

Capacidade funcional, desempenho e solicitação metabólica em futebolistas profissionais durante situação real de jogo monitorados por análise cinematográfica*

Glydiston Egberto Oliveira Ananias¹, Eduardo Kokubun², Renato Molina³,
Paulo Roberto Santos Silva⁴ e José Roberto Cordeiro⁵

Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista (Unesp) e Seção de Fisiologia do Exercício do Departamento Médico da Associação Portuguesa de Desportos, SP, Brasil

RESUMO

Foi objetivo deste estudo caracterizar a relação entre o nível de aptidão física, desempenho e solicitação metabólica em futebolistas durante situação real de jogo. Seis jogadores de futebol profissional com média de idade de $20,8 \pm 2,6$ anos (17-25), peso $70,4 \pm 7,5$ kg (63-81,3) e altura $173,3 \pm 9,7$ cm (166-188), foram submetidos a testes de aptidão física em campo e análise cinematográfica durante a partida.

Os testes de aptidão física foram realizados em campo, com medições de lactato sanguíneo. A via metabólica alática foi avaliada por meio de cinco corridas na distância de 30m, em velocidade máxima, com pausa passiva de um minuto entre cada corrida. As concentrações de lactato foram medidas no 1º, 3º e 5º minuto após o término das cinco corridas.

Para detecção do limiar anaeróbio foram realizadas 3 corridas de 1.200m nas intensidades de 80, 85 e 90% da velocidade máxima para essa distância, com intervalo passivo de 15 minutos entre cada corrida. As dosagens de lactato san-

guíneo foram feitas no 1º, 3º e 5º minuto de repouso passivo após cada corrida.

Os futebolistas foram submetidos à filmagem individual durante o transcorrer do jogo e as concentrações de lactato foram medidas antes, no intervalo e no final da partida para análise da solicitação energética e metabólica, respectivamente. Os seguintes resultados foram verificados: 1) o limiar anaeróbio em velocidade de corrida, correspondente à concentração de lactato sanguíneo de 4mmol.L^{-1} foi encontrado aos $268 \pm 28\text{m.min}^{-1}$ ou $16,1 \pm 1,6\text{km.h}^{-1}$; 2) a velocidade média e a concentração de lactato máximo nas corridas de 30m foram de $6,9 \pm 0,2\text{m.s}^{-1}$ e $4,5 \pm 1,0\text{mmol.L}^{-1}$, respectivamente; 3) a distância total percorrida foi de $10.392 \pm 849\text{m}$, sendo $5.446 \pm 550\text{m}$ para o primeiro e $4.945 \pm 366\text{m}$ para o segundo tempo, respectivamente; 4) os valores médios encontrados nas concentrações de lactato sanguíneo foram de $1,58 \pm 0,37$; $4,5 \pm 0,42$ e $3,46 \pm 1,54\text{mmol.L}^{-1}$ antes, no intervalo do primeiro para o segundo tempo e ao final da partida, respectivamente; e 5) a distância média total atingida ao final das partidas pelos jogadores de meio-campo ($10.910 \pm 121\text{m}$) foi ligeiramente maior que a percorrida pelos atacantes ($10.377 \pm 224\text{m}$) e defensores ($9.889 \pm 102\text{m}$), mas não significativa. Houve correlação negativa ($r = -0,84$; $p < 0,05$) entre o limiar anaeróbio ($268 \pm 28\text{m.min}^{-1}$ ou $16,1 \pm 1,6\text{km.h}^{-1}$) e a concentração de lactato sanguíneo ($4,5 \pm 0,42\text{mmol.L}^{-1}$) no primeiro tempo do jogo. Portanto, os resultados sugerem que a capacidade aeróbia é um determinante importante para suportar a longa duração da partida e recuperar mais rapidamente os futebolistas dos esforços realizados em alta intensidade, com o desenvolvimento de concentrações de lactato sanguíneo menores ao final do primeiro e segundo tempo das partidas.

Palavras-chave: Jogador de futebol profissional. Limiar anaeróbio. Lactato. Distância percorrida. Medicina esportiva.

1. Fisicultor da Associação Portuguesa de Desportos.
2. Professor da Unesp.
3. Mestre em Fisiologia.
4. Fisiologista da Associação Portuguesa de Desportos.
5. Cardiologista e Vice-Presidente de Medicina da Associação Portuguesa de Desportos.

Endereço para correspondência:

Associação Portuguesa de Desportos – SP – Brasil
Departamento Médico – Seção de Fisiologia do Exercício
Glydiston Egberto Oliveira Ananias
Rua da Piscina, 33 – Canindé
03034-070 – São Paulo, SP
Tel. (011) 224-0400 – R-224/228
Fax (011) 228-8449

ABSTRACT

Functional capacity, performance and metabolic needs in professional soccer players during real match-play assessed by computer-video analysis

The purpose of this investigation was to characterize the relationship between the level of physical fitness, performance and metabolic needs in soccer players during a real match-play. Six professional soccer players aged 20.8 ± 2.6 years old (17-25), weight 70.4 ± 7.5 kg (63-81.3) and height 173.3 ± 9.7 cm (166-188) were submitted to a fitness test which was performed in the soccer field.

The players were assessed by a video-camera, in the field, during the match-play with lactate evaluation. The lactic metabolic pathway was evaluated by means of five 30 m sprints, in maximum velocity and one minute of passive pause between each sprint. The lactic acid concentrations were assessed at one, three and five minutes after the five sprints had been finished. To detect anaerobic threshold (AT), three 1,200 m races were performed at an intensity of 80, 85 and 90% from de maximum speed to that distance, with 5 minutes intervals between each running.

The soccer players underwent individual film recording by a video-camera, during the match-play and the lactic acid concentrations were assessed before, during the interval and at the end of the match, to analyze the metabolic and energetics expenditure. The following results were verified: 1) the AT at running, relationed to 4 mmol.L^{-1} lactic acid concentration, was found at $268 \pm 28 \text{ m.min}^{-1}$ or $16.1 \pm 1.6 \text{ km.h}^{-1}$; 2) the average speed and the maximum lactate concentration at 30m sprint were 6.9 ± 0.2 to $4.5 \pm 1.0 \text{ mmol.L}^{-1}$, respectively; 3) the total performed distance was $10,392 \pm 849 \text{ m}$, $5,446 \pm 550 \text{ m}$ was found in the first half of the match and $4,945 \pm 366 \text{ m}$ was found in the second half of the match; 4) the average values found in assessing blood lactate concentrations were 1.58 ± 0.37 ; 4.5 ± 0.42 and $3.46 \pm 1.54 \text{ mmol.L}^{-1}$; before, during the first to the second interval and at the end of the match, respectively; 5) the total average distance approached at the end of the matches by midfield players ($10,910 \pm 121 \text{ m}$) was slightly greater than the one reached by the forward players ($10,377 \pm 224 \text{ m}$) and defenders ($9,889 \pm 102 \text{ m}$), nevertheless, it was not significant. There was a negative correlation ($r = -0.84$; $p < 0.05$) among the AT ($268 \pm 28 \text{ m.min}^{-1}$ or $16.1 \pm 1.6 \text{ km.h}^{-1}$) and blood lactate concentration ($4.5 \pm 0.42 \text{ mmol.L}^{-1}$) in the first half of the match-play.

Thus, the results suggest that the aerobic capacity is an important determinant, which leads the soccer players to cover the long distance runnings in the matches, and be able to recover earlier from the high intensity effort with a lower development of blood lactic acid concentrations in the whole match-play.

Key words: Professional soccer players. Lactate. Anaerobic threshold. Covered distance. Sports medicine.

INTRODUÇÃO

Estudos arqueológicos permitem afirmar que um jogo de bola praticado com os pés era conhecido no Egito e Babilônia há mais de 30 séculos, cujas descrições de origem variam, segundo alguns autores e estudiosos da matéria.

O futebol com suas características atuais surgiu por volta de 1860 (século XIX). A *Federation International of Football Association* (FIFA), entidade que governa esse esporte, foi fundada em 1904 e congrega a filiação de mais de 150 países. Portanto, o futebol é um esporte universal¹.

O futebol é um esporte dinâmico, que requer elevado grau de habilidade técnica, alto nível de aptidão atlética e apurada disciplina tática. A essência desse esporte é a mesma em todo o mundo. Entretanto, as diferenças nas necessidades físicas da época presente, comparadas ao passado, são evidentes. Apesar de ter ultrapassado a barreira dos 130 anos, há ainda muita controvérsia sobre os requerimentos fisiológicos, nível ótimo de treinamento e os métodos de condicionamento físico utilizados no futebol.

Segundo Tumilty¹, possíveis razões incluem: a) ênfase em demasia dada à habilidade técnica do futebolista; b) negligência no desenvolvimento das qualidades físicas importantes para o jogador; c) dificuldade de aceitação da introdução de metodologias científicas e d) conservadorismo exagerado de alguns preparadores físicos e técnicos, que treinam seus futebolistas (igualmente quando eles eram jogadores de futebol) sem critério e/ou fundamentação científica.

Ao enfatizarmos alguns fatores observados em estudos científicos sobre atletas de alto rendimento, pode-se verificar, cada vez mais, a importância da ciência aplicada ao desenvolvimento e/ou aperfeiçoamento da *performance* atlética. Para que haja crescimento e evolução no futebol como em outros esportes, é necessário que os profissionais dirijam sua atenção para estudos científicos, pois, somente baseando-se em critérios muito bem fundamentados poderemos utilizar estratégias mais seguras e dar melhores condições de apoio ao atleta.

Sendo o futebol um esporte no qual a vitória é um aspecto muito importante, temos que nos assegurar de que a porcentagem de acertos seja a maior possível. Se há um planejamento bem delineado e alicerçado em conceitos bem definidos, então, podemos cobrar resultados.

Nosso estudo procurou trazer através de duas metodologias (videofilmmagem e dosagens de lactato sanguíneo) informações que possam qualificar melhor as necessidades de treinamento e o aperfeiçoamento do desempenho físico de jogadores de futebol, fora e dentro de campo.

OBJETIVO

O propósito deste estudo foi verificar o perfil dos jogadores de futebol, analisado por meio de teste de aptidão física, em campo, relacionado à capacidade funcional, desempe-

no energético e solicitação metabólica pela verificação da concentração de lactato sanguíneo e análise cinematográfica, monitorados em situação real de jogo.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram estudados seis jogadores de futebol profissional, todos do sexo masculino, com média de idade de $20,8 \pm 2,6$ anos (17-25), peso $70,4 \pm 7,5$ kg (63-81,3) e estatura de $173,3 \pm 9,7$ cm (166-188). Previamente ao início do estudo, os jogadores foram submetidos a três fases de avaliação, por meio de protocolo elaborado pelo o laboratório de biodinâmica da Universidade Estadual Paulista (Unesp). Os testes foram divididos em três etapas: na primeira, com o objetivo de medir a eficiência do metabolismo anaeróbio alático, os jogadores realizaram cinco corridas na distância de 30m, em velocidade máxima e com pausa passiva de um minuto entre cada corrida. Foram coletadas amostras de sangue para análise da concentração de lactato sanguíneo máximo no 1º, 3º e 5º minuto após o término das cinco corridas; e na segunda, com a finalidade de verificar o limiar anaeróbio, os futebolistas realizaram três corridas na distância de 1.200m, com velocidades preestabelecidas nas intensidades de 80, 85 e 90% da velocidade máxima para esse percurso, com intervalo de recuperação passiva de, no mínimo, 15 minutos entre cada corrida. O teste foi realizado em pista de atletismo de 400m, na qual o ritmo foi controlado por meio de um apito a cada 100m. Foram coletadas amostras de sangue para análise de lactato sanguíneo no 1º, 3º e 5º minuto de repouso entre as corridas. O critério utilizado para a determinação do limiar anaeróbio foi a interpolação linear da velocidade média de corrida correspondente à concentração de lactato sanguíneo de 4mmol.L^{-1} . Em todos os testes, o sangue arterial do lóbulos de orelha foi coletado sem hiperemia, em tubo capilar heparinizado e calibrado para $25\mu\text{l}$ e imediatamente diluído em $50\mu\text{l}$ de solução de fluoreto de sódio (1%) mantido em gelo. As amostras foram colhidas em tubos de plástico tipo Eppendorf e mantidas em gelo para posterior análise por meio de método eletroquímico pelo aparelho da marca *Yellow Spring, Inc., USA*, modelo *YSL 2300 STAT*. A terceira etapa deste estudo objetivou analisar o desempenho energético e metabólico dos futebolistas em situação real de jogo. Cada jogador foi observado por meio de filmagem durante toda a sua atuação na partida através de câmera de vídeo. As filmagens foram padronizadas de maneira que permitissem identificar facilmente a localização do futebolista. Portanto, foram padronizados a filmagem, o jogador e as linhas (medidas) do campo para serem utilizadas como referências de localização. Esse procedimento foi utilizado para permitir a verificação do deslocamento total ao final do jogo (distância percorrida). As fitas dos jogos foram reproduzidas na condição de *slow motion* em monitor de TV de 20 polegadas e videocassete de 4 cabeças com velocidade de 1:6. Todas as

variáveis foram obtidas com auxílio de um programa de computador desenvolvido pela Universidade Estadual Paulista (Unesp) *Campus* de Rio Claro – SP. A posição do jogador foi plotada na tela do computador a cada segundo, em representação do campo de futebol numa escala de 5 metros em dimensões reais (99m x 60m). A cada minuto (60 pontos) passava-se para a tela seguinte e assim sucessivamente até o último minuto da partida analisada. A posição dos jogadores foi transformada em coordenadas cartesianas. As distâncias foram calculadas através do teorema de Pitágoras para triângulos retângulos. A solicitação metabólica em situação real de jogo foi medida por meio de lactato sanguíneo, antes do jogo após aquecimento, no intervalo do primeiro para o segundo tempo e ao final da partida.

Análise estatística: Todos os dados estudados foram submetidos ao teste de correlação linear de Pearson, coeficiente de Spearman e ao teste *t* de Student para determinação de correlação e diferença significativa entre todas as variáveis analisadas³.

RESULTADOS

Testes de campo: A velocidade média atingida na distância de 30m foi de $6,9 \pm 0,2\text{m.s}^{-1}$ ou $24,8\text{km.h}^{-1}$, com variação mínima e máxima de $6,6$ a $7,1\text{m.s}^{-1}$ ($23,7$ - $25,5\text{km.h}^{-1}$), respectivamente (tabela 3). A concentração média de lactato sanguíneo ao final de cinco corridas de 30m foi de $4,5 \pm 1,0\text{mmol.L}^{-1}$, com variação mínima e máxima de $3,4$ a $6,3\text{mmol.L}^{-1}$, respectivamente (tabela 3). O limiar anaeróbio foi considerado no ponto em que a concentração fixa de lactato sanguíneo alcançou 4mmol.L^{-1} e ocorreu numa velocidade média de corrida de $268 \pm 28\text{m.min}^{-1}$ ou $16,1 \pm 1,6\text{km.h}^{-1}$,

TABELA 1
Distância total percorrida em metros (m) ao final do primeiro e segundo tempo de uma partida de futebol verificada neste estudo

Futebolista	Distância percorrida (m)			
	Nº	Primeiro tempo	Segundo tempo	Total
1		5.380	4.673	10.053
2		6.232	5.535	11.767
3		4.632	4.534	9.166
4		5.121	5.098	10.219
5		5.526	5.086	10.612
6		5.788	4.748	10.536
N = 6		5.446*	4.945	10.392
		± 550	± 366	± 849
		(4.632-6.232)	(4.534-5.535)	(9.166-11.767)

Teste *t* pareado 1º vs. 2º tempo de jogo; * $p < 0,05$.

Os resultados representam a média, o desvio-padrão e as variações mínima e máxima.

com variação mínima e máxima de 237 a 298 m.min⁻¹ (14,2-17,9km.h⁻¹), respectivamente (tabela 3).

Distância percorrida na partida: A distância média alcançada pelos jogadores ao final do primeiro e segundo tempo da partida foi significativamente diferente ($p < 0,05$) 5.446 ± 550m e 4.945 ± 336m, respectivamente (tabela 1). A variação mínima e máxima do primeiro tempo foi de 4.632 a 6.232m e a do segundo tempo, de 4.534 a 5.535m, respectivamente (tabela 1). Ao final do jogo, a distância média total (1º e 2º tempo) foi de 10.392 ± 849m, com variação mínima e máxima de 9.166 a 11.767m, respectivamente (tabela 1).

Concentração de lactato sanguíneo durante a partida: A concentração média de lactato sanguíneo verificada no iní-

cio, logo após a fase de aquecimento dos futebolistas, foi de 1,58 ± 0,37mmol.L⁻¹, com variação de 1,3 a 2,3mmol.L⁻¹, respectivamente (tabela 2). A segunda medida foi realizada após o término do primeiro tempo da partida, fase denominada de intervalo, e o lactato médio foi de 4,50 ± 0,42mmol.L⁻¹, com variação de 3,9 a 5,0mmol.L⁻¹, respectivamente (tabela 2). A última medida foi realizada logo após o final do jogo e a concentração média foi de 3,46 ± 1,54mmol.L⁻¹, com variação de 2,6 a 6,6mmol.L⁻¹, respectivamente (tabela 2).

DISCUSSÃO

A metodologia de registro do desempenho físico por análise cinematográfica, utilizando-se vídeo e computador, é um meio eficaz que permite através das informações desenvolver o programa de treinamento físico dos futebolistas com maior precisão, pois é possível quantificar, em volume e intensidade, os vários ritmos que caracterizam o rendimento do jogador de futebol durante uma partida em tempo real.

Os testes de aptidão física, realizados em campo e laboratório de fisiologia, são de grande importância, pois permitem o controle evolutivo e corrigem possíveis deficiências ao longo do treinamento dos jogadores. Portanto, é um meio adequado de controlar melhor a evolução das valências físicas necessárias aos jogadores, com exercícios de melhor qualidade, preservando sobretudo a integridade física do futebolista. Em nosso estudo, podemos verificar índices de aptidão física importantes para jogar futebol com elevado rendimento atlético. O limiar anaeróbio (LA) determinado quando a concentração de lactato sanguíneo atingiu 4mmol.L⁻¹, em campo, foi superior à média encontrada em jogadores de basquete, futebol de campo e de futsal, respectivamente⁴⁻⁶.

O LA é uma zona metabólica a partir da qual ocorre um desequilíbrio entre a produção e a eliminação do lactato. A sua determinação, seja por troca ventilatória (ergoespirometria) ou por dosagem de lactato, tem implicações práticas importantes na prescrição e avaliação dos efeitos do treinamento físico para atletas em diversas modalidades esportivas. No futebol, a detecção do LA tem sido verificada rotineiramente pelos dois métodos. Ambos são válidos e apresentam elevado grau de correlação quando comparados⁷⁻¹⁰.

Em nosso estudo, a velocidade média de 268m.min⁻¹ ou 16,1km.h⁻¹, verificada no LA, foi superior aos achados de Bangsbo¹⁰, que avaliou 60 jogadores dinamarqueses considerados de elite, verificou a velocidade média de 14,5km.h⁻¹ a uma concentração fixa de lactato sanguíneo a 3,0mmol.L⁻¹, em teste realizado na esteira, na posição horizontal (sem inclinação). Entretanto, quando dividiu os jogadores por posição, encon-

TABELA 2
Concentração de lactato sanguíneo no início, intervalo e final de partida verificada em seis jogadores de futebol profissional analisados neste estudo

Futebolista	Lactato (mmol.L ⁻¹)			
	Nº	Início	Intervalo	Final
1		1,4	4,7	3,0
2		1,4	3,9	2,7
3		1,3	4,8	2,6
4		1,4	4,5	6,6
5		2,3	4,1	3,0
6		1,7	5,0	2,9
N = 6		1,58 ± 0,37 (1,3-2,3)	4,50 ± 0,42 (3,9-5,0)	3,46 ± 1,54 (2,6-6,6)

Os resultados representam a média, o desvio-padrão e as variações mínima e máxima.

TABELA 3
Resultados dos testes de campo na distância de 30m (velocidade e lactato sanguíneo) e limiar anaeróbio em velocidade de corrida a concentração fixa de lactato a 4mmol.L⁻¹ nesse grupo de futebolistas profissionais avaliados

Futebolista	Velocidade (m.s ⁻¹ km.h ⁻¹)		Lactato (mmol.L ⁻¹)	Limiar anaeróbio (m.min ⁻¹ km.h ⁻¹)		
	Nº	30m	30m	4mmol.L ⁻¹		
1		7,1	25,5	3,6	238	14,3
2		6,8	24,5	4,6	298	17,9
3		6,8	24,5	3,4	259	15,5
4		7,1	25,5	4,8	298	17,9
5		7,1	25,5	4,6	281	16,9
6		6,6	23,7	6,3	237	14,2
N = 6		6,9 ± 0,2 (6,6-7,1)	24,8 ± 0,7 (23,7-25,5)	4,5 ± 1,0 (3,4-6,3)	268 ± 28 (237-298)	16,1 ± 1,6 (14,2-17,9)

Os resultados representam a média, o desvio-padrão e as variações mínima e máxima.

trou resultados semelhantes aos nossos, ou sejam, 16,1 vs. 15,9km.h⁻¹. Em outro estudo, realizado por Green¹¹, foi confirmado que jogadores mais qualificados atingiram valores de LA, em velocidade de corrida, mais altos, sendo este um índice de grande importância para qualificar o grau de aptidão física do futebolista. Na opinião de Bunc *et al.*¹², para jogadores de futebol atingirem um bom condicionamento físico para a prática desse esporte, em nível competitivo, necessitam ter índices de LA, em velocidade de corrida, superiores a 14 km.h⁻¹. Além disso, com relação ao rendimento físico, quanto maior a percentagem do VO₂ em relação ao VO₂max., no LA, maior a probabilidade de sucesso físico durante a partida, pois essas duas condições são alguns dos fatores considerados preditores de uma boa capacidade do organismo para tolerar a longa duração do jogo, com maior eficiência de movimento, sem que o jogador canse rapidamente.

Outra avaliação importante utilizada neste estudo foi o teste na distância de 30m. A velocidade média nas corridas de 30m (6,9 ± 0,2m.s⁻¹ ou 24,8 ± 0,7km.h⁻¹) foi menor que a encontrada nos estudos de Kokubun & Daniel⁴; Chelles⁵ e Molina⁶, realizados em jogadores de basquete, futebol de campo e futsal, respectivamente. No entanto, foi superior à média encontrada nesse mesmo tipo de teste realizado em jogadores da seleção nacional da Jamaica 6,6 ± 0,16m.s⁻¹ (dados não publicados).

A concentração de lactato ao final das corridas de 30m (4,5 ± 1,0mmol.L⁻¹) foi inferior, quando comparada à média dos jogadores de basquete, futebol de campo e futsal, respectivamente⁴⁻⁶.

De acordo com Fohrenbach *et al.*¹³, o desempenho nas corridas de 30m com um minuto de pausa, em jogadores de futebol com melhor condicionamento físico aeróbio, apresenta concentração de lactato menor e mais velocidade. Nas corridas de 30m, o tempo de esforço é pequeno para que ocorra eficientemente a ativação da via glicolítica anaeróbia. Além disso, o tempo de recuperação de um minuto é longo, havendo portanto a reposição das reservas de fosfagênios (ATP-CP). É importante ressaltar que alguns autores¹⁴⁻¹⁷ verificaram que níveis elevados de potência aeróbia exercem importante papel na recuperação mais rápida da energia proveniente do sistema fosfagênio (ATP-CP), responsável por considerável fornecimento de energia

durante períodos de alta intensidade, como também remoção mais eficiente do lactato nos momentos de repouso ativo e/ou diminuição da intensidade do exercício. Porém, após várias corridas nessa distância, em alta intensidade, as reservas de fosfagênios (ATP-CP) musculares diminuem significativamente, induzindo à participação da via glicolítica anaeróbia e, conseqüentemente, aumento da produção de lactato. Contudo, jogadores que apresentam potência aeróbia bem desenvolvida produzem menos lactato em qualquer intensidade de exercício¹⁸. Essa afirmação confirma os resultados mostrados neste estudo, pois índices de LA, em velocidade de corrida, foram relativamente altos para a categoria e, ao contrário, os valores de concentrações de lactato sanguíneo foram relativamente baixos nas corridas de 30m quando comparados a outros estudos. A justificativa para essa baixa concentração de lactato sanguíneo talvez tenha sido o grande volume de treinamento aeróbio realizado por esses jogadores, inibindo conseqüentemente a via metabólica láctica (ver tabela 3).

Um dos meios utilizados para estimar a solicitação energética requerida pela intensidade de esforço durante uma partida de futebol é a verificação da distância total percorrida ao final de um jogo. Portanto, alguns autores preocuparam-se em investigar o quanto um jogador de futebol se desloca em campo durante uma partida (ver quadro 1). Em adição, alguns estudos direcionaram seus objetivos para descobrir o tempo gasto, o número de deslocamentos e a percentagem desses movimentos em condições de baixa e alta intensidade durante a partida.

A história científica e esportiva registrou, por meio de Winterbottom (1959), que foi citado por Bangsbo¹⁰, a primeira tentativa de verificar qual era a distância percorrida por jogadores de futebol profissional durante a partida. Seus estudos verificaram uma distância média de 3.361m, enquanto Wade¹⁹ encontrou valores que variaram de 1.600 a 5.486m.

QUADRO 1
Distância percorrida e métodos utilizados por vários autores para a verificação do desempenho físico em jogadores de futebol

Autor do estudo	Nº de futebolistas analisados	Distância percorrida (m)	Método utilizado
1) Knowles & Brooke ⁵⁸	40	4.834	Anotação manual
2) Smaros ⁵²	7	7.100	Câmeras de TV (2)
3) Reilly & Thomas ²⁸	40	8.680	Videoteipe
4) Ekblom ²⁰	10	9.800	Anotação manual
5) Ohashi <i>et al.</i> ²⁹	2	9.845	Trigonometria (2 câmeras)
6) Van Gool <i>et al.</i> ²³	7	10.245	Filmagem
7) Bangsbo <i>et al.</i> ³⁰	14	10.800	Vídeo (24 câmeras)
8) Saltin ³¹	9	10.900	Filmagem
9) Zelenka <i>et al.</i> ⁵⁶	1	11.500	Não revelado
10) Withers <i>et al.</i> ²²	20	11.527	Videoteipe
11) Ohashi <i>et al.</i> ⁵⁷	50	11.529	Trigonometria

Com o decorrer dos anos, o aparecimento de técnicas de análise mais precisas, a evolução tática e, principalmente, física dos futebolistas, essas distâncias médias aumentaram.

Agnevik (1970), citado por Ekblom²⁰, após investigar jogadores da primeira e segunda divisões da Suécia, encontrou distância média de 10.200m. Resultados semelhantes foram encontrados por Whitehead²¹, em futebolistas da primeira e segunda divisões da Inglaterra, com valores de 13.500 e 11.200m, respectivamente.

Ao analisar jogadores profissionais da Austrália, Withers²² encontrou média de 11.500m para distância percorrida durante a partida, sendo 18,8% realizados em alta intensidade. O mesmo autor e colegas, em 1982, verificaram que os jogadores que atuaram no meio-campo percorreram uma distância maior em relação aos defensores e atacantes, ou seja, 12.194m, 10.169m e 11.766m, respectivamente.

No presente estudo, a distância total média atingida pelos jogadores durante jogo foi de 10.392 ± 849 m. Esse resultado está próximo dos encontrados por vários autores^{20,22-24} em jogadores de futebol profissional de outros países e muito superior aos encontrados em jogadores de basquetebol e futsal⁴⁻⁶.

O estudo de Mayhew & Wenger²⁵ analisou dois jogadores que atuavam na posição de meio-campo em uma equipe norte-americana. Os dois futebolistas foram filmados por uma câmera, cada um, durante 42 minutos. As observações foram realizadas e passadas diretamente do vídeo para o computador. A técnica utilizada possibilitou estimar: a) o tempo gasto em cada atividade; b) o número de intervenções físicas da partida; e a c) percentagem total do tempo gasto nos vários tipos de movimentos. Eles classificaram a movimentação dos futebolistas da seguinte maneira: 1) parado (sem movimento); 2) andando (avanços, passos laterais e para trás); 3) trotando (corrida lenta em que o jogador não tinha objetivo específico); 4) correndo (combinação entre passo largo e corrida com objetivo e grande esforço) e 5) utilitários (combinação de corridas para trás, combinada lateral e salto).

As observações do trabalho de Yamanaka *et al.*²⁶ foram feitas utilizando-se 49 jogadores, divididos em três grupos (A, B e C) e filmados durante toda a partida. Os movimentos foram classificados como: 1) parado; 2) andando; 3) trotando (em condição de corrida a baixa velocidade); 4) correndo (corrida com objetivo definido e intermediária entre corrida apressada e rápida); e por fim 5) corrida em alta velocidade.

Mais recentemente, D'Ottavio & Tranquilli²⁷ analisaram um futebolista, meio-campista da seleção italiana sub-21. Nesse estudo, foram utilizadas duas câmeras que registraram as imagens. Através de um *software* calculou-se a distância percorrida em quilômetros e os vários tipos de deslocamentos. Eles classificaram a movimentação desse atleta da seguinte maneira: 1) parado; 2) andando a $5\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$; 3) corrida lenta a velocidade de $11\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$; 4) corrida média a $15\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$; 5) corrida a passo largo a $18\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$; 6) corrida rá-

pida a $21\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$; 7) *sprint* a $24\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$; 8) *sprint* máximo a $27\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$; corrida em retrocesso de 3 a $21\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ e lateral de 0 a $21\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$. Ao final da partida, os cálculos mostraram que esse futebolista percorreu a distância de 12.060m.

A média da distância percorrida pelos futebolistas no presente trabalho, durante o primeiro e o segundo tempo, foi de 5.446 ± 550 m e 4.945 ± 366 m, respectivamente. Encontrou-se diferença significativa ($p < 0,05$) nas distâncias percorridas entre os dois períodos (ver tabela 1). Essa diferença está de acordo com os resultados obtidos por Reilly & Thomas²⁸, Ohashi *et al.*²⁹; Van Gool *et al.*²³ e Bangsbo *et al.*¹⁰. Esses resultados sugerem que há um declínio do rendimento físico ao final da partida. Isso pode ser provocado por uma diminuição na concentração de glicogênio muscular, que pode ocorrer já no primeiro tempo do jogo, como observou Salatin³¹.

Quando analisamos o desempenho dos jogadores, de acordo com a posição (defensor, meio-campista e atacante) adotada na partida, encontramos diferença na distância percorrida entre eles. Os futebolistas meio-campistas apresentaram resultados maiores que os dos atacantes e defensores (10.910 ± 121 m; 10.377 ± 224 m e 9.889 ± 102 m, respectivamente). Esses valores são semelhantes aos encontrados por Ekblom²⁰ e Van Gool *et al.*²³ em jogadores profissionais da Suécia e universitários da Bélgica, respectivamente. Portanto, a variação de movimentos e a distância total percorrida pelo jogador ao final do jogo é de grande utilidade para orientar a carga de treinamento físico semanal realizada por esses atletas.

A metodologia de videofilmagem das atividades realizadas numa partida de futebol tem a vantagem de estabelecer o percurso total e/ou partes deste, facilitando a avaliação e trazendo informações que podem ser canalizadas para melhor qualificar o treinamento diário do futebolista.

Outro meio utilizado para se verificar a resposta metabólica e o conseqüente dispêndio energético de futebolistas durante uma partida de futebol tem sido a dosagem de lactato sanguíneo, que é produzido durante exercício de alta intensidade. Entretanto, a questão é saber quanto de energia é derivada da glicólise e sua conseqüente formação de lactato para o rendimento do futebolista. A concentração desse metabólito no sangue representa o balanço entre a produção e a remoção. Quando ele é medido, estamos tentando avaliar a sua concentração como indicador de produção.

Entretanto, vários fatores devem ser considerados. O lactato é metabolizado dentro dos músculos ativos após exercício de alta intensidade^{32,33}. Contudo, nem todo o lactato liberado pelos músculos ativos vai para a corrente sanguínea, pois determinada concentração está sendo distribuída a taxas elevadas para outros tecidos como o coração, fígado, rins e músculos inativos³².

Outro problema está relacionado à duração do exercício intenso, que pode ser curto, para provocar considerável au-

mento do lactato. Boobis³⁴ observou que a concentração de lactato dentro do músculo aumentou aproximadamente $7\text{mmol.kg}^{-1}.\text{w.w}$ ($\pm 10\text{mmol.L}^{-1}$) durante um *sprint* de 6 segundos, enquanto a concentração verificada no sangue foi somente de $1,8\text{mmol.L}^{-1}$ e no período de recuperação não passou de 5mmol.L^{-1} .

Alguns autores acreditam³⁵⁻³⁹ que a baixa concentração de lactato no sangue é, provavelmente, devida a uma limitada liberação e a um grande espaço de difusão para o seu deslocamento, já que, comparativamente, a sua concentração é bem maior no músculo que no sangue, tanto em exercício submáximo como no máximo⁴⁰⁻⁴⁵.

Na maioria dos estudos em que os pesquisadores dosaram a concentração de lactato sanguíneo em situação de jogo, encontrou-se um valor menor no segundo, comparado ao primeiro tempo da partida^{46,47}. Resultados semelhantes foram encontrados em nosso estudo. As concentrações verificadas para os dois tempos foram de $4,50 \pm 0,42$ vs. $3,46 \pm 1,54$ mmol.L^{-1} , respectivamente. Entretanto, a justificativa para essa diminuição, na segunda metade do jogo, está relacionada, segundo Bangsbo¹⁰, a menor distância atingida ($4,7$ vs. $5,4\text{km}$) e à menor realização de corridas em alta intensidade ($0,83$ vs. $1,24\text{km}$), no segundo tempo da partida. Uma resposta cardiovascular mais baixa também parece acontecer em decorrência disso, como, por exemplo, uma diminuição de 10 batimentos na frequência cardíaca. Além disso, a baixa concentração de glicogênio muscular é um fator potencial para a diminuição do desempenho físico dos futebolistas⁴⁸.

O glicogênio muscular exerce importante papel em exercícios ou atividades que solicitem elevada percentagem do consumo máximo de oxigênio ($\text{VO}_2\text{max.}$). Sendo assim, as reservas de glicogênio começam a diminuir significativamente. A sua utilização varia de acordo com tipo de modalidade esportiva, estado de treinamento, proporção utilizada de fibras de contração lenta e rápida e suas reservas iniciais^{48,49}.

Reilly⁵⁰ afirma que ocorre um declínio nos níveis de glicogênio muscular no 1º tempo da partida, predominantemente nas fibras de contração lenta⁵¹, sugerindo que o metabolismo aeróbio pode atuar por longo período utilizando glicogênio muscular para produzir energia. Portanto, desde que a solicitação pelo metabolismo aeróbio no futebol é considerada elevada, é de grande importância aumentar as reservas de glicogênio antes da partida²⁰⁻⁴⁸.

Jacobs *et al.*, citados por Ekblom²⁰, observaram após uma partida de futebol que a reposição do glicogênio era muito baixa, mesmo após 48 horas. Os autores atribuíram esses valores à baixa concentração de carboidratos na dieta dos futebolistas.

Apesar da dificuldade para medir a concentração do lactato real no músculo e no sangue, tem sido observada uma grande variação deste último, em futebolistas durante o jogo. Entretanto, valores acima de 10mmol.L^{-1} de lactato sangüí-

neo têm sido verificados na literatura especializada. Agnevik, citado por Ekblom²⁰, verificou em jogadores da primeira divisão da Suécia, ao final do jogo, concentração entre 10 e $15,5\text{mmol.L}^{-1}$; Ekblom²⁰, encontrou ao final do primeiro e segundo tempo de partidas de futebol, em quatro divisões da liga sueca, as seguintes concentrações de lactato sangüíneo médias e variações: primeira ($9,5$ [$6,9-14,3$]) vs. ($7,2$ [$4,5-10,8\text{mmol.L}^{-1}$]); segunda ($8,0$ [$5,1-11,5$]) vs. ($6,6$ [$3,1-11,0\text{mmol.L}^{-1}$]); terceira ($5,5$ [$3,0-12,6$]) vs. ($4,2$ [$3,2-8,0\text{mmol.L}^{-1}$]) e quarta divisão ($4,0$ [$1,9-6,3$]) vs. ($3,9$ [$1,0-8,5\text{mmol.L}^{-1}$]). Portanto, o desempenho físico está na dependência da frequência de envolvimento do futebolista em exercícios de alta intensidade, com duração suficiente para solicitar a via metabólica láctica e de seu adequado estoque de glicogênio muscular.

Sendo assim, podemos deduzir que a baixa concentração de lactato sangüíneo verificada em alguns estudos, ao final de uma partida de futebol, poderá estar associada a alguns fatores como: a) elevada capacidade aeróbia, que inibe a via glicolítica láctica; b) pouco envolvimento em exercícios de alta intensidade e estímulo insuficiente para ativar a via metabólica láctica; c) baixa concentração dos estoques de glicogênio muscular, diminuindo a capacidade do futebolista em exercer esforço intenso; d) níveis sangüíneos aumentados de amônia, hipoxantina e ácido úrico, que são metabólitos considerados preditores de fadiga central e muscular (periférica), conforme estudos de vários autores^{10,52-55}.

CONCLUSÃO

Pelas observações feitas neste estudo e que estão de acordo com vários autores na literatura especializada em futebol, podemos sugerir que: 1) O futebolista parece precisar de uma boa capacidade aeróbia (*endurance*), já que a distância atingida ao final das partidas pelos jogadores analisados neste estudo foi grande; além disso, recuperam-se mais rapidamente os futebolistas que realizam esforços em alta intensidade; 2) Apesar de alguns estudos relatarem apenas uma modesta solicitação anaeróbia, com exercícios de alta intensidade durante as partidas de futebol, outros têm demonstrado participação alta desse metabolismo, sendo verificada concentração elevada de lactato sangüíneo de até 16mmol.L^{-1} , ao final de uma partida de futebol. Portanto, o futebol jogado na atualidade parece exigir dos jogadores desse esporte boas condições para tolerar exercícios na presença de lactato sangüíneo; 3) Face à longa duração e intermitência do jogo, é necessário reposição adequada dos depósitos de glicogênio muscular antes, durante e após as partidas, pois a diminuição deste nutriente, comprovadamente, reduz significativamente o rendimento físico do futebolista, principalmente no 2º tempo das partidas; e 4) Portanto, para o futebolista resistir à longa duração do jogo, exercendo bom ritmo de movimentação, em condições de força e velocidade, necessita desen-

volver eficientemente os metabolismos aeróbio, anaeróbio alático e láctico, respectivamente.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à professora Angela Romano, da seção de ergometria do Instituto do Coração (InCor), Unidade Divino Salvador, do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HCFMUSP), por sua colaboração.

REFERÊNCIAS

1. Tumilty D. Physiological characteristics of elite soccer players. *Sports Medicine* 1993;16:80-96.
2. Heck H. Justification of the 4 mmol/lactate threshold. *J Sports Medicine* 1985;6:117-30.
3. Glantz SA. *Primer of biostatistics*. 3ª ed. New York: Mc Graw-Hill, 1992.
4. Kokubun E, Daniel JF. Relações entre a intensidade e duração das atividades em partida de basquetebol com as capacidades aeróbica e anaeróbica: estudo pelo lactato sanguíneo. *Rev Paul Educ Fis* 1992;6:37-46.
5. Chelles C. Capacidade aeróbica e anaeróbica no futebol: avaliação através do lactato. Rio Claro: Unesp, 1992:37 p, Monografia (Licenciatura em Educação Física e Esportes) Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, 1992.
6. Molina R. Futsal: um estudo das capacidades aeróbicas e anaeróbicas de jogadores e das atividades em jogo. Rio Claro: Unesp, 1992:57 p, Monografia (Bacharelado em Educação Física) Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, 1992.
7. Reinhard U, Muller PH, Schumulling RM. Determination of anaerobic threshold by ventilation equivalent in normal individuals. *Respiration* 1979;38:36-42.
8. Anderson GS, Rhodes EC. A review of blood lactate and ventilatory methods of detecting transition thresholds. *Sports Med* 1989;8:43-55.
9. Christopher ER, Loar CER, Rhodes EC. Relationship between the lactate and ventilatory threshold during prolonged exercise. *Sports Med* 1993;15:104-15.
10. Bangsbo J. Energy demands in competitive soccer. *J Sports Sci* 1994;12:5-12.
11. Green S. Anthropometric and physiological characteristics of South Australian soccer players. *Aust J Sci Med Sport* 1992;24:3-7.
12. 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.
13. Forhenbach R. Testverfahren und metabolisch orientierte intensitätssteuerung in sprinttraining mit submaxiler Belastungsstruktur. *Leistungssport* 1986;5:15-24.
14. Donovan CM, Brooks GA. Endurance training affects lactate clearance, not lactate production. *Am J Physiol* 1983;244:E83-E92.
15. Donovan CM, Pagliassotti MJ. Endurance training enhances lactate clearance during hyperlactatemia. *Am J Physiol* 1989;257:E782-E89.
16. Donovan CM, Pagliassotti MJ. Enhance efficiency of lactate removal after endurance training. *J Appl Physiol* 1990;68:1053-8.
17. Mac Rae HSH, Dennis 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.
18. Jabobs I. Blood lactate implications for training and sports performance. *Sports Med* 1986;3:10-25.
19. Wade A. The training of young players. *Med Sport* 1962;3:1245-51.
20. Ekblom B. Applied physiology soccer. *Sports Med* 1986;3:50-60.
21. Whitehead ENL. *Conditioning for sport*. EP Publishing Co. Ltd. Yorkshire, 1975:40-2.
22. Whithers RT, Wasilewski S, Kelly L. Match analysis of Australian professional soccer players. *J Hum Mov Stud* 1982;8:159-76.
23. Van Gool D, Van Gerven D, Boutmans J. The physiological load imposed soccer players during real match-play. In: Reilly T, et al, editors. *Science and football*. London: E. & F. Spon, 1988:51-9.
24. Reilly T. Physiological aspects of soccer. *Biology of Sport* 1994;11:3-20.
25. Mayhew SR, Wenger HA. Time-motion analysis of professional soccer. *J Hum Mov Stud* 1985;11:49-72.
26. Yamanaka K. Time and motion analysis in top class games. In: Reilly T, et al, editors. *Science and football*. London: E. & F.N. Spon, 1988:334-40.
27. D'Ottavio S, Tranquilli C. La prestazione del giocatore di calcio. *Sds - Rivista di Cultura Sportiva Italiana* 1993;24:74-8.
28. Reilly T, Thomas V. A motion analysis of work-rate in different positional roles in professional football match-play. *J Hum Mov Stud* 1976;2:87-97.
29. Ohashi J, Togari H, Isokawa M, Suzuki S. Measuring movement speeds and distances covered during soccer match-play. In: Reilly T, et al, editors. *Science and Football*. London: E. & F. Spon, 1988:329-33.
30. Bangsbo J, Norregaard L, Thorsoe F. Activity profile of competition soccer. *Can J Sports Sci* 1991;16:110-6.
31. Saltin B. Metabolic fundamentals in exercise. *Med Sci Sports* 1973;5:137-46.
32. Brooks GA. Lactate production during exercise: oxidizable substrate versus fatigue agent. In: Macleod D, Maughan R, Nimmo M, Reilly T, Williams TC, editors. *Exercise, benefits, limits and adaptations*. London, New York: E. & F.N. Spon, 1987:144-58.
33. Nordheim K, Vollestad NK. Glycogen and lactate metabolism during low intensity exercise in man. *Acta Physiol Scand* 1990;139:475-84.
34. Boobis LH. Metabolic aspects of fatigue during sprinting. In: Macleod D, Maughan R, Nimmo M, Reilly T, Williams TC, editors. *Exercise, benefits, limits and adaptations*. London, New York: E. & FN Spon, 1987:116-43.
35. Rowell LB, Kraning KK, Evans TO, Kennedy JM, Blackmon JR, Kusumi F. Splanchnic removal of lactate and pyruvate during prolonged exercise in man. *J Appl Physiol* 1966;21:1773-83.
36. Kreisberg RA, Pennington LF, Bashell BR. Lactate turnover and gluconeogenesis in normal and obese humans. Effects of starvation. *Diabetes* 1970;19:53-5.
37. Hermansen L, Stensvold I. Production and removal of lactate during exercise in man. *Acta Physiol Scand* 1972;86:191-201.
38. Freund H, Gendry P. Lactate kinetics after short strenuous exercise in man. *Eur J Appl Physiol* 1978;39:123-35.
39. Brooks GA. Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. *Med Sci Sports Exerc* 1985;17:22-31.
40. Karlsson J, Nordesjo LO, Jorfeldt L, Saltin B. Muscle lactate, ATP and CP levels during exercise after physical training in man. *J Appl Physiol* 1972;33:199-203.
41. Knuttgen HG, Saltin B. Muscle metabolites and oxygen uptake in short-term submaximal exercise in man. *J Appl Physiol* 1972;32:690-4.
42. Tesch PA, Daniels WL, Sharp S. Lactate accumulation in muscle and blood during submaximal exercise. *Acta Physiol Scand* 1982;114:441-6.

-
43. Jacobs I, Kaijser P. Lactate in blood, mixed skeletal muscle, and FT or ST fibres during cycle exercise in man. *Acta Physiol Scand* 1982;114:461-6.
 44. Green HJ, Hughson RL, Orr GW, Ranney DA. Anaerobic threshold, blood lactate and muscle metabolites in progressive exercise. *J Appl Physiol* 1983;54:1032-8.
 45. Chwalbinska-Moneta J, Robergs RA, Costill DL, Fink WJ. Threshold for muscle lactate accumulation during progressive exercise. *J Appl Physiol* 1989;66:2710-6.
 46. Rhode HC, Espersen T. Work intensity during soccer training and match-play. In: Reilly T, Lees A, Davids K, Murphy WJ, editors. *Science and football*. London, New York: E. & FN. Spon, 1988:68-75.
 47. Gerish G, Rutemoller E, Weber K. Sportsmedical measurements of performance in soccer. In: Reilly T, et al, editors. *Science and football*. London: E. & F. Spon, 1988:60-7.
 48. Hargreaves M. Carbohydrate and lipid requirements of soccer. *J Sports Sciences* 1994;12:S13-S16.
 49. Fox EL, Mathews DK. *Bases fisiológicas da educação física e dos desportos*. 3ª ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1983:p. 487.
 50. Reilly T. Football. In: Reilly T, et al, editors. *Physiology of sports*. London: E. & F.N. Spon, 1990:371-401.
 51. Smaros G. Energy usage during football match In: Vecchiet L, editor. *Proceedings, 1st International Congress on Sports Medicine Applied Football*. Vol. 11. D. Guanello, Rome, 1980:795-801.
 52. Hochachka PW. Fuels and pathways as designed systems for support of muscle work. *J Exp Biol* 1985;115:149-64.
 53. Banister EW, Cameron BJC. Exercise-induced hyperammonemia: peripheral and central effects. *Int J Sports Med* 1990;11:S129-S142.
 54. Connett RJ, Honig CR, Gayeski TE, Brooks GA. Defining hypoxia: a systems view of VO_2 , glycolysis, energetics and intracellular pO_2 . *J Appl Physiol* 1990;68:833-42.
 55. Fitts RH. Cellular mechanisms of muscle fatigue. *Physiol Rev* 1994;74:49-94.
 56. Zelenka V, Seliger V, Ondrej O. Specific function testing of young football players. *J Sports Med* 1967;7:143-7.
 57. Ohashi J, Togari H, Takii T. The distance covered during matches of the World Class soccer players (in Japanese). *Proceedings of the Department of Sports Science, College of Arts and Sciences University of Tokyo*, 1991;25:1-5.
 58. Knowles JE, Brooke JD. A movement analysis of player behaviour in soccer match performance. *Proceedings of 8th Annual Conference, British Society of Sports Physiology (Salford)*, 1974.