83-85}. Conseqüentemente, os futebolistas têm dificuldade em ativar essa via metabólica, quando solicitada durante o jogo, pois à medida que o treinamento de longa duração (aeróbio) é mais enfatizado, maior é o efeito inibitório sobre a via glicolítica anaeróbia^{86,87}.

Concluindo, é importante salientar que ainda não há um consenso definido sobre quais são, efetivamente, os índices mais adequados para o LA e o $\dot{V}O_{2\text{ máx}}$ em futebolistas. Considerando-se alguns fatores, como: as características e posições dos jogadores, função tática, nível de treinamento e carga genética, os resultados podem variar significativamente. Entretanto, fundamentadas em resultados verificados na literatura, duas posições merecem destaque pela solicitação física do futebol moderno: os laterais ou alas e os meio-campistas. Essas duas posições exigem elevado desenvolvimento dessas duas variáveis fisiológicas, pois esses jogadores têm solicitação energética alta e contínua durante toda a partida, sendo necessária elevada velocidade de corrida e alta percentagem da fração do $\dot{V}O_{2\text{ máx}}$ no LA. Assim, considerando-se o futebol como uma atividade de característica intermitente, o desenvolvimento harmônico entre esses dois metabolismos (aeróbio e anaeróbio) é um dos fatores mais importantes a serem atingidos em jogadores de futebol.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Prof. Humberto Blancato pela correção gramatical do *abstract* deste estudo.

REFERÊNCIAS

- Holmer I. Maximum oxygen uptake in athletes. *J Appl Physiol* 1967; 23:353-8.
- Conley DL, Krahenbuhl GS. Running economy and distance running performance of highly trained athletes. *Med Sci Sports Exerc* 1980;12: 357-60.
- Costill DL. Metabolic responses during distance running. *J Appl Physiol* 1970;28:251-5.
- Tanaka K, Watanabe H, Konishi Y, Mitsuzono R, Tanaka S, Fukuda T, Nakadomo F. Longitudinal associations between anaerobic threshold and distance running performance. *Eur J Appl Physiol* 1986;55:248-52.
- Bunc V, Heller J, Leso J, Sprynarova S, Zdanowicz R. Ventilatory threshold in various groups of highly trained athletes. *Int J Sports Med* 1987; 8:275-80.
- Zacharogiannis E, Farrally M. Ventilatory threshold, heart rate deflection point and middle distance running performance. *J Sports Med Phys Fitness* 1993;33:337-47.
- Silva PRS, Visconti AM, Roldan A, Teixeira AAA, Seman AP, Lolla JCC, et al. Avaliação funcional multivariada em jogadores de futebol profissional – Uma meta-análise. *Acta Fisiátrica* 1997;4:65-81.
- Wilmore JH, Davis JA, Norton AC. An automated system for assessing metabolic and respiratory function during exercise. *J Appl Physiol* 1976; 40:619-24.
- Yazbek Jr P, Camargo Jr PA, Kedor HH, Saraiva JF, Serro-Azul LG. Aspectos propedêuticos no uso da ergospirometria. *Arq Bras Cardiol* 1985;44:291-5.
- Branson RD. The measurement of energy expenditure: instrumentation, practical considerations and clinical application. *Respir Care* 1990; 35:640-56.
- Kocache RMA, Swan J, Holman DF. A miniature rugged and accurate solid electrolyte oxygen sensor. *J Phys Environ Sci Instrum* 1984;17: 477-82.
- Higginbotham MB. Shortness of breath: Is it the heart or the lungs? Medical Graphics Corporation 1994;94130195a EN.
- Winter UJ, Hanrath P, Hilger HH. Ergospirometrie: Methodik und klinische anwendung. *Z Kardiol* 1994;83(Suppl 3).
- Hart JD, Withers RT. The calibration of gas volume measuring devices at continuous and pulsatile flows. *Aust J Sci Med Sport* 1996;28:61-5.
- Borg G. Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scand J Rehabil Med* 1970;2:92-6.
- Noble BJ. Clinical applications of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* 1982;14:406-11.
- Pandolf KB. Differentiated ratings of perceived exertion during physical exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1982;14:397-405.
- Eston RG, Williams JG. Reliability of ratings of perceived effort regulation exercise intensity. *Br J Sports Med* 1988;22:153-5.
- Laskay L, Loftin M, Eason R, Warren B. Use of perceived exertion in a field setting to indicate to exercise intensity at or near the ventilatory threshold. *Sports Training Med Rehabil* 1991;2:115-9.
- Bhambhani Y, Singh M. Ventilatory threshold during a graded exercise test. *Respiration* 1985;47:120-8.
- Glantz SA. Primer of biostatistics. 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 1992.
- MacDougal JD. The anaerobic threshold: its significance for the endurance athlete. *Can J Appl Sports Sci* 1977;2:137-40.
- Katch V, Weltman A, Sady S, Freedson P. Validity of the relative percent concept for equating training intensity. *Eur J Appl Physiol* 1978; 39:219-27.
- Davis JA, Frank MH, Whipp BJ, Wasseman K. Anaerobic threshold alterations caused by endurance training in middle-aged men. *J Appl Physiol* 1979;46:1039-46.
- Denis C, Dozmois D, Lacour JR. Endurance training, $\dot{V}O_{2\text{ máx}}$, and OBLA: a longitudinal study of two different groups. *Int J Sports Med* 1984;5:167-73.
- Mahon AD, Vaccaro P. Ventilatory threshold and $\dot{V}O_{2\text{ máx}}$ changes in children following endurance training. *Med Sci Sports Exerc* 1989; 21:425-31.

27. Ready AE, Quinney A. Alterations in anaerobic threshold as result of endurance training and detraining. *Med Sci Sports Exerc* 1982;14:292-6.
28. Thomas SG, Cunningham DA, Thompson J, Rechmitzer PA. Exercise training and ventilatory threshold in elderly. *J Appl Physiol* 1985;59:1472-6.
29. Yeh MP, Gardner RM, Adams TD, Yanowitz FG, Crapo RO. Anaerobic threshold: problems of determination and validation. *J Appl Physiol* 1983;55:1178-86.
30. Gladden LB, Yates JW, Stremel RW, Stamford BA. Gas exchange and lactate anaerobic thresholds: inter-and-intra-evaluator agreement. *J Appl Physiol* 1985;58:2082-9.
31. Gomes PSC. Effects of continuous and intermittent training on body composition and selected physiological parameters. A thesis for the degree of in doctor of philosophy. The University of Alberta, Edmonton, Alberta, Canada, 1989.
32. Dickstein K, Barvik S, Aarsland T, Snapinn S, Karlsson JA. Comparison of methodologies in detection of the anaerobic threshold. *Circulation* 1990;81:II-38-46.
33. Ribeiro JP. Limiares metabólicos e ventilatórios durante o exercício: Aspectos fisiológicos e metodológicos. *Arq Bras Cardiol* 1995;64:171-81.
34. Shimizu M, Myers J, Buchanan N, Walsh D, Kraemer M, McAnley P. The ventilatory threshold: method, protocol and evaluator agreement. *Am Heart J* 1991;122:509-16.
35. Bangsbo J. The physiology of soccer. *Acta Physiol Scand* 1994;151 (Suppl 619):5-155.
36. Green S. Anthropometric and physiological characteristics of South Australian soccer players. *Aust J Sci Med Sport* 1992;24:3-7.
37. Rhodes EC, Mosher RE, McKenzie DC, Frank IM, Potts JE. Physiological profiles of the Canadian Olympic soccer team. *Can J Appl Sports Sci* 1986;11:31-6.
38. Peronnet F, Thibault G, Rhodes EC, McKenzie DC. Correlation between ventilatory threshold and endurance capability in marathon runners. *Med Sci Sports Exerc Physiol* 1987;19:610-5.
39. Lamb DR. *Physiology of exercise*. New York: MacMillan Publishing, 1978:465.
40. Astrand PO, Rodahl K. *Textbook of work physiology: physiological bases of exercise*. 3rd ed. New York: McGraw Hill, 1986:605-10.
