UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE

Correlações da aptidão aeróbia e de fatores neuromusculares no
desempenho em *sprints* repetidos em tenistas de diferentes níveis
competitivos

Rodrigo Poles Urso

São Paulo
2015

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE

Correlações da aptidão aeróbia e de fatores neuromusculares no
desempenho em *sprints* repetidos em tenistas de diferentes níveis
competitivos

Rodrigo Poles Urso

São Paulo
2015

RODRIGO POLES URSO

Correlações da aptidão aeróbia e de fatores neuromusculares no desempenho em
sprints repetidos em tenistas de diferentes níveis competitivos

VERSÃO CORRIGIDA

Dissertação apresentada à Escola de Educação
Física e Esporte da Universidade de São Paulo,
como requisito parcial para a obtenção do
título de Mestre em Ciências

Área de Concentração: Estudos do Esporte

Orientador:

Prof. Dr. Rômulo Cássio de Moraes Bertuzzi

São Paulo

2015

Catálogo da Publicação
Serviço de Biblioteca
Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo

Urso, Rodrigo Poles

Correlações da aptidão aeróbia e de fatores neuromusculares no desempenho em sprints repetidos em tenistas de diferentes níveis competitivos / Rodrigo Poles Urso . – São Paulo :[s.n.], 2015.

72p.

Dissertação (Mestrado) - Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo.

Orientador: Prof. Dr. Rômulo Cássio de Moraes Bertuzzi.

1. Testes em educação física e esportes 2. Aptidão física
3. Desempenho esportivo 4. Treinamento físico 5. Tênis
I. Título.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Rômulo Cássio de Moraes Bertuzzi por me orientar desde a iniciação científica até a conclusão desse projeto de mestrado. Durante todo esse processo me proporcionou oportunidades para que eu pudesse me desenvolver como pesquisador e professor. Além disso, eu o agradeço por ter conduzido esse processo com bastante seriedade e paciência, possibilitando a conclusão deste projeto.

Ao Prof. Dr. Nilo Massaru Okuno pelos apontamentos feitos para este projeto de pesquisa, que muito contribuíram para o desenvolvimento deste. Adicionalmente, eu o agradeço por todos os conselhos que me deu desde quando eu ainda estava na graduação até os dias de hoje, ajudando no meu desenvolvimento como um profissional da área de Educação Física.

Ao Prof. Dr. Valmor Alberto Augusto Tricoli pelos apontamentos feitos para este projeto de pesquisa, que muito contribuíram para o desenvolvimento deste. Além disso, eu o agradeço por ter sido um ótimo professor tanto na graduação quando na pós-graduação, me proporcionando conhecimentos importantes principalmente na área de treinamento.

Ao Prof. Dr. Adriano Eduardo Lima da Silva por estar sempre disposto em contribuir no desenvolvimento das atividades relacionadas ao GEDAE.

Aos integrantes do GEDAE e do LADESP que de uma forma ou de outra me ajudaram no desenvolvimento deste projeto. Com certeza muito mais me ajudaram do que eu pude ajuda-los nas atividades acadêmicas. Também os agradeço por me fazerem companhia tanto em momentos de trabalho duro quanto em momentos de lazer.

Ao Prof. Ms. Victor Gustavo Ferreira Santos por me ajudar na maior parte das coletas deste projeto. Sem a sua ajuda este projeto não teria dado andamento.

Ao Laboratório de Adaptação ao Treinamento de Força por possibilitar a realização de parte das minhas coletas, e ao Prof. Dr. Renato Barroso da Silva, que me ensinou a mexer nos equipamentos do laboratório.

Aos amigos (não vou citar nomes para não esquecer de ninguém) por serem ótimos companheiros, conselheiros e curtirem a vida junto comigo.

À minha namorada Jéssica Guerra por ser minha grande companheira (nos maus e bons momentos) durante o mestrado e, o principal de tudo, curtir a vida ao meu lado.

Aos meus familiares por me proporcionarem todas as condições necessárias para que eu realizasse uma pós-graduação e estarem comigo nos melhores e piores momentos da vida.

RESUMO

URSO, R. P. **Correlações da aptidão aeróbia e de fatores neuromusculares no desempenho em sprints repetidos em tenistas de diferentes níveis competitivos**. 2015. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2015.

O objetivo desse estudo foi verificar a relação da aptidão aeróbia e de fatores neuromusculares com o desempenho em SR em tenistas com diferentes níveis de jogo. Um grupo de dez tenistas profissionais (GP) e um grupo de dez tenistas amadores (GA) foram submetidos a quatro sessões experimentais, a saber: 1) medidas antropométricas, familiarização com o teste de *drop jump* (DJ) e com o teste de contração voluntária isométrica máxima (CVIM) para membros inferiores, e um teste progressivo até a exaustão; 2) um teste de DJ e um teste de carga constante para avaliar a cinética *on* e *off* do consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$); 3) um teste de CVIM para membros inferiores, outro teste de carga constante para avaliar a cinética *on* e *off* do $\dot{V}O_2$ e familiarização com o teste de SR; 4) um teste composto por dez SR. O GP apresentou valores significativamente menores para o tempo do melhor *sprint* (SR_{melhor}) e para a média dos tempos de todos os *sprints* (SR_{médio}) em relação ao GA ($p < 0,05$). O percentual de aumento do tempo ao longo dos *sprints* (SR_{%aumento}) do GP não foi significativamente menor em comparação ao GA ($p = 0,102$), porém a chance dessa variável ser menor para o GP foi considerada “provável”. Para o GP, a única correlação significativa observada foi entre o SR_{médio} e o tempo de contato obtido no teste de DJ ($r = 0,641$, $p < 0,05$). Em relação ao GA, foram observadas correlações significativas da velocidade pico obtida no teste progressivo até a exaustão com o SR_{melhor} ($r = -0,680$, $p < 0,05$) e SR_{médio} ($r = -0,744$, $p < 0,05$), assim como da amplitude da fase lenta da cinética *off* do $\dot{V}O_2$ com o SR_{melhor} ($r = -0,756$, $p < 0,05$) e SR_{médio} ($r = -0,794$, $p < 0,05$). Portanto, esses dados sugerem que tenistas profissionais possuem um melhor desempenho em SR em comparação aos tenistas amadores. Entretanto, não está clara a importância de fatores da aptidão aeróbia e neuromusculares no desempenho dessa atividade.

Palavras-chave: consumo de oxigênio; cinética *on* e *off* do consumo de oxigênio; drop jump; contração voluntária isométrica máxima; exercício intermitente.

ABSTRACT

URSO, R. P. **Correlations of aerobic fitness and neuromuscular factors with repeated sprints performance in tennis players of different competitive level.** 2015. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2015.

The objective of this study was to verify the relationship of aerobic fitness and neuromuscular factors with RS performance in tennis players with different playing level. A group of ten professional (PG) and ten amateur (AG) tennis players were submitted to four experimental sessions, to know: 1) anthropometric measurements, familiarization with the drop jump (DJ) test and the maximal voluntary isometric contraction (MVIC) test for the lower limbs, and a progressive test until exhaustion; 2) a DJ test and a constant load test for on and off oxygen consumption ($\dot{V}O_2$) kinetics measurement; 3) a MVIC test for the lower limbs, another constant load test for on and off $\dot{V}O_2$ kinetics measurement, and familiarization with the RS test; 4) a test of ten RS. The PG presented significant lower values for the best sprint time (RS_{best}) and mean time of all sprints (RS_{mean}) in relation to the AG ($p < 0.05$). The percentage increase in time over all sprints ($RS_{\%increase}$) of the PG was not significantly lower in comparison to the AG ($p = 0.102$), however the chance of this variable to be lower for the PG was considered “probable”. For the PG the only significant correlation observed was between RS_{mean} and the contact time obtained in the DJ test ($r = 0.641$, $p < 0.05$). In relation to the AG, significant correlations were observed for the peak speed obtained on the progressive test until exhaustion with the RS_{best} ($r = -0.680$, $p < 0.05$) and RS_{mean} ($r = -0.744$, $p < 0.05$), likewise for the amplitude of the slow phase in oxygen uptake off-kinetics with the RS_{best} ($r = -0.756$, $p < 0.05$) and RS_{mean} ($r = -0.794$, $p < 0.05$). Thus, these data suggest that professional tennis players have a better performance in RS compared to amateur tennis players. However, it is not clear the importance of aerobic fitness and neuromuscular factors in the performance of this activity.

Keywords: oxygen consumption, on and off oxygen uptake kinetics, drop jump, maximal voluntary isometric contraction, intermittent exercise.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	Objetivos específicos	11
2	REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1	Caracterização do esforço físico no tênis	13
2.1.1	Estrutura temporal do jogo de tênis	13
2.1.2	Demandas fisiológicas no tênis	16
2.1.2.1	Frequência cardíaca	16
2.1.2.2	Consumo de oxigênio	18
2.1.2.3	Lactato sanguíneo	20
2.1.3	Demandas neuromusculares no tênis	22
2.1.3.1	Golpes	22
2.1.3.2	Características de deslocamento	24
2.2	Desempenho em <i>sprints</i> repetidos	26
2.2.1	Teste progressivo até a exaustão e <i>sprints</i> repetidos	26
2.2.2	Cinética do consumo de oxigênio e <i>sprints</i> repetidos	30
2.2.3	Força e potência muscular e <i>sprints</i> repetidos	36
2.3	<i>Sprints</i> repetidos e nível competitivo	38
3	MATERIAIS E MÉTODOS	41
3.1	Amostra	41
3.2	Desenho experimental	42
3.3	Medidas antropométricas	43
3.4	Teste progressivo até a exaustão	43
3.5	Teste de carga constante	44
3.6	Teste de <i>drop jump</i>	45
3.7	Teste de contração voluntária isométrica máxima para membros inferiores	46
3.8	Teste de <i>sprints</i> repetidos	46
3.9	Análises estatísticas	48
4	RESULTADOS	49
4.1	Desempenho no teste de <i>sprints</i> repetidos	49
4.2	Teste progressivo até a exaustão	50
4.3	Cinética do consumo de oxigênio	51
4.4	Variáveis neuromusculares	52

4.5	Correlações entre as variáveis da aptidão aeróbia e neuromusculares com o desempenho em <i>sprints</i> repetidos	53
5	DISCUSSÃO	55
5.1	Comparação do desempenho em <i>sprints</i> repetidos entre tenistas com diferentes níveis competitivos.....	55
5.2	Comparação das variáveis da aptidão aeróbia e neuromusculares entre tenistas com diferentes níveis competitivos	57
5.3	Correlações entre as variáveis da aptidão aeróbia e neuromusculares com o desempenho em <i>sprints</i> repetidos	58
6	LIMITAÇÕES	61
7	CONCLUSÕES	62
	REFERÊNCIAS	63
	ANEXO	71

1. INTRODUÇÃO

Durante a prática de diversos esportes é comum a realização de deslocamentos de curta duração (< 10 s) de alta e máxima intensidade, compostos por ações de aceleração, desaceleração e mudanças de direção, e intercalados por pausas com durações inferiores a 60 s (SPENCER et al., 2005; GIRARD et al., 2011). Tradicionalmente, as atividades esportivas com essas características têm sido denominadas como *sprints* repetidos (SR) (GIRARD et al., 2011). Nesse sentido, tem sido interesse de diversos pesquisadores compreender melhor sobre o desempenho de atletas nesse tipo de atividade, assim como identificar possíveis fatores que podem estar associados aos SR.

Entre os diferentes esportes de raquete, o tênis se destaca como uma das modalidades mais populares compostas por SR (FERNANDEZ et al., 2006). Isso se deve pelo fato do tenista ter que se deslocar repetidamente e rapidamente para golpear a bola durante os ralis, tendo que realizar nesses momentos ações de aceleração, desaceleração e mudança de direção em um breve período de tempo ($< 1,5$ s) (MOREAU et al., 2003; FERNANDEZ-FERNANDEZ et al., 2012). De fato, achados prévios indicaram que os ralis possuem uma duração média entre 4 e 10 s, as pausas entre eles (desconsiderando as pausas durante as trocas de lado da quadra e ao fim de cada *set*) duram em média de 10 a 20 segundos, e a duração total da partida de até 3 *sets* está em torno de 1,5 hora. (SMEKAL et al., 2001; FERNANDEZ-FERNANDEZ et al., 2007; FERNANDEZ-FERNANDEZ et al., 2008). Portanto, em virtude das ações envolvidas no deslocamento em quadra serem de alta intensidade, acredita-se que uma alta demanda neuromuscular seja importante para a realização dessas ações. Além disso, à medida que o tenista realiza tais ações repetidamente por longo período, pressupõe-se que ele também necessita de uma aptidão aeróbia bem desenvolvida (KOVACS, 2007).

Por outro lado, as partidas de tênis parecem impor aos seus atletas algumas demandas físicas diferentes daquelas impostas em modalidades intermitentes comumente estudadas. Por exemplo, no futebol os atletas realizam corridas de baixa e moderada intensidade por um período médio entre 40 e 56 s na recuperação entre os *sprints* (SPENCER et al., 2005), ao passo que tenistas realizam apenas caminhadas lentas e ficam parados em pé durante as pausas entre os ralis, as quais possuem uma duração máxima pré-estabelecida de até 20 s (FERNANDEZ et al., 2006). Adicionalmente, dependendo de fatores externos como o tipo de piso ou paridade no nível de jogo dos adversários, é comum que algumas partidas de tênis durem mais do que 2 h, exigindo que o tenista repita ainda mais *sprints* até o fim da partida

(KOVACS, 2007; REID; DUFFIELD, 2014). Não só, é comum tenistas disputarem partidas em dias consecutivos (ou até mesmo dois jogos num mesmo dia), não tendo tempo suficiente para se recuperar adequadamente entre as partidas (REID; DUFFIELD, 2014). Porém, embora se saiba que o tênis apresenta algumas exigências físicas particulares, ainda são poucas as informações a respeito do desempenho exclusivamente de tenistas em testes de SR, assim como de correlações de fatores neuromusculares e da aptidão aeróbia com o desempenho nesse tipo de atividade (FERNANDEZ-FERNANDEZ et al., 2012; FERNANDEZ-FERNANDEZ et al., 2015).

Fatores da aptidão aeróbia e neuromusculares, que parecem influenciar no desempenho em SR, têm sido investigados em atletas de outras modalidades intermitentes (EDGE et al., 2005; DUPONT et al., 2005; OKUNO, 2011; STOJANOVIC et al., 2012). No que se refere à aptidão aeróbia, Edge et al. (2005) relataram que 5 semanas de treinamento intervalado foi capaz de aumentar significativamente o pico do consumo de oxigênio (12%, $p < 0,05$) e o trabalho total (13%, $p < 0,05$) em SR realizados em um cicloergômetro em jogadores recreacionais de diferentes modalidades coletivas. Além disso, Dupont et al. (2005) verificaram que atletas de futebol apresentaram alta correlação entre a constante de tempo (τ) da resposta cinética *on* do consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$) e a porcentagem de queda da velocidade em 15 SR ($r = 0,80$; $p < 0,01$), bem como entre a τ da cinética *on* do $\dot{V}O_2$ e o tempo acumulado nos 15 *sprints* ($r = 0,80$; $p < 0,01$). Esses achados sugerem que valores elevados do consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2max}$) e reduzidos da τ da cinética *on* do $\dot{V}O_2$ podem ser importantes para o desempenho em SR.

Além das variáveis representativas da aptidão aeróbia supracitadas, o desempenho em SR parece também ser influenciado por fatores neuromusculares (OKUNO, 2011; STOJANOVIC et al., 2012). Stojanovic et al. (2012) encontraram, em jogadores de basquetebol, uma forte correlação inversa entre a altura no salto com contra movimento e a soma do tempo em 10 SR ($r = -0,74$; $p < 0,05$). Por sua vez, Okuno (2011) relatou, em indivíduos ativos, uma redução significativa na média do tempo em 6 SR após 10 semanas de treinamento de força no exercício meio agachamento com e sem a utilização da plataforma vibratória. Esses resultados indicam que a força e a potência de membros inferiores também possam ser determinantes para o desempenho em SR. Nesse sentido, ao passo que o tênis é uma modalidade de SR, mas que possui algumas exigências físicas que diferem das modalidades previamente citadas, torna-se interessante investigar a correlação de fatores da aptidão aeróbia e neuromusculares no desempenho de SR em tenistas.

Ademais, tem sido reportado que alguns fatores da aptidão aeróbia e neuromusculares diferem entre tenistas com diferentes níveis competitivos (GIRARD; MILLET, 2009; URSO et al., 2014). Por exemplo, ao comparar o desempenho entre tenistas treinados e recreacionais num teste progressivo até a exaustão específico para o tênis, foi evidenciado que os treinados atingiram maiores distâncias ($2144,5 \pm 278,4$ m vs. $1557,6 \pm 264,7$ m) e um maior $\dot{V}O_2\text{max}$ estimado ($58,84 \pm 3,73$ ml/kg/min vs. $51,80 \pm 3,71$ ml/kg/min) (URSO et al., 2014). Já Girard e Millet (2009) relataram com tenistas juvenis correlações significativas entre a posição no ranking e o desempenho nos testes de *sprint* de 5 m ($r = 0,69$, $p < 0,05$), 10 m ($r = 0,63$, $p < 0,05$) e 20 m ($r = 0,74$, $p < 0,05$), de salto com contra movimento ($r = 0,80$, $p < 0,001$) e sem contra movimento ($r = 0,71$, $p < 0,01$), de *drop jump* (DJ) ($r = 0,66$, $p < 0,05$) e de contração voluntária isométrica máxima (CVIM) para os músculos flexores plantares da perna dominante ($r = 0,73$, $p < 0,01$). Portanto, à medida que tanto tenistas amadores quanto profissionais precisam desempenhar SR durante uma partida, e que fatores da aptidão aeróbia e neuromusculares parecem diferir entre tenistas com diferentes níveis competitivos, torna-se importante destacar quais variáveis da aptidão aeróbia e neuromusculares estão correlacionadas a cada um desses grupos.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi comparar o desempenho em SR entre tenistas profissionais e amadores, assim como identificar quais os fatores da aptidão aeróbia e neuromusculares estão correlacionados a esse tipo de atividade em cada um dos grupos. Foi hipotetizado que tenistas profissionais obteriam um melhor desempenho no teste de SR, e que variáveis da aptidão aeróbia e neuromusculares estariam correlacionadas às variáveis do teste de SR para ambos os grupos.

1.1. Objetivos específicos

Foram objetivos específicos desse projeto de pesquisa:

- Comparar as variáveis obtidas nos testes de SR (melhor tempo entre os *sprints*, tempo médio dos *sprints*, percentual de aumento do tempo ao longo dos *sprints* e frequência cardíaca máxima), progressivo até a exaustão ($\dot{V}O_2\text{max}$, velocidade de pico, velocidade correspondente ao ponto de compensação respiratório e frequência cardíaca máxima), carga constante (amplitudes e constantes de tempo das exponenciais da cinética *on* e *off* do consumo de

oxigênio), DJ (altura do salto, tempo de contato e *reactive strength index*) e CVIM de membros inferiores (torque de pico) entre tenistas com diferentes níveis competitivos.

- Verificar o nível de correlação entre as variáveis obtidas no teste progressivo até a exaustão, carga constante, DJ e CVIM de membros inferiores com o desempenho em SR em tenistas com diferentes níveis competitivos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Caracterização do esforço físico no tênis

O tênis é uma modalidade esportiva caracterizada por esforços intermitentes, a qual apresenta estímulos de alta intensidade de curta duração (4-10 segundos), com pausas curtas entre os ralis (10-20 segundos) e pausas mais longas nas trocas de lado da quadra e a cada *set* jogado (90 e 120 segundos, respectivamente) (SMEKAL et al., 2001; FERNANDEZ et al., 2006). Além disso, tem-se demonstrado que o tênis requer do atleta uma alta solicitação da maior parte das capacidades físicas (velocidade, força e resistência), exigindo que ele seja capaz de realizar repetidamente ações envolvendo acelerações, desacelerações, mudanças de direção, golpes potentes e saltos (KOVACS, 2007; FERNANDEZ et al., 2006). Entretanto, de acordo com o tipo de piso da quadra, com o nível competitivo e com o comportamento tático dos atletas, as características de esforço da modalidade podem variar (KOVACS, 2007). Portanto, inicialmente essa revisão de literatura irá caracterizar os esforços físicos no tênis de acordo com a estrutura temporal do jogo e, em seguida, irá apontar as demandas fisiológicas e neuromusculares impostas aos tenistas.

2.1.1. Estrutura temporal do jogo de tênis

A análise temporal de jogos tem sido uma ferramenta adotada por pesquisadores com o intuito de caracterizar os esforços físicos de modalidades esportivas (SPENCER et al., 2005; FERNANDEZ et al., 2006; BEM ABDELKRIM et al., 2007; CARLING et al., 2008). Acredita-se que a partir desse tipo de análise seja possível extrair informações que possam auxiliar treinadores na prescrição do treinamento. Nesse sentido, alguns estudos procuraram investigar a estrutura temporal de partidas de tênis (CHRISTMASS et al., 1998; O'DONOGHUE; INGRAM, 2001; SMEKAL et al., 2001; FERNANDEZ-FERNANDEZ et al., 2007; MENDEZ-VILLANUEVA et al., 2007; MURIAS et al., 2007; FERNANDEZ-FERNANDEZ et al., 2008).

A partida de tênis dura em média 1,5 hora. No entanto, o tempo total de uma partida pode variar consideravelmente, podendo durar menos de uma hora ou até mais que cinco horas (KOVACS, 2007). Em partidas de até cinco *sets*, como é o caso dos quatro principais

torneios profissionais (Australian Open, Wimbledon, Roland Garros e US Open), a duração das partidas tende a ser mais extensa. No estudo de O'Donoghue e Ingram (2001) a duração média das 107 partidas analisadas, entre maio de 1997 e janeiro de 1999, nos quatro principais torneios internacionais na categoria dos homens esteve entre 108,1 e 127,4 minutos, e nas 68 partidas analisadas das mulheres (de até três *sets*) esteve entre 78,6 e 92,1 minutos. Quando 8 jogadores do sexo masculino foram submetidos à um torneio na quadra de saibro com jogos de até três *sets*, as partidas tiveram uma duração média de $105,0 \pm 35,7$ minutos, com variações de 85,4 a 160,0 minutos (MENDEZ-VILLANUEVA et al., 2007).

Embora o tempo total de jogo seja razoavelmente extenso, o tempo efetivo de jogo é de aproximadamente 15-25% do tempo total e o valor da razão de esforço e pausa está entre 1:2 e 1:5, podendo variar de acordo com o tipo de piso da quadra (FERNANDEZ et al., 2006; KOVACS, 2006; MURIAS et al., 2007). O tempo efetivo de jogo em torneios com quadras de piso lento (piso de saibro) varia entre de 20-30%, enquanto que em quadras de piso rápido (piso duro e de grama) esse valor é mais baixo, entre 10-20% (FERNANDEZ et al., 2006). No estudo de Murias et al. (2007), observou-se que a razão de esforço e pausa em partidas disputadas em piso lento foi significativamente maior que em partidas disputadas em piso rápido (1:2,9 vs. 1:3,7, respectivamente). Adicionalmente, o comportamento tático dos jogadores também é capaz de influenciar nesse sentido. Por exemplo, no estudo de Smekal et al. (2001), 20 jogadores disputaram uma partida e foram classificados como defensivos ou ofensivos de acordo com três especialistas. Foram classificados como defensivos os jogadores que optavam por disputar a maior parte dos pontos no fundo da quadra, e como ofensivos os jogadores que optavam por executar com frequência golpes próximo a rede após realizar o saque. Nessa ocasião, foi observado que em partidas disputadas por dois jogadores defensivos o tempo efetivo de jogo foi de $29,3 \pm 12,1\%$, ao passo que em partidas disputadas por pelo menos um jogador ofensivo esse valor foi de $20,3 \pm 8,2\%$ (SMEKAL et al., 2001). Dessa forma, sugere-se que fatores como o tipo de piso e comportamento tático influenciam na demanda energética dos tenistas.

No estudo de O'Donoghue e Ingram (2001), a duração média dos ralis também foi verificada nas partidas disputadas em Roland Garros, Australian Open, US Open e Wimbledon entre maio de 1997 e janeiro de 1999. A duração média dos ralis em Roland Garros foi maior que no Australian Open e US Open, os quais obtiveram valores maiores que Wimbledon. Esses resultados se devem ao tipo de piso das quadras de cada um desses torneios. O piso de saibro das quadras de Roland Garros proporciona um maior coeficiente de restituição e de fricção do que as quadras de piso duro (caso dos torneios Australian Open e

US Open) e de grama (caso do torneio de Wimbledon), de modo que quanto maior forem esses valores, menor a velocidade da bola após quicar sobre o solo e maior o tempo de preparação para o jogador golpeá-la (O'DONOGHUE; INGRAM, 2001; MURIAS et al., 2007).

Adicionalmente, nesse mesmo estudo de O'Donoghue e Ingram (2001) foi verificado que a duração média dos ralis é mais longa nas partidas das mulheres em comparação com as partidas dos homens nos quatro torneios. Essas diferenças foram detectadas porque, além das mulheres disputarem os pontos por muito mais tempo na região do fundo da quadra, elas também não executam os golpes com tanta potência quanto os homens, e isso faz com que o tempo da trajetória da bola seja maior do que o dos homens. Além disso, os homens adotam estratégias mais ofensivas durante as partidas, o que resulta em pontos com menor duração e maior número de golpes realizados por um determinado período.

Smekal et al. (2001) também investigaram a estrutura temporal de partidas de tênis, de modo que 20 tenistas adultos de nível nacional foram submetidos à 10 partidas de aproximadamente 50 minutos cada. Foi observado que a duração dos ralis foi significativamente maior nos jogos disputados por dois jogadores defensivos quando comparados com os jogos disputados por pelo menos um jogador ofensivo ($8,2 \pm 5,1$ s vs. $4,8 \pm 1,8$ s, respectivamente). Logo, espera-se que o gasto energético por parte dos jogadores de característica defensiva seja superior a de tenistas ofensivos, podendo implicar em diferentes estratégias de treinos e suplementação.

O tempo de descanso entre os ralis e entre o primeiro e segundo serviço também tem sido investigado pelos pesquisadores da área (FERNANDEZ-FERNANDEZ et al., 2007, MENDEZ-VILLANUEVA et al., 2007; FERNANDEZ-FERNANDEZ et al., 2008). No estudo de Fernandez-Fernandez et al. (2007) foram analisadas sete partidas disputadas por tenistas juvenis do sexo feminino, e foi relatado um tempo de descanso médio entre os ralis de $17,72 \pm 6,5$ s. No estudo de Mendez-Villanueva et al. (2007), no qual foram analisadas sete partidas disputadas por tenistas profissionais do sexo masculino, o tempo de descanso médio entre os ralis foi semelhante ($16,2 \pm 5,2$ s). Já no estudo de Fernandez-Fernandez et al. (2008) o intervalo de descanso entre o primeiro e segundo serviço também foi analisado, e foi reportado um valor médio de $5,5 \pm 0,9$ s. Portanto, acredita-se que esses intervalos contribuam para a recuperação dos tenistas entre os esforços.

Resumindo, o tênis pode ser considerado uma modalidade de longa duração (duração média de 1,5 horas para partidas de até 3 *sets*), porém o tempo em que o jogador efetivamente joga é relativamente baixo (15-25% do tempo total). Logo, os intervalos existentes entre os

esforços parecem ser importantes para a recuperação dos atletas, possibilitando a prática da modalidade por um longo período. Adicionalmente, fatores como o tipo de piso, gênero e comportamento tático mostraram-se capazes de influenciar a estrutura temporal na partida de tênis. Nesse sentido, a compreensão desses fatores possibilita um melhor entendimento sobre a demanda de esforço físico da modalidade.

2.1.2. Demandas fisiológicas no tênis

Diversas medidas fisiológicas têm sido utilizadas para quantificar o esforço físico em diferentes modalidades esportivas (SPENCER et al., 2005; BEM ABDELKRIM et al., 2007; BANGSBO et al., 2007). No tênis, as demandas fisiológicas também têm sido estudadas (FERNANDEZ et al., 2006), e as principais variáveis utilizadas nesse sentido tem sido a FC (ELLIOT et al., 1985; BERGERON et al., 1991; CHRISTMASS et al., 1998; FERNANDEZ-FERNANDEZ et al., 2007), o $\dot{V}O_2$ (SMEKAL et al., 2001; FERRAUTI et al., 2011) e a [La] (MENDEZ-VILLANUEVA et al., 2007; FERNANDEZ-FERNANDEZ et al., 2008). Dessa forma, os subitens seguintes dessa revisão de literatura serão destinados a cada uma dessas variáveis fisiológicas.

2.1.2.1. Frequência cardíaca

Durante o exercício físico com incremento progressivo da intensidade ocorre um aumento da FC com a finalidade de elevar o débito cardíaco (quantidade de sangue bombeado pelo coração durante o período de um minuto) para suprir as demandas metabólicas do exercício (MCARDLE et al., 2008). Esse aumento da FC ocorre pela inibição da atividade vagal nos primeiros segundos do exercício com o concomitante aumento da atividade autonômica simpática (ALMEIDA; ARAÚJO, 2003). Assim, a FC é controlada primariamente pela atividade direta do sistema nervoso autônomo, através de seus ramos simpático e parassimpático, sendo que em repouso possui uma predominância da atividade vagal (parassimpática), e simpática quando há o posterior incremento da intensidade do esforço (ALMEIDA; ARAÚJO, 2003).

De fato, a intensidade do esforço é o principal fator que influencia no comportamento da FC, de maneira que quanto maior for a intensidade, maior será a FC (MIYAMOTO et al.,

2005). Durante os jogos de tênis a média da FC é em grande parte entre 140-160 batimentos por minuto, podendo atingir valores mais altos (190-200 bpm) em ralis mais disputados e prolongados (BERGERON et al., 1991; KÖNIG et al., 2001; SMEKAL et al., 2001). No estudo de Bergeron et al. (1991), ao longo de uma partida de 85 minutos, a FC média de 10 jogadores universitários da Divisão I dos EUA foi de 144 ± 13 bpm. Similar a esses achados, a FC média de 14 tenistas profissionais em 33 jogos analisados durante três torneios oficiais foi de 152 ± 15 bpm nas partidas realizadas em quadras de piso duro e de 146 ± 19 bpm em quadras de piso de saibro (HORNERY et al., 2007).

Ao decorrer do jogo de tênis a FC tem um comportamento senoidal, em virtude dos períodos de esforços e pausas. Porém, nos momentos em que a duração dos ralis é muito curta a FC pouco se altera. Por exemplo, Christmass et al. (1998) observaram que o percentual da FC máxima apresentou-se apenas um pouco mais elevado nos períodos de esforços do que nos momentos de pausa entre os ralis ($86,1 \pm 1,0\%$ e $82,8 \pm 1,1\%$, respectivamente). Entretanto, Elliot et al. (1985) obtiveram resultados contrários, sendo que durante os ralis a FC esteve significativamente mais baixa ($79,5\%$) do que durante as pausas ($80,9\%$). Provavelmente, isso deve ter ocorrido pelo fato da duração dos ralis ser muito curta, e também porque o aumento da FC, como consequência do aumento da intensidade do esforço, demorar alguns segundos para acontecer.

Embora a medida da FC talvez não possa identificar com precisão os momentos de esforço e pausa de uma partida de tênis, Fernandez-Fernandez et al. (2007) observaram em seu estudo com jogadoras juvenis que houve correlação significativa entre a FC e algumas demandas de jogo, como a duração dos ralis ($r = 0,23$, $p < 0,05$), número de golpes realizados ($r = 0,38$, $p < 0,05$) e mudanças de direção ($r = 0,25$, $p < 0,05$). Adicionalmente, esse mesmo trabalho mostrou que nas situações em que o jogador está sacando a FC é mais elevada (166 ± 15 bpm) do que quando está na situação de devolução do saque (156 ± 20 bpm), o que também foi observado no estudo de Elliot et al. (1985). Todavia, o mesmo não foi notado por Smekal et al. (2001), de maneira que a FC média não se diferenciou significativamente nas situações de serviço (152 ± 18 bpm) e de devolução (150 ± 20 bpm).

Em suma, a medida da FC ao longo de uma partida de tênis parece ter relação com algumas demandas do jogo, como a duração dos ralis, número de golpes realizados e mudanças de direção. Além disso, os valores relativos à FC máxima sugerem uma predominância da contribuição do sistema aeróbio durante a prática do tênis, assim como já foi destacado no estudo de Botton et al. (2011). No entanto, provavelmente a medida da FC não é a ideal para determinar quantitativamente a demanda energética nessa modalidade, pois

a característica intermitente da atividade dificulta a identificação da intensidade do esforço num momento pontual, uma vez que aumento da FC em virtude da intensidade levar alguns segundos para ocorrer. Adicionalmente, é importante destacar que nos estudos em que a FC é expressa em percentual ao seu valor máximo a partir do desempenho obtido em um teste incremental em esteira, o sujeito utiliza predominantemente os membros inferiores. Entretanto, como durante o esforço no tênis há uma grande participação tanto dos membros inferiores quanto dos membros superiores, provavelmente os valores apresentados não condizem com os reais valores percentuais da FC máxima nesse tipo de atividade.

2.1.2.2. Consumo de oxigênio

Entre as etapas constituintes do sistema oxidativo, o oxigênio (O_2) atua como receptor de prótons de hidrogênio ao final dos processos da cadeia transportadora de elétrons na mitocôndria (BERTUZZI; RUMENIG-SOUZA, 2009). Desta forma, sugere-se que a reposta do $\dot{V}O_2$ durante o esforço físico reflete os mecanismos reguladores do metabolismo celular (ROSSITER et al., 2002).

De fato, uma das principais variáveis da área de fisiologia do exercício tem sido o $\dot{V}O_{2max}$, que é frequentemente usado como indicador do condicionamento cardiorrespiratório de um indivíduo (BASSET; HOWLEY, 2000). Sua mensuração é comumente realizada através de testes laboratoriais em que o sujeito corre sobre uma esteira ou pedala em um cicloergômetro até a exaustão, e a medida do $\dot{V}O_2$ é feita diretamente por meio de um analisador de gás.

No jogo de tênis a mensuração direta do $\dot{V}O_2$ é possível mediante o uso de um analisador de gás portátil. Entretanto, esse tipo de coleta é feita apenas em situações de simulação de jogos ou torneios, devido à óbvia limitação do uso desse tipo de equipamento durante partidas oficiais (FERNANDEZ-FERNANDEZ et al., 2009a). Consequentemente, a maior parte dos estudos reportou valores médios entre 23-29 ml/kg/min de $\dot{V}O_2$ durante a simulação de uma partida (FERNANDEZ et al., 2006; SMEKAL et al., 2001). No estudo de Smekal et al. (2001), 20 jogadores simularam 10 partidas de aproximadamente 50 minutos com a mensuração direta do $\dot{V}O_2$. Nos 270 *games* disputados nessa ocasião a média do $\dot{V}O_2$ foi de $29,1 \pm 5,6$ ml/kg/min. Entretanto, o $\dot{V}O_2$ durante esses *games* variou de 10,4 ml/kg/min a 47,8 ml/kg/min. Embora a média do $\dot{V}O_2$ durante os *games* possa ser considerada baixa

(aproximadamente 50% do $\dot{V}O_2\text{max}$), houve situações em que a intensidade foi alta e atingiu valores de 86,8% do $\dot{V}O_2\text{max}$. Assim, semelhante ao que ocorre para a FC durante as partidas de tênis, o $\dot{V}O_2$ também possui um comportamento ondulado diante a característica intermitente da atividade, e sua resposta, como consequência do aumento da intensidade do esforço, também leva alguns segundos para acontecer. Como a disputa de cada rali normalmente é curta (4-10 segundos cada), a identificação da intensidade do esforço por meio do $\dot{V}O_2$ se torna limitada.

Segundo Pluim et al. (2007) a média do $\dot{V}O_2\text{max}$ de jogadores de tênis varia entre 35,5 ml/kg/min a 65,9 ml/kg/min, dependendo da idade, gênero e nível competitivo. De acordo com Fernandez et al. (2006), em média o $\dot{V}O_2\text{max}$ de jogadores do sexo feminino e masculino é de aproximadamente 45 ml/kg/min e 55 ml/kg/min, respectivamente, sendo que jogadores do sexo masculino de nível internacional chegam a ter um $\dot{V}O_2\text{max}$ próximo de 60 ml/kg/min (PLUIM et al., 2007). No estudo de Ferrauti et al. (2011), 84 tenistas competitivos foram submetidos à um teste de campo progressivo chamado de *Hit & Turn Tennis Test*. A amostra foi composta por homens e mulheres das categorias sub-14, sub-16 anos e adulta (média de idade $24,0 \pm 5,0$ anos para os homens e de $20,5 \pm 4,1$ anos para as mulheres) dos dois gêneros. Nessa ocasião foram relatados valores de $\dot{V}O_2\text{max}$ entre $47,3 \pm 4,6$ ml/kg/min e $60,4 \pm 5,3$ ml/kg/min. Além disso, foi observado que nas categorias com idades mais elevadas o $\dot{V}O_2\text{max}$ dos homens era maior. No entanto, os valores não variaram de maneira significativa entre as mulheres das diferentes categorias. Uma maior maturação fisiológica e, consequentemente, maior massa muscular por parte dos sujeitos mais velhos parece explicar a maior potência aeróbia nos indivíduos de sexo masculino, enquanto que o não aumento do $\dot{V}O_2\text{max}$ entre as mulheres deve se atribuir, provavelmente, ao aumento da massa gorda durante o processo de maturação.

Ao comparar o $\dot{V}O_2\text{max}$ de tenistas profissionais com os de corredores ou ciclistas de longa distância, observa-se uma superioridade da potência aeróbia desses últimos. Entretanto, tem-se relatado que tenistas profissionais apresentam valores mais elevados de $\dot{V}O_2\text{max}$ do que jogadores de tênis recreacionais (KÖNIG et al., 2001; URSO et al., 2014). Provavelmente, isso se deve pela alta demanda aeróbia imposta pelos jogos e treinamentos físico de tênis em atletas de alto rendimento e que resulta, por exemplo, em um maior número de enzimas mitocondriais, maior volume mitocondrial, aumento do débito cardíaco e maior número de capilares (BLOMQVIST; SALTIN, 1983).

Por fim, embora tenistas profissionais tendam a apresentar valores mais elevados de $\dot{V}O_2\text{max}$ do que jogadores de tênis recreacionais (KÖNIG et al., 2001; URSO et al., 2014), $\dot{V}O_2$ ao longo de uma partida de tênis é relativamente baixo quando comparado aos de modalidades predominantemente aeróbias. No entanto, não existem estudos que procuraram verificar o efeito de uma melhor potência aeróbia no desempenho no tênis, além de não haver nenhum estudo que demonstrou o quanto o metabolismo aeróbio contribui na produção de energia para essa modalidade. A partir disso, seria interessante que pesquisas futuras procurassem entender melhor a influência da aptidão aeróbia no desempenho aeróbio no tênis.

2.1.2.3. Lactato sanguíneo

Nos momentos iniciais do exercício físico de alta intensidade, como é o caso das ações específicas do tênis, o fornecimento de energia ocorre através do metabolismo anaeróbio que, por sua vez, pode ser dividido em alático ou lático (GASTIN, 2001). No metabolismo anaeróbio lático, a produção de energia é feita pela degradação parcial da glicose, que resulta na formação do lactato (ROBERGS et al., 2004).

Muitas discussões têm ocorrido sobre a influência ou não da produção de lactato na liberação dos íons de hidrogênio e a consequente diminuição do pH intramuscular na causa da fadiga muscular (ROBERGS et al., 2004; LINDINGER et al., 2005; KEMP, 2005). Independente do fato de não haver um consenso se essa relação é de causa e efeito, acredita-se que a produção de lactato sanguíneo coincide com o processo de acidose celular, sendo assim usada como marcador indireto das condições metabólicas da célula (ROBERGS, et al., 2004).

Durante os jogos de tênis a [La] é consideravelmente baixa, em geral entre 1,8 e 2,8 mmol/l. Entretanto, valores mais elevados (8 mmol/l) podem ser atingidos durante ralis mais intensos e prolongados, o que sugere uma maior participação do metabolismo anaeróbio lático nessa situação. Fernandez-Fernandez et al. (2008) mensuraram a [La] de 8 jogadoras de tênis bem treinadas durante um torneio sob condições das regras da *International Tennis Federation* (ITF). As coletas foram realizadas nas mudanças de lado da quadra, quando as atletas tinham uma pausa de 90 segundos e adotavam a posição sentada. A média da [La] encontrada foi de $2,2 \pm 0,8$ mmol/l, sendo que os valores variaram de 0,9 a 4,9 mmol/l. Esses valores indicam uma contribuição baixa para moderada da via glicolítica como fonte de energia durante os movimentos no tênis. Também não foi observada diferença significativa na

[La] nas situações de saque ou de devolução do saque ($2,2 \pm 0,9$ mmol/l e $2,2 \pm 0,7$ mmol/l, respectivamente), fato também observado por Fernandez-Fernandez et al. (2007) ($2,3 \pm 0,6$ mmol/l e $2,3 \pm 0,9$ mmol/l, respectivamente) em jogadoras juvenis.

Por outro lado, Mendez-Villanueva et al. (2007) mensuraram a [La] de 8 jogadores de tênis de elite do sexo masculino durante a simulação de um torneio. Eles observaram que nos *games* em que o jogador sacava a [La] foi mais elevada ($4,6 \pm 2,5$ mmol/l) do que nos *games* de devolução de saque ($3,2 \pm 1,4$ mmol/l). Esses achados contrários aos observados por Fernandez-Fernandez et al. (2007) e Fernandez-Fernandez et al. (2008) indicam que jogadores do sexo masculino impõe uma maior demanda física do que jogadoras do sexo feminino na situação de saque. Provavelmente, isso ocorre porque as mulheres, diferentemente dos homens, não adotam a estratégia de sacar com muita potência e efeito do tipo *topspin*. Adicionalmente, nesse mesmo estudo de Mendez-Villanueva et al. (2007) foram observadas correlações significativas entre a [La] com a duração dos pontos ($r = 0,80$; $p < 0,001$) e com número de bolas rebatidas ($r = 0,80$; $p < 0,001$) nos *games* em que o jogador sacava, sugerindo que quanto mais longo os ralis maior a participação do metabolismo anaeróbio láctico (FERNANDEZ et al., 2006).

A partir dos estudos citados anteriormente pode-se concluir que a identificação da diferença das intensidades de esforço em situações em que o jogador saca ou recebe o saque são contraditórias, considerando que há estudo indicando diferença na [La] (MENDEZ-VILLANUEVA et al., 2007) e outros mostrando que essa concentração é semelhante nas duas situações (FERNANDEZ-FERNANDEZ et al., 2007; FERNANDEZ-FERNANDEZ et al., 2008). Entretanto, como mencionado no parágrafo anterior, pode ser que essas diferenças ocorram por conta do gênero dos jogadores. Adicionalmente, sugere-se que o metabolismo anaeróbio láctico parece não ter um papel preponderante no fornecimento de energia na maioria dos ralis disputados no tênis, com exceção dos ralis com uma duração mais prolongada. Nesse sentido, pode-se pressupor que o sistema anaeróbio alático seja o principal contribuinte nas ações do tenista, devido à alta intensidade dos movimentos e a curta duração dos ralis. Contudo, maiores inferências sobre a participação desse metabolismo não serão feitas nessa revisão de literatura, considerando que não existem estudos que tenha mensurado a participação dos sistemas anaeróbio láctico e alático separadamente durante uma partida de tênis.

2.1.3. Demandas neuromusculares no tênis

Muitos estudos procuraram investigar as demandas físicas no tênis a partir de análises temporais (O'DONOGHUE; INGRAM, 2001; SMEKAL et al., 2001; MURIAS et al., 2007; FERNANDEZ-FERNANDEZ et al., 2008) e medidas fisiológicas (CHRISTMASS et al., 1998; SMEKAL et al., 2001; FERNANDEZ-FERNANDEZ et al., 2007; MENDEZ-VILLANUEVA et al., 2007; FERRAUTI et al., 2011). Entretanto, o tênis tem sido considerado uma modalidade que exige produção de força em altas velocidades, tanto para a realização dos golpes quanto para se deslocar na quadra (KOVACS, 2006; GIRARD; MILLET, 2009). Portanto, os próximos subitens dessa revisão irão abordar as principais demandas neuromusculares do tênis.

2.1.3.1. Golpes

A prática do tênis exige a execução de diferentes tipos de golpes. Os principais golpes são o serviço (ou saque), os golpes de fundo e o voleio. O serviço é o golpe que dá início aos ralis, o qual é caracterizado pelo golpeio da bola acima da cabeça. Durante uma partida, o sacador sempre tem o direito de realizar um segundo serviço caso erre na primeira tentativa. Os golpes de fundo são aqueles executados após a bola quicar no solo, recebendo o nome de *forehand* quando executado do lado dominante do tenista e de *backhand* quando executado do lado não dominante. Já o voleio tem como característica o contato da raquete com a bola sempre antes dela quicar no solo, podendo também ser executado tanto de *forehand* quanto de *backhand*.

Os golpes do tênis têm como característica a produção de força em altas velocidades, envolvendo também a movimentação coordenada de todos os segmentos do corpo e o acúmulo e a restituição de energia elástica (ELLIOT, 2006). Consequentemente, as bolas de tênis chegam a atingir altas velocidades e rotações (CHOW et al., 2003; SEELEY et al., 2011; SAKURAI et al., 2013). Estudos têm reportado velocidades da bola de $184,0 \pm 10,8$ km/h (CHOW et al., 2003) e $153,72 \pm 13,68$ km/h (SEELEY et al., 2011) logo após o impacto da raquete com a bola no serviço e no *forehand*, respectivamente. Ademais, Sakurai et al. (2013) relataram uma rotação da bola de até 3214 rpm após o impacto da raquete com a bola no serviço.

O tenista executa ao redor de 2,5-3 golpes por rali, variando de acordo com fatores como o comportamento tático dos jogadores e o tipo de piso da quadra (SMEKAL et al., 2001; FERNANDEZ et al., 2006). Por exemplo, foi observado no estudo de Smekal et al. (2001) que o número de golpes por minuto foi significativamente maior nos jogos disputados por dois jogadores defensivos quando comparados com os jogos disputados por pelo menos um jogador ofensivo ($42,6 \pm 9,6$ golpes/min vs. $47,1 \pm 6,9$ golpes/min, respectivamente). Além disso, Johnson e McHugh (2006) relataram que o número de golpes por *game* nos jogos disputados em *Roland Garros* (piso de saibro) foi maior que os disputados no *US Open* (piso duro), o qual foi maior que os jogos disputados em *Wimbledon* (piso de grama).

Nesse mesmo estudo de Johnson e McHugh (2006) foi comparada a quantidade de cada um dos golpes por *game* nas situações de serviço e de devolução do serviço entre os torneios *Roland Garros*, *US Open* e *Wimbledon*. Na situação em que o tenista iniciava o rali sacando, foi observado que o golpe mais executado por *game* nos três torneios foi o primeiro serviço (6,4 – 6,5 primeiros serviços por *game*). Nessa mesma situação, o segundo golpe mais realizado por *game* nos três torneios foi o *forehand* com efeito do tipo *topspin*, porém em *Roland Garros* esse número ($6,0 \pm 4,2$ *forehands* com *topspin* por *game*) foi maior do que no *US Open* ($4,3 \pm 4,3$ *forehands* com *topspin* por *game*) e *Wimbledon* ($2,9 \pm 3,4$ *forehands* com *topspin* por *game*). Já na situação em que o tenista iniciava o rali devolvendo o serviço do adversário, os golpes mais realizados nos três torneios foram as devoluções de *forehand* (2,0 – 2,8 devoluções de *forehand* por *game*) e de *backhand* (2,9 – 3,2 devoluções de *backhand* por *game*), assim como os golpes de *forehand* (2,0 – 3,2 *forehands* por *game*) e *backhand* (1,8 – 3,7 *backhands* por *game*) com efeito do tipo *topspin* realizados nas trocas de bola no fundo da quadra.

Assim como já foi destacado anteriormente, a execução dos golpes de tênis requer a movimentação coordenada de todos os segmentos do corpo (ELLIOT, 2006). Portanto, embora se saiba que os movimentos dos braços (exemplo: rotação interna de ombro) durante a realização dos golpes são os que mais contribuem para a geração de velocidade da bola após o impacto, os movimentos das pernas (exemplo: extensão de joelho) também possuem importantes contribuições nesse sentido (REID et al., 2003). Além de contribuir para a geração de velocidade da bola, o salto realizado no movimento de serviço, por exemplo, possibilita que o jogador golpeie a bola numa altura mais alta, proporcionando um maior ângulo para que a bola atinja a área de saque.

Dessa forma, fica clara a necessidade de execução de uma grande quantidade de golpes ao longo de uma partida de tênis. Além disso, destacam-se as altas velocidades e

rotações que a bola de tênis atinge logo após a execução do golpe, o que reflete a necessidade de produções de força em altas velocidades por parte dos membros superiores e inferiores dos tenistas. Dessa maneira, acredita-se que as informações apresentadas referentes às demandas físicas por parte dos golpes sejam importantes para os treinadores de tênis para o estabelecimento de treinos que atendam as reais necessidades da modalidade.

2.1.3.2. Características de deslocamento

O espaço da quadra de tênis no qual a bola deve ser atingida possui uma largura de 8,23 m e menos de 12 m de comprimento. Consequentemente, o deslocamento do jogador para a execução de um golpe dificilmente supera 6 m de distância (FERRAUTI et al., 2003). No entanto, após serem golpeadas no fundo da quadra, as bolas atingem velocidades ao redor de 105-115 km/h (FERRAUTI et al., 2001). Dessa forma, embora a distância a ser percorrida pelo jogador até alcançar a bola dificilmente ultrapasse 6 m, o tempo para se deslocar é bastante curto ($<1,5$ s).

O deslocamento do tenista é caracterizado por ciclos repetidos de aceleração e desaceleração até atingir a posição na qual executará o golpe. Após executar o golpe, o tenista muda de direção e retorna a posição mais adequada para receber o golpe seguinte do adversário (MOREAU et al., 2003). Como consequência, o tenista realiza por volta de 2-4 mudanças de direção durante a disputa de um rali (FERNANDEZ et al., 2006; FERNANDEZ-FERNANDEZ et al., 2007; HORNERY et al., 2007).

Por exemplo, no estudo de Fernandez-Fernandez et al. (2007) foram analisadas sete partidas disputadas por tenistas juvenis do sexo feminino em uma quadra de piso duro, e foi relatado que as tenistas realizaram em média $2,3 \pm 1,4$ mudanças de direções. Além disso, observou-se nesse caso que o número de mudanças de direção variou de 0 a 9. Já no estudo de Hornery et al. (2007) foi comparado o número de mudanças de direção em jogos disputados por tenistas profissionais em quadras de piso de duro e de saibro, e não foi relatada nenhuma diferença significativa entre os dois tipos de piso ($2,5 \pm 0,9$ mudanças de direção por rali no piso duro e $2,4 \pm 1,2$ mudanças de direção por rali no piso de saibro). Logo, considerando que o tenista precisa realizar muitas mudanças de direção ao longo de uma partida, e que sempre após esse movimento ele precisa se preparar rapidamente para alcançar outra bola golpeada pelo adversário, é importante que ele seja capaz de realizar a mudança de direção de forma rápida e econômica.

Alguns estudos investigaram a distância percorrida pelos tenistas durante os jogos (FERRAUTI et al., 2003; MURIAS et al., 2007; FERNANDEZ-FERNANDEZ et al., 2009b). Murias et al. (2007) compararam a distância percorrida durante os ralis (sem considerar a distância percorrida durante as pausas) em seis jogos disputados no piso de saibro e seis no piso duro (todos os jogos de 90 minutos), e observou que as maiores distâncias foram percorridas no saibro (1447 ± 143 m vs. 1199 ± 168 m). Já Fernandez-Fernandez et al. (2009b) compararam a distância total percorrida (durante os ralis e as pausas) durante partidas de tênis de 60 minutos disputadas entre tenistas recreacionais e entre tenistas bem treinados. Nessa ocasião, foi relatado que os tenistas bem treinados se deslocaram significativamente mais do que os tenistas recreacionais (3569 ± 532 m vs. 3174 ± 226 m, respectivamente). Adicionalmente, esse mesmo estudo de Fernandez-Fernandez et al. (2009b) verificou que em 75-80% do tempo total de jogo os tenistas se deslocaram em velocidades entre 0 a 7 km/h, porém realizaram acelerações por volta de 10-15 min. Portanto, fica evidenciado que tenistas chegam a percorrer longas distâncias durante uma partida, e as movimentações intensas ocorrem apenas durante uma pequena parcela do total da distância percorrida.

Ademais, as distâncias percorridas durante cada rali dependem da situação tática que o atleta se encontra (FERRAUTI et al., 2003). Ferrauti et al. (2003) apontaram que por volta de 80% dos golpes de fundo são realizados sem o tenista estar sobre pressão do adversário, sendo que nessa situação o tenista se desloca menos de 3 m para executar o golpe de fundo. Dos 20% restantes em que o tenista encontra-se sobre pressão do adversário, ele desloca de 4 a 6 m em 10% das ocasiões, e nos outros 10% o tenista se desloca mas não consegue alcançar a bola. A partir disso, fica evidente a importância do tenista de ser capaz de se movimentar rapidamente em espaços curtos (distâncias de até 6 m).

Em resumo, o tenista percorre longas distâncias ao longo de uma partida, sendo que em apenas uma pequena parte dessa distância é percorrida durante a disputa dos ralis. Entretanto, é importante ressaltar que durante os ralis a movimentação é feita de maneira intensa e em espaços curtos (< 6 m), sendo necessário que o atleta execute repetidamente ações de aceleração, desaceleração e mudança de direção. Nesse sentido, ao unificar as informações a respeito da estrutura temporal e das demandas fisiológicas e neuromusculares das partidas de tênis, fica claro que a aptidão física de tenistas deve ser trabalhada focando melhorar a capacidade de realizar esforços como os golpes e deslocamentos em altas intensidades, assim como possibilitar uma rápida recuperação entre eles. Portanto, é importante entender quais os fatores da aptidão física podem influenciar no desempenho nesse sentido.

2.2. Desempenho em *sprints* repetidos

Deslocamentos de curta duração (< 10 s) e de alta e máxima intensidade, compostos por ações de aceleração, desaceleração e mudanças de direção, e intercalados por pausas ativas e/ou passivas com duração inferior a 60 s, são comumente realizadas por atletas de modalidades como o futebol, basquetebol e futsal (SPENCER et al., 2005; OKUNO, 2011), assim também como por tenistas (FERNANDEZ et al., 2006). Esse tipo de esforço tem sido nomeado como *sprints* repetidos (SR), e uma melhor capacidade de realizá-lo tem sido apontado como fundamental para o sucesso nessas modalidades esportivas, de modo que quanto mais rápidos os *sprints* realizados ao longo da atividade, e mais rápida a recuperação entre eles, melhor o desempenho no jogo (GIRARD et al., 2011).

O desempenho em SR é avaliado a partir: do tempo ou velocidade do melhor *sprint*; da soma ou média dos tempos ou velocidades de todos os *sprints*; e de medidas relacionadas à queda de desempenho ao longo dos *sprints*, como o índice de fadiga e o percentual de aumento do tempo ou queda da velocidade ao longo dos *sprints* (BISHOP et al., 2011; GIRARD et al., 2011; BUCHHEIT, 2012). Parece haver um consenso na literatura de que tanto fatores relacionados à aptidão aeróbia quanto fatores neuromusculares são importantes para o desempenho em SR (GIRARD et al., 2011; BUCHHEIT, 2012). A partir disso, estudos têm apontado relações entre o desempenho em SR e alguns fatores comumente medidos em testes progressivos até a exaustão, assim como em testes de carga constante (TOMLIN; WENGER et al., 2001; DUPONT et al., 2005; BUCHHEIT, 2012). Semelhantemente, alguns fatores medidos em testes de força e potência muscular também têm sido correlacionados ao desempenho em SR (NEWMAN et al., 2004; SPENCER et al., 2011; STOJANOVIC et al., 2012). Nesse sentido, os próximos subitens dessa revisão irão abordar esses fatores e suas relações com o desempenho em SR.

2.2.1. Teste progressivo até a exaustão e *sprints* repetidos

O metabolismo aeróbio tem sido apontado como um importante contribuinte no desempenho em SR (BOGDANIS et al., 1996; GLAISTER, 2005). Tradicionalmente, a aptidão aeróbia tem sido avaliada a partir de testes progressivos até a exaustão (BASSET; HOWLEY, 2000). Os principais fatores avaliados nesse tipo de teste são o $\dot{V}O_2\text{max}$, a V_{pico} e

a velocidade e/ou $\dot{V}O_2$ correspondente ao limiar ventilatório e ao ponto de compensação respiratória (V_{PCR}). O $\dot{V}O_{2max}$ representa a maior taxa pela qual o oxigênio pode ser captado e utilizado pelo corpo durante o exercício máximo (BASSET; HOWLEY, 2000), ao passo que a V_{pico} representa a maior intensidade alcançada no teste progressivo até a exaustão (MACHADO et al., 2013). Já a intensidade correspondente ao limiar ventilatório e a V_{PCR} representam pontos de transição entre os domínios da intensidade do exercício (MEYER et al., 2004). Portanto, esses fatores têm sido apontados como preditores do desempenho aeróbio e relacionados com o desempenho em SR.

Alguns estudos procuraram relacionar o $\dot{V}O_{2max}$ com a queda de desempenho em SR (HAMILTON et al., 1991; TOMLIN; WENGER et al., 2001; DUPONT et al., 2005; MECKEL et al., 2009; RAMPININI et al., 2009; DA SILVA et al., 2010; BUCHHEIT, 2012). Por exemplo, Hamilton et al. (1991) submeteram um grupo de jogadores de modalidades compostas por SR ($\dot{V}O_{2max}$ de $52,5 \pm 4,9$ ml/kg/min) e um grupo de corredores de longas distâncias ($\dot{V}O_{2max}$ de $60,8 \pm 4,1$ ml/kg/min) a um teste de SR que consistia de 10 *sprints* máximos de 6 segundos, com 24 segundos de pausa entre eles. Foi observado que os corredores de longas distâncias tiveram uma menor queda no pico de velocidade ao longo dos esforços quando comparado aos jogadores de modalidades compostas por SR ($0,31 \pm 0,4$ m/s vs. $0,83 \pm 0,3$ m/s, respectivamente). Com objetivo semelhante ao do estudo anterior, Tomlin e Wenger (2002) recrutaram 13 jogadoras de futebol e as dividiram em dois grupos de acordo com o $\dot{V}O_{2max}$ de cada uma. As jogadoras foram divididas em dois grupos, a saber: 1) com $\dot{V}O_{2max}$ acima de 43 ml/kg/min e 2) com $\dot{V}O_{2max}$ abaixo de 38 ml/kg/min. Ao comparar os dois grupos na realização de 10 *sprints* máximos de 6 segundos realizados num cicloergômetro, com um intervalo de 30 segundos entre os estímulos, verificou-se que o grupo com maior $\dot{V}O_{2max}$ consumiu significativamente mais oxigênio em 9 das 10 pausas entre os *sprints* ($p < 0,05$) e obteve um menor percentual de queda de desempenho ao longo dos SR ($8,8 \pm 3,7$ % vs. $18,0 \pm 7,6$ %).

Adicionalmente, estudos têm apontado correlações negativas significativas entre o $\dot{V}O_{2max}$ e a queda de desempenho em SR (TOMLIN; WENGER et al., 2001; DUPONT et al., 2005; MECKEL et al., 2009; RAMPININI et al., 2009; DA SILVA et al., 2010; BUCHHEIT, 2012) e poucos trabalhos não acharam correlações significativas nesse sentido (AZIZ et al., 2000; CASTAGNA et al., 2007; WELLS et al., 2012). Por exemplo, Rampinini et al. (2009) submeteram 23 atletas de futebol a 6 *sprints* máximos de 40 m, composto por uma mudança

de direção (20 m + 20 m) e por 20 segundos de pausa passiva entre os *sprints*. Nesse caso, observou-se que o $\dot{V}O_{2\max}$ estava negativamente correlacionado com o percentual de aumento do tempo ($r = -0,65$; $p < 0,05$). Por sua vez, Meckel et al. (2009) relataram em jogadores de futebol treinados uma correlação significativa entre o $\dot{V}O_{2\max}$ estimado a partir do *Multistage Shuttle Run Test* e o percentual da queda de desempenho ($r = -0,60$; $p < 0,05$) num teste de 12 SR de 20 m com pausas passivas de 20 s. Adicionalmente, Dupont et al. (2005) relataram uma correlação significativa entre o $\dot{V}O_{2\max}$ e a queda percentual da velocidade em 15 SR ($r = 0,71$; $p < 0,05$) em jogadores de futebol. Dessa forma, a maior parte desses trabalhos suporta a importância de elevados valores de $\dot{V}O_{2\max}$ para a manutenção da intensidade do esforço ao decorrer dos SR. Sugere-se que aqueles que possuem um maior $\dot{V}O_{2\max}$ conseguem consumir O_2 em maiores magnitudes durante os SR e, conseqüentemente, ressintetizar mais moléculas de ATP aerobicamente durante os períodos de recuperação.

Relações entre o $\dot{V}O_{2\max}$ e as outras duas importantes variáveis do desempenho em SR (tempo ou velocidade do melhor *sprint* e a soma ou média dos tempos ou velocidades de todos os *sprints*) também têm sido investigadas (AZIZ et al., 2000; DUPONT et al., 2005; MECKEL et al., 2009; RAMPININI et al., 2009; DA SILVA et al., 2010; BUCHHEIT, 2012). Os achados sobre a relação do $\dot{V}O_{2\max}$ e a da soma ou média dos tempos em todos os *sprints* são conflitantes, de modo que parte dos estudos tem encontrado correlações negativas significativas (AZIZ et al., 2000; BISHOP; EDGE, 2006; RAMPININI et al., 2009; BUCHHEIT, 2012), enquanto que outra parte não observou correlações significativas (DUPONT et al., 2005; MECKEL et al., 2009; DA SILVA et al., 2010). Por exemplo, no estudo de Rampinini et al. (2009) foi relatada uma correlação negativa entre o $\dot{V}O_{2\max}$ e o tempo médio em 6 SR ($r = -0,45$; $p < 0,05$), enquanto que Bishop e Edge (2006) evidenciaram uma correlação significativa entre o $\dot{V}O_{2\max}$ e o trabalho total em 5 SR de 6 s e 24 s de pausa num cicloergômetro em jogadoras de diferentes modalidades coletivas ($r = 0,64$; $p < 0,05$). Porém, da Silva et al. (2010) não encontraram correlação significativa entre essas mesmas variáveis em 7 *sprints* realizados repetidamente ($r = 0,08$; $p > 0,05$). Provavelmente, esses achados conflitantes se devem ao fato do resultado da soma ou média dos tempos em todos os *sprints* depender tanto de fatores relacionados à resistência à fadiga quanto de fatores predominantemente neuromusculares. E, no que se diz respeito à relação entre o $\dot{V}O_{2\max}$ e o tempo do melhor *sprint* realizado, existem fortes evidências de que ela não é significativa

(DUPONT et al., 2005; MECKEL et al., 2009; RAMPININI et al., 2009), supondo que fatores relacionados à resistência à fadiga não tem nenhuma implicação sobre o desempenho em um único *sprint*.

A Vpico também tem sido relacionada com o desempenho em SR (DA SILVA et al., 2010; BUCHHEIT, 2012; WELLS et al., 2012). Da Silva et al. (2010) submeteram 29 jogadores de futebol a um teste progressivo de esteira até a exaustão e a um teste de 7 *sprints* de 34,2 m composto por uma mudança de direção intercalados por 25 s de pausa passiva, e observaram que a Vpico atingida no teste progressivo correlacionou negativamente com o tempo médio dos *sprints* ($r = -0,38$; $p < 0,05$) e o percentual de aumento do tempo ($r = -0,49$; $p < 0,01$), mas não com o tempo do melhor *sprint* ($r = -0,12$; $p > 0,05$). No estudo de Buchheit (2012), 6 grupos compostos por jogadores de diferentes modalidades esportivas (handebol, futebol e outras modalidades coletivas) foram submetidos a testes progressivos até a exaustão e de SR de diferentes protocolos. Nesse estudo, foi adotado para as análises de correlação um intervalo de confiança de 90% e o critério adotado para interpretar as magnitudes das correlações foi: $<0,1$, trivial; $<0,1 - 0,3$, pequeno; $<0,3 - 0,5$, moderado; $<0,5 - 0,7$, grande; $<0,7 - 0,9$, muito grande; e $<0,9 - 1,0$, quase perfeito. Ao analisar a correlação entre a Vpico e o tempo médio nos SR, foi observado que a magnitude das correlações foi grande em 3 grupos, muito grande em 2 grupos e trivial em 1 grupo. Já a correlação entre a Vpico e o percentual de aumento do tempo nos SR mostrou-se grande em 1 grupo, muito grande em 1 outro grupo e trivial nos demais. No entanto, Wells et al. (2012) não encontraram nenhuma correlação significativa entre a Vpico alcançada num teste progressivo de esteira e as variáveis relacionadas ao desempenho em SR em jogadores de futebol de nível amador e profissional. A partir desses estudos, parece que a Vpico também pode ter influência no desempenho em SR. Provavelmente, isso se deve ao fato da Vpico ser uma variável mecânica que representa a máxima intensidade atingida num teste progressivo até a exaustão, e que para se atingir elevados valores de Vpico altas demandas neuromusculares e da aptidão aeróbia são necessárias.

Embora a maior parte dos estudos tenham utilizado as variáveis $\dot{V}O_{2\max}$ e a Vpico para relacionar o desempenho entre testes progressivos até a exaustão e SR, variáveis submáximas como a intensidade ou $\dot{V}O_2$ correspondente ao PCR também foram relatadas em algumas oportunidades (DA SILVA et al., 2010; WELLS et al., 2012). Por exemplo, da Silva et al. (2010) detectaram correlações negativas significativas entre a velocidade correspondente ao limiar anaeróbio (fixado como intensidade na qual a [La] atingiu o valor de 3,5 mmol/l) e o

percentual de aumento do tempo ao longo dos *sprints* ($r = -0,54$; $p < 0,01$), assim como entre essa mesma variável submáxima e a média dos tempos de todos os *sprints* ($r = -0,49$; $p < 0,01$). Porém, o mesmo não foi observado por Wells et al. (2012), pois não encontraram correlação significativa entre a V_{PCR} e as variáveis relacionadas ao desempenho em SR. Logo, poucas conclusões podem ser obtidas com relação a influência das variáveis associadas aos limiares metabólicos e o desempenho de SR. Entretanto, ao passo que elevados valores da V_{PCR} refletem uma adaptação do treinamento predominantemente aeróbio, é plausível pressupor que ela também possa ter alguma implicação sobre o desempenho em SR. Isso se deve, provavelmente, pelo fato da ressíntese de fosfocreatina, que é um importante contribuinte para o desempenho em SR (GLAISTER et al., 2005), ser dependente do processo oxidativo e, conseqüentemente, estar associada ao percentual do $\dot{V}O_{2max}$ correspondente ao limiar anaeróbio (BISHOP et al., 2004).

Em suma, fatores avaliados em testes progressivos até a exaustão têm sido relacionados ao desempenho em SR. O $\dot{V}O_{2max}$ parece ter influência sobre a queda da intensidade do esforço ao decorrer dos SR, mas sua associação com o desempenho médio de todos os SR ainda é questionável. A V_{pico} parece ter influência sobre a queda de desempenho e o desempenho médio de todos os SR, justamente pelo fato dela representar tanto a aptidão aeróbia quanto a neuromuscular. No entanto, as magnitudes das relações entre essas variáveis relatadas anteriormente são consideravelmente baixas. Já poucas implicações podem ser feitas sobre as variáveis submáximas medidas no teste progressivo até a exaustão sobre o desempenho em SR, devido à falta de estudos publicados nesse sentido.

2.2.2. Cinética do consumo de oxigênio e *sprints* repetidos

Os estudos referentes à cinética do $\dot{V}O_2$ tiveram início a partir do começo da década de 1970, com os avanços tecnológicos que possibilitaram as mensurações do $\dot{V}O_2$ respiração a respiração (JONES; POOLE, 2005). Atualmente, sabe-se que a resposta do $\dot{V}O_2$ durante (ROSSITER et al., 2002) e após (IDSTRÖM et al., 1985) o exercício físico reflete os mecanismos reguladores do metabolismo celular. Do ponto de vista temporal, a fase inicial da transição do estado de repouso para o exercício (resposta cinética *on* do $\dot{V}O_2$) resulta num aumento exponencial do $\dot{V}O_2$ com concomitante degradação de ATP. Por sua vez, imediatamente após o esforço físico, a cinética do $\dot{V}O_2$ apresenta um comportamento similar a

da resposta *on* (resposta cinética *off* do $\dot{V}O_2$), porém em sentido decrescente. Acredita-se que a fase inicial da resposta da cinética *off* do $\dot{V}O_2$ esteja associada a ressíntese dos estoques fosfagênicos (IDSTRÖM et al., 1985).

Normalmente, a análise temporal do $\dot{V}O_2$ no início do exercício físico é realizada em três fases distintas (Figura 1), que supostamente estão associadas a diferentes causas (GAESSER; POOLE, 1996). A fase 1 (fase cardiodinâmica) está relacionada ao aumento instantâneo do débito cardíaco e do fluxo sanguíneo nos pulmões e, portanto, não é usualmente considerada para análise à medida que não reflete necessariamente alterações dos níveis de $\dot{V}O_2$ nos grupos musculares ativos (WHIPP; CASABURI, 1982). A fase 2 representa o aumento da extração do $\dot{V}O_2$ pelos grupos musculares utilizados durante o esforço físico (HUGHSON; MORRISEY, 1983; MCCREARY et al., 1996; XU; RHODES, 1999; WHIPP et al., 1982), ao passo que a fase 3 refere-se ao possível estado estável do $\dot{V}O_2$ e costuma ser atingido após o terceiro minuto do início da atividade (GAESSER; POOLE, 1996).

Figura 1 – Representação gráfica da resposta cinética *on* do $\dot{V}O_2$ (extraído de BERTUZZI; RUMENIG-SOUZA, 2009)

Entretanto, a intensidade do exercício pode influenciar no comportamento cinético do $\dot{V}O_2$ (XU; RHODES, 1999), podendo ser classificada em quatro domínios distintos, a saber:

- 1) moderado, intensidades inferiores ao limiar aeróbio;
- 2) pesado, intensidades superiores ao domínio moderado, porém delimitadas pela máxima fase do estado estável do lactato;
- 3) muito pesado, intensidades acima do estado estável do lactato e abaixo do $\dot{V}O_{2max}$;
- 4) severo, intensidades acima do $\dot{V}O_{2max}$ (ÖZYENER et al., 2001).

A partir disso, as estratégias de

análise da resposta da cinética *on* do $\dot{V}O_2$ podem variar de acordo com o domínio do esforço do exercício. Para as análises de domínio moderado e severo a modelagem mais apropriada a ser utilizada é a monoexponencial (equação 1), enquanto que para as de domínio pesado e muito pesado a modelagem sugerida é a bi-exponencial (equação 2) (ÖZYENER et al., 2001), a qual é mais complexa pelo fato do surgimento do componente lento, que representa um aumento do $\dot{V}O_2$ na fase 3.

$$\dot{V}O_{2(t)} = \dot{V}O_{2rep} + A_1 \bullet [1 - e^{-(t-\delta)_1/t_1}] \quad (\text{Equação 1})$$

$$\dot{V}O_{2(t)} = \dot{V}O_{2rep} + A_1 \bullet [1 - e^{-(t-\delta)_1/t_1}] + A_2 \bullet [1 - e^{-(t-\delta)_2/t_2}] \quad (\text{Equação 2})$$

$\dot{V}O_{2(t)}$ = consumo de oxigênio no momento t ; $\dot{V}O_{2rep}$ = consumo de oxigênio de repouso; A = amplitude da exponencial; t = tempo em s; δ = tempo de atraso em s; t = constante de tempo da exponencial em s; os números subscritos $_1$ e $_2$ são referentes aos componentes cinéticos do primeiro e segundo processo exponencial, respectivamente.

Ao contrário do que ocorre logo no início do exercício, após a interrupção do exercício o $\dot{V}O_2$ decresce exponencialmente, representando a resposta cinética *off* do $\dot{V}O_2$. Essa resposta é dividida em duas fases: fase rápida e fase lenta. A fase rápida representa a ressíntese de creatinafosfato e a restauração dos estoques de O_2 na mioglobina, à medida que a fase lenta está associada à degradação de lactato e catecolaminas, induzidas pelo esforço prévio (BERTUZZI; RUMENIG-SOUZA, 2009). Da mesma forma para a análise da resposta cinética *on* do $\dot{V}O_2$, a estratégia de análise da resposta cinética *off* do $\dot{V}O_2$ varia de acordo com o domínio do exercício. Segundo Özyener et al. (2001), a modelagem matemática monoexponencial (equação 3) é mais indicada para os exercícios de domínio moderado e pesado, ao passo que a bi-exponencial (equação 4) é mais apropriada para os de domínio muito pesado e severo.

$$\dot{V}O_{2(t)} = \dot{V}O_{2f} + A_1 \bullet e^{-(t-\delta)_1/t_1} \quad (\text{Equação 3})$$

$$\dot{V}O_{2(t)} = \dot{V}O_{2f} + A_1 \bullet [e^{-(t-\delta)_1/t_1}] + A_2 \bullet [e^{-(t-\delta)_2/t_2}] \quad (\text{Equação 4})$$

$\dot{V}O_{2(t)}$ = consumo de oxigênio no momento t ; $\dot{V}O_{2f}$ = consumo de oxigênio ao final da recuperação do exercício; A = amplitude da exponencial; t = tempo em s; δ = tempo de atraso em s; t = constante de tempo da exponencial em s; os números subscritos $_1$ e $_2$ são referentes aos componentes cinéticos do primeiro e segundo processo exponencial, respectivamente.

A partir das modelagens matemáticas efetuadas para as análises da resposta da cinética *on* e *off* do $\dot{V}O_2$ do exercício é possível obter os valores correspondentes à constante de tempo (τ), amplitude da exponencial (A) e o tempo de atraso (δ). A τ representa o tempo necessário para atingir 63% do valor mais elevado de $\dot{V}O_2$ da exponencial avaliada. A A constitui a magnitude do $\dot{V}O_2$ do início ao fim da exponencial proposta. E o δ refere-se ao tempo que leva para determinada exponencial ter início (JONES; POOLE, 2005).

Diversos estudos têm apontado que a τ da fase 2 da cinética *on* do $\dot{V}O_2$ têm relação com desempenho aeróbio (JONES; CARTER, 2000; INGHAM et al., 2007; ARMSTRONG et al., 2011). Estudos sugerem que valores reduzidos dessa variável, ou seja, uma cinética do $\dot{V}O_2$ mais rápida no início no exercício pode proporcionar uma maior fosforilização oxidativa e um menor déficit de O_2 no início do exercício (DUPONT et al., 2005; ARMSTRONG et al., 2011). Nesse sentido, menor seria a utilização do metabolismo anaeróbio e, conseqüentemente, menor seria o acúmulo de metabólicos, como íons H^+ e fosfatos inorgânicos. Portanto, acredita-se que uma resposta mais rápida da cinética *on* do $\dot{V}O_2$ também possa ter implicações importantes sobre o desempenho SR, minimizando a instalação da fadiga ao longo dos *sprints* a partir do menor acúmulo de resíduos metabólicos durante a atividade.

Dupont et al. (2005) submeteram 11 atletas de futebol a 15 *sprints* máximos de 40 m com 25 s de pausa ativa (corrida à 50% da V_{pico}) e a dois testes de 10 min à uma velocidade constante de 60% da V_{pico} . Observou-se que a τ da fase 2 no teste de carga constante teve correlação significativa com o percentual da queda de velocidade nos SR ($r = 0,80$; $p < 0,01$) e com a soma dos tempos nos 15 *sprints* ($r = 0,80$; $p < 0,01$), porém não com o tempo do melhor *sprint* ($r = 0,10$; $p > 0,05$). Semelhantemente, no estudo de Rampinini et al. (2009) 23 atletas de futebol foram submetidos à dois testes de carga constantes idênticos ao estudo de Dupont et al. (2005) e a 6 SR de 40 m cada, composto por uma mudança de direção (20 m + 20 m) e por 20 s de pausa passiva entre os *sprints*. Nessa ocasião, também foi relatada uma correlação significativa entre a τ e o percentual de aumento do tempo ($r = 0,62$) e entre a τ e o tempo médio dos 6 *sprints* ($r = 0,62$; $p < 0,05$). Porém, a correlação encontrada entre a τ e o tempo do melhor *sprint* não foi significativa ($r = 0,14$; $p > 0,05$). Nesse sentido, uma τ mais rápida apresentada nesses estudos pode indicar que o processo oxidativo é mais eficiente durante a fase de transição do repouso para o exercício em SR, resultando numa menor queda de desempenho e, conseqüentemente, numa melhor média de desempenho.

Entretanto, alguns estudos não encontraram correlações significativas entre a resposta cinética *on* do $\dot{V}O_2$ e o desempenho em SR (BUCHHEIT, 2012; WELLS et al., 2012). No estudo de Buchheit (2012) 6 grupos compostos por jogadores de diferentes modalidades esportivas coletivas e intermitentes (handebol, futebol e outras modalidades coletivas) foram submetidos a testes de carga constante (de diferentes protocolos) e de SR, e foi adotado para as análises de correlação um intervalo de confiança de 90%, sendo que o critério adotado para interpretar as magnitudes das correlações foi: <0,1, trivial; <0,1 – 0,3, pequeno; <0,3 – 0,5, moderado; <0,5 – 0,7, grande; <0,7 – 0,9, muito grande; e <0,9 – 1,0, quase perfeito. Foi observado para todos os grupos que as correlações entre a τ da resposta cinética *on* do $\dot{V}O_2$ e o tempo médio nos SR foram consideradas triviais, ao passo que apenas 2 grupos apresentaram correlações de magnitude grande entre a τ da resposta cinética *on* do $\dot{V}O_2$ e o percentual de aumento do tempo nos SR. Ademais, Wells et al. (2012) submeteram 18 jogadores profissionais de futebol e 18 jogadores amadores de futebol a quatro testes submáximos no domínio muito pesado e a um teste de 7 SR de 30 m cada com 25 s de pausa ativa, e não relataram nenhuma correlação significativa entre as variáveis referentes a resposta cinética *on* do $\dot{V}O_2$ e variáveis correspondentes ao desempenho nos SR.

Dentre as possíveis explicações pelas divergências entre os resultados encontrados nos estudos citados anteriormente está a dependência da população e/ou do protocolo do teste utilizado para avaliar a resposta cinética do $\dot{V}O_2$ (BUCHHEIT, 2012). Tanto Dupont et al. (2005) quanto Rampinini et al. (2009) tiveram como amostra jogadores de futebol de idade adulta e adotaram uma intensidade correspondente à 60% da V_{pico} para o teste de carga constante utilizado para avaliar a resposta da cinética do $\dot{V}O_2$, ao passo que Buchheit (2012) não tiveram exclusivamente jogadores de futebol adultos como amostra e Wells et al. (2012), embora tenham utilizado jogadores de futebol adulto como amostra, adotaram uma intensidade correspondente ao domínio muito pesado para avaliar a resposta da cinética do $\dot{V}O_2$. Outra explicação seria possíveis diferenças da aptidão física das amostras, haja vista que a resposta cinética do $\dot{V}O_2$ varia de acordo com estado de treinamento do atleta. Sendo assim, mais investigações são necessárias para entender melhor a influência da resposta cinética *on* do $\dot{V}O_2$ sobre o desempenho em SR.

Alguns estudos também procuraram investigar as relações da resposta cinética *off* no desempenho em SR (DUPONT et al., 2010; WELLS et al., 2012). Dupont et al. (2010) submeteram 12 jogadores de futebol a dois testes de cargas constantes a uma velocidade

correspondente à 120% da V_{pico} para análise da resposta da cinética *off* do $\dot{V}O_2$, e a um teste de 7 SR de 30 m cada com pausa ativa de 20 s. Foi relatada uma correlação significativa entre a τ da resposta da cinética *off* do $\dot{V}O_2$ e o percentual de aumento do tempo aos longos dos SR ($r = 0,85$; $p < 0,001$). Dessa forma, um rápido declínio do $\dot{V}O_2$ após uma atividade de domínio severo parece estar associado a uma rápida recuperação em SR. Ao passo que a ressíntese de fosfocreatina é apontada como um dos principais fatores que contribuem para a manutenção do desempenho em SR (GLAISTER et al., 2005) e, que além disso, ela é dependente da disponibilidade de oxigênio (HASELER et al., 1999), sugere-se que quanto menor for a τ da resposta da cinética *off* do $\dot{V}O_2$, mais rápida será a ressíntese de fosfocreatina entre os esforços intensos.

Porém, no estudo de Wells et al. (2012) a resposta da cinética *off* do $\dot{V}O_2$ após o exercícios de carga constante de domínio muito pesado não teve associação com o desempenho em 7 SR de 30 m cada com 25 s de pausa ativa, à medida que não houve correlação significativa entre a τ da resposta da cinética *off* do $\dot{V}O_2$ e as variáveis de desempenho em SR ($p > 0,05$). Adicionalmente, no mesmo estudo de Buchheit (2012) citado anteriormente, foi relatado que apenas um dos 6 grupos que participaram do estudo apresentou uma correlação de magnitude grande entre a τ da resposta da cinética *off* do $\dot{V}O_2$ e o percentual de aumento do tempo ao longo dos SR. Portanto, embora a resposta da cinética *off* do $\dot{V}O_2$ esteja relacionada à ressíntese de fosfocreatina, ainda são poucas as evidências que de fato mostrem relação da resposta da cinética *off* do $\dot{V}O_2$ e o desempenho em SR.

Em síntese, as respostas cinéticas *on* e *off* do $\dot{V}O_2$ parecem ter implicações sobre o desempenho em SR. Algumas evidências apontam que a resposta cinética *on* do $\dot{V}O_2$ mais rápida possa favorecer o indivíduo que realiza SR, de modo que ele consiga usufruir mais rapidamente do metabolismo oxidativo ao iniciar cada *sprint*. Semelhantemente, acredita-se que a resposta da cinética *off* do $\dot{V}O_2$ mais acelerada represente a ressíntese de creatinafosfato mais rápida, o que poderia contribuir para a manutenção do desempenho ao longo dos SR. No entanto, ainda são poucas as evidências relacionando as respostas cinéticas *on* e *off* do $\dot{V}O_2$ e o desempenho em SR, sendo necessários mais estudos nesse sentido.

2.2.3. Força e potência muscular e *sprints* repetidos

Como já mencionado anteriormente, o desempenho em SR está relacionado não só à aptidão aeróbia, mas também a fatores neuromusculares (GIRARD et al., 2011). Acredita-se que as ações de acelerar, desacelerar e mudar de direção contidas na execução de *sprints* estejam intimamente relacionadas à força e potência muscular dos membros inferiores. Sendo assim, estudos têm reportado que variáveis como a força máxima, a altura do salto e o *reactive strenght index* (RSI) possuem relação com o desempenho em *sprints* (YOUNG et al., 2002; WISLOFF et al., 2004, GIRARD; MILLET, 2009).

Por exemplo, Wisloff et al. (2004) submeteram 17 jogadores de futebol aos seguintes testes: força máxima no exercício meio agachamento, salto vertical com contra movimento, *sprint* de 30 m e *sprint* de 10 m com mudança de direção. Foi relatada que a carga máxima levantada pelos jogadores no exercício meio agachamento correlacionou-se significativamente com os tempos nos *sprints* de 10 m ($r = -0,94$; $p < 0,001$) e 30 m ($r = -0,71$; $p < 0,01$), e com o tempo no *sprint* de 10 m com mudança de direção ($r = -0,68$; $p < 0,02$). Além disso, a altura do salto vertical também estava estatisticamente correlacionada com os tempos nos *sprints* de 10 m ($r = -0,72$; $p < 0,001$) e 30 m ($r = -0,60$; $p < 0,01$). Resultados parecidos também foram encontrados em tenistas juvenis (GIRARD; MILLET, 2009). Nessa ocasião, 12 tenistas com idades de $13,6 \pm 1,4$ anos realizaram um teste de *sprint* de 20 m, testes de salto vertical sem e com contra movimento, teste de DJ com as duas pernas e o teste de CVIM para a flexão plantar. Foi observado que o tempo no *sprint* de 20 m teve correlação significativa com a potência relativa no salto vertical sem contra movimento ($r = -0,91$, $p < 0,001$), com contra movimento ($r = -0,95$, $p < 0,001$) e DJ ($r = -0,69$, $p < 0,05$). Ademais, o tempo no *sprint* de 20 m também teve correlação significativa com o torque da CVIM dos músculos flexores plantares da perna dominante ($r = -0,48$, $p < 0,05$). Portanto, os achados desses estudos indicam que, aqueles que possuem mais força e potência nos músculos dos membros inferiores, também são capazes de imprimir mais força e potência durante os *sprints*.

Adicionalmente, Young et al. (2002) submeteram 15 jogadores de diferentes modalidades a 8 testes de velocidade, sendo que cada um possuía um percurso de 8 m e variações com relação ao número e angulações das mudanças de direção. Além disso, os jogadores também foram submetidos a testes de DJ com as duas pernas e com cada uma das pernas separadamente. Os resultados desse estudo mostraram que o RSI obtido no teste de DJ com as duas pernas tiveram correlação significativa com os tempos em quatro desses testes (r

= -0,54 - -0,65; $p < 0,05$), ao passo que os testes realizados com somente a perna direita ou esquerda o RSI correlacionou-se negativamente com três ($r = -0,59 - -0,71$; $p < 0,05$) e um ($r = -0,54$; $p < 0,05$) teste, respectivamente. Provavelmente essas relações entre o RSI obtido pelo teste de DJ e o tempo nos testes de velocidade existem pelo fato de ambos os testes exigirem um curto tempo de contato dos pés com o solo, assim como potência muscular envolvendo o acúmulo e a restituição de energia elástica dos membros inferiores.

Embora a relação da força e da potência muscular dos membros inferiores com o desempenho em *sprints* pareça estar bem consolidada na literatura, poucos estudos procuraram investigar essa relação com o desempenho em SR (NEWMAN et al., 2004; SPENCER et al., 2011; STOJANOVIC et al., 2012). Em um desses estudos, Newman et al. (2004) submeteram 38 jogadores de futebol e de rugby à um teste de 12 SR de 20 m composto por pausas de 20 s, e a testes de força no aparelho isocinético para avaliação do torque produzido nos movimentos de extensão e flexão de joelho em três velocidades angulares diferentes (60°/s, 150°/s e 240°/s). Foi observado que o torque de extensão de joelho produzido a 240°/s teve correlação significativa com o tempo do melhor *sprint* (percurso de 0-10 m) ($r = -0,71$, $p < 0,01$), porém não houve correlação significativa entre os torques de extensão e flexão de joelho nas três velocidades com somatória dos tempos de todos os *sprints* e com aumento percentual do tempo ao longo dos 12 *sprints*. Nesse sentido, a partir desse estudo parece que a força dos membros inferiores tem implicação apenas sobre o desempenho em um único *sprint*, sugerindo que outros fatores teriam mais influência sobre o desempenho em *sprints* quando realizados repetidamente.

Entretanto, os achados dos estudos de Spencer et al. (2011) e Stojanovic et al. (2012) parecem diferir dos resultados encontrados por Newman et al. (2004). No estudo de Spencer et al. (2011) foram investigadas as relações entre o desempenho em 6 SR de 30 m e de 30 s de pausa ativa com uma bateria de testes físicos em jogadores de futebol de diferentes categorias (sub-11 até sub-18). Para as análises de correlação entre a soma dos tempos nos *sprints* e as variáveis obtidas nos testes físicos foi adotado um intervalo de confiança de 90%, sendo que critério adotado para interpretar as magnitudes das correlações foi: $<0,1$, trivial; $<0,1 - 0,3$, pequeno; $<0,3 - 0,5$, moderado; $<0,5 - 0,7$, grande; $<0,7 - 0,9$, muito grande; e $<0,9 - 1,0$, quase perfeito. Dentre os resultados do estudo, foram relatadas correlações significativas entre as alturas alcançadas no teste de salto com contra movimento e a soma dos tempos de todos os *sprints*, obtendo valores moderados para as categorias sub-11 e sub-16, grandes para as categorias sub-12, sub-13, sub-15 e sub-17, e muito grande para a categoria sub-18. Já no estudo de Stojanovic et al. (2012), 24 jogadores de basquetebol realizaram um teste de 10 SR

de 30 m composto por uma mudança de direção (15 m + 15 m) e por 30 s de pausa passiva, e um teste de salto vertical com contra movimento. Nessa ocasião, foi observada uma correlação negativa significativa entre a altura do salto e a soma dos tempos de todos os *sprints* ($r = -0,74$; $p < 0,05$). Sendo assim, tais achados sugerem que a potência muscular dos membros inferiores possui influência sobre o desempenho em SR.

Além disso, um indicativo da importância da força de membros inferiores para o desempenho em SR foi apresentado por Okuno (2011). Nesse estudo, três grupos de indivíduos ativos foram submetidos a um programa de treinamento de força no exercício meio agachamento por 10 semanas. Durante esse período, um grupo realizou o exercício de meio agachamento de maneira convencional (TF), outro grupo (TF+V30) realizou o exercício sobre uma plataforma vibratória com uma vibração de 30 Hz e amplitudes de 2-4 mm, e outro grupo (TF+V50) realizou o exercício sobre uma plataforma vibratória com uma vibração de 50 Hz e amplitudes de 4-6 mm. Antes e após o período de treinamento, os três grupos realizaram um teste de 6 SR de 30 m composto por uma mudança de direção a cada 20 s. Após as 10 semanas de treinamento, foi reportado o aumento significativo no 1-RM do exercício meio agachamento nos três grupos ($p < 0,05$), assim como uma redução significativa na média do tempo no teste de SR nos três grupos ($p < 0,05$).

Nesse sentido, a partir dos resultados de Spencer et al. (2011), Stojanovic et al. (2012) e Okuno (2011), é possível sugerir que a potência e a força muscular dos membros inferiores também têm implicações sobre o desempenho em *sprints* realizados repetidamente, supondo, por exemplo, que essa maior potência e força seja capaz de contribuir para maiores acelerações em todos os *sprints*. Portanto, parecem ser necessários mais estudos que investiguem a relação da força e potência de membros inferiores com o desempenho em SR.

2.3. *Sprints* repetidos e nível competitivo

A partir dos tópicos apresentados anteriormente, fica evidente que diferentes fatores tanto neuromusculares quanto da aptidão aeróbia são capazes de influenciar no desempenho em SR. Adicionalmente, outro fator importante a ser discutido é que tais fatores parecem diferir entre atletas com diferentes níveis competitivos (GISSIS et al., 2006; GIRARD; MILLET, 2009; RAMPININI et al., 2009; URSO et al., 2014). Portanto, a compreensão dessas diferenças pode ser importante para entender possíveis implicações disso sobre o desempenho em SR.

De fato, indivíduos de modalidades intermitentes com maior nível competitivo possuem melhor desempenho em SR (RAMPININI et al., 2009; WELLS et al. 2012; WILKINSON et al., 2012). No estudo de Rampinini et al. (2009), um grupo de jogadores profissionais de futebol obteve uma menor média de tempo em 6 *sprints* máximos de 40 m, composto por uma mudança de direção (20 m + 20 m) e por 20 segundos de pausa passiva entre os *sprints* em comparação com jogadores de futebol amador ($7,17 \pm 0,09$ s vs. $7,41 \pm 0,19$ s, $p < 0,001$). Semelhantemente, ao submeter jogadores profissionais e amadores de futebol a um teste de 7 SR de 30 m e 25 s de pausa entre os *sprints*, Wells et al. (2012) reportaram que o tempo médio na atividade foi significativamente menor para os profissionais ($6,69 \pm 0,36$ s vs. $7,02 \pm 0,25$ s, $p < 0,05$). Em adição, Wilkinson et al. (2012) reportaram que a soma dos tempos num teste de 10 SR compostos por 20 s de recuperação foi menor para jogadores profissionais experientes de squash em relação à jogadores profissionais de squash menos experientes (203 ± 9 s vs. 213 ± 3 s, $p < 0,01$) e que jogadores de squash universitários (203 ± 9 s vs. 219 ± 14 s, $p < 0,01$).

Semelhantemente, atletas com maior nível competitivo também apresentam melhor desempenho nos fatores que estão associados ao desempenho em SR (GISSIS et al., 2006; GIRARD; MILLET, 2009; RAMPININI et al., 2009; URSO et al., 2014). Por exemplo, ao comparar o desempenho entre tenistas treinados e recreacionais num teste progressivo até a exaustão específico para o tênis, foi evidenciado que os treinados atingiram maiores distâncias ($2144,5 \pm 278,4$ m vs. $1557,6 \pm 264,7$ m) e, consequentemente, um maior $\dot{V}O_2\text{max}$ estimado ($58,84 \pm 3,73$ ml/kg/min vs. $51,80 \pm 3,71$ ml/kg/min) (URSO et al., 2014). Por sua vez, ao comparar a τ da cinética *on* do $\dot{V}O_2$ entre 12 jogadores profissionais de futebol e 11 jogadores amadores da mesma modalidade, Rampinini et al. (2009) observaram que o valor dessa variável foi significativamente menor no grupo profissional ($27,2 \pm 3,5$ s vs. $32,3 \pm 6,0$ s, $p < 0,05$). Nesse sentido, considerando que maiores valores do $\dot{V}O_2\text{max}$ e menores valores da τ da cinética *on* do $\dot{V}O_2$ foram apontados nos tópicos anteriores como fatores que podem influenciar positivamente no desempenho em SR, sugere-se que essas variáveis também possam explicar a diferença de desempenho em SR encontrada entre indivíduos com diferentes níveis competitivos.

Além disso, Gissis et al. (2006) observaram que as alturas atingidas em testes de DJ foram significativamente maiores para jogadores de futebol de nível nacional em comparação à jogadores de nível regional em saltos a partir das alturas de 20 cm ($24,3 \pm 4,1$ cm vs. $21,4 \pm 5,7$ cm, $p < 0,05$), 30 cm ($24,6 \pm 4,4$ cm vs. $22,2 \pm 5,8$ cm, $p < 0,05$) e 40 cm ($25,1 \pm 4,9$ cm

vs. $23,2 \pm 5,1$ cm, $p < 0,05$). Já Girard e Millet (2009) relataram com tenistas juvenis correlações significativas entre a posição no ranking e o desempenho nos testes de *sprint* de 5 m ($r = 0,69$, $p < 0,05$), 10 m ($r = 0,63$, $p < 0,05$) e 20 m ($r = 0,74$, $p < 0,05$), de salto com contra movimento ($r = 0,80$, $p < 0,001$) e sem contra movimento ($r = 0,71$, $p < 0,01$), de DJ ($r = 0,66$, $p < 0,05$) e de CVIM para os músculos flexores plantares da perna dominante ($r = 0,73$, $p < 0,01$). Logo, esses achados indicam que os fatores neuromusculares que parecem ter influência no desempenho em SR também estão relacionados ao nível competitivo do atleta e, portanto, podem interferir na diferença de desempenho em SR.

Alguns estudos avaliaram o desempenho em SR e de seus fatores determinantes em indivíduos com diferentes níveis competitivos (RAMPININI et al., 2009; WELLS et al. 2012). Entretanto, tais estudos não fizeram a relação desses fatores com o desempenho em SR para cada um dos grupos separadamente. Por exemplo, tanto Rampinini et al. (2009) quanto Wells et al. (2012) agruparam os grupos de jogadores profissionais e amadores para correlacionarem o desempenho em SR com os possíveis fatores determinantes dessa atividade. A partir disso, não é possível verificar se a influência de um determinado fator sobre o desempenho em SR ocorre na mesma magnitude para os atletas com diferentes níveis competitivos. Portanto, estudos que propusessem verificar esse tipo de relação separadamente para cada grupo com diferentes níveis competitivos poderiam dar indícios de quais fatores poderiam explicar mais o desempenho em SR para cada um deles. E isso seria interessante de ser investigado no tênis, à medida que tenistas com diferentes níveis competitivos precisam desempenhar SR durante uma partida.

Em suma, a partir do que foi apresentado em todos os itens, acredita-se que alguns fatores tanto neuromusculares quanto da aptidão aeróbia podem ser capazes de influenciar no desempenho em SR. Além disso, foi destacado que tais fatores diferem entre atletas com diferentes níveis competitivos. Nesse sentido, considerando que o tênis é uma modalidade de SR, torna-se interessante uma nova investigação que procure identificar quais os fatores da aptidão aeróbia e neuromusculares estão correlacionados ao desempenho em SR em tenistas com diferentes níveis competitivos.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Amostra

Vinte jogadores de tênis foram recrutados para participar do estudo, sendo que 10 tenistas formaram o grupo profissional (GP) ($19,7 \pm 3,0$ anos) e os outros 10 tenistas formaram o grupo amador (GA) ($26,5 \pm 3,2$ anos). Os critérios usados para classificar os tenistas no GP foram estar disputando torneios organizados pela *Association of Tennis Professionals* (ATP) e estar inserido num programa de treinamento direcionado ao tênis com uma frequência semanal de no mínimo 5 dias por semana. Todos os tenistas profissionais realizaram os testes no início de um período de preparação para uma sequência de torneios. Para a classificação do GA, os tenistas deveriam estar disputando competições da Federação Paulista de Tênis e/ou jogos da Copa USP, assim como estarem inseridos num programa de treinamento direcionado ao tênis com uma frequência semanal de 1 a 3 dias por semana. Todos os sujeitos eram do sexo masculino, tinham idade entre 16 e 35 anos, não eram fumantes e não estavam ingerindo nenhum tipo de medicamento durante o período de testes. Além disso, só deram início aos testes após o período de 1 semana sem ingerir algum tipo de suplemento alimentar. Nenhum sujeito apresentava algum tipo de distúrbio neuromuscular ou cardiovascular. Os dados antropométricos de cada grupo estão apresentados na tabela 1. Antes de iniciarem o estudo, os sujeitos foram informados sobre os procedimentos aos quais seriam submetidos e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido, o qual foi aprovado pelo comitê de ética (Número do CAAE: 17699513.2.0000.5391).

Tabela 1. Medidas antropométricas.

	GP	GA
Estatura (cm)	$184,8 \pm 7,7$	$179,6 \pm 3,7$
Massa corporal (kg)	$80,54 \pm 9,51$	$76,73 \pm 8,3$
Percentual de gordura (%)	$11,32 \pm 2,75$	$13,31 \pm 3,22$

Os dados estão apresentados como média $\pm$ desvio padrão. GP = grupo profissional; GA = grupo amador.

3.2. Desenho experimental

Cada sujeito realizou quatro sessões experimentais com o intervalo mínimo e máximo de 48 horas e de 96 horas, respectivamente. A figura 2 apresenta as principais etapas do desenho experimental. Na primeira sessão foram feitas as medidas antropométricas (estatura, massa corporal e dobras cutâneas) e um teste progressivo até a exaustão. Após 20 minutos de recuperação passiva, foi familiarizado com o teste de DJ e de CVIM para membros inferiores. Na segunda sessão experimental, os sujeitos executaram primeiro o teste de DJ e, após dez minutos de recuperação passiva, um teste de carga constante para mensurar a cinética *on* e *off* do $\dot{V}O_2$. Na terceira sessão, os sujeitos executaram inicialmente o teste de CVIM para membros inferiores e, após dez minutos de recuperação passiva, fizeram o mesmo teste de carga constante realizado na sessão anterior para determinar a cinética *on* e *off* do $\dot{V}O_2$. Vinte minutos após o término do teste de carga constante, os sujeitos foram familiarizados com o teste de SR. Por fim, na quarta sessão os sujeitos realizaram um teste de dez SR. Todos os testes foram realizados durante o mesmo período do dia e pelo menos duas horas após a ingestão de alguma refeição. Os sujeitos foram instruídos a manterem seus hábitos alimentares e a não realizarem esforços exaustivos 24 horas antes de se submeterem aos testes. Adicionalmente, foram solicitados a não ingerirem substâncias com álcool e/ou com cafeína nas 48 horas que precediam os testes.

Figura 2 – Desenho experimental

3.3. Medidas antropométricas

A massa corporal foi mensurada por meio da balança digital Filizola® e a estatura através de um estadiômetro de madeira. Além disso, foram realizadas medidas de dobras cutâneas torácica, subescapular, coxa medial, panturrilha medial, bicipital, tricipital, axilar média, abdominal e supra-iliaca por meio do compasso Cescorf® e de acordo com os procedimentos descritos por Norton e Olds (1996). As medidas foram realizadas no lado direito do corpo em 3 ocasiões de maneira rotacional utilizando o valor mediano. A densidade corporal foi estimada usando a equação generalizada de Jackson e Pollock (1985) e a composição corporal foi estimada através da equação de Brozek et al. (1963).

3.4. Teste progressivo até a exaustão

O teste progressivo até exaustão foi conduzido em uma esteira rolante (Inbramed, Inbrasport, Porto Alegre, Brasil) para a determinação do $\dot{V}O_2\text{max}$, V_{pico} e V_{PCR} . Após cinco minutos de aquecimento a 8 km/h, a velocidade da esteira rolante foi aumentada para 10 km/h. A partir dessa intensidade a velocidade da esteira foi aumentada em 1 km/h a cada minuto até a exaustão voluntária do indivíduo. Durante o teste, o $\dot{V}O_2$ foi mensurado respiração a respiração (Cortex Metamax 3B, Cortex Biophysik, Leipzig, Alemanha) e, para análise dos dados, foi utilizada a média de cada 30 segundos. O analisador de gases foi calibrado antes de cada teste de acordo com as especificações do fabricante. O $\dot{V}O_2\text{max}$ foi determinado quando pelo menos dois dos seguintes critérios foram atingidos: 1) aumento do $\dot{V}O_2$ menor que 2,1 ml/kg/min no último estágio; 2) razão de trocas respiratórias $> 1,10$; 3) atingir 90% da frequência cardíaca máxima (FC_{max}) predita pela idade ($220 - \text{idade}$) (HOWLEY et al., 1995). Para a análise da V_{PCR} , foram feitas inicialmente as médias de cada 30 segundos das medidas do equivalente ventilatório de dióxido de carbono (VE/VCO_2) e da pressão parcial de dióxido de carbono (P_{etCO_2}). Em seguida, a partir da inspeção visual gráfica por parte de dois pesquisadores, foi determinado o momento em que o menor valor do VE/VCO_2 e o maior valor da P_{etCO_2} foram atingidos. A velocidade atingida nesse momento foi considerada a V_{PCR} . Quando houve discordância entre os dois pesquisadores, um terceiro pesquisador foi solicitado para fazer a análise. Nesse caso, se o terceiro pesquisador apontasse para um momento igual ao de um dos pesquisadores, esse seria considerado para a análise. E,

caso o terceiro avaliador destacasse uma velocidade diferente dos outros dois avaliadores, foi adotado o valor mediano dos três destacados. A maior velocidade alcançada pelo sujeito ao final do último estágio completo foi considerada a V_{pico} . Durante o teste, a frequência cardíaca (FC) foi mensurada continuamente utilizando um cardiofrequencímetro (Polar RS800CX, Kempele, Finlândia) e a frequência cardíaca de pico (FC_{pico}) foi definida como o maior valor obtido ao final do teste.

3.5. Teste de carga constante

Os testes de cargas constantes foram conduzidos na mesma esteira rolante utilizada no teste progressivo até exaustão. Antes de iniciar a corrida, o sujeito teve que permanecer 5 minutos parado em pé para a medida do $\dot{V}O_2$ de repouso ($\dot{V}O_{2rep}$), sendo adotada a média das respirações dos 30 s finais desse período. Em seguida, o sujeito iniciou a corrida com a esteira já em movimento, correndo durante 10 minutos ou até a exaustão voluntária. Para cada sujeito foi calculada a diferença entre a V_{PCR} e a V_{pico} (Δ) e, em seguida, foi adotada a velocidade correspondente a $V_{PCR} + 40\%$ do Δ para a realização do teste. Essa velocidade relativa foi adotada com a finalidade de proporcionar um esforço de domínio muito pesado e, conseqüentemente, garantir para todos os sujeitos a utilização das equações biexponenciais (equações 2 e 4) no cálculo da τ da cinética *on* e *off* do $\dot{V}O_2$, respectivamente (ÖZYENER et al., 2001). Ao fim do teste, a esteira foi parada imediatamente e o sujeito permaneceu em pé parado por 10 minutos.

$$\dot{V}O_{2(t)} = \dot{V}O_{2rep} + A_1 \bullet [1 - e^{-(t-\delta_1)/t_1}] + A_2 \bullet [1 - e^{-(t-\delta_2)/t_2}] \quad (\text{Equação 2})$$

$$\dot{V}O_{2(t)} = \dot{V}O_{2f} + A_1 \bullet [e^{-(t-\delta_1)/t_1}] + A_2 \bullet [e^{-(t-\delta_2)/t_2}] \quad (\text{Equação 4})$$

$\dot{V}O_{2(t)}$ = consumo de oxigênio no momento t ; $\dot{V}O_{2rep}$ = consumo de oxigênio de repouso; $\dot{V}O_{2f}$ = consumo de oxigênio ao final da recuperação do exercício; A = amplitude da exponencial; t = tempo em s; δ = tempo de atraso em s; t = constante de tempo da exponencial em s; os números subscritos $_1$ e $_2$ são referentes aos componentes cinéticos do primeiro e segundo processo exponencial, respectivamente.

Ruídos das análises (por conta de tosses, espirros, etc) em cada um dos testes foram excluídos de acordo com Özyener et al. (2001). Em seguida, as respostas de respiração-a-

respiração de cada teste foi interpolado segundo-a-segundo. Posteriormente, a média do $\dot{V}O_2$ de cada segundo foi calculada a partir dos valores dos dois testes. Por fim, as modelagens biexponenciais foram aplicadas a partir de um software específico (Origin versão 6.0, Microcal, EUA). Com a finalidade de não considerar a fase cardiodinâmica para análise, as medidas de $\dot{V}O_2$ dos primeiros 20 s foram excluídos da análise. Adicionalmente, os valores de δ_1 tanto da fase *on* quanto da fase *off* foram fixados em 0. O $\dot{V}O_2$ e a FC foram continuamente mensurados antes, durante e após o exercício da mesma forma que no teste progressivo de esteira até a exaustão.

3.6. Teste de *drop jump*

No teste de DJ cada sujeito realizou cinco saltos com a técnica apropriada e com as mãos apoiadas nos quadris, respeitando intervalos de 30 segundos entre eles. Os sujeitos foram instruídos a sair de uma altura de 40 cm e, após tocar no solo, foram incentivados a alcançar a maior altura vertical possível minimizando o tempo de contato no solo (BARR; NOLTE, 2011). A altura de 40 cm foi adotada nesse teste porque tenistas adultos do sexo masculino têm apresentado melhor desempenho nesse tipo de salto a partir de alturas de 30 cm e 45 cm (dados não publicados). A AS e o TC foram mensurados por um tapete de contato (MultiSprint, Hidrofit, Brasil). A partir dessas medidas, o valor do RSI foi calculado (equação 5). O salto que obteve o maior valor para a variável AS das cinco repetições foi adotado para a análise estatística. O sujeito foi solicitado para repetir o salto nos casos em que não conseguiu realizar a técnica adequadamente. Antes de dar início ao primeiro salto, os sujeitos realizaram cinco minutos de aquecimento na esteira a 8 km/h. Na primeira sessão experimental, um pesquisador com experiência no salto realizou uma demonstração para exemplificar a técnica correta do movimento. Em seguida, cada sujeito teve que realizar pelo menos cinco saltos com a técnica correta para se familiarizar com o teste.

$$RSI \text{ (cm/s)} = AS \text{ (cm)} / TC \text{ (s)} \quad \text{(Equação 5)}$$

RSI = *reactive strength index*; AS = altura do salto; TC = tempo de contato

3.7. Teste de contração voluntária isométrica máxima para membros inferiores

Foi utilizada para o teste de CVIM para membros inferiores uma célula de carga (CLS, KRATOS, São Paulo, Brasil) acoplada a um equipamento “cadeira extensora de joelhos” (NAKAGYM, São Paulo, Brasil). Esse equipamento foi adaptado de modo a impedir qualquer movimentação do braço de alavanca do equipamento para a mensuração do torque realizado isometricamente. Os dados foram coletados por um conversor A/D (USB-6218, National Instruments, Houston, EUA) com uma frequência de 500 Hz e armazenados em um computador para análise *off-line*. Para a realização do teste, os sujeitos ficaram sentados no equipamento, e o epicôndilo femoral (eixo de rotação anatômico) do joelho da perna dominante foi alinhado visualmente ao eixo de rotação do braço de alavanca do equipamento. Além disso, o ponto de apoio do braço de alavanca do aparelho foi posicionado a 1 cm proximal do maléolo medial dos sujeitos. Os sujeitos foram instruídos a executarem força com os músculos extensores do joelho, progressivamente de modo a atingir o esforço máximo ao redor de dois segundos e a manterem este esforço por mais três segundos. Cada sujeito realizou duas tentativas com a perna dominante à uma angulação de 60°, com intervalo de 1 minuto entre as tentativas. A tentativa que obteve o melhor resultado foi considerado para a análise estatística. Antes de dar início a primeira repetição, os sujeitos realizaram cinco minutos de aquecimento na esteira a 8 km/h. Na primeira sessão experimental, os sujeitos foram familiarizados com o protocolo ao executarem os mesmos procedimentos já descritos, porém sem a mensuração dos dados.

3.8. Teste de *sprints* repetidos

O protocolo do teste de SR (adaptado de FERNANDEZ-FERNANDEZ et al., 2012) foi composto por 10 *sprints* máximos e pausas de 15 segundos. Em cada *sprint* o sujeito teve que realizar duas mudanças de direção e se deslocar por uma distância de 21 metros (5 m + 11 m + 5 m) (Figura 3). Antes de dar início a cada *sprint*, o tenista (sem portar uma raquete) teve que se posicionar ao centro de uma linha de 11 metros (distância da linha de fundo da quadra de tênis) e de frente para o avaliador, o qual ficava com as duas mãos fechadas e apontadas para o tenista. Em seguida, para dar início ao *sprint*, o avaliador abria uma das mãos, indicando o lado para o qual o tenista deveria iniciar a corrida, diferentemente do protocolo utilizado por Fernandez-Fernandez et al. (2012), no qual o lado era indicado por um sinal

sonoro. Dessa forma, após o sinal do avaliador, o tenista deveria girar o corpo e correr de frente até passar o pé por uma linha (percurso de 5 m) que demarcava um dos cantos da linha de 11 metros. Após mudar de direção, o tenista deveria correr até a outra ponta da linha (percurso de 11 m), mudar de direção passando novamente o pé por uma linha e finalizar o *sprint* passando pelo centro da linha de 11 metros (percurso de 5 m) (Figura 3). Para as corridas iniciadas pelo lado direito, o atleta deveria mudar de direção passando o pé direito pela linha, e mudar de direção com o pé esquerdo nas corridas iniciadas do lado esquerdo. Durante os 15 segundos de pausa entre os *sprints* o sujeito devia caminhar até o centro da linha de 11 metros, de modo que cinco segundos antes do início do *sprint* seguinte o tenista já tinha que estar posicionado de frente para o avaliador para aguardar seu sinal.

Figura 3 – Ilustração do teste de SR (adaptado de FERNANDEZ-FERNANDEZ et al., 2012)

Cinco minutos antes de dar início ao teste de SR, cada sujeito realizou um *sprint* preliminar ($S_{\text{preliminar}}$), cujo tempo foi utilizado como critério para o teste de SR (BISHOP; EDGE, 2006; CASTAGNA et al., 2007; FERNANDEZ-FERNANDEZ et al., 2012). Caso o tempo do primeiro *sprint* do teste de SR fosse 2,5% maior que o $S_{\text{preliminar}}$, o teste de SR era reiniciado 5 minutos depois, com a finalidade que o sujeito conseguisse fazer o primeiro *sprint* num tempo mais próximo do $S_{\text{preliminar}}$. E, caso o tempo do primeiro *sprint* do teste de SR fosse 2,5% menor que o $S_{\text{preliminar}}$, o teste de SR era reiniciado 5 minutos depois assumindo esse como o $S_{\text{preliminar}}$. O tempo de cada *sprint* foi registrado por meio de duas fotocélulas (MultiSprint, Hidrofit, Brasil) posicionadas conforme apresentado na figura 3. A partir desses registros foram analisados: o melhor tempo entre os 10 *sprints* (SR_{melhor}), a soma do tempo dos 10 *sprints* (SR_{soma}), o tempo médio dos 10 *sprints* ($SR_{\text{médio}}$), e o percentual de aumento do tempo ao longo dos 10 *sprints* ($SR_{\text{\%aumento}}$) (Equação 6). Antes de realizar o $S_{\text{preliminar}}$, os sujeitos realizaram um aquecimento de 5 minutos. Nessa ocasião, eles foram instruídos a correrem lentamente em volta da quadra poliesportiva nos três primeiros minutos, a se deslocarem com passadas laterais no quarto minuto e a realizarem corridas mais rápidas com mudanças de direção num espaço de 10 m no minuto final. Na terceira sessão experimental,

os sujeitos foram familiarizados com o teste ao executarem o mesmo protocolo, porém reduzido (5 *sprints* máximos). A FC_{pico} foi mensurada da mesma maneira que no teste progressivo de esteira até a exaustão.

$$SR_{\%aumento} = [100 \bullet (SR_{soma} / SR_{melhor} \bullet 10)] - 100 \quad (\text{Equação 6})$$

$SR_{\%aumento}$ = percentual de aumento do tempo ao longo dos 10 *sprints*; SR_{melhor} = melhor tempo entre os 10 *sprints*; SR_{soma} = soma do tempo dos 10 *sprints*.

3.9. Análises estatísticas

A normalidade dos dados foi analisada por meio do teste de Shapiro-Wilk. Com exceção das variáveis $SR_{\%aumento}$, V_{PCR} e AS, todas as demais variáveis apresentaram distribuição gaussiana. Os valores foram apresentados como médias e desvios padrão (DP). A comparação entre os grupos para as variáveis que obtiveram distribuição normal foi realizada pelo teste *t* de *Student* para dados não pareados, e para as variáveis que não obtiveram distribuição normal foi utilizado o teste não paramétrico U de Mann-Whitney. Adicionalmente a essas análises de comparação, o percentual de chance de cada uma das variáveis ser maior/similar/menor para o GP em comparação ao GA também foi calculado, e foram adotadas as seguintes classificações: < 1% quase certeza que não; 1% a 5% muito improvável; 5% a 25% improvável; 25% a 75% possível; 75% a 95% provável; 95% a 99% muito provável; >99% quase certeza. Se a chance de ser maior e menor para cada variável foi para ambos maior que 5% do percentual de chances de diferença, a classificação foi considerada “não clara” (HOPKINS et al., 2009). Para essa análise, foi utilizada a transformação logarítmica para as variáveis que não obtiveram distribuição normal. A correlação de *Pearson* foi utilizada para verificar o nível de associação entre as variáveis da aptidão aeróbia e neuromusculares com as variáveis obtidas no teste de SR. Nesse caso, as variáveis que não obtiveram distribuição normal foram previamente normalizadas por transformação logarítmica. Para todas as análises foi utilizado o software SPSS (versão 20.0) e o nível de significância adotado foi de 5% ($p < 0,05$).

4. RESULTADOS

4.1. Desempenho no teste de *sprints* repetidos

A figura 4 apresenta o desempenho de cada grupo durante o teste de SR. O GP obteve um melhor desempenho no teste de SR em comparação ao GA, apresentando durações significativamente menores nos *sprints* 4, 5, 6, 7, 9 e 10 ($p < 0,05$). Além disso, o GP apresentou valores significativamente menores para SR_{melhor} e $SR_{\text{médio}}$ em relação ao GA ($p < 0,05$), sendo que o percentual de chance dessas variáveis serem menores para o GP foi considerada “provável” para o SR_{melhor} e “muito provável” para o $SR_{\text{médio}}$ (Tabela 2). Embora o $SR_{\text{aumentado}}$ do GP não foi significativamente menor em comparação ao GA ($p = 0,102$), a chance dessa variável ser menor para o GP foi considerada “provável”. A $FC_{\text{max-SR}}$ não foi significativamente diferente entre os grupos ($p > 0,05$), e a chance dessa variável ser menor/similar/maior para o GP foi considerada “não clara”.

Figura 4 – Tempo médio de cada *sprint* durante o teste de SR para os grupos de tenistas profissionais e amadores

* $p < 0,05$: diferença significativa entre os grupos.

Tabela 2. Variáveis obtidas no teste de *sprints* repetidos.

	GP	GA	p	Chance do GP ser menor/similar/menor que o GA (%)
SR_{melhor} (s)	5,13 ± 0,21*	5,40 ± 0,34	0,045	95/4/1
SR_{médio} (s)	5,32 ± 0,23*	5,64 ± 0,34	0,027	97/3/1
SR_{%aumento} (%)	3,47 ± 0,82	4,40 ± 1,23	0,102	93/6/1
FC_{max-SR} (bpm)	185 ± 6	186 ± 14	0,769	24/32/44

Valores estão apresentados em média ± desvio padrão. GP = grupo profissional; GA = grupo amador; SR_{médio} = tempo médio dos 10 *sprints*; SR_{melhor} = melhor tempo entre os 10 *sprints*; SR_{%aumento} = percentual de aumento do tempo ao longo dos 10 *sprints*; FC_{max-SR} = frequência cardíaca máxima obtida no teste de SR.

* p < 0,05: diferença significativa entre os grupos.

4.2. Teste progressivo até a exaustão

Os resultados obtidos no teste progressivo até a exaustão estão apresentados na tabela 3. Não foi observada diferença significativa entre os grupos para o $\dot{V}O_{2\text{max}}$ relativo à massa corporal (ml/kg/min), sendo que a chance dessa variável ser maior/similar/menor para o GP foi considerada “não clara”. No que se refere a V_{pico}, houve uma tendência de diferenças entre os grupos (p = 0,062), sendo que o percentual de chance dessa variável ser maior para o GP foi considerada “provável”. Já a V_{PCR} foi significativamente diferente entre os grupos (p < 0,05), e a chance dessa variável ser maior para o GP foi considerada “muito provável”. A FC_{max-Pt} não foi significativamente diferente entre os grupos (p > 0,05), e a chance dessa variável ser menor/similar/menor para o GP foi considerada “não clara”.

Tabela 3. Variáveis mensuradas no teste progressivo até a exaustão.

	GP	GA	p	Chance do GP ser maior/similar/menor que o GA (%)
$\dot{V}O_2\text{max}$ (ml/kg/min)	50,64 ± 3,90	50,76 ± 3,05	0,940	40/14/46
Vpico (km/h)	17,5 ± 1,1	16,3 ± 1,6	0,062	93/6/1
V _{PCR} (km/h)	14,2 ± 0,6*	12,9 ± 1,3	0,014	98/1/0
FC _{max-Pr} (bpm)	195 ± 7	194 ± 15	0,848	40/33/27

Valores estão apresentados em média ± desvio padrão. GP = grupo profissional; GA = grupo amador; $\dot{V}O_2\text{max}$ = consumo máximo de oxigênio; Vpico = velocidade de pico; V_{PCR} = velocidade correspondente ao ponto de compensação respiratório; FC_{max-Pr} = frequência cardíaca máxima obtida no teste progressivo até a exaustão.

* p < 0,05: diferença significativa entre os grupos.

4.3. Cinética do consumo de oxigênio

Os valores médios das velocidades adotadas nos testes de carga constante para o GP e GA foram de 15,7 ± 0,6 km/h e 14,3 ± 1,4 km/h, respectivamente. O $\dot{V}O_2\text{pico}$ alcançado no fim do teste de carga constante não foi significativamente diferente entre o GP (4,04 ± 0,29 l/min) e o GA (3,85 ± 0,09 l/min) (p = 0,117), porém o percentual de chance dessa variável ser maior para o GP foi considerada “provável” (92/6/2).

As variáveis referentes à cinética *on* e *off* do $\dot{V}O_2$ estão presentes na tabela 4. Nenhuma das variáveis correspondentes à cinética *on* do $\dot{V}O_2$ foi significativamente diferente entre os grupos (p > 0,05), sendo que o percentual de chance de cada uma dessas variáveis ser menor/similar/menor para o GP foi considerada “não clara”. Em relação às variáveis da cinética *off* do $\dot{V}O_2$, foi observado que a $A_{1\text{off}}$ foi significativamente maior para o GP (p < 0,05), de maneira que o percentual de chance dessa variável ser maior para o GP foi considerada “quase certeza”. No entanto, as demais variáveis referentes à cinética *off* do $\dot{V}O_2$ não foram significativamente diferentes entre os grupos (p > 0,05), sendo que o percentual de chance dessas variáveis serem menores/similares/menores para o GP foram consideradas “não claras”.

Tabela 4. Variáveis referentes à resposta cinética do $\dot{V}O_2$.

	GP	GA	p	Chance do GP ser maior/similar/menor que o GA (%)
A_{1on} (ml/min)	1499,0 ± 359,0	1303,5 ± 452,7	0,299	73/20/7
τ_{1on} (s)	14,6 ± 6,4	16,2 ± 7,8	0,624	18/30/52
A_{2on} (ml/min)	843,99 ± 290,03	717,6 ± 251,0	0,338	71/20/9
τ_{2on} (s)	213,1 ± 150,4	308,0 ± 229,3	0,307	7/19/73
A_{1off} (ml/min)	3364,5 ± 216,8*	2927,5 ± 244,5	0,001	100/0/0
τ_{1off} (s)	55,0 ± 6,5	54,4 ± 5,7	0,856	40/33/27
A_{2off} (ml/min)	224,2 ± 190,2	306,7 ± 117,6	0,285	8/18/75
τ_{2off} (s)	334,6 ± 206,5	386,7 ± 104,7	0,486	13/26/60

Valores estão apresentados em média ± desvio padrão. GP = grupo profissional; GA = grupo amador; A = amplitude da exponencial; τ = constante de tempo da exponencial; $_{1on}$ e $_{2on}$ são referentes aos componentes cinéticos da fase fundamental e do componente lento, respectivamente; $_{1off}$ e $_{2off}$ são referentes aos componentes cinéticos da fase rápida e lenta, respectivamente.

* p < 0,05: diferença significativa entre os grupos.

4.4. Variáveis neuromusculares

Na tabela 5 estão apresentados os resultados obtidos nos teste de DJ e CVIM. Não foram observadas diferenças significativas entre os grupos para as variáveis do teste de DJ (p > 0,05), de modo que o percentual de chance da AS, TC e RSI serem menores/similares/maiores para o GP foram consideradas “não claras”. O T_{60° obtido no teste de CVIM não foi significativamente maior para o GP em relação ao GA (p > 0,05), porém o percentual de chance dessa variável ser maior para o GP foi considerado “provável”.

Tabela 5. Variáveis mensuradas nos teste de DJ e CVIM.

	GP (n = 10)	GA (n = 10)	p	Chance do GP ser maior/similar/menor que o GA (%)
AS (cm)	37,7 ± 4,4	37,5 ± 4,1	1,000	36/33/31
TC (s)	0,48 ± 0,08	0,50 ± 0,08	0,570	16/29/55
RSI (cm/s)	0,81 ± 0,19	0,74 ± 0,13	0,393	67/22/10
T_{60°} (N.m)	555,6 ± 171,4	452,7 ± 120,1	0,137	86/11/3

Valores estão apresentados em média ± desvio padrão. GP = grupo profissional; GA = grupo amador; AS = altura do salto; TC = tempo de contato; RSI = *reactive strength index*; T_{60°} = torque produzido pela perna dominante com joelho flexionado a uma angulação de 60°.

4.5. Correlações entre as variáveis da aptidão aeróbia e neuromusculares com o desempenho em *sprints* repetidos

As correlações entre as variáveis de desempenho em SR (SR_{melhor}, SR_{médio} e SR_{%aumento}) com as variáveis obtidas no teste progressivo até a exaustão, carga constante, DJ e CVIM estão apresentadas na tabela 6 para cada um dos grupos separadamente. Para o GP, a única correlação significativa observada foi entre o SR_{médio} e o TC. Já, para o GA, houve correlações significativas da Vpico com o SR_{melhor} e SR_{médio}, assim como da A_{2off} com o SR_{melhor} e SR_{médio}.

Tabela 6. Correlações entre as variáveis obtidas no teste de SR com as variáveis da aptidão aeróbia e neuromusculares.

	GP (n = 10)			GA (n = 10)		
	SR _{melhor} (s)	SR _{médio} (s)	SR _{%aumento} (%)	SR _{melhor} (s)	SR _{médio} (s)	SR _{%aumento} (%)
$\dot{V}O_2\text{max}$ (ml/kg/min)	-0,358	-0,488	-0,562	-0,093	-0,108	-0,066
Vpico (km/h)	-0,145	-0,083	0,208	-0,680*	-0,744*	-0,250
V _{PCR} (km/h)	-0,293	-0,268	0,210	-0,588	-0,615	-0,069
A _{1on} (ml/min)	-0,252	-0,074	-0,001	0,219	0,292	0,338
τ_{1on} (s)	0,328	0,224	-0,018	0,083	0,175	0,469
A _{2on} (ml/min)	0,218	-0,012	-0,627	0,239	0,258	0,087
τ_{2on} (s)	0,116	0,241	-0,625	0,475	0,449	-0,202
A _{1off} (ml/min)	0,005	0,031	0,022	0,216	0,177	-0,133
τ_{1off} (s)	0,237	0,362	0,127	-0,132	-0,100	0,170
A _{2off} (ml/min)	-0,211	-0,249	-0,284	-0,756*	-0,794*	-0,096
τ_{2off} (s)	0,150	0,242	0,127	0,347	0,333	-0,106
AS (cm)	-0,340	-0,265	-0,104	0,218	0,257	0,175
TC (s)	0,565	0,641*	0,525	-0,524	-0,471	0,357
RSI (cm/s)	-0,526	-0,583	-0,567	0,375	0,324	-0,115
T _{60°} (N.m)	-0,191	-0,023	0,105	-0,011	-0,058	-0,249

GP = grupo profissional; GA = grupo amador; SR_{melhor} = melhor tempo entre os 10 *sprints*; SR_{médio} = tempo médio dos 10 *sprints*; SR_{%aumento} = percentual de aumento do tempo ao longo dos 10 *sprints*; $\dot{V}O_2\text{max}$ = consumo máximo de oxigênio; Vpico = velocidade de pico; V_{PCR} = velocidade correspondente ao ponto de compensação respiratório; ; A = amplitude da exponencial; τ = constante de tempo da exponencial; os subscritos _{1on} e _{2on} são referentes aos componentes cinéticos da fase fundamental e do componente lento, respectivamente; os subscritos _{1off} e _{2off} são referentes às fases rápida e lenta, respectivamente; AS = altura do salto; TC = tempo de contato; RSI = *reactive strength index*; T_{60°} = torque produzido pela perna dominante com joelho flexionado à uma angulação de 60°.

* p < 0,05: correlação significativa entre as variáveis.

5. DISCUSSÃO

O principal objetivo do presente estudo foi identificar possíveis relações entre alguns fatores da aptidão aeróbia e neuromusculares com o desempenho em SR em tenistas com diferentes níveis competitivos. De acordo com o que foi hipotetizado, tenistas com maior nível competitivo obtiveram um melhor desempenho no teste de SR do que os tenistas com menor nível competitivo, apresentando valores significativamente menores para SR_{melhor} e $SR_{\text{médio}}$. Entretanto, a maioria das variáveis da aptidão aeróbia e neuromusculares não estavam estatisticamente correlacionadas com o desempenho em SR. Para o GA, tanto a V_{pico} quanto a $A_{2\text{off}}$ obtiveram correlações significativas com o SR_{melhor} e o $SR_{\text{médio}}$. No que se refere ao GP, a única correlação significativa encontrada foi entre o TC e o $SR_{\text{médio}}$.

5.1. Comparação do desempenho em *sprints* repetidos entre tenistas com diferentes níveis competitivos

Assim como já foi reportado com atletas de outras modalidades intermitentes (RAMPININI et al., 2009; WELLS et al., 2012; WILKINSON et al., 2012), no presente estudo os tenistas com maior nível competitivo obtiveram melhor desempenho no teste de SR em comparação com tenistas com menor nível competitivo. Portanto, embora a prática do tênis exija algumas demandas físicas diferentes (e.g. grande número de esforços repetidos por conta da imprevisibilidade da duração das partidas e do número de jogos por dia (REID; DUFFIELD, 2014)) em relação às modalidades mais tradicionalmente estudadas, esse achado indica que o desempenho em SR também é capaz de identificar tenistas com diferentes níveis competitivos. Até o momento, apenas um estudo havia investigado o desempenho de tenistas em SR (FERNANDEZ-FERNANDEZ et al., 2012). Todavia, o presente estudo foi o primeiro a comparar o desempenho de tenistas de diferentes níveis competitivos utilizando esse tipo de teste.

Tanto a duração do SR_{melhor} quanto do $SR_{\text{médio}}$ foram significativamente menores no GP em comparação ao GA. Esse achado é similar ao de prévios estudos conduzidos com jogadores de futebol profissional e amador (RAMPININI et al., 2009; WELLS et al., 2012), bem como com jogadores de squash com maior e menor experiência esportiva (WILKINSON et al., 2012). O melhor desempenho do GP para a variável SR_{melhor} parece indicar uma melhor capacidade de aceleração, desaceleração e mudança de direção desse grupo. Isso corrobora os

estudos de Roetert et al. (1996) e Girard e Millet (2009), os quais relataram melhores desempenhos em testes de agilidade e velocidade por parte de tenistas com maior nível competitivo. Por sua vez, o menor valor do $SR_{\text{médio}}$ para o GP em comparação ao GA sugere que tenistas com maior nível competitivo também são capazes de realizarem esforços em maiores intensidade conforme a necessidade de repetir esses esforços ao longo do tempo. Portanto, pode-se pressupor que ao longo de uma partida de tênis, na qual os jogadores possuem pausas de até 20 s entre os ralis, os tenistas profissionais terão uma melhor capacidade para realizar as ações de deslocamento em maiores intensidades do que tenistas amadores, podendo assim obter um melhor desempenho no jogo.

Semelhantemente ao estudo de Rampinini et al. (2009), no qual o $SR_{\% \text{aumento}}$ não foi significativamente menor para os jogadores de futebol profissional ($p = 0,064$), mas o *effect size* foi considerado moderado, no presente trabalho o $SR_{\% \text{aumento}}$ também não foi significativamente menor para os tenistas profissionais ($p = 0,102$), porém o percentual de chance dessa variável ser menor para o GP foi considerada “provável”. Sendo assim, esses resultados indicam que existe uma tendência da queda de desempenho ao longo dos *sprints* ser menos acentuada para os tenistas profissionais em comparação aos amadores. Entretanto, a utilização do $SR_{\% \text{aumento}}$ como medida de desempenho para o teste de SR realizado neste estudo deve ser realizada com cautela. Embora a equação utilizada para a obtenção do valor do $SR_{\% \text{aumento}}$ tenha sido apontada como a mais válida e reprodutível das equações existentes (GLAISTER et al., 2008), dados obtidos pelo nosso grupo de estudo, e que ainda não foram publicados, indicam uma baixa reprodutibilidade dessa variável para esse teste.

Independentemente da baixa reprodutibilidade do $SR_{\% \text{aumento}}$, pode-se observar mediante a figura 4 que não houve diferença significativa entre os grupos na duração média nos três primeiros *sprints*, diferentemente do que ocorreu do quarto ao sétimo *sprint*, e no nono e décimo *sprints*. Portanto, o fato da diferença entre os grupos ter sido significativa apenas a partir do quarto *sprint* é um indicativo de que a queda de desempenho ao longo dos *sprints* tende a ser mais acentuada em tenistas com menor nível competitivo em comparação aos tenistas com maior nível competitivo. Resultados semelhantes foram observados no estudo de Tomlin e Wenger (2002), no qual foi comparada a potência média relativa em 10 SR realizados num cicloergômetro entre jogadoras de futebol divididas em dois grupos de acordo com o $\dot{V}O_2\text{max}$ (um grupo possuía jogadoras com $\dot{V}O_2\text{max}$ acima de 43 ml/kg/min e o outro grupo era composto por jogadoras com $\dot{V}O_2\text{max}$ abaixo de 38 ml/kg/min). Naquela ocasião, ao comparar entre os grupos a potência média relativa de cada *sprint*, foi observado

que o grupo com valores mais baixos de $\dot{V}O_{2\max}$ obteve valores significativamente menores apenas do sétimo ao décimo *sprint*. Nesse sentido, pode-se pressupor que tenistas com maior nível competitivo possuem uma menor queda da velocidade de deslocamento durante as partidas e, conseqüentemente, conseguem alcançar as bolas rebatidas pelo adversário com maior facilidade.

5.2. Comparação das variáveis da aptidão aeróbia e neuromusculares entre tenistas com diferentes níveis competitivos

O presente estudo é um dos poucos a comparar variáveis da aptidão aeróbia e neuromusculares entre tenistas adultos com diferentes níveis competitivos, sendo que a maior parte dos estudos que comparam tenistas de diferentes níveis teve como amostra tenistas juvenis (ROETERT et al., 1996; GIRARD; MILLET, 2009). Embora o $\dot{V}O_{2\max}$ não tenha sido significativamente diferente entre os grupos, o maior valor da V_{PCR} e uma maior tendência da V_{pico} ser maior para o GP indicam uma melhor aptidão aeróbia desse grupo. Talvez, nenhuma diferença significativa foi verificada para o $\dot{V}O_{2\max}$ por conta de uma provável melhor economia de corrida do GP (DA SILVA et al., 2010). Além disso, valores semelhantes de $\dot{V}O_{2\max}$ entre grupos com diferentes níveis competitivos já foram relatados anteriormente (FERNANDEZ-FERNANDEZ et al., 2009b). Portanto, isso indica que o $\dot{V}O_{2\max}$ talvez não seja o melhor indicador para avaliar a aptidão aeróbia de tenistas.

Ainda com relação à aptidão aeróbia, o presente trabalho é o primeiro a avaliar a cinética *on* e *off* do $\dot{V}O_2$ em jogadores de tênis. Embora tenha sido relatado em jogadores de futebol que aqueles com maior nível competitivo possuem uma cinética *on* mais rápida em comparação aos jogadores com menor nível competitivo (RAMPININI et al., 2009), no presente estudo a τ_{on} não foi significativamente diferente entre tenistas profissionais e amadores. Por outro lado, observou-se que a A_{loff} foi significativamente maior para o GP. A partir disso, considerando que os valores da τ_{loff} do GP e GA foram muito próximos ($55,0 \pm 6,5$ s e $54,4 \pm 5,7$ s, respectivamente), pode-se pressupor que a cinética *off* do $\dot{V}O_2$ do GP é mais rápida do que do GA, uma vez que para atingir uma A_{loff} significativamente maior, o GP demorou quase o mesmo tempo que o GA. Ao assumir que uma cinética *off* do $\dot{V}O_2$ parece estar associada a uma ressíntese de fosfocreatina mais rápida (DUPONT et al., 2010), esses achados podem indicar que tenistas profissionais possam restabelecer mais rapidamente os

estoques de fosfocreatina e, assim, se recuperarem mais rapidamente entre os pontos ao longo de uma partida. Isso poderia também explicar as diferenças observadas nos resultados do teste de SR do presente estudo.

No que se refere às variáveis neuromusculares, embora o T_{60° do GP não tenha sido significativamente maior em comparação ao GA ($p > 0,05$), observou-se que o percentual de chance do T_{60° ser maior para o GP foi considerado “provável”. Portanto, esse resultado indica que a força de membros inferiores pode ser importante para o tênis. Em adição, outro resultado que parece apontar para a mesma direção foi relatado por Girard e Millet (2009). Esses autores reportaram que o pico de torque isométrico dos músculos flexores plantares da perna dominante estava significativamente correlacionado com o ranking de tenistas juvenis ($r = 0,73$, $p < 0,01$). Provavelmente, tais resultados foram encontrados porque os músculos dos membros inferiores são bastante exigidos nas partidas de tênis tanto para as ações de deslocamento, quanto também são importantes contribuintes para geração de potência dos golpes (REID et al., 2003).

No entanto, não foram observadas diferenças significativas entre o GP e GA para as variáveis obtidas no teste de DJ. Esse resultado difere do que foi observado nos estudos de Mero et al. (1989) e Girard e Millet (2009) com jovens tenistas. Mero et al. (1989) observaram que meninos pré-pubescentes que praticavam tênis a $2,3 \pm 3,1$ anos alcançaram uma altura significativamente mais alta ($p < 0,05$) no teste de DJ do que meninos da mesma faixa etária que não praticavam a modalidade, ao passo que Girard e Millet (2009) relataram que a potência pico expressa relativa à massa corporal alcançada no teste de DJ por parte de tenistas juvenis ($13,6 \pm 1,4$ anos) obteve correlação significativa com o ranking deles ($r = 0,66$, $p < 0,05$). Nesse sentido, pode-se pressupor que na fase adulta a capacidade de acumular a restituir energia elástica por parte dos músculos dos membros inferiores não seja determinante no tênis.

5.3. Correlações entre as variáveis da aptidão aeróbia e neuromusculares com o desempenho em *sprints* repetidos

Dentre as variáveis obtidas no teste progressivo até a exaustão, observou-se que o $\dot{V}O_{2\max}$ e a V_{PCR} não estavam significativamente correlacionadas com nenhuma das variáveis do desempenho em SR em ambos os grupos. Tais resultados são similares aos dados apresentados por Aziz et al. (2000), Castagna et al. (2007) e Wells et al. (2012), indicando que

uma maior potência aeróbia e, conseqüentemente, maior oferta de O_2 durante a atividade, não parece ser um fator importante para a manutenção do desempenho em SR. Provavelmente, isso se deve pelo fato do maior $\dot{V}O_{2max}$ e V_{PCR} não refletirem, necessariamente, o quanto de O_2 está sendo de fato fornecido aos músculos durante os SR (BISHOP et al., 2004).

Em relação à V_{pico} , observou-se que essa variável estava significativamente correlacionada com o SR_{melhor} ($r = -0,680$, $p < 0,05$) e o $SR_{médio}$ ($r = -0,744$, $p < 0,05$) no GA. Diferentemente das variáveis indicadoras exclusivamente da aptidão aeróbia (e.g. $\dot{V}O_{2max}$ e V_{PCR}) e neuromuscular (e.g. AS e T_{60°), a V_{pico} exige uma alta demanda tanto da aptidão aeróbia quanto neuromuscular (BERTUZZI et al., 2014). Nesse sentido, considerando que o desempenho em SR também requer uma alta solicitação de ambos (GIRARD et al., 2011), pode-se pressupor que a V_{pico} seja uma melhor indicadora de desempenho nessa atividade do que variáveis exclusivamente aeróbias ou neuromusculares. Os resultados do estudo de Buchheit et al. (2012) dão suporte a essa hipótese, haja vista que foi relatado que a V_{pico} , diferentemente de variáveis como o $\dot{V}O_{2max}$, τ_{on} e τ_{off} , foi inclusa no modelo de regressão múltipla explicando junto com SR_{melhor} o desempenho do $SR_{médio}$ e do $SR_{\%aumento}$.

Outra variável correlacionada ao SR_{melhor} e $SR_{médio}$ no GA foi a A_{2off} ($r = -0,756$ e $-0,794$, $p < 0,05$, respectivamente). Considerando que a fase lenta da cinética *off* do $\dot{V}O_2$ pode ser influenciada pela remoção de lactato (BERTUZZI; RUMENIG-SOUZA, 2009), essa correlação da A_{2off} com o desempenho nos SR também pode indicar que há uma possível influência da remoção de lactato no desempenho em SR. Embora a concentração de lactato sanguíneo não tenha sido avaliada no presente estudo, acredita-se que os tenistas que acumulam mais lactato, e que conseqüentemente têm que remover mais lactato ao fim do exercício, são também aqueles que mais solicitaram o sistema anaeróbio láctico para a produção de energia durante a atividade. Entretanto, essa hipótese deve ser analisada com cautela, sobretudo porque essa relação causal entre a produção de lactato e a A_{2off} nem sempre tem sido observada (CLEUZIQU et al., 2003). Portanto, são necessários mais estudos que possam elucidar a relação entre a A_{2off} e o desempenho em SR.

De acordo com os estudos de Buchheit et al. (2012) e Wells et al. (2012), porém em contraste com os estudos de Dupont et al. (2005), Rampinini et al. (2009) e Dupont et al. (2010), os resultados desse trabalho mostram que as variáveis tanto da cinética *on* quanto *off* do $\dot{V}O_2$ não parecem estar associadas ao desempenho em SR, uma vez que não foram identificadas correlações significativas nesse sentido (com exceção da A_{2off} para o GA). Uma possível explicação para esses resultados é que a associação entre essas variáveis talvez seja

protocolo-dependente (BUCHHEIT et al., 2012) ou, em outras palavras, dependente do domínio em que o teste de carga constante é realizado. Tanto no estudo de Dupont et al. (2005) quanto no de Rampinini et al. (2009), nos quais foram observadas correlações significativas entre a τ_{1on} e o desempenho em SR, o teste de carga constante foi realizado a uma intensidade correspondente a 60% da V_{pico} (intensidade abaixo do limiar ventilatório), ao passo que no presente estudo e no estudo de Wells et al. (2012) a intensidade adotada foi entre o V_{PCR} e a V_{pico} , correspondente ao domínio muito pesado (ÖZYENER et al., 2001). E, no que se refere à cinética *off* do $\dot{V}O_2$, o estudo de Dupont et al. (2010), que foi o único a relatar uma associação de destaque entre a τ_{1off} e o desempenho em SR, foi adotada uma intensidade correspondente a 120% da V_{pico} (domínio severo), diferentemente do presente trabalho e de Wells et al. (2012), nos quais foi adotada uma intensidade correspondente ao domínio muito pesado para análise da cinética *off* do $\dot{V}O_2$.

Em relação às correlações entre as variáveis neuromusculares e o desempenho em SR, observou-se que, com exceção do TC que obteve correlação significativa com o $SR_{médio}$ no GP ($r = 0,641$, $p < 0,05$), não foram observadas outras correlações significativas. Um menor TC obtido no teste de DJ pode, talvez, refletir um menor TC durante a corrida nos *sprints*, podendo assim proporcionar um melhor desempenho na tarefa (CUNNINGHAM et al., 2013). Entretanto, esperava-se que as variáveis RSI, AS e T_{60° também tivessem correlação significativa com o desempenho em SR, uma vez que o TC do pé com solo isoladamente, sem que haja uma alta aplicação de força, não justifica um melhor desempenho numa atividade como o *sprint*.

6. LIMITAÇÕES

O presente estudo apresenta algumas possíveis limitações que merecem ser destacadas. Dentre as principais, está a realização de apenas uma sessão de familiarização do teste de DJ. À medida que a execução técnica desse teste é consideravelmente complexa, talvez uma sessão de familiarização tenha sido insuficiente para que os sujeitos conseguissem usufruir da melhor forma a capacidade de acumular e restituir energia elástica por parte dos membros inferiores. Entretanto, sabe-se que é comum os tenistas realizarem saltos durante as partidas (KOVACS, 2007), e que boa parte deles realizam treinos de pliometria visando o aumento de potência dos membros inferiores. Portanto, é possível que apenas uma sessão de familiarização para o teste de DJ tenha sido o suficiente.

Para evitar possíveis efeitos benéficos de suplementos alimentares no desempenho dos testes, os tenistas só puderam dar início aos testes após ficar pelo menos uma semana sem ingeri-los. Embora uma semana possa ser considerada muito breve para impossibilitar os benefícios dos suplementos, ter como critério um período maior que esse para o sujeito participar do estudo provavelmente impossibilitaria a participação da maioria dos tenistas profissionais, uma vez que é comum eles ingerirem suplementos alimentares durante toda a temporada de competições, que abrange quase o ano todo (FERNANDEZ et al., 2006).

Uma possível limitação desse estudo foi a utilização da V_{pico} como parâmetro para o cálculo da velocidade utilizada no teste de carga constante, realizado para a análise da cinética do consumo de $\dot{V}O_2$. Tal procedimento é diferente daquele que tem sido adotado por diferentes pesquisadores (ÖZYENER et al., 2001; WELLS et al., 2012), os quais utilizaram a intensidade correspondente ao $\dot{V}O_{2max}$, que pode ou não coincidir com a V_{pico} . Dos 20 sujeitos que participaram do presente trabalho, 15 deles (8 amadores e 7 profissionais) atingiram o $\dot{V}O_{2max}$ no estágio anterior ao da V_{pico} . Isso significa que a intensidade adotada para esses 15 sujeitos foi, em termos relativos ao $\dot{V}O_2$, superior aos outros 5 sujeitos. No entanto, pode-se pressupor que isso não tenha tido uma influência significativa nos resultados do estudo, pelo fato disso ter ocorrido com a maioria dos sujeitos de ambos os grupos, e a média dos grupos ter sido utilizada com medida para comparação entre eles.

7. CONCLUSÕES

Os resultados do presente trabalho demonstraram que tenistas profissionais possuem um melhor desempenho em SR em comparação aos tenistas amadores. Entretanto, não está clara a importância de fatores da aptidão aeróbia e neuromusculares no desempenho dessa atividade, uma vez que as únicas correlações significativas relatadas foram da V_{pico} e da A_{2off} com o SR_{melhor} e $SR_{médio}$ para o GA, e do TC com o $SR_{médio}$ para o GP. Portanto, considerando a semelhança da demanda física desse tipo de teste com a demanda imposta no jogo de tênis, acredita-se que o teste de SR deva fazer parte das rotinas de avaliações de jogadores de tênis. Porém, novas investigações devem ser feitas para identificar os principais fatores que determinam o desempenho de tenistas nessa tarefa.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. B.; ARAÚJO, C. G. S. Efeitos do treinamento aeróbico sobre a frequência cardíaca. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 9, n. 2, p. 104-12, 2003.
- ARMSTRONG, N.; TOMKINSON, G. R.; EKELUND, U. Aerobic fitness and its relationship to sport, exercise training and habitual physical activity during youth. **British Journal of Sports Medicine**, v. 45, n. 11, p. 849-58, 2011.
- 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, n. 3, p. 195-200, 2000.
- BANGSBO, J.; IAIA, F. M.; KRUSTRUP, P. Metabolic response and fatigue in soccer. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 2, n. 2, p. 111-127, 2007.
- BARR, M. J.; NOLTE, V. W. Which measure of drop jump performance best predicts sprinting speed? **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 25, n. 7, p. 1976-82, 2011.
- BASSETT Jr., D. R.; HOWLEY, E. T. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 32, n. 1, p. 70-84, 2000.
- BEM ABDELKRIM, N.; EL FAZAA, S.; EL ATI, J. Time-motion analysis and physiological data of elite under-19-year-old basketball players during competition. **British Journal of Sports Medicine**, v. 41, n. 2, p. 69-75, 2007.
- BERGERON, M. F. et al. Tennis: A physiological profile during match play. **International Journal of Sports Medicine**, v. 12, n. 5, p. 474-479, 1991.
- BERTUZZI, R. C. M.; RUMENIG-SOUZA, E. Resposta cinética do consumo de oxigênio: relação entre metabolismo aeróbio e ATP-CP. **Arquivos em Movimento**, v. 5, n. 1, p. 99-118, 2009.
- BERTUZZI, R. et al. Pacing strategy determinants during a 10-km running time trial: contributions of perceived effort, physiological, and muscular parameters. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 28, n. 6, p. 1688-96, 2014.
- BISHOP, D.; EDGE, J.; GOODMAN, C. Muscle buffer capacity and aerobic fitness are associated with repeated-sprint ability in women. **European Journal of Applied Physiology**, v. 92, n. 4-5, p. 540-7, 2004.
- BISHOP, D.; EDGE, J. Determinants of repeated-sprint ability in females matched for single-sprint performance. **European Journal of Applied Physiology**, v. 97, n. 4, p. 373-9, 2006.
- BISHOP, D.; GIRARD, O.; MENDEZ-VILLANUEVA, A. Repeated-sprint ability - part II: recommendations for training. **Sports Medicine**, v. 41, n. 9, p. 741-56, 2011.

BLOMQVIST, C. G.; SALTIN, B. Cardiovascular adaptations to physical training. **Annual Review of Physiology**, v. 45, p. 169-89, 1983.

BOGDANIS, G. C. et al. Contribution of phosphocreatine and aerobic metabolism to energy supply during repeated sprint exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 80, n. 3, p. 876-84, 1996.

BOTTON, F.; HAUTIER, C.; ECLACHE, J. P. Energy expenditure during tennis play: a preliminary video analysis and metabolic model approach. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 25, n. 11, p. 3022-8, 2011.

BROZEK, J. et al. Densitometric analysis of body composition: revision of some quantitative assumptions. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 26, n. 110, p. 113-140, 1963.

BUCHHEIT, M. Repeated-sprint performance in team sport players: associations with measures of aerobic fitness, metabolic control and locomotor function. **International Journal of Sports Medicine**, v. 33, n. 3, p. 230-9, 2012.

CARLING, C. et al. The role of motion analysis in elite soccer: contemporary performance measurement techniques and work rate data. **Sports Medicine**, v. 38, n. 10, p. 839-62, 2008.

CASTAGNA, C. et al. Relation between maximal aerobic power and the ability to repeat sprints in young basketball players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 21, n. 4, p. 1172-6, 2007.

CHOW J. W. et al. Comparing the pre- and post-impact ball and racquet kinematics of elite tennis players' first and second serves: a preliminary study. **Journal of Sports Sciences**, v. 21, n. 7, p. 529-37, 2003.

CHRISTMASS, M. A. et al. Exercise intensity and metabolic response in singles tennis. **Journal of Sports Sciences**, v. 16, n. 8, p. 739-47, 1998.

CLEUZIOU, C. et al. Dynamic responses of O₂ uptake at the onset and end of exercise in trained subjects. **Canadian Journal of Applied Physiology**, v. 28, n. 4, p. 630-41, 2003.

CUNNINGHAM, D. J. et al. Strength and power predictors of sprinting performance in professional rugby players. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 53, n. 2, p. 105-11, 2013.

DA SILVA, J. F.; GUGLIEMO, L. G.; BISHOP, D. Relationship between different measures of aerobic fitness and repeated-sprint ability in elite soccer players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 8, p. 2115-21, 2010.

DUPONT, G. et al. Relationship between oxygen uptake kinetics and performance in repeated running sprints. **European Journal of Applied Physiology**, v. 95, n. 1, p. 27-34, 2005.

DUPONT, G. et al. Faster oxygen uptake kinetics during recovery is related to better repeated sprinting ability. **European Journal of Applied Physiology**, v. 110, n. 3, p. 627-34, 2010.

EDGE, