

Victor Augusto Lemos Ciminelli

**A RELAÇÃO ENTRE O CONSUMO MÁXIMO DE OXIGÊNIO E O DESEMPENHO
NO TESTE DE *SPRINTS* REPETIDOS EM JOVENS JOGADORES DE FUTEBOL**

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional – UFMG

2009

Victor Augusto Lemos Ciminelli

**A RELAÇÃO ENTRE O CONSUMO MÁXIMO DE OXIGÊNIO E O DESEMPENHO
NO TESTE DE *SPRINTS* REPETIDOS EM JOVENS JOGADORES DE FUTEBOL**

Monografia apresentada ao curso de graduação da Escola de educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito à obtenção do título de Bacharel em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Luciano Sales Prado

Co-orientador: Ms. Daniel Barbosa Coelho

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional – UFMG

2009



A RELAÇÃO ENTRE O CONSUMO MÁXIMO DE OXIGÊNIO E O DESEMPENHO NO TESTE DE *SPRINTS* REPETIDOS EM JOVENS JOGADORES DE FUTEBOL

Monografia apresentada e aprovada pela Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Educação Física, no dia 04 de Dezembro de 2009.

Prof. Dr. Luciano Sales Prado
Orientador

Daniel Barbosa Coelho
Co-Orientador

Ronaldo Castro D'Ávila
Coordenador do Colegiado de Graduação

Belo Horizonte
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional – UFMG
2009

Universidade Federal de Minas Gerais
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional

ALUNO: Victor Augusto Lemos Ciminelli

Nº DE MATRÍCULA: 2006400457

CURSO: Educação Física

DISCIPLINA: Seminário de TCC II

TÍTULO: A RELAÇÃO ENTRE O CONSUMO MÁXIMO DE OXIGÊNIO E O DESEMPENHO NO TESTE DE *SPRINTS* REPETIDOS EM JOVENS JOGADORES DE FUTEBOL

ORIENTADOR: Prof. Dr. Luciano Sales Prado

CO-ORIENTADOR: Ms. Daniel Coelho Barbosa

RESULTADO:

CONCEITO:

DATA:

Prof. Dr. Luciano Sales Prado

Orientador

Daniel Coelho Barbosa

Co-Orientador

Ronaldo Castro D'Ávila

Coordenador do Colegiado de Graduação

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela oportunidade de concluir minha formação acadêmica e por ter abençoado cada dia desta formação.

Aos meus pais, Gilberto e Andréa, pelo carinho e incentivo dedicados em cada dia. Aos meus irmãos, Cyntia e Guilherme, por me transmitirem sempre alegria. E a todos os meus familiares que torceram pela concretização dessa formação.

Agradeço à Universidade Federal de Minas Gerais e aos professores envolvidos nesta caminhada, por contribuírem para uma formação acadêmica de qualidade. Ao professor Dr. Luciano Sales (orientador), pela excelência no exercício da sua profissão, contribuindo para uma graduação qualificada.

Aos amigos do LAFISE, em especial ao “professor” Christian, pela amizade e pelas “consultorias” prestadas, e ao Daniel (co-orientador), pela oportunidade de participar do seu projeto.

Aos amigos do Projeto de Musculação e ao coordenador deste, Prof. Dr. Fernando Vítor, que agregaram novas perspectivas e conhecimentos.

À PRETA, pelo amor, carinho e apoio essenciais à minha vida. Por também ser minha “co-orientadora” e contribuir para a conclusão deste trabalho. Amo você!

Aos meus GRANDES amigos do MARRENTOS, pelos momentos mais felizes que vivi ao longo desta caminhada e pelos conhecimentos compartilhados ao longo desta graduação.

**“Feliz aquele que transfere o que
sabe e aprende o que ensina.”
(Cora Coralina)**

RESUMO

A análise do perfil de atividades ocorridas em um jogo de futebol sugere este como um esporte com características intermitentes. Em uma partida, o jogador frequentemente realiza inúmeros esforços de alta intensidade intercalados com breves períodos de recuperação ou esforços de baixa intensidade. Dessa forma, o jogador necessita recuperar-se rapidamente para obter um bom desempenho ao realizar o esforço subsequente. O presente estudo tem por objetivo verificar a relação entre o consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$) e os índices de desempenho no teste de *sprints* repetidos. Vinte atletas ($18,3 \pm 1,0$ anos; $74,3 \pm 7,0$ kg; $178,1 \pm 8,7$ cm; $8,1 \pm 1,4$ % de gordura) da categoria sub-20 de um time da primeira divisão do futebol brasileiro participaram deste estudo. Eles realizaram dois testes de campo: o *Yo-Yo Endurance Test Level 2*, para a estimativa do $VO_{2máx}$, e o *RAST*, para a medida da capacidade de *sprints* repetidos. Foi utilizado o teste de correlação de Pearson para verificar a relação entre o $VO_{2máx}$ e os índices de desempenho (índice de fadiga, tempo total e melhor *sprint*) do teste de *sprints* repetidos. Não foram encontradas correlações significantes entre os mesmos ($r = -0,115$; $r = 0,003$; $r = 0,063$, respectivamente). A partir dos resultados obtidos, o $VO_{2máx}$ parece não ser um bom determinante do desempenho em um teste de *sprints* repetidos envolvendo o protocolo do *RAST* para este grupo de atletas. Mais estudos são necessários para se obter informações conclusivas sobre a magnitude da participação do sistema aeróbico em atividades envolvendo *sprints* repetidos.

Palavras-chave: Consumo máximo de oxigênio, atividades intermitentes, recuperação.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Correlação entre o $VO_{2máx}$ e o índice de fadiga (IF).....	38
Figura 2: Correlação entre o $VO_{2máx}$ e o tempo total dos seis <i>sprints</i>	38
Figura 3: Correlação entre o $VO_{2máx}$ e o melhor <i>sprint</i>	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Idade, massa corporal, estatura e percentual de gordura dos vinte atletas.....	33
Tabela 2: Protocolo do <i>Yo-Yo Endurance Test Level 2</i>	35
Tabela 3: $VO_{2máx}$, $P_{máx}$, $P_{mín}$, IF, tempo total e tempo do melhor <i>sprint</i> medidos a partir dos dois testes.....	37
Tabela 4: Coeficientes de correlação entre o consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$) e os índices de desempenho do teste de capacidade de <i>sprints</i> repetidos.....	37

LISTA DE ABREVIACES E SIGLAS

ADP – Adenosina difosfato
ATP – Adenosina trifosfato
Ca²⁺ - Íon cálcio
COEP – Comitê de tica em Pesquisa
CP – Creatina fosfato
FC – Frequênca cardíaca
FC_{máx} – Frequênca cardíaca máxima
H⁺ - Íon hidrogênio
IF – Índice de fadiga
[La] – Concentração sanguínea de lactato
MbO₂ - Oximioglobina
O₂ – Gás oxigênio
pH – Potencial hidrogeniônico
Pi – Fosfato inorgânico
P_{máx} – Potênca máxima
P_{méd} – Potênca média
P_{mín} – Potênca mínima
r – Coeficiente de correlação de Pearson
RAST – Running-Based Anaerobic Sprint Test
VO₂ – Consumo de oxigênio
VO_{2mx} – Consumo máximo de oxigênio

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1 Sistemas de fornecimento de energia.....	13
2.2 Características do futebol e demandas energéticas.....	15
2.2.1 Produção de energia pela via aeróbia – demanda aeróbia.....	17
2.2.2 Produção de energia pela via anaeróbia – demanda anaeróbia.....	19
2.3 O significado da capacidade aeróbia ($VO_{2m\acute{a}x}$) para o jogador.....	22
2.4 Capacidade aeróbia e desempenho em exercícios intermitentes de alta intensidade.....	23
2.5 Testes de campo para estimar o $VO_{2m\acute{a}x}$ e a capacidade de <i>sprints</i> repetidos em jogadores de futebol.....	28
3. OBJETIVO.....	30
4. JUSTIFICATIVA.....	31
5. MÉTODOS.....	32
5.1 Cuidados éticos.....	32
5.2 Amostra.....	32
5.3 Procedimentos de avaliação.....	33
5.3.1 Avaliação da composição corporal.....	33
5.3.2 <i>Yo-Yo Endurance Test Level 2</i>	34
5.3.3 <i>Running-Based Anaerobic Sprint Test (RAST)</i>	35
5.4 Análise estatística.....	36
6. RESULTADOS.....	37
7. DISCUSSÃO.....	40
8. CONCLUSÃO.....	44
9. REFERÊNCIAS.....	45
ANEXO I.....	54

1. INTRODUÇÃO

O futebol é um esporte com características de exercício intermitente (BANGSBO, 1994a), marcado por inúmeras ações de curta duração e alta intensidade intercaladas por breves períodos de recuperação, durante um estendido período de tempo – 90 minutos (MECKEL *et al.*, 2009). Nesse contexto, a ativação de ambos os sistemas de fornecimento de energia, o aeróbio e o anaeróbio, é necessária para atender às demandas energéticas musculares durante o jogo (EKBLUM, 1986; REILLY, 1997; REILLY *et al.*, 2000; MECKEL *et al.*, 2009).

A produção de energia pela via aeróbia parece contribuir com mais de 90% do consumo total de energia (BANGSBO, 1994a). Entretanto, durante períodos de exercício intensivo de um jogo, a produção de energia pela via anaeróbia desempenha um papel essencial para o ótimo desempenho (BANGSBO, 1994a).

Em uma partida de futebol, inúmeras atividades explosivas são requeridas, incluindo saltos, chutes, divididas, giros, *sprints* e fortes contrações musculares para manter o equilíbrio e o controle da bola frente à pressão do adversário (STOLEN, 2005). Mohr *et al.* (2003) relataram que jogadores de futebol de elite realizam entre 150 e 250 ações intensas de curta duração durante um jogo, indicando que a taxa de obtenção de energia anaeróbia é alta em certos momentos.

O exercício intenso durante um jogo leva a uma alta taxa de degradação de creatina fosfato que, em certa medida, é ressintetizada em um posterior período de exercício de baixa intensidade (BANGSBO, 1994b).

A capacidade para recuperar rapidamente é fundamental se séries subseqüentes de atividades são requeridas, como ocorre no futebol. Tem sido sugerido que adaptações associadas ao treinamento aeróbico poderiam melhorar a recuperação em exercícios intermitentes de alta intensidade (THODEN, 1991), indicando uma possível influência positiva do sistema aeróbio ao realizar tal tarefa. Além disso, Helgerud *et al.* (2001) relataram um aumento de 100% no número de *sprints* realizados por cada jogador durante uma partida de futebol, após oito semanas de treinamento aeróbico. Teoricamente, um aumento na capacidade aeróbia poderia melhorar o desempenho em esforços anaeróbios intermitentes pelos seguintes fatores: complementando a produção de energia pela via anaeróbia durante o exercício e provendo energia derivada do sistema aeróbico a uma taxa

mais rápida durante o período de recuperação (TOMLIN & WENGER, 2001). Além disso, um fluxo sanguíneo aumentado, como resultado de adaptações associadas ao treinamento aeróbico, poderia auxiliar nos processos de remoção de lactato, dissipação de calor e tamponamento de íons H^+ (TOMLIN & WENGER, 2001).

A literatura parece sugerir que um sistema aeróbio bem desenvolvido melhora o processo de recuperação em exercícios intermitentes de alta intensidade através de uma resposta aeróbia aumentada, isto é, uma maior participação dessa via nos processos de restabelecimento energético e remoção de produtos do metabolismo. Uma recuperação mais completa possibilitaria um potencial aumentado para gerar força e/ou manter a potência nos intervalos subseqüentes de exercício (TOMLIN & WENGER, 2001). Isso poderia refletir em um bom desempenho no futebol, visto que as características deste esporte exigem a realização de esforços de alta intensidade de maneira intermitente.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Sistemas de fornecimento de energia

Segundo Platonov (2008), de acordo com a lei da conservação da energia, a energia química do organismo humano não se perde nem surge do “nada”, mas sim se transforma de um tipo em outro: formada em resultado da utilização dos ricos substratos energéticos dos produtos alimentares, é transmitida ao meio em forma de trabalho e calor.

A energia liberada pela decomposição dos produtos alimentares é utilizada na produção de adenosina trifosfato (ATP), que, por sua vez, fica depositada nas células musculares e consiste em um combustível singular para a produção de energia mecânica durante a contração muscular (PLATONOV, 2008).

A ressíntese de ATP é obtida, tanto nas reações anaeróbias quanto nas aeróbias; o aproveitamento das reservas de creatina fosfato (CP) e da adenosina difosfato (ADP) dos tecidos musculares como fontes energéticas e também de ricos substratos energéticos (glicogênio dos músculos e do fígado, reservas dos tecidos lipídicos e triglicerídeos musculares, proteínas e outros metabólitos) fazem parte do processo de ressíntese do ATP. As reações químicas que fornecem energia aos músculos ocorrem em três sistemas energéticos: 1) anaeróbio alático (ATP-CP); 2) anaeróbio láctico (glicolítico); e 3) aeróbio (oxidativo) (PLATONOV, 2008; McARDLE, KATCH & KATCH, 2003; WILMORE E COSTILL, 2001; ASTRAND, 2006; CAPUTO *et al.* 2009).

A formação de energia nos dois primeiros sistemas está relacionada a reações químicas que não dependem do oxigênio. O terceiro sistema pressupõe a reação de oxidação, que depende da presença do oxigênio (PLATONOV, 2008).

No exercício, os estoques de ATP-CP suprem, quase que completamente, as necessidades energéticas em esforço máximo que dure até aproximadamente 10 segundos. Caso o exercício continue por períodos superiores, os outros sistemas de fornecimento de energia aumentarão sua parcela de contribuição. Reforçando esta idéia, Wilmore e Costill (2001) relatam que os estoques de ATP e de creatina fosfato podem sustentar as necessidades

energéticas dos músculos por apenas 3 a 15 segundos durante uma corrida de curta distância em esforço máximo. Além desse ponto, os músculos passam a depender de outros processos para a formação de ATP: as reações glicolíticas e oxidativas.

O sistema aeróbio de fornecimento de energia é significativamente inferior ao alático e láctico no que diz respeito à potência de produção de energia, ou seja, em relação à velocidade de liberação e inclusão dessa energia na atividade muscular, mas é muito superior em termos de capacidade (quantidade de energia produzida) (PLATONOV, 2008).

Assim, alguns fatores parecem influenciar o predomínio de utilização das vias de fornecimento de energia durante o exercício: intensidade e duração do exercício, disponibilidade/fornecimento de oxigênio (O_2) pelo sistema cardiorrespiratório e, capacidade de extração e utilização de O_2 pelo tecido muscular (McARDLE, KATCH & KATCH, 2003; SPENCER & GASTIN, 2001; GRASSI, 2001; BANGSBO *et al.*, 1990; GASTIN, 2001; BALSOM *et al.*, 1994a; BALSOM *et al.*, 1994b).

Durante exercícios de alta intensidade, a demanda por ATP é muito alta e requer uma produção rápida. Nestas circunstâncias, a ressíntese do ATP derivado do sistema anaeróbio normalmente conta com a maior contribuição para o total de ATP ressintetizado (BANGSBO *et al.* 1990).

Em relação à disponibilidade e fornecimento de O_2 pelo sistema cardiorrespiratório, Balsom *et al.* (1994b) demonstraram que, diminuindo a disponibilidade do mesmo via câmara hipobárica, e logo, seu fornecimento ao tecido muscular, os indivíduos consumiram menos oxigênio, acumularam mais lactato e apresentaram maiores decréscimos na potência durante exercício intenso e intermitente, quando comparados em condições normais de pressão de oxigênio. Portanto, estes são fatores que podem influenciar a dinâmica do fornecimento de energia ao trabalho muscular.

A capacidade do tecido muscular em extrair e processar o oxigênio fornecido também é um fator que pode determinar o predomínio de um sistema de fornecimento de energia durante o exercício. A quantidade, tamanho e capacidade das mitocôndrias em utilizar O_2 contribuem amplamente para a cinética da diferença arteriovenosa de oxigênio (DAUSSIN *et al.*, 2008), ou seja, para a capacidade de extração do mesmo e sua subsequente utilização.

É importante ressaltar que todos os sistemas de fornecimento de energia são acionados durante o exercício, mas como eles têm grandes diferenças na quantidade total de energia produzida (capacidade) e na velocidade de produção energética (potência), fica claro que a relativa contribuição dos sistemas energéticos, para um dado esforço, vai depender de todos os fatores relacionados acima.

Assim, os sistemas energéticos contribuem sequencialmente sem o desligamento de qualquer um deles, mas em uma característica de predominância para atender à demanda energética do exercício (GASTIN, 2001).

2.2 Características do futebol e demandas energéticas

O futebol é um esporte com características de exercício intermitente (BANGSBO, 1994a), marcado por inúmeras ações de curta duração e alta intensidade intercaladas por breves períodos de recuperação, durante um estendido período de tempo – 90 minutos (MECKEL *et al.*, 2009). Nesse contexto, a ativação de ambos os sistemas de fornecimento de energia, o aeróbio e o anaeróbio, é necessária para atender às demandas energéticas musculares durante o jogo (EKBLUM, 1986; REILLY, 1997; REILLY *et al.*, 2000; MECKEL *et al.*, 2009).

Durante um jogo de futebol competitivo, jogadores de elite percorrem uma distância entre, aproximadamente, 10 e 12 km (WITHERS *et al.*, 1982; VAN GOOL *et al.*, 1988; OHASHI *et al.*, 1988; BANGSBO *et al.*, 1991; BANGSBO, 1994b; MOHR *et al.*, 2003) à uma intensidade média próxima ao limiar anaeróbio, estando normalmente entre 80 e 90% da frequência cardíaca máxima ($FC_{m\acute{a}x}$) ou 70 e 80% do consumo máximo de oxigênio ($VO_{2m\acute{a}x}$) (VAN GOOL *et al.*, 1988; REILLY, 1994; HELGERUD *et al.*, 2001).

Os jogadores realizam diferentes tipos de atividades durante o jogo, variando desde situações em que estão “parados” até corridas máximas, e a intensidade pode alternar a qualquer momento (BANGSBO, 1994b). Bangsbo (1994b) adiciona ainda que, devido às suas características, o futebol impõe demandas fisiológicas complexas, e que tais demandas estão proximamente relacionadas aos seguintes aspectos: à capacidade para realizar atividades intermitentes prolongadas (*endurance*); à capacidade para exercitar em alta

intensidade; à capacidade para “*sprintar*”; à capacidade para desenvolver uma alta produção de potência (força) em situações como chutes, saltos e divididas.

A produção de energia pela via aeróbia parece contribuir com mais de 90% do consumo total de energia (BANGSBO, 1994a). Entretanto, durante períodos de exercício intensivo de um jogo, a produção de energia pela via anaeróbia desempenha um papel essencial para o ótimo desempenho (BANGSBO, 1994a).

Dentre as várias formas que os jogadores utilizam para se movimentar dentro de campo, Bangsbo *et al.* (1991) identificaram que, durante os 90 minutos de uma partida de futebol, os jogadores permanecem parados 17,1% do tempo total do jogo; andando (6 Km/h), 40,4%; em corrida de baixa velocidade 35,1%, sendo esta composta por 16,7% de trote (8 Km/h), 17,1% de “jogging” (12 Km/h) e 1,3% de costas (10 Km/h). Corridas de alta intensidade de esforço foram consideradas como 8,1% do tempo total de jogo, consistindo em 5,3% de velocidade moderada (15 Km/h), 2,1% de alta velocidade (18 Km/h) e de 0,7% de *sprints* (30 Km/h). Nesse contexto, Mohr *et al.* (2003), Bangsbo *et al.* (1991), Rienzi *et al.* (2000), Reilly e Thomas (1976), identificaram que cada jogador realiza entre 1000 e 1400 atividades, principalmente, de curta duração, variando em cada 4-6 segundos.

Bangsbo *et al.* (1991) e Reilly e Thomas (1976) relatam que durante um jogo de futebol, um *sprint* ocorre aproximadamente a cada 90 segundos, durando em média de 2 a 4 segundos. Os sprints constituem de 1 a 11% da distância total percorrida (MOHR *et al.*, 2003; VAN GOOL *et al.*, 1988; REILLY & THOMAS, 1976) correspondendo entre 0,5 a 3,0% do tempo de jogo efetivo (BANGSBO *et al.*, 1991; REILLY & THOMAS, 1976; HELGERUD *et al.*, 2001; MAYHEW & WENGER, 1985). A literatura adiciona, ainda, que são realizados, em média durante uma partida, entre 10 e 20 *sprints*, além de corridas de alta intensidade aproximadamente a cada 70 segundos, por volta de 15 divididas, 10 cabeceios, 50 envoltimentos com a bola, cerca de 30 passes, bem como fortes contrações para manter o equilíbrio e o controle da bola frente à pressão do adversário (EKBLUM, 1986; BANGSBO *et al.*, 1991; RIENZI *et al.*, 2000; REILLY & THOMAS, 1976; HELGERUD *et al.*, 2001; MAYHEW & WENGER, 1985).

Existem diferenças, entre os jogadores, quanto ao volume das diferentes ações (demandas físicas) realizadas durante um jogo. No estudo de Mohr *et al.* (2003) foi verificado que laterais, meio-campos e atacantes percorreram maiores distâncias em corridas de alta intensidade do que defensores, e que atacantes e

laterais percorreram maiores distâncias em ações de *sprint* do que meio-campos e defensores. O número de ações de cabeceios e divididas foi maior para defensores, meio-campos e atacantes comparado ao número destas ações realizadas pelos laterais. Além disso, podem ocorrer diferenças no volume das diferentes ações ao comparar jogadores da mesma posição. Por exemplo, no estudo de Mohr *et al.* (2003) existiu uma variação na distância percorrida em alta intensidade de 1,9 Km entre os jogadores de meio-campo na mesma partida. Portanto, essas diferenças podem estar relacionadas à função tática, estilo de jogo e capacidade física dos jogadores (BANGSBO *et al.*, 2006; MOHR *et al.*, 2003), podendo, dessa forma, representar diferenças nas demandas fisiológicas para diferentes jogadores durante um jogo.

Considerando a natureza intermitente do futebol (REILLY & THOMAS, 1976; BANGSBO *et al.*, 1991; BANGSBO, 1994a), os achados de Mohr *et al.* (2003) indicam que o futebol, principalmente em alto nível, é caracterizado pela capacidade dos jogadores em realizar esforços de alta intensidade repetidamente. Reforçando esta idéia, Bangsbo (1994b) relata que parece ser importante que um jogador seja capaz de realizar repetidamente esforços de alta intensidade durante a partida. Baseado na análise do jogo, Bangsbo *et al.* (2006) consideram que o treinamento de jogadores (elite) deve focar no aumento da sua capacidade em realizar exercício intenso e da sua capacidade de recuperar rapidamente após períodos de exercício de alta intensidade.

2.2.1 Produção de energia pela via aeróbia – demanda aeróbia

A produção de energia pela via aeróbia parece contribuir com mais de 90% do consumo total de energia durante um jogo de futebol (BANGSBO, 1994a).

Diversos estudos foram feitos na tentativa de determinar a contribuição do sistema aeróbio para o metabolismo energético durante o futebol, medindo o consumo de oxigênio (VO_2) durante o jogo (COVELL *et al.*, 1965; DURNIN & PASSMORE, 1967; OGUSHI *et al.*, 1993). Porém, os valores encontrados provavelmente não representam o VO_2 durante a partida, uma vez que o

procedimento para coletar o ar expirado interfere no andamento do jogo e somente pequenas partes do tempo foram analisadas (BANGSBO, 1994b).

Um método indireto geralmente utilizado para avaliar as demandas metabólicas durante um jogo de futebol é o registro da frequência cardíaca (FC), o qual é auxiliado pela utilização, confortável e precisa, do sistema telemétrico de FC (ALI & FARRALLY, 1991).

Baseado na linearidade da relação entre FC e VO_2 (ASTRAND & RODAHL, 1977), a linha de regressão FC – VO_2 individual obtida no laboratório pode ser usada para determinar a intensidade do exercício e as demandas fisiológicas a partir da FC específica medida no campo (ESPOSITO *et al.*, 2004). Entretanto, Esposito *et al.* (2004) adicionam que esta metodologia pode ser aplicada somente quando a relação determinada no laboratório for similar àquela encontrada no campo durante tarefas específicas para todas intensidades de exercício. Esse método parece ser válido, uma vez que em estudos no qual a frequência cardíaca e o consumo de oxigênio (medido pelo aparato K4) foram medidos durante treinamentos de futebol, similares frequências cardíacas foram observadas para um dado consumo de oxigênio ao encontrado durante um teste padronizado em esteira (CASTAGNA *et al.*, 2005; ESPOSITO *et al.*, 2004).

Estabelecer a relação entre FC e VO_2 durante um jogo possibilita obter uma mensuração indireta precisa do VO_2 durante a partida (STOLEN *et al.*, 2005). Como a determinação da FC pode ser realizada sem quaisquer restrições ao jogador, ela poderia representar uma figura mais exata da contribuição do sistema aeróbio no futebol (BANGSBO, 1994b). Entretanto, é provável que a FC medida durante uma partida leva a uma superestimação do VO_2 , uma vez que fatores como desidratação, hipertermia, e estresse mental elevam a frequência cardíaca sem afetar o consumo de oxigênio (BANGSBO *et al.*, 2006). Além disso, alguns autores (OGUSHI *et al.*, 1993) questionam a relação FC – VO_2 em exercícios intermitentes, já que a base para o cálculo desta relação é obtida, mais frequentemente, a partir de corridas contínuas submáximas em uma esteira; a questão é se esta relação é válida para o futebol, onde o padrão de exercícios é intermitente. Bangsbo (1994b), comparando corrida contínua com exercício intermitente alternando entre alta e baixa velocidade de corrida em uma esteira por 15 e 10 segundos, respectivamente, relata que a mesma relação foi encontrada sobre uma ampla faixa de intensidades. Isto é suportado por dados recentes (HOFF *et al.*, 2002; ESPOSITO *et al.*, 2004).

Portanto, parece que a relação obtida a partir de corridas contínuas submáximas é válida também para exercícios intermitentes, e provavelmente para o futebol. Outro aspecto que tem sido sugerido é que a FC aumenta desproporcionalmente ao VO_2 após a realização de um *sprint* (BALSOM *et al.*, 1991). Entretanto, os *sprints* realizados por um jogador quantificam menos de 1% do tempo total de jogo, o que significa somente uma pequena superestimação do VO_2 no futebol.

Em síntese e levando em consideração esses fatores, o VO_2 estimado a partir da FC mensurada durante o futebol é provavelmente um pouco superestimado, mas parece razoável sugerir que a média de intensidade relativa neste esporte é por volta de 70% do $VO_{2máx}$ (BANGSBO, 1994b).

2.2.2 Produção de energia pela via anaeróbia – demanda anaeróbia

As atividades anaeróbias constituem os momentos cruciais do jogo de futebol e contribuem diretamente para a realização ou tomada de gols (REILLY *et al.*, 2000).

Para realizar atividades de alta intensidade como *sprints*, saltos, divididas, chutes, dentre outras, a liberação de energia pela via anaeróbia é fundamental. Mohr *et al.* (2003) relatam que jogadores de futebol de elite realizam entre 150 e 250 ações intensas de curta duração durante um jogo, indicando que a taxa de liberação de energia pela via anaeróbia é alta em certos momentos. Como relatado por Bangsbo *et al.* (1991) e Reilly e Thomas (1976), um *sprint* ocorre aproximadamente a cada 90 segundos, durando em média de 2 a 4 segundos. Em adição, são realizados, em média durante uma partida, entre 10 e 20 *sprints*, além de corridas de alta intensidade aproximadamente a cada 70 segundos, por volta de 15 divididas, 10 cabeceios, bem como fortes contrações para manter o equilíbrio e o controle da bola frente à pressão do adversário (EKBLUM, 1986; BANGSBO *et al.*, 1991; RIENZI *et al.*, 2000; REILLY & THOMAS, 1976; HELGERUD *et al.*, 2001; MAYHEW & WENGER, 1985).

A degradação de ATP e a sua subsequente ressíntese por meio da quebra de CP e das reações envolvidas na glicólise, assumem papel fundamental para o fornecimento de energia durante períodos de alta intensidade do jogo. O

composto CP tem uma importante função na formação de energia, fornecendo o grupo fosfato para a ressíntese de ATP (BANGSBO, 1994b). Bangsbo *et al.* (2006) relatam que CP pode declinar (abaixo de 30% dos valores de repouso) durante partes de um jogo, se um grande número de atividades intensas são realizadas com somente curtos períodos de recuperação. Análise de CP em biópsias musculares obtidas após períodos de exercício intenso durante uma partida tem fornecido valores de aproximadamente 70% daqueles encontrados em repouso, mas este valor é provavelmente devido à demora em obter a biópsia (KRUSTRUP *et al.*, 2006).

Observações das respostas de lactato sanguíneo ao exercício são usadas para indicar a glicólise anaeróbia (REILLY, 1997). Concentrações médias de lactato sanguíneo entre 2 e 10 mmol.L⁻¹ tem sido observadas durante jogos de futebol, com valores individuais acima de 12 mmol.L⁻¹ (BANGSBO, 1994b; EKBLUM, 1986; KRUSTRUP *et al.*, 2006). Estes achados indicam que a taxa de produção de lactato muscular é alta durante a partida (BANGSBO *et al.*, 2006). Entretanto, esses valores podem não representar sua real produção muscular. O lactato pode ser metabolizado dentro dos músculos ativos após exercício de alta intensidade (BROOKS, 1987; NORDHEIM & VOLLESTAD, 1990), e a taxa de metabolização é ainda maior se atividades de baixa intensidade são realizadas entre os períodos de exercício intenso durante a partida (BANGSBO, 1994b). Em adição, o lactato liberado dos músculos ativos para o sangue é metabolizado com uma alta frequência por diferentes tecidos, tais como o coração, o fígado, os rins e músculos inativos (BROOKS, 1987). Portanto, nem todo lactato produzido aparecerá no sangue. Uma vez que a concentração de lactato sanguíneo ([La]) representa o balanço entre produção de lactato muscular, sua liberação no sangue e sua remoção, os níveis de lactato sanguíneo inevitavelmente subestimam sua produção pelo músculo (BANGSBO, 1994a).

Alguns estudos têm mensurado a concentração de lactato muscular durante o exercício. Em um jogo amistoso entre times não-profissionais, foi observado que o lactato muscular aumentou quatro vezes (por volta de 15 mmol.kg massa magra⁻¹) comparado com valores de repouso, após períodos de exercício intenso em ambos os tempos, com o maior valor sendo de 35 mmol.kg massa magra⁻¹ (KRUSTRUP *et al.*, 2006). Boobis (1987) observou que a concentração de lactato muscular aumentou para 10,0 mmol durante um *sprint* de 6 segundos,

enquanto [La] somente aumentou para 1,8 mmol e não excedeu 5,0 mmol no período de recuperação subsequente. Similarmente, o lactato sanguíneo estava apenas ligeiramente elevado durante períodos repetidos de 5 minutos de exercício intermitente (incluindo um *sprint* de 5 segundos), correspondendo aproximadamente àquilo que ocorre no futebol (BANGSBO *et al.*, 1992).

Outro ponto de discussão foi relatado por Krstrup *et al.* (2003). Neste estudo, os autores observaram um baixo coeficiente de correlação entre lactato muscular e lactato sanguíneo, quando os participantes realizaram exercício intenso repetido usando o *Yo-Yo intermittent recovery test*. Este achado contrasta com os achados para exercício contínuo, onde as concentrações de lactato sanguíneo são menores, mas refletem bem as concentrações de lactato muscular durante o exercício (KRUSTRUP *et al.*, 2004). Estas diferenças entre exercícios contínuos e intermitentes ocorrem, provavelmente, devido a diferentes ritmos de remoção (*turnover*) de lactato muscular e sanguíneo durante os dois tipos de exercício, com o ritmo de remoção de lactato sendo significativamente maior no músculo do que no sangue (BANGSBO *et al.*, 1993). Isto significa que durante exercícios intermitentes, como ocorre no futebol, a concentração de lactato sanguíneo pode estar alta, embora a concentração de lactato muscular esteja relativamente baixa (BANGSBO *et al.*, 2006).

Determinações do lactato sanguíneo de um mesmo jogador em diversos momentos durante uma partida têm mostrado valores pronunciadamente diferentes (EKBLÖM, 1986; BANGSBO *et al.*, 1991). Estes achados são, provavelmente, o resultado de diferenças nas atividades realizadas imediatamente antes da coleta de sangue amostral (BANGSBO *et al.*, 1991; KRUSTRUP & BANGSBO, 2001), uma vez que os valores de lactato sanguíneo estão relacionados à incidência de atividades de alta intensidade realizadas anteriormente à coleta do sangue (BANGSBO *et al.*, 1991).

Levando em conta os fatores acima, Bangsbo (1994a) considera que uma única determinação do lactato sanguíneo não pode representar a produção de lactato de uma partida inteira. O autor conclui que o lactato sanguíneo obtido durante o jogo pode refletir, mas subestimadamente, a produção de lactato em um curto período anteriormente à coleta de sangue.

Portanto, baseado nas altas concentrações de lactato sanguíneo encontradas durante o futebol (BANGSBO, 1994b; EKBLÖM, 1986; KRUSTRUP *et*

al., 2006), pode ser concluído que a produção de lactato pode ser muito alta em certos momentos durante uma partida.

A contribuição do sistema anaeróbio para a produção (rendimento) de energia total durante um jogo é provavelmente pequena (< 10%; BANGSBO, 1994b; REILLY, 1997). Isto é atribuído à duração total dos exercícios de alta intensidade durante uma partida, que quantificam somente cerca de 8% do tempo total de jogo (REILLY, 1997). Todavia, a produção de energia anaeróbia é extremamente importante, pois fornece energia em um ritmo muito alto durante períodos de exercício intenso de uma partida (BANGSBO, 1994a).

2.3 O significado da capacidade aeróbia ($VO_{2máx}$) para o jogador

A importância do $VO_{2máx}$ no futebol tem sido refletida pela correlação com a classificação dos times mais bem colocados no campeonato húngaro da primeira divisão (APOR, 1988). Wisloff *et al.* (1998) suportaram esta relação, potência aeróbia *versus* sucesso (boa classificação), demonstrando uma clara diferença no $VO_{2máx}$ entre o time melhor classificado, Rosenborg ($67,6 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) e um time de pior classificação, Strindheim ($59,9 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$), na divisão de elite do futebol norueguês.

A observação de uma alta correlação entre $VO_{2máx}$ e distância percorrida durante a partida suporta a adoção de regimes de treinamento que aumentem o $VO_{2máx}$ de jogadores de futebol de alto nível (HELGERUD *et al.*, 2001; REILLY & THOMAS, 1976; SMAROS, 1980). Em adição à forte correlação com a distância total percorrida no jogo ($r=0,89$), Smaros (1980) reportou que o $VO_{2máx}$ também influenciou o número de *sprints* realizados durante uma partida. Recentemente, foi mostrado no estudo de Helgerud *et al.* (2001) que, aumentando a média de $VO_{2máx}$ de jovens jogadores de futebol em 10,8% durante um período de oito semanas de treinamento aeróbio, um aumento de 20% na distância total percorrida durante uma partida competitiva foi encontrado, juntamente com um aumento de 24,1% em envolvimento com a bola e um aumento de 100% no número de *sprints* realizados por cada jogador. Além disso, os autores encontraram um aumento na intensidade, representada como percentual da $FC_{máx}$, durante o segundo tempo (de 81,2% para

85,0% $FC_{m\acute{a}x}$) e para o jogo completo (de 82,7% para 85,6% $FC_{m\acute{a}x}$). Em adiç\~ao, os jogadores apresentaram um significativo menor decl\~inio na intensidade do primeiro para o segundo tempo, e despenderam 19 minutos a mais na zona de alta intensidade (>90% $FC_{m\acute{a}x}$), comparado com o grupo controle.

Os resultados dos estudos apresentados acima mostram que uma capacidade aer\~obia aumentada ($VO_{2m\acute{a}x}$) proporciona um potencial aumentado para percorrer maiores dist\~ancias em corrida de alta intensidade.

Embora os estudos sugiram uma rela\~ao entre $VO_{2m\acute{a}x}$ e dist\~ancia percorrida, \~e importante notar como esses aumentos na dist\~ancia percorrida se refletem em melhoras do desempenho no futebol. Como relatado no estudo de Helgerud *et al.* (2001), um aumento de 24% no n\~umero de envolvimento com a bola foi encontrado para o grupo experimental, enquanto nenhuma mudan\~ca foi observada para o grupo controle. Isso mostra que um jogador com maior $VO_{2m\acute{a}x}$ \~e capaz de estar envolvido em mais situa\~oes, aumentando sua possibilidade em influenciar o resultado final de uma partida (HELGERUD *et al.*, 2001).

Weineck (2000) adiciona, ainda, que o significado do desenvolvimento da resist\~encia aer\~obia para os jogadores se reflete: no aumento do desempenho, atrav\~es da manuten\~ao de um ritmo de jogo de alta intensidade; em uma capacidade de recupera\~ao aumentada; diminui\~ao de les\~oes e contus\~oes; aumento da toler\~ancia ps\~iquica; preven\~ao de falhas t\~aticas em fun\~ao da fadiga; diminui\~ao dos erros t\~ecnicos; manuten\~ao de alto n\~ivel de velocidade de a\~ao e de rea\~ao; manuten\~ao da sa\~ude.

2.4 Capacidade aer\~obia e desempenho em exerc\~cios intermitentes de alta intensidade

A capacidade para recuperar rapidamente \~e fundamental se a realiza\~ao de uma atividade subsequente \~e requerida (TOMLIN & WENGER, 2001). Quanto mais completo for este processo de recupera\~ao, maior ser\~a o potencial para gerar for\~a e/ou manter a pot\~encia nos intervalos subseq\~entes de exerc\~cio (TOMLIN & WENGER, 2001).

Durante a recuperação de um exercício de alta intensidade, o VO_2 permanece elevado por algum tempo a fim de restabelecer o ambiente metabólico para condições de repouso, através de processos como a reposição dos estoques de oximioglobina (MbO_2), a ressíntese de CP, o metabolismo do lactato, e a remoção de fosfato inorgânico (Pi) intracelular acumulado (BAHR *et al.*, 1992; BANGSBO & HELLSTEN, 1998; BORSHEIM *et al.*, 1998; GAESSER & BROOKS, 1984). Se *sprints* subseqüentes são realizados antes que o VO_2 tenha retornado aos níveis de repouso, então o VO_2 nos *sprints* sucessivos estará elevado (GLAISTER, 2005). Embora isso sugira um progressivo aumento na produção aeróbica de ATP durante *sprints* repetidos, o nível dessa produção ainda será consideravelmente menor do que a demanda para as outras vias de fornecimento de energia (GAITANOS *et al.*, 1993). Dessa forma, Glaister (2005) relata que o maior papel do metabolismo aeróbico durante múltiplos *sprints* parece residir na sua contribuição exclusiva para o restabelecimento da homeostase durante períodos de recuperação.

Embora uma única série de exercício de alta intensidade durando poucos segundos resulte em diminuição dos estoques de ATP/CP, se a série exceder mais do que poucos segundos, a glicólise terá uma parcela de contribuição aumentada no fornecimento de energia (GAITANOS *et al.*, 1993). Além disso, como os estoques de ATP/CP são progressivamente depletados com a realização de séries subseqüentes de exercício de alta intensidade (GAITANOS *et al.*, 1993; YOSHIDA & WATARI, 1993), haverá uma dependência aumentada da glicólise (WOOTON & WILLIAMS, 1983). A consequência metabólica de uma participação aumentada da glicólise é um aumento na concentração de H^+ e uma diminuição do pH, o qual pode afetar negativamente o desempenho por perturbar os processos de contração muscular (SAHLIN, 1992).

Durante um único *sprint* máximo de curta duração (5 a 6 segundos), a degradação de CP quantifica aproximadamente 50% do total de fornecimento anaeróbico de ATP (GAITANOS *et al.*, 1993; PAROLIN *et al.*, 1999; BOOBIS *et al.*, 1982). Entretanto, a contribuição de CP durante *sprints* repetidos é largamente determinada pela grandeza com que seus estoques são repostos durante os períodos de recuperação (GLAISTER, 2005).

A recuperação completa dos fosfagênios (ATP e CP) pode requerer 3 a 5 minutos (HULTMAN *et al.*, 1967), mas o restabelecimento completo do pH e lactato aos níveis pré-exercício pode levar 1 hora ou mais (KARLSSON & SALTIN, 1971).

Em exercícios intermitentes, se o intervalo de recuperação subsequente é menor do que poucos minutos, como ocorre no futebol (MAYHEW & WENGER, 1985), os estoques de ATP/CP podem ser apenas parcialmente restabelecidos antes do início do exercício subsequente, podendo resultar em comprometimento do desempenho (TOMLIN & WENGER, 2001). Isso sugere que o comprimento do intervalo de recuperação entre séries de atividades intermitentes de alta intensidade também afeta a recuperação. Como exemplo, Wooton e Williams (1983) encontraram que, embora a produção de potência diminuísse ao longo de *sprints* repetidos de 6 segundos, com 30 ou 60 segundos de recuperação entre eles, a produção de potência declinou menos quando 60 segundos de recuperação foi permitido. Este resultado traz a idéia de que, intervalos de recuperação maiores possibilitam uma recuperação mais completa.

Tem sido proposto que a ressíntese de CP é um processo oxigênio-dependente (HARRIS *et al.*, 1976; YOSHIDA & WATARI, 1997). Além disso, sua reposição se mostrou sensível a manipulações da disponibilidade de O₂ (HASELER *et al.*, 1999).

Alguns estudos examinaram a influência da disponibilidade de oxigênio em exercícios envolvendo múltiplos *sprints* (BALSOM *et al.*, 1994a; BALSOM *et al.*, 1994b). Por exemplo, sob condições de disponibilidade de oxigênio aumentada (alcançada via administração de eritropoietina), Balsom *et al.* (1994a) reportaram que a capacidade para manter o desempenho durante 15 sprints de 6 segundos em esteira, intercalados com 24 segundos de recuperação, foi associada com um reduzido acúmulo de metabólitos anaeróbios (lactato sanguíneo e hipoxantina), apesar de realizarem o mesmo exercício que os indivíduos do grupo controle. Adicionalmente, Balsom *et al.* (1994b) demonstraram que, diminuindo a disponibilidade de oxigênio via câmara hipobárica, os indivíduos consumiram menos O₂, acumularam mais lactato e apresentaram maiores decréscimos na potência durante exercício intermitente intenso (10 *sprints* de 6 segundos em bicicleta, com 30 segundos de recuperação) do que sob condições normais de oxigênio. Os autores hipotetizaram que a disponibilidade de oxigênio afetou o desempenho em atividades de *sprints* repetidos por influenciar: (1) a magnitude da contribuição aeróbica para a ressíntese de ATP durante os períodos de exercício, e/ou (2) o ritmo de ressíntese de CP durante os períodos de recuperação.

Uma sugestão importante desses resultados é que melhoras no $VO_{2m\acute{a}x}$ também podem promover aumentos no fornecimento/disponibilidade de oxigênio para o músculo, e dessa forma, melhorar o desempenho através dos mecanismos hipotetizados por Balsom *et al.* (1994a e 1994b).

A idéia de que a disponibilidade de oxigênio pode ter influenciado a contribuição aeróbica em cada *sprint* é suportada pela evidência de um número de estudos no qual esta disponibilidade teve uma significativa influência na taxa de consumo de oxigênio (VO_2) no início do exercício de alta intensidade (MACDONALD *et al.*, 1997; HUGHSON & KOWALCHUK, 1995; LINNARSSON *et al.*, 1974). Uma resposta mais rápida no VO_2 no início do exercício, como resultado desta maior disponibilidade, reduziria a magnitude do déficit de oxigênio ocorrido durante cada *sprint* e, portanto, depositaria menor demanda nas fontes anaeróbicas para manter o ritmo requerido de fornecimento de ATP (GLAISTER, 2005).

Embora essa contribuição aeróbia aumentada para a ressíntese de ATP durante cada *sprint* forneça uma possível explicação para os achados de Balsom *et al.* (1994a e 1994b), seus resultados também podem ser conciliados pelo fato de que a disponibilidade de oxigênio pode ter influenciado a magnitude da contribuição de CP para a ressíntese de ATP. Isso é reforçado pela relação entre esta disponibilidade e reposição de CP, observada no estudo de Haseler *et al.* (1999). Glaister (2005) adiciona, ainda, que uma maior quantidade disponível de CP no início de cada *sprint*, como resultado de condições hiperóxicas, reduziria a demanda pela glicólise para manter o ritmo requerido de reposição de ATP.

Tentativas de estabelecer relações entre treinamento aeróbio e ressíntese de CP foram realizadas. Por exemplo, McCully e Posner (1992) reportaram ressíntese de CP aumentada após duas semanas de treinamento aeróbico. Além disso, algumas investigações reportaram uma ressíntese de CP aumentada em atletas treinados em *endurance* comparado com velocistas (McCULLY *et al.*, 1992) e controles destreinados (TAKAHASHI *et al.*, 1995). Entretanto, tentativas de estabelecer uma relação entre $VO_{2m\acute{a}x}$ e ressíntese de CP mostram alguns resultados conflitantes. Por exemplo, Cooke *et al.* (1997) não encontraram diferença significativa na taxa de ressíntese de CP, ao comparar indivíduos do grupo classificado como alto $VO_{2m\acute{a}x}$ (média de $VO_{2m\acute{a}x}$: $64,4 \pm 1,4$ mL/kg/min) com indivíduos do grupo baixo $VO_{2m\acute{a}x}$ (média de $VO_{2m\acute{a}x}$: $46,6 \pm 1,1$ mL/kg/min). Em contraste, Takahashi *et al.* (1995) reportaram correlações negativas significantes

entre o $VO_{2m\acute{a}x}$ e o tempo para ressíntese de CP após exercícios de intensidade leve, moderada, difícil e exaustiva.

Pode ser que o impacto desta relação, $VO_{2m\acute{a}x}$ e ressíntese de CP, seja mais evidenciado em exercícios demandando séries repetidas de exercício de alta intensidade. Nessa perspectiva, Yoshida e Watari (1993) examinaram a ressíntese de CP em exercícios envolvendo 4 séries de 2 minutos, com intensidade moderadamente alta, e demonstraram que indivíduos treinados em *endurance* ($VO_{2m\acute{a}x}$ 73,6 mL.kg⁻¹.min⁻¹) tiveram uma ressíntese de CP significativamente mais rápida do que os indivíduos do grupo controle ($VO_{2m\acute{a}x}$ 46,6 mL.kg⁻¹.min⁻¹), a qual tornou-se mais evidente após a primeira série do exercício.

Tem sido proposto que um aumento na concentração de H⁺ e uma consequente diminuição no pH podem afetar negativamente o desempenho por causar perturbações nos mecanismos de contração muscular (SAHLIN, 1992) e inibir a atividade de algumas enzimas chaves na regulação da glicólise (BOSCÁ *et al.*, 1985). Além desse fator, pesquisas recentes têm relatado que o acúmulo de Pi pode interferir nos mecanismos de contração muscular por inibir a liberação de Ca²⁺ pelo retículo sarcoplasmático (GLAISTER, 2005). A liberação de Ca²⁺ controla a interação de pontes cruzadas entre actina e miosina e, portanto, regula a produção de força (GLAISTER, 2005).

Uma das maneiras pelas quais o treinamento aeróbico pode melhorar o desempenho em múltiplos *sprints* é através do aumento da taxa de remoção (*clearance*) de lactato durante os períodos de recuperação (GLAISTER, 2005). Parece que indivíduos mais bem condicionados aerobicamente atingem níveis de lactato sanguíneo pico mais cedo no período pós-exercício com recuperação passiva (BASSETT *et al.*, 1991) e ativa (TAOUTAOU *et al.*, 1996), sugerindo um efluxo de lactato mais rápido do músculo para o sangue em indivíduos treinados. Além disso, Taoutaou *et al.* (1996) encontraram que a taxa de remoção de lactato sanguíneo também foi mais rápida nos atletas treinados em *endurance*, embora os níveis de lactato sanguíneo no final do exercício estivesse similar entre os grupos. Porém, alguns estudos não suportaram essa relação entre remoção de lactato sanguíneo em indivíduos bem treinados versus destreinados (OOSTHUYSE & CARTER, 1999).

Uma outra maneira pela qual o treinamento aeróbico pode melhorar o desempenho em múltiplos *sprints* é por acelerar a cinética de remoção de Pi

(GLAISTER, 2005). Nessa perspectiva, o estudo de Yoshida e Watari (1993) examinou as diferenças entre atletas treinados em *endurance* e controles destreinados em suas respostas metabólicas para séries repetidas de exercício. Embora os autores não reportassem diferenças significantes entre os grupos na produção de Pi, a cinética de remoção deste foi significativamente mais rápida nos atletas treinados em *endurance* do que em controles destreinados.

Considerando a revisão apresentada, percebe-se que existem algumas evidências diretas suportando a idéia de que o treinamento aeróbio pode melhorar o desempenho em atividades envolvendo *sprints* repetidos.

O estudo de Hamilton *et al.* (1991) apresenta mais alguns dados importantes. Os autores reportaram que, apesar de menores valores de produção de potência pico comparado com jogadores ($VO_{2máx}$: $52,5 \pm 4,9$ mL/kg/min), atletas treinados em *endurance* ($VO_{2máx}$: $60,8 \pm 4,1$ mL/kg/min) apresentaram uma capacidade aumentada em resistir à fadiga durante 10 *sprints* máximos de 6 segundos em esteira, intercalados com 30 segundos de recuperação. Além disso, esta capacidade aumentada em resistir à fadiga foi associada com maiores taxas de VO_2 e menores picos de concentrações de lactato sanguíneo.

Embora as investigações citadas reforcem a idéia de que o treinamento aeróbio e/ou uma melhora na capacidade aeróbia pode melhorar o desempenho em exercícios de *sprints* repetidos, algumas tentativas de relacionar vários índices de desempenho nestes exercícios com um dos parâmetros chave da capacidade aeróbia, o $VO_{2máx}$, revelam resultados conflitantes. Por exemplo, correlações entre o $VO_{2máx}$ e a redução de desempenho variaram entre -0,16 e -0,60 (AZIZ *et al.*, 2000; WADLEY & LE ROSSIGNOL, 1998; BISHOP *et al.*, 2003; MECKEL *et al.*, 2009).

2.5 Testes de campo para estimar o $VO_{2máx}$ e a capacidade de *sprints* repetidos em jogadores de futebol

O desempenho aeróbio (determinado por fatores como o consumo máximo de oxigênio, limiar de lactato, e economia de corrida) pode ser precisamente avaliado usando uma variedade de protocolos laboratoriais durante corridas em esteira até a fadiga (CASTAGNA *et al.*, 2006). Embora os valores obtidos com os

testes laboratoriais sejam considerados como o padrão ouro para a avaliação da capacidade aeróbia, os procedimentos envolvidos consomem muito tempo e requerem pessoas treinadas e equipamentos caros (CASTAGNA *et al.*, 2006). Por estas razões, alguns testes de campo têm sido propostos como alternativas práticas às avaliações laboratoriais, e são comumente usados por treinadores e cientistas do esporte para avaliar os resultados do treinamento aeróbico em jogadores de futebol (COOPER, 1968; LÉGER & GADOURY, 1989).

Segundo Castagna *et al.* (2006), os testes de campo mais populares para a avaliação da potência aeróbia ($VO_{2máx}$) são o *20 metros Shuttle Run Test* (COOPER, 1968) e o *Multistage Fitness Test* (RAMSBOTTOM *et al.*, 1988). Mais recentemente, Bangsbo (1994c e 1996) sugeriu, para indivíduos bem treinados, o *Yo-Yo Endurance Test Level 2*. Seu uso foi sugerido com o objetivo de estimar o $VO_{2máx}$ em jogadores bem treinados na tentativa de encurtar o tempo da sessão de avaliação (BANGSBO, 1994c e 1996).

Cientistas e treinadores esportivos têm sugerido que a capacidade para realizar *sprints* repetidos com recuperações mínimas entre as séries, denominada capacidade de *sprints* repetidos, pode ser um importante aspecto para equipes esportivas (SPENCER *et al.*, 2005). Entretanto, de acordo com estes mesmos autores, os protocolos de teste devem ser específicos e relevantes para o esporte em questão e, portanto, as durações/distâncias do *sprint* e da recuperação devem reproduzir os padrões de movimento do respectivo esporte. Contudo, distâncias de 20 a 40 metros, com intervalos de recuperação de 10 a 30 segundos, e número de repetições (séries) de 6 a 12, têm sido encontrados na literatura em pesquisas feitas com jogadores de futebol (AZIZ *et al.*, 2000; WADLEY & LE ROSSIGNOL, 1998; MECKEL *et al.*, 2009; BANGSBO, 1994c; ZACHAROGIANNIS *et al.*, 2004).

Entre outros protocolos utilizados, Zacharogiannis *et al.* (2004) proporam o *Running-Based Anaerobic Sprint Test (RAST)*. Este é um teste de campo, que tem por objetivo estimar a capacidade de *sprints* repetidos dos participantes.

3. OBJETIVO

Verificar a relação entre o consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$) e os índices de desempenho em teste de capacidade de *sprints* repetidos.

4. JUSTIFICATIVA

A capacidade para recuperar-se rapidamente é essencial em um esporte que envolve a realização de esforços de alta intensidade de maneira intermitente, como ocorre no futebol.

Como visto na revisão de literatura, uma melhora na capacidade aeróbia pode refletir em um aumento na quantidade de ações de alta intensidade realizadas durante uma partida, bem como no número de envolvimento com a bola. Isso pode representar para um atleta uma participação mais efetiva durante o jogo, aumentando sua possibilidade em influenciar o resultado final do mesmo.

Dessa forma, saber qual o grau de relação entre a capacidade aeróbia ($VO_{2máx}$) e os índices de desempenho em atividades intermitentes de alta intensidade pode fornecer informações valiosas para os profissionais envolvidos em esportes com tais características. Ter o conhecimento dessas informações pode contribuir para a melhor distribuição das variáveis envolvidas nos programas de treinamento, como intensidade, volume e frequência dos estímulos, e assim, traduzir-se em otimização do desempenho esportivo.

5. MÉTODOS

5.1 Cuidados Éticos

Este estudo foi desenvolvido como parte de um projeto de doutorado (*Análise da demanda fisiológica em jogos e ao longo de uma temporada competitiva de futebol e a sua relação com a expressão genética do ACTN3 dos jogadores*), aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (COEP 291/09) e pela Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais. Em todos os procedimentos adotados, respeitou-se a Resolução 196/1996 do Conselho Nacional de Saúde (Ministério da Saúde), sobre diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos.

Os indivíduos voluntários da pesquisa assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (ANEXO I) após explicação detalhada dos objetivos, métodos, benefícios previstos e potenciais riscos e incômodos que a pesquisa poderia acarretar. Os voluntários estavam cientes de que poderiam deixar de participar da pesquisa a qualquer momento, sem a necessidade de se justificarem. Cuidados com a integridade física e privacidade dos voluntários foram tomados.

Todos os dados coletados durante a realização deste estudo foram utilizados apenas para fins de pesquisa.

5.2 Amostra

Participaram do estudo vinte atletas do sexo masculino da categoria de base (sub 20) de um time da primeira divisão do campeonato nacional, que treinavam regularmente e participavam de competições nacionais e internacionais reconhecidas pela Confederação Brasileira de Futebol. Os dados descritivos dos atletas estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Idade, massa corporal, estatura e percentual de gordura dos vinte atletas. Valores apresentados como média \pm desvio padrão.

n	Idade (anos)	Massa Corporal (kg)	Estatura (cm)	% Gordura
20	18,3 \pm 1,0	74,3 \pm 7,0	178,1 \pm 8,7	8,1 \pm 1,4

5.3 Procedimentos de Avaliação

Os testes foram realizados no meio de uma temporada competitiva (meses de setembro e outubro de 2009), no local e no campo onde geralmente são realizados os treinamentos. Além disso, os atletas usaram as vestimentas geralmente utilizadas no futebol e estavam familiarizados com os testes, visto que estes faziam parte do usual planejamento para a avaliação física dos atletas.

Os testes realizados foram: medida da composição corporal, *Yo-Yo Endurance Test Level 2* e *RAST*. Entre os testes de *Yo-Yo* e *RAST*, os atletas tiveram um intervalo de, no mínimo, 72 horas. Entretanto, a rotina de treinamento dos atletas foi mantida.

Antes de cada teste de corrida, os atletas realizaram dez minutos de atividades preparatórias comandadas pelo preparador físico do clube, consistindo de corridas com intensidades variadas e mudanças de direção. Após este procedimento prévio, um período de, aproximadamente, cinco minutos foi destinado à explicação dos testes e organização dos atletas pelos avaliadores.

5.3.1 Avaliação da Composição Corporal

Foram realizadas as medidas da massa corporal, estatura e dobras cutâneas. A massa corporal (kg) foi medida com os voluntários descalços e vestindo apenas um short, utilizando-se uma balança digital (Filizola[®]) com precisão de 0,02 kg. A estatura (cm) foi medida em um estadiômetro com precisão de 0,5 cm. As dobras cutâneas subescapular, tríceps, bíceps, peitoral, subaxilar, suprailíaca,

abdominal, coxa e perna foram medidas com um plicômetro (Lange®), graduado em milímetros, de acordo com o protocolo proposto por Jackson e Pollock (1978). A avaliação das dobras cutâneas de todos os atletas foi realizada pelo mesmo avaliador.

5.3.2 Yo-Yo Endurance Test Level 2

O teste consiste de corridas de “ir e voltar” (*shuttle runs*) entre marcadores (cones) separados por vinte metros. Através de um sinal acústico, a velocidade de corrida entre os cones é controlada. O indivíduo deverá correr do cone inicial até o outro, chegando neste ao momento exato do sinal acústico. Ao voltar em direção ao primeiro, o mesmo procedimento deverá ser realizado. A velocidade inicial é de 11,5 km/h, com aumentos de 0,5 km/h em cada estágio (Tabela 2). Cada estágio dura, aproximadamente, 1 minuto. Estes aumentos na velocidade são fornecidos através de um CD (programa *Yo-Yo test* - BANGSBO, 1996). Quando o participante falhar duas vezes seguidas em chegar aos cones no respectivo sinal, ou quando se sentir incapaz de completar a corrida na velocidade ditada, o teste é finalizado e o último estágio (distância) alcançado pelo participante considerado como o *score* do teste.

Foram montadas sete raias, demarcadas por cones, separados por dois metros uns dos outros, permitindo avaliar sete atletas por vez. Foi pedido aos participantes realizar o número máximo de corridas possível. O valor do *score* alcançado por cada atleta foi utilizado para estimar o $VO_{2\text{máx}}$ (programa *Yo-Yo test* - BANGSBO, 1996).

Tabela 2: Protocolo do *Yo-Yo Endurance Test Level 2*

Estágio	Velocidade (km/h)	Nº de corridas (20 m)	Distância (m)	Distância acumulada (m)
1	11,5	10	200	200
2	12	11	220	420
3	12,5	11	220	640
4	13	11	220	860
5	13,5	12	240	1100
6	14	12	240	1340
7	14,5	13	260	1600
8	15	13	260	1860
9	15,5	13	260	2120
10	16	14	280	2400
11	16,5	14	280	2680
12	17	15	300	2980
13	17,5	15	300	3280
14	18	16	320	3600

Adaptado de Castagna *et al.* (2006)

5.3.3 Running-Based Anaerobic Sprint Test (RAST)

O teste consiste em seis *sprints* de 35 metros, com 10 segundos de recuperação entre eles. Entre outras variáveis, o teste possibilita estimar a potência máxima ($P_{\text{máx}}$), média ($P_{\text{méd}}$) e mínima ($P_{\text{mín}}$) desenvolvida pelos participantes, além da redução percentual do desempenho (índice de fadiga), o melhor *sprint* (*sprint* mais rápido) e o tempo total (soma dos tempos dos seis *sprints*). As variáveis mencionadas acima podem ser calculadas através das seguintes equações:

- Potência (W) = Peso (kg) x Distância² (m) / Tempo³ (s)

$P_{\text{máx}}$ = maior valor de potência

$P_{\text{méd}}$ = média dos seis valores de potências

$P_{\text{mín}}$ = menor valor de potência

- IF = $(P_{\text{máx}} - P_{\text{mín}} / P_{\text{máx}}) \times 100$

Duas fotocélulas, com precisão de 0,001s, foram colocadas nos pontos 0 e 35 metros, ambas conectadas a um computador com software específico (*multisprint*[®]) para determinar o tempo de cada *sprint*. Foi pedido aos atletas realizarem esforço máximo em todas as seis tentativas e não desacelerarem antes de cruzarem a linha final. Cada *sprint* foi iniciado a partir do ponto (0 ou 35 m) onde eles haviam finalizado o *sprint* anterior. A saída para cada *sprint* foi realizada a partir da posição de pé, com os sujeitos parados e posicionados a 40 cm atrás da linha de acionamento do cronômetro das fotocélulas. Nos pontos 0 e 35 metros, foram colocados dois avaliadores para cronometrar o tempo de 10 segundos de recuperação, utilizando cronômetros manuais. As variáveis $P_{máx}$, $P_{mín}$ e IF foram calculadas através das equações acima mencionadas. O melhor *sprint* e o tempo total também foram registrados.

Alguns estudos (AZIZ *et al.*, 2000; MECKEL *et al.*, 2009) têm utilizado o IF, o tempo total e o melhor *sprint* como índices de desempenho em testes de capacidade de *sprints* repetidos. No presente estudo, estes índices também foram utilizados com o mesmo fim.

5.4 Análise Estatística

O tratamento estatístico foi realizado utilizando-se o programa SigmaStat 3.5. Para correlação das variáveis, foi utilizado o teste de correlação de Pearson com nível de significância de $p < 0,05$. Foram realizadas correlações entre o $VO_{2máx}$ e os índices de desempenho do teste de capacidade de *sprints* repetidos (RAST). Todos os dados estão apresentados como média \pm desvio padrão.

6. RESULTADOS

Os resultados dos testes de capacidade de *sprints* repetidos (*RAST*) e consumo máximo de oxigênio (*Yo-Yo Test*) estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: $VO_{2máx}$, $P_{máx}$, $P_{mín}$, IF, tempo total e tempo do melhor *sprint* medidos a partir dos dois testes.

Yo-Yo Endurance Test Level 2	RAST				
$VO_{2máx}$ ($mL.kg^{-1}.min^{-1}$)	$P_{máx}$ (W)	$P_{mín}$ (W)	IF (%)	Tempo total (s)	Melhor <i>sprint</i> (s)
54,3 ± 3,4	874,0±128,0	561,9±90,4	35,2±10,5	30,61±0,89	4,72±0,14

$VO_{2máx}$: consumo máximo de oxigênio; $P_{máx}$: potência máxima; $P_{mín}$: potência mínima; IF: índice de fadiga; Tempo total: soma dos tempos dos seis *sprints*; Melhor *sprint*: *sprint* mais rápido.

Não foram encontradas correlações significativas entre o consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$) e quaisquer índices de desempenho do teste de capacidade de *sprints* repetidos (Tabela 4).

Tabela 4: Coeficientes de correlação entre o consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$) e os índices de desempenho do teste de capacidade de *sprints* repetidos

Capacidade de <i>sprints</i> repetidos	$VO_{2máx}$ ($mL.kg^{-1}.min^{-1}$)
IF	-0,115
Tempo total	0,003
Melhor <i>sprint</i>	0,063

A figura 1 ilustra o resultado da correlação ($r = -0,115$) entre o $VO_{2m\acute{a}x}$ e o índice de fadiga (IF).

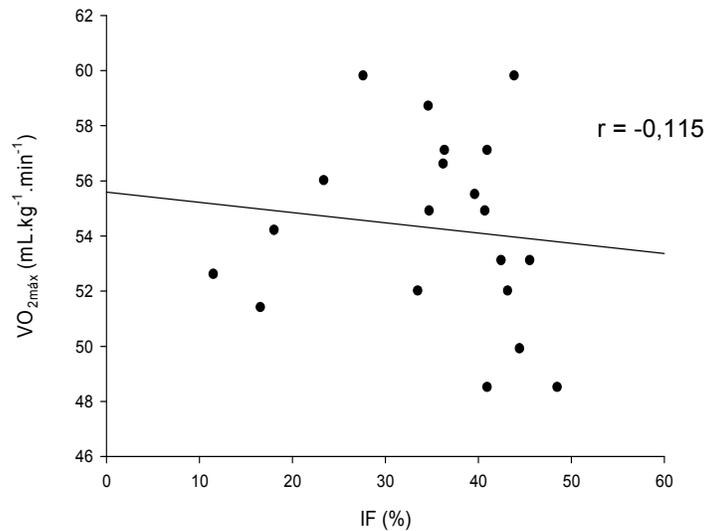


Figura 1: Correlação entre o $VO_{2m\acute{a}x}$ e o índice de fadiga (IF).
n = 20

A figura 2 ilustra o resultado da correlação ($r = 0,003$) entre o $VO_{2m\acute{a}x}$ e o tempo total dos seis *sprints*.

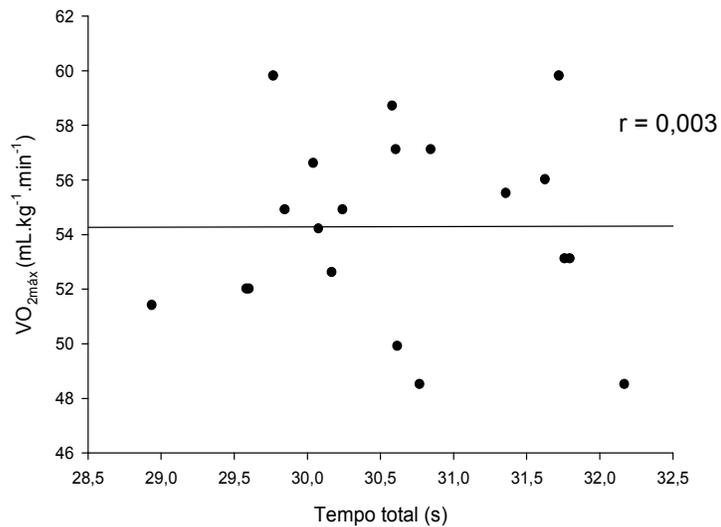


Figura 2: Correlação entre o $VO_{2m\acute{a}x}$ e o tempo total dos seis *sprints*.
n = 20

A figura 3 ilustra o resultado da correlação ($r = 0,063$) entre o $VO_{2\text{máx}}$ e o tempo do melhor *sprint*.

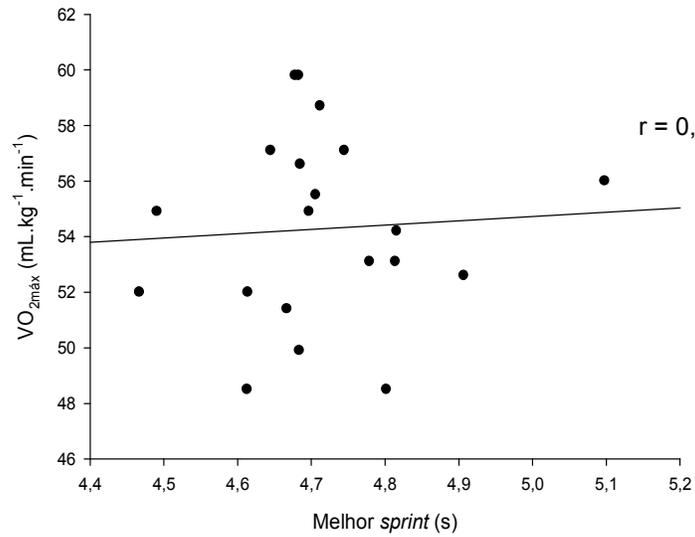


Figura 3: Correlação entre o $VO_{2\text{máx}}$ e o melhor *sprint*.
 $n = 20$

7. DISCUSSÃO

O principal resultado do presente estudo foi a fraca e não-significativa correlação ($r = -0,115$) entre o consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$) e o índice de fadiga (IF) neste grupo de atletas.

A relevância do sistema aeróbico para manter a potência (desempenho) durante atividades intermitentes foi avaliada no presente estudo pela análise do coeficiente de correlação entre o índice de fadiga (IF) no teste de *sprints* repetidos (RAST) e os valores de $VO_{2máx}$ dos participantes. A suposição de que o sistema aeróbico é um determinante importante na taxa de recuperação de atividades de alta intensidade e, portanto, auxilia na manutenção da potência durante o teste de *sprints* repetidos, baseia-se no fato de que a ressíntese de creatina fosfato (CP) e a remoção de Pi ocorrem, principalmente, por processos oxidativos (HARRIS *et al.*, 1976; YOSHIDA & WATARI, 1997; MCLESTER, 1997). Entretanto, os resultados de estudos anteriores têm sido inconsistentes com esta idéia ao reportarem correlações não-significativas a moderadas (entre -0,16 e -0,60) entre o $VO_{2máx}$ e a redução de desempenho em tipos de atividades intermitentes. (AZIZ *et al.*, 2000; WADLEY & LE ROSSIGNOL, 1998; BISHOP *et al.*, 2003; MECKEL *et al.*, 2009; GLAISTER *et al.*, 2006). Portanto, o primeiro resultado do presente estudo encontra sustentação em estudos anteriores.

Embora os protocolos utilizados nos estudos citados acima se propõem a medir a capacidade de *sprints* repetidos, diferenças metodológicas entre eles dificultam a comparação e possíveis conclusões acerca dos resultados. Por exemplo, Aziz *et al.* (2000) não encontraram correlações significativas ($r = -0,16$) entre o $VO_{2máx}$ relativo e o índice de redução de desempenho durante oito *sprints* de 40 metros. Similarmente, Wadley e Le Rossignol (1998), em um estudo com jogadores de futebol australianos, não reportaram relações significativas entre o $VO_{2máx}$ e a redução de desempenho em um teste envolvendo 12 *sprints* de 20 metros. Bishop *et al.* (2003) também reportaram resultados similares utilizando 5 *sprints* de 6 segundos em cicloergômetro. Em um estudo recente, Meckel *et al.* (2009) examinaram a relação entre a capacidade aeróbia ($VO_{2máx}$) e os índices de desempenho em dois protocolos distintos para medir a capacidade de *sprints* repetidos. Um protocolo consistindo de *sprints* mais longos (6 x 40 metros) e outro

consistindo de *sprints* mais curtos (12 x 20 metros). Os autores reportaram uma correlação negativa significativa ($r = -0,602$) entre a redução de desempenho no protocolo de *sprints* mais curtos e o VO_2 pico. Entretanto, não foi encontrada uma correlação significativa ($r = -0,322$) entre a redução de desempenho no protocolo de *sprints* mais longos (6 x 40 metros) e o VO_2 pico calculado.

Como relatado acima, o estudo de Meckel *et al.* (2009) utilizou um dos protocolos de teste para medir a capacidade *sprints* repetidos (6 x 40 metros, com 30 segundos de recuperação) similar ao do presente estudo (6 x 35 metros, com 10 segundos de recuperação). Os autores também não encontraram correlações significativas entre o $VO_{2máx}$ e a redução de desempenho neste protocolo. Uma explicação para estes resultados pode residir no fato de que o tempo total de exercício (somatória do tempo total dos *sprints* com os períodos de recuperação) no presente estudo (aproximadamente 80 segundos) e no estudo de Meckel *et al.* (2009) (aproximadamente 185 segundos) podem ter sido muito curtos a ponto de não promoverem uma grande demanda pelo sistema aeróbio. Meckel *et al.* (2009) confirmam essa suposição através do resultado da correlação significativa entre o $VO_{2máx}$ e a redução de desempenho no protocolo de 12 *sprints* de 20 metros com 20 segundos de recuperação, que apresentou um tempo total de exercício consideravelmente maior (aproximadamente 259 segundos). Sustentando tal hipótese, Gaitanos *et al.* (1993) sugeriram que a contribuição do sistema aeróbico para o fornecimento de energia total aumentou e foi mais significativa para a manutenção do desempenho quando mais séries de *sprints* repetidos foram realizadas.

Gaitanos *et al.* (1993) também sugeriram que séries repetidas de exercício em intensidade máxima de curta duração são abastecidas predominantemente pelo ATP derivado da degradação de creatina fosfato (CP). Adicionalmente, estudos que mediram a concentração de lactato sanguíneo ([La]) após o teste de *sprints* repetidos (MECKEL *et al.*, 2009; BISHOP *et al.*, 2003) reportaram valores acima de $10,5 \text{ mmol.L}^{-1}$. Esses achados sugerem que a demanda anaeróbica durante o teste seja consideravelmente alta. Além disso, baseado na forte correlação entre o melhor *sprint* e ambos, tempo total dos *sprints* ($r = 0,829$) e redução de desempenho ($r = -0,722$) encontrado em seu estudo, Wadley e Le Rossignol (1998) sugeriram que tanto em uma única série quanto em séries repetidas de exercício de alta intensidade, a mesma capacidade está sendo

avaliada. Esta capacidade seria a capacidade anaeróbica. Portanto, pode-se considerar que o metabolismo anaeróbico assume o principal papel no desempenho e na manutenção do mesmo durante um teste de *sprints* repetidos.

Estudos anteriores têm relatado ausência de diferenças significativas na taxa de ressíntese de CP ao comparar indivíduos do grupo classificado como alto $VO_{2máx}$ (média de $VO_{2máx}$: $64,4 \pm 1,4$ mL/kg/min) com indivíduos do grupo baixo $VO_{2máx}$ (média de $VO_{2máx}$: $46,6 \pm 1,1$ mL/kg/min) (COOKE *et al.*, 1997). Além disso, Hoffman (1997) reportou que a taxa de recuperação em exercícios de alta intensidade está relacionada à capacidade aeróbica em soldados cujo $VO_{2máx}$ está abaixo da média da população, mas não em soldados que apresentam valores acima da média, como também pode ser considerado o grupo do presente estudo.

Adicionalmente, em um grupo de atletas que demonstram grande homogeneidade nos valores de $VO_{2máx}$ como o do presente estudo, é improvável que pequenas diferenças no $VO_{2máx}$ teriam um grande efeito na taxa de recuperação (remoção de metabólitos anaeróbicos e ressíntese de CP) entre cada *sprint*. Bishop *et al.* (2003) também levantaram esta hipótese em seu estudo. Além disso, o intervalo de recuperação entre os *sprints* (10 segundos) pode ter sido tão curto para que pequenas diferenças no $VO_{2máx}$ tivessem um significativo efeito na taxa de ressíntese de CP e, conseqüentemente, no desempenho. Glaister *et al.* (2006), sugeriram que a magnitude da associação entre $VO_{2máx}$ e índice de fadiga pode ser amplamente determinada pela duração da recuperação. Os autores reportaram uma correlação fraca ($r = -0,18$) entre o $VO_{2máx}$ e o índice de fadiga no protocolo que fez uso de recuperações mais curtas (10 segundos), e uma correlação considerável ($r = -0,34$) entre estas variáveis para o protocolo que fez uso de recuperações mais longas (30 segundos). Ambos os protocolos foram compostos por 20 *sprints* de 5 segundos.

A partir das sugestões apresentadas, parece que outros fatores assumem maior importância do que o $VO_{2máx}$ para a manutenção do desempenho nos testes de *sprints* repetidos quando se considera um grupo de atletas. Por exemplo, Bishop *et al.* (2003), em um estudo envolvendo jogadoras de hockey de elite, encontraram uma correlação positiva significativa ($r = 0,75$) entre a alteração na concentração plasmática de H^+ e a redução de potência. Gaitanos *et al.* (1993) reforçam este achado ao reportarem que os indivíduos que mostraram as maiores reduções na produção de potência média após 10 *sprints* de 6 segundos tenderam a apresentar

as maiores alterações no pH pós-teste ($r = 0,82$). Além disso, Bishop *et al.* (2003) reportaram uma correlação negativa significativa ($r = -0,69$) entre a capacidade de tamponamento estimada e a redução de potência, sugerindo que a capacidade para tamponar os íons H^+ pode auxiliar na manutenção do desempenho. A acidose intracelular pode prejudicar o desempenho em atividades de *sprints* repetidos por inibir a atividade de algumas enzimas chaves na regulação da glicólise (BOSCA *et al.*, 1985), inibir a ressíntese de creatina fosfato (HARRIS *et al.*, 1976) e/ou perturbar os mecanismos de contração muscular (SAHLIN, 1992).

No presente estudo, foi encontrada uma correlação fraca e não-significativa ($r = 0,003$) entre o $VO_{2máx}$ e o tempo total dos seis *sprints*. Resultados similares (WADLEY & LE ROSSIGNOL, 1998; MECKEL *et al.*, 2009) e correlações moderadas, porém significativas (AZIZ *et al.*, 2000) também foram reportadas na literatura. Como já relatado, o tempo total de exercício pode ter sido muito curto a ponto de não promover uma grande demanda pelo sistema aeróbio que, somado às exigências anaeróbias do teste (demanda por uma rápida produção de energia) pode ter contribuído para o resultado dessa correlação.

O presente estudo também reportou uma correlação fraca e não-significativa ($r = 0,063$) entre o $VO_{2máx}$ e o melhor *sprint* (*sprint* mais rápido). Resultados similares foram reportados por estudos anteriores (AZIZ *et al.*, 2000; MECKEL *et al.*, 2009). Este resultado não é surpreendente, uma vez que a participação do metabolismo aeróbio para o fornecimento de energia durante uma única série de exercício em intensidade máxima parece ser insignificante (GAITANOS *et al.*, 1993; HIRVONEN *et al.*, 1987). Por exemplo, Gaitanos *et al.* (1993) examinaram a dinâmica do metabolismo muscular durante um protocolo de exercício máximo intermitente consistindo de 10 *sprints* de 6 segundos em um cicloergômetro, com 30 segundos de recuperação. Neste estudo, os pesquisadores obtiveram biópsias musculares em intervalos críticos ao longo do experimento. Foi demonstrado que ambos, a degradação de CP e a glicólise, contribuíram igualmente (50% e 44%, respectivamente) para o requerimento energético total durante o primeiro *sprint*. Além disso, Parolin *et al.* (1999) relataram que, durante os primeiros 6 segundos de um *sprint* de 30 segundos, a contribuição média do sistema aeróbio para a ressíntese de ATP quantificou, aproximadamente, 9% da energia total produzida. Portanto, o $VO_{2máx}$ parece não ter um impacto significativo no desempenho em uma única série de *sprint*.

8. CONCLUSÃO

A partir dos resultados apresentados, o $VO_{2máx}$ parece não ser um bom determinante do desempenho em uma atividade de *sprints* repetidos envolvendo 6 *sprints* de 35 metros com 10 segundos de recuperação (protocolo do *RAST*), para esse grupo de atletas.

Mais estudos são necessários para se obter informações conclusivas sobre a magnitude da participação do sistema aeróbico durante testes de *sprints* repetidos em jovens jogadores de futebol.

9. REFERÊNCIAS

ALI, A.; FARRALLY, M. Recording soccer players' heart rates during matches. *Journal of Sports Science*, v. 9, p. 183–189, 1991.

APOR, P. Successful formulae for fitness training. In: REILLY, T.; LEES, A.; DAVIS, K. *et al.* (Eds.) *Science and football*. London: E & FN Spon, 1988. p. 95–107.

ASTRAND, P.O.; RODAHL, K. *Textbook of work physiology*. New York: McGraw-Hill, 1977.

AZIZ, A.R.; CHIA, M.; THE, K.C. The relationship between maximal oxygen uptake and repeated sprint performance indices in field hockey and soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, v. 40, p. 195-200, 2000.

BAHR, R.; GRØNNERØD, O.; SEJERSTED, O.M. Effect of supramaximal exercise on excess postexercise O₂ consumption. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 24, n. 1, p. 66-71, 1992.

BALSOM, P.D.; GAITANOS, G.C.; EKBLUM, B.; *et al.* Reduced oxygen availability during high intensity intermittent exercise impairs performance. *Acta Physiologica Scandinavica*, v. 152, n. 3, p. 279-285, 1994b.

BALSOM, P.D.; EKBLUM, B.; SJODIN, B. Enhanced oxygen availability during high intensity intermittent exercise decreases anaerobic metabolite concentrations in blood. *Acta Physiologica Scandinavica*, v. 150, n. 4, p.455-460, 1994a.

BALSOM, P.D.; SEGER, J.Y.; EKBLUM, B. A physiological evaluation of high intensity intermittent exercise. Resumo do 2nd World Congress on Science and Football, Veldhoven, 22-25 Maio, 1991.

BANGSBO, J. Energy demands in competitive soccer. *Journal of Sports Sciences*, n. 12, S5-S12, 1994a.

BANGSBO, J. *Fitness Training in Football – A Scientific Approach*. Bagsvserd, Denmark: HO+Storm, 1994c.

BANGSBO, J. The physiology of soccer – with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiologica Scandinavica*, v.151 (suppl. 619), p. 1-155, 1994b.

BANGSBO, J. *Yo-Yo Test*. Ancona, Italy: Kells, 1996.

BANGSBO, J.; GOLLNICK, P.D.; GRAHAM, T.E.; JUEL, C.; KIENS, B.; MIZUNO, M.; *et al.* Anaerobic energy production and O₂ deficit-debt relationship during exhaustive exercise in humans. *Journal of Physiology*, v. 422, n. 1, p. 539-559, 1990.

BANGSBO, J.; HELLSTEN, Y. Muscle blood flow and oxygen uptake in recovery from exercise. *Acta Physiologica Scandinavica*, v. 162, p. 305-312, 1998.

BANGSBO, J.; JOHANSEN, L.; GRAHAM, T.; SALTIN, B. Lactate and H⁺ effluxes from human skeletal muscles during intense dynamic exercise. *Journal of Physiology*, v. 462, p. 115 – 133, 1993.

BANGSBO, J.; MOHR, M.; KRUSTRUP, P. Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *Journal of Sports Sciences*, v. 24, n. 7, p. 665-674, 2006.

BANGSBO, J.; NØRREGAARD, L.; THORSØE, F. Activity profile of competition soccer. *Canadian Journal of Sports Sciences*, v. 16, n. 2, p. 110–116, 1991.

BANGSBO, J.; NORREGAARD, L.; THORSOE, F. The effect of carbohydrate diet on intermittent exercise performance. *International Journal of Sports Medicine*, v. 13, p. 152-157, 1992.

BASSETT, D.R.; MERRILL, P.W.; NAGLE, F.J.; *et al.* Rate of decline in blood lactate after cycling exercise in endurance-trained and untrained subjects. *Journal of Applied Physiology*, v. 70, p. 1816-1820, 1991.

BISHOP, D.; LAWRENCE, S.; SPENCER, M. Predictors of repeated-sprint ability in elite female hockey players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, v. 6, n. 2, p. 199-209, 2003.

BOOBIS, L.; WILLIAMS, C.; WOOTTON, S.A. Human muscle metabolism during brief maximal exercise. *Journal of Physiology*, v. 338, 21P-22P, 1982.

BOOBIS, L.H. Metabolic aspects of fatigue during sprinting. In: MACLEOD, D.; MAUGHAN, R.; NIMMO, M.; REILLY, T.; WILLIAMS, T.C. (Eds) *Exercise: Benefits, Limits and adaptations*. London/New York: E & F.N. Spon, 1987. p. 116-143.

BØRSHEIM, E.; KNARDAHL, S.; HØSTMARK, A.T.; *et al.* Adrenergic control of post-exercise metabolism. *Acta Physiologica Scandinavica*, v. 162, p. 313-323, 1998.

BOSCÁ, L.; ARAGÓN, J.J.; SOLS, A. Modulation of muscle phosphofructokinase at physiological concentration of enzyme. *Journal of Biological Chemistry*, v. 260, n. 4, p. 2100-2107, 1985.

BROOKS, G.A. Lactate production during exercise: oxidizable substrate versus fatigue agent. In: MACLEOD, D.; MAUGHAN, R.; NIMMO, M.; REILLY, T.; WILLIAMS, T.C. (Eds) *Exercise: Benefits, Limits and adaptations*. London/New York: E & F.N. Spon, 1987. p. 144-158.

CAPUTO, F. *et al.* Exercício aeróbio: Aspectos bioenergéticos, ajustes fisiológicos, fadiga e índices de desempenho. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, v. 11, n. 1, p. 94-102, 2009.

CASTAGNA, C.; BELARDINELLI, R.; ABT, G. The VO₂ and HR response to training with the ball in youth soccer players. In: REILLY, T.; CABRI, J.; ARAÚJO, D. (Eds.) *Science and Football V*. London/New York: Routledge, Taylor & Francis Group, 2005. p. 462-464.

CASTAGNA, C.; IMPELLIZZERI, F.M.; CHAMARI, K.; CARLOMAGNO, D.; and RAMPININI, E. Aerobic fitness and yo-yo continuous and intermittent tests performances in soccer players: A correlation study. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 20, n. 2, p. 320-325, 2006.

COOKE, S.R.; PETERSEN, S.R.; QUINNEY, H.A. The influence of maximal aerobic power on recovery of skeletal muscle following anaerobic exercise. *European Journal of Applied Physiology*, v. 75, n. 6, p. 512-519, 1997.

COOPER, K.H. A means of assessing maximal oxygen intake. *JAMA*, v. 203, p. 201-204, 1968.

COVELL, B.; EL DIN IV; PASSMORE, R. Energy expenditure of young men during the weekend. *Lancet*, v. 1, p. 727-728, 1965.

DAUSSIN, F.N. *et al.* Effect of interval versus continuous training on cardiorespiratory and mitochondrial functions: relationship to aerobic performance improvements in sedentary subjects. *American Journal of Physiology - Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, v. 295, p. 264-272, 2008.

DURNIN, J.V.G.A.; PASSMORE, R. *Energy, work and leisure*. London: Heinemann, 1967.

EKBLOM, B. Applied physiology of soccer. *Sports Medicine*, v. 3, p. 50-60, 1986.

ESPOSITO, F.; IMPELLIZZERI, F.M.; 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. *European Journal of Applied Physiology*, v. 93, p. 167-172, 2004.

GAESSER, G.A.; BROOKS, G.A. Metabolic bases of excess post-exercise oxygen consumption: a review. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 16, n. 1, p. 29-43, 1984.

GAITANOS, G.C.; WILLIAMS, C.; BOOBIS, L.H.; *et al.* Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. *Journal of Applied Physiology*, v. 75, n. 2, p. 712-719, 1993.

GASTIN, P.B. Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports Medicine*, v. 31, n. 10, p. 725-741, 2001.

GLAISTER, M. Multiple sprint work: physiological responses, mechanisms of fatigue and the influence of aerobic fitness. *Sports Medicine*, v. 35, n. 9, p. 757-777, 2005.

GLAISTER, M.; STONE, M.H.; STEWART, A.M.; HUGHES, M.G.; MOIR, G.L. Aerobic and anaerobic correlates of multiple sprint cycling performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 20, n.4, p. 792-798, 2006.

GRASSI, B. Regulation of oxygen consumption at exercise onset: is it really controversial? *Exercise and Sport Sciences Reviews*, v. 29, n. 3, p. 134-138, 2001.

HAMILTON, A.L.; NEVILL, M.E.; BROOKS, S.; *et al.* Physiological responses to maximal intermittent exercise: differences between endurance-trained runners and games players. *Journal of Sports Sciences*, v. 9, n. 4, p. 371-382, 1991.

HARRIS, R.C.; EDWARDS, R.H.T.; HULTMAN, E.; *et al.* The time course of phosphocreatine resynthesis during recovery of the quadriceps muscle in man. *Pflügers Archive*, v. 367, p. 137-142, 1976.

HASELER, L.J.; HOGAN, M.C.; RICHARDSON, R.S. Skeletal muscle phosphocreatine recovery in exercise-trained humans is dependent on O₂ availability. *Journal of Applied Physiology*, v. 86, n. 6, p. 2013-2018, 1999.

HELGERUD, J.; ENGEN, L.C.; WISLOFF, U. *et al.* Aerobic endurance training improves soccer performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 33, n. 11, p. 1925–1931, 2001.

HIRVONEN, J.; REHUNEN, S.; RUSKO, H.; HARKOVEN, M. Breakdown of high energy phosphate-compounds and lactate accumulation during short-supramaximal exercise. *European Journal of Applied Physiology*, v. 56, p. 253-259, 1987.

HOFF, J.; WISLOFF, U.; ENGEN, L.C. *et al.* Soccer specific aerobic endurance training. *British Journal of Sports Medicine*, v. 36, p. 218-221, 2002.

HOFFMAN, J.R. The relationship between aerobic fitness and recovery from high-intensity exercise in infantry soldiers. *Military Medicine*, v. 162, p. 484-488, 1997.

HUGHSON, R.L.; KOWALCHUK, J.M. Kinetics of oxygen uptake for submaximal exercise in hyperoxia, normoxia, and hypoxia. *Canadian Journal of Applied Physiology*, v. 20, n. 2, p. 198-210, 1995.

HULTMAN, E.; BERGSTROM, J.; MCLENAN-ANDERSON, N. Breakdown and resynthesis of phosphorylcreatine and adenosine triphosphate in connection with muscular work in man. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation*, v. 19, p. 56-66, 1967.

KARLSSON, J.; SALTIN, B. Oxygen deficit and muscle metabolites in intermittent exercise. *Acta Physiologica Scandinavica*, v. 82, p. 115-122, 1971.

KRUSTRUP, P., SODERLUND, K., MOHR, M., & BANGSBO, J. The slow component of oxygen uptake during intense submaximal exercise in man is associated with additional fibre recruitment. *Pflügers Archive*, v. 44, p. 855-866, 2004.

KRUSTRUP, P.; BANGSBO, J. Physiological demands of top-class soccer refereeing in relation to physical capacity: Effect of intense intermittent exercise training. *Journal of Sports Sciences*, v. 19, p. 881-891, 2001.

KRUSTRUP, P.; MOHR, M.; AMSTRUP, T.; RYSGAARD, T.; JOHANSEN, J.; STEENBERG, A. *et al.* The Yo-Yo intermittent recovery test: Physiological response, reliability and validity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 35, p. 695-705, 2003.

KRUSTRUP, P.; MOHR, M.; STEENBERG, A.; BENCKE, J.; KJAER, M.; BANGSBO, J. Muscle and blood metabolites during a soccer game: Implications for sprint performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 38, n. 6, p. 1-10, 2006.

LEGER, L.; GADOURY, C. Validity of the 20 m shuttle run test with 1 min stages to predict VO_{2max} in adults. *Canadian Journal of Sport Sciences*, v. 14, n. 1, p. 21-26. 1989.

LINNARSSON, D.; KARLSSON, J.; FAGRAEUS, L. Muscle metabolites and oxygen deficit with exercise in hypoxia and hyperoxia. *Journal of Applied Physiology*, v. 36, n. 4, p. 399-402, 1974.

MACDONALD, M.; PEDERSEN, P.K.; HUGHSON, R.L. Acceleration of VO_2 kinetics in heavy submaximal exercise by hyperoxia and prior high-intensity exercise. *Journal of Applied Physiology*, v. 83, n. 4, p. 1318-1325, 1997.

MAYHEW, S.R.; WENGER, H.A. Time motion analysis of professional soccer. *Journal of Human Movement Studies*, v. 11, p. 49-52, 1985.

MCARDLE, W.D.; KATCH, F.I.; KATCH, V.L. *Fisiologia do Exercício: Energia, Nutrição e Desempenho Humano*. 5ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.

MCCULLY, K.K.; POSNER, J.D. Measuring exercise-induced adaptations and injury with magnetic resonance spectroscopy. *International Journal of Sports Medicine*, v. 13, S147-149, 1992.

MCCULLY, K.K.; VANDERBOUME, K.; DEMERLEIR, K.; *et al.* Muscle metabolism in track athletes, using ^{31}P magnetic resonance spectroscopy. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, v. 70, p. 1353-1359, 1992.

MCLESTER, J.R. Muscle contraction and fatigue: The role of adenosine 5'-diphosphate and inorganic phosphate. *Sports Medicine*, v. 23, p. 287-305, 1997.

MECKEL, Y.; MACHNAI, O.; ELIAKIM, A. Relationship among repeated sprint tests, aerobic fitness, and anaerobic fitness in elite adolescent soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 23, n. 1, p. 163-169, 2009.

MOHR, M.; KRUSTRUP, P.; BANGSBO, J. Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of Sports Sciences*, v. 21, p. 519-528, 2003.

NORDHEIM, K.; VOLLESTAD, N.K. Glycogen and lactate metabolism during low-intensity exercise in man. *Acta Physiologica Scandinavica*, v. 139, p. 475-484, 1990.

OGUSHI, T.; OHASHI, J.; NAGAHAMA, H. *et al.* Work intensity during soccer match-play. In: REILLY, T.; CLARYS, J.; STIBBE, A. (Eds.) *Science and football II*. London: E & FN Spon, 1993. p. 121-123.

OHASHI, J.; TOGARI, H.; ISOKAWA, M.; *et al.* Measuring movement speeds and distances covered during soccer match-play. In: REILLY, T.; LEES, A.; DAVIDS, K. *et al.* (eds) *Science and football*. London: E & FN Spon, 1988. p. 329-333.

OOSTHUYSE, T.; CARTER, R.N. Plasma lactate decline during passive recovery from high-intensity exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 31, p. 670-674, 1999.

PAROLIN, M.L.; CHESLEY, A.; MATSOS, M.P.; *et al.* Regulation of skeletal muscle glycogen phosphorylase and PDH during maximal intermittent exercise. *American Journal of Physiology*, v. 277, p. 890-900, 1999.

PER-OLOF ASTRAND, M.D. *et al.* *Tratado de Fisiologia do Trabalho: Bases fisiológicas do exercício*. 4ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

PLATONOV, V.N. *Tratado Geral de Treinamento Desportivo*. 1ª Edição brasileira. São Paulo: Phorte, 2008.

RAMSBOTTOM, R.; BREWER, J.; WILLIAMS, C. A progressive shuttle run test to estimate maximal oxygen uptake. *British Journal of Sports Medicine*, v. 22, n. 4, p. 141-144, 1988.

REILLY, T. Energetics of high-intensity exercise (soccer) with particular reference to fatigue. *Journal of Sports Sciences*, v.15, p. 257-263, 1997.

REILLY, T. Physiological profile of the player. In: EKBLÖM, B. (ed.) *Football (soccer)*. London: Blackwell, 1994. p. 78–95.

REILLY, T.; BANGSBO, J.; FRANKS, A. Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer. *Journal of Sports Sciences*, v. 18, p. 669-683, 2000.

REILLY, T.; THOMAS, V. A motion analysis of work-rate in different positional roles in professional football match-play. *Journal of Human Movement Studies*, v. 2, p. 87-97, 1976.

RIENZI, E.; DRUST, B.; REILLY, T. *et al.* Investigation of anthropometric and work-rate profiles of elite South American international soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, v. 40, n. 2, p. 162-169, 2000.

SAHLIN, K. Metabolic factors in fatigue. *Sports Medicine*, v. 13, p. 99-107, 1992.

SMAROS, G. Energy usage during a football match. In: VECCIET, L. (Ed.) *Anais do 1st International Congress on Sports Medicine Applied to Football*. Rome: D Guanillo, 1980, p. 795-801.

SPENCER, M.R; GASTIN, P.B. Energy system contribution during 200 to 1500m running in highly trained athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 33 n. 1, p. 157-162, 2001.

STOLEN, T.; CHAMARI, K.; CASTAGNA, C.; WISLOFF, U. Physiology of soccer: an update. *Sports Medicine*, v. 35, n. 6, p. 501-536, 2005.

TAKAHASHI, H.; INAKI, M.; FUJIMOTO, K.; *et al.* Control of the rate of phosphocreatine resynthesis after exercise in trained and untrained human quadriceps muscles. *European Journal of Applied Physiology*, v. 71, n. 5, p. 396-404, 1995.

TAOUTAOU, Z.; GRANIER, P.; MERCIER, B.; *et al.* Lactate kinetics during passive and partially active recovery in endurance and sprint athletes. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, v. 73, p. 465-470, 1996.

THODEN, J.S. Testing aerobic power. In: MACDOUGALL, J.D.; WENGER, H.A.; GREEN, H.J. (editors) *Physiological testing of the high-performance athlete*. Champaign (IL): Human Kinetics, 1991. p. 107-174.

TOMLIN, D.L.; WENGER, H.A. The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity intermittent exercise. *Sports Medicine*, v. 31, n. 1, p. 1-11, 2001.

VAN GOOL, D.; VAN GERVEN, D.; BOUTMANS, J. The physiological load imposed on soccer players during real match-play. In: REILLY, T.; LEES, A.; DAVIDS, K. *et al.* (eds) *Science and football*. London: E & FN Spon, 1988. p. 51–59.

WADLEY, G.; LE ROSSIGNOL, P. The relationship between repeated sprint ability and the aerobic and anaerobic energy systems. *Journal of Science and Medicine in Sport*, v. 1, n. 2, p. 100-110, 1998.

WILMORE, J.H., COSTILL, D.C. *Fisiologia do Esporte e do Exercício*. 1ª Edição brasileira. São Paulo: Manole, 2001.

WISLØFF, U.; HELGERUD, J.; HOFF, J. Strength and endurance of elite soccer players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 30, p. 462-467, 1998.

WITHERS, R.T. Match analyses of Australian professional soccer players. *Journal of Human Movement Studies*, v. 8, p. 159–76, 1982.

WOOTON, S.A.; WILLIAMS, C. The influence of recovery duration on repeated maximal sprints. In: KNUTTGEN H.G.; VOGEL J.A.; POORTMANS J. (editors) *Biochemistry of exercise*. Champaign (IL): Human Kinetics, 1983. p. 269-273.

YOSHIDA, T.; WATARI, H. Effect of circulatory occlusion on human muscle metabolism during exercise and recovery. *European Journal of Applied Physiology*, v. 75, p. 200-205, 1997.

YOSHIDA, T.; WATARI, H. Metabolic consequences of repeated exercise in long distance runners. *European Journal of Applied Physiology*, v. 67, p. 261-265, 1993.

ZACHAROGIANNIS, E.; PARADISIS, G., TZIORTZIS, S. An evaluation of tests of anaerobic power and capacity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 36, n. 5, pS116, 2004.

ANEXOS

ANEXO I – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (DE ACORDO COM O ITEM IV DA RESOLUÇÃO 196/96 DO CNS)

TÍTULO DO PROJETO DE PESQUISA

Análise da demanda fisiológica em jogos e ao longo de uma temporada competitiva de futebol e a sua relação com a expressão genética do ACTN3 dos jogadores.

OBJETIVO

Analisar a demanda fisiológica de jogos e ao longo de uma temporada competitiva de futebol tendo em vista a genotipagem dos atletas para o ACTN3.

PROCEDIMENTOS

Em uma data eletiva você deverá comparecer ao laboratório para a realização de testes físicos para a determinação de sua composição corporal e capacidade aeróbia máxima através de um teste ergoespirométrico que ocorrerá em uma esteira rolante em um teste progressivo até a fadiga.

Antes de algum dos jogos de uma competição serão coletadas uma amostra sanguínea por punção venosa por um pesquisador, previamente treinado em técnicas de punctura de veias periféricas, escolherá a veia mais proeminente da fossa antecubital dos voluntários para tal. Para cada colheita de sangue, 3 amostras de 10 mL de sangue serão coletadas nos períodos antes do jogo, logo após, duas e quatro horas após o jogo. Também serão realizadas coletas sanguíneas antes da temporada de treinamento, 3 vezes ao longo da temporada e mais uma vez ao final da temporada.

CONFIDENCIALIDADE DOS DADOS

Todos os seus dados são confidenciais, sua identidade não será revelada publicamente em hipótese alguma e somente os pesquisadores envolvidos neste estudo terão acesso a estas informações que serão utilizadas para fins de pesquisa.

BENEFÍCIOS

Obter informações sobre a demanda fisiológica imposta ao seu organismo em decorrência do futebol.

RISCOS

Você poderá apresentar um certo desconforto pelas punções sanguíneas ou Hematomas também podem aparecer no local da colheita de sangue, regredindo no máximo após uma semana, dores musculares, tardias ou não, e sensação de cansaço, em decorrência da prática do futebol que devem desaparecer entre 2 e 5 dias. Riscos gerais que envolvem a prática de atividades físicas devem ser considerados, como lesões músculo-esqueléticas e traumatismo em geral. Entretanto, você realizará uma atividade física em condições conhecidas, com toda assistência necessária se for o caso.

EVENTUAIS DESPESAS MÉDICAS

Não está prevista qualquer forma de remuneração ou pagamento de eventuais despesas médicas para os voluntários. Todas as despesas especificamente relacionadas com o estudo são de responsabilidade do Laboratório de Fisiologia do Exercício (LAFISE) da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG.

Você dispõe de total liberdade para esclarecer questões que possam surgir durante o andamento da pesquisa. Qualquer dúvida, por favor, entre em contato com os pesquisadores responsáveis pelo estudo: Emerson Silami Garcia, tel. 3499-2350 e Daniel Barbosa coelho, tel. 98594346.

Você poderá recusar-se a participar deste estudo e/ou abandoná-lo a qualquer momento, sem precisar se justificar. Você também deve compreender que os pesquisadores podem decidir sobre a sua exclusão do estudo por razões científicas, sobre as quais você será devidamente informado.

CONSENTIMENTO

Concordo com tudo o que foi exposto acima e, voluntariamente, aceito participar deste estudo, que será realizado no Laboratório de Fisiologia do Exercício da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais. Os resultados desta pesquisa serão utilizados na elaboração de uma tese de doutorado.

Belo Horizonte, _____ de _____ de 200__

Assinatura do voluntário: _____

Assinatura da testemunha: _____

Declaro que expliquei os objetivos deste estudo para o voluntário, dentro dos limites dos meus conhecimentos científicos.

Daniel Barbosa Coelho
Doutorando / Pesquisador