41. Klissouras V. Hereditability of adaptive variation. *J Appl Physiol* 1971;31:338-44.
42. Klissouras V. Prediction of athletic performance: genetic considerations. *Can J Appl Sports Sci* 1976;1:195-200.
43. Bouchard C, Lortie G. Heredity and endurance performance. *Sports Med* 1984;1:38-64.
44. Bouchard C, Lortie G, Lesage R. Aerobic performance in brothers, dizygotic and monozygotic twins. *Med Sci Sports Exerc* 1986;18:639-46.
45. Losada A. Clinical and instrumental profile of the cardiocirculatory system of a football player. In: Vecchiet L, editor. *First Congress on Sports Medicine Applied to Football*. Proceedings I e II. Roma, 1980:103-12.
46. Rico-Sanz J, Frontera WR, Rivera MA, Rivera-Brown A, Molé PA, Meredith CN. Effects of hyperhydration on total body water, temperature regulation and performance of elite young soccer players in a warm climate. *Int J Sports Med* 1996;17:85-91.
47. Dufour W. Processos de objetivação do comportamento motor. A observação em futebol. *Futebol em Revista* 1983:1.
48. Saltin B, Astrand PO. Maximal oxygen uptake in athletes. *J Appl Physiol* 1967;23:353-8.
49. Ekblom B. Applied physiology of soccer. *Sports Med* 1986;3:50-60.
50. Bunc V, Heller J, Prochazka L. Physiological characteristics of elite Czechoslovak footballers. In: *Final program and abstract book. Second World Congress on Science and Football*. Held in Eindhoven, the Netherlands, p. 149, 22-25, May, 1991. *J Sports Sci* 1992;10:139-205.
51. Williams C, Reid RM, Coutts R. Observations on the aerobic power of university rugby and professional soccer players. *Br J Sports Med* 1973;7:390-1.
52. Berg KE, La Voie JC, Latin RW. Physiological training effects of playing youth soccer. *Med Sci Sports Exerc* 1985;17:656-60.
53. Bell W. Physiological characteristics of 12 years old soccer players. In: Reilly T, Lees A, Davids K, Murphy WJ. *Science and football*. London/New York: E. & FN Spon, 1980:175-80.
54. Caru B, Le Coultre L, Aghemo P, Pineras-Limas F. Maximal aerobic and anaerobic muscular power in football players. *J Sports Med* 1970;10:100-3.
55. Jones A, Helmes P. Cardiorespiratory fitness in young British soccer players. In: Reilly T, Clarys J, Stibbe A. *Science and football II*, London/New York: E. & FN. Spon, 1993:298-303.
56. Apor P. Successful formulae for fitness training. *Science and football*. Ed. E. & FN. Spon, 1988:95-107.
57. Hermansen L, Saltin B. Oxygen uptake during maximal treadmill and bicycle exercise. *J Appl Physiol* 1969;26:31-7.
58. Miyamura M, Honda Y. Oxygen intake and cardiac output during maximal treadmill and bicycle exercise. *J Appl Physiol* 1972;32:185-8.
59. McKay GA, Banister EW. A comparison of maximum oxygen uptake determination by bicycle ergometry at various pedaling frequencies and treadmill running at various speeds. *Eur J Appl Physiol* 1976;35:191-200.
60. Pina IL, Balady GJ, Hanson P, Labovitz AJ, Madonna DW, Myers J. Guidelines for clinical exercise testing laboratories. A statement for healthcare professionals from the Committee on Exercise and Cardiac Rehabilitation, American Heart Association (AHA). *Circulation* 1995;9:912-21.
61. Rochongar P, Dassonville J, Lesassardy Y. Consommation maximale d'oxygène, lactacidémie et football. *Medicine du Sport* 1981;55:5-8.
62. Puga N, Ramos J, Agostinho J, Lomba I, Costa O. Physiological profile of a 1st. division Portuguese professional football team. In: Reilly, et al. editors. *Science and football II*. London: E. & FN, Spon, 1993:40-2.
63. Johansen L, Quistorff B. ³¹P-spectroscopy used for evaluating metabolic response during repeated maximal isometric contractions in different training groups (abstract). The 11th annual scientific meeting of the Society of Magnetic Resonance in Medicine, Berlin, August, 2709, 1992.
64. Donovan CM, Brooks GA. Endurance training affects lactate clearance, not lactate production. *Am J Physiol* 1983;244:E83-E92.
65. Donovan CM. Endurance training enhances lactate clearance during hyperlactatemia. *Am J Physiol* 1989;257:E782-E89.
66. Donovan CM, Pagliassotti MJ. Enhance efficiency of lactate removal after endurance training. *J Appl Physiol* 1990;68:1053-8.
67. MacRae HSH, Denis SC, Bosch AN, Noakes TD. Effects of training in lactate production and removal during progressive exercise in humans. *J Appl Physiol* 1992;72:1649-56.
68. Ivy JL, Sherman WM, Miller JM, Maxwell BD, Costill DL. Relationship between muscle QO_2 and fatigue during repeated isokinetic contractions. *J Appl Physiol* 1982;23:470-4.

-
69. Tesch PA, Wright JE. Recovery from short-term intense exercise: its relation to capillary supply and blood lactate concentration. *Eur J Appl Physiol* 1983;52:98-103.
70. Jansson E, Dudley GA, Norman B, Tesch PA. Relationship of recovery from intense exercise to the oxidative potential of skeletal muscle. *Acta Physiol Scand* 1990;139:147-52.
71. Denis C, Linossier MT, Dormois D, Padilla S, Geysant A, Lacour JR, Inbar. Power and metabolic responses during supramaximal exercise in 100 m and 800 m runners. *Scand J Med Sci Sports* 1992;2:62-9.
72. Bauer G, Ueberle H. Fútbol – factores de rendimiento, dirección de jugadores y del equipo. Ediciones Martinez Roca, 1988.
73. Rost R, Hollmann W. Athlete's heart, a review of its historical assessments and new aspects. *Int J Sports Med* 1983;147-65.
74. Nowacki PE. Die spiroergometrie in neun untersuchungssystem fur den spitzensport. *Leistungssport* 1971;2:37-51.
75. Holloszy JO. Adaptation of skeletal muscle to endurance exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1975;7:155-64.
76. Holloszy JO, Coyle EF. Adaptation of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. *J Appl Physiol* 1984;56: 831-8.
77. Brooks GA, Mercier J. Balance of carbohydrate and lipid utilization during exercise: the "crossover" concept. *J Appl Physiol* 1994;76: 2253-61.
78. Fitts RH. Cellular mechanisms of muscle fatigue. *Physiol Rev* 1994; 74:49-94.
79. Boot F, Thomason D. Molecular and cellular adaption of muscle in response to exercise: perspectives of various models. *Physiol Rev* 1991; 71:541-85.
80. Duan C, Winder WW. Effect of endurance training on activators of glycolysis in muscle during exercise. *J Appl Physiol* 1994;76:846-52.
81. Hochachka PW. Fuels and pathways as designed systems for support of muscle work. *J Exp Biol* 1985;115:149-64.
82. Sthathis CG, Febraio MA, Carey MF, Snow RJ. Influence of sprint training on human skeletal muscle purinnucleotide metabolism. *J Appl Physiol* 1989;67:83-7.
83. Lowenstein JM. The purine nucleotide cycle revised. *Int J Sports Med* 1990;11:S37-S46.
84. Brechue WF, Gropp KE, Ameredes BT, O'Drobinak DM, Stainsby WN, Harvey JW. Metabolic and work capacity of skeletal muscle of PFK-deficient dogs studied in situ. *J Appl Physiol* 1994;77:2456-67.
85. Tikkanen HO, Naveri HK, Harkonen MH. Alteration of regulatory enzyme activities in fast-twitch and slow-twitch muscles and muscles fibres in low intensity endurance trained rats. *Eur J Appl Physiol* 1995; 70:281-7.
86. Willians RS, Garcia-Moll M, Mellor J, Salmons S, Harlan W. Adaptation of skeletal muscle to increase contractile activity. *J Biol Chem* 1987;262:2764-7.
87. Kraus WE, Bernard TS, Willians RS. Interactions between sustained contractile activity on B-adrenergic receptors in regulation of gene expression in skeletal muscles. *Am J Physiol* 1989;256:C506-C14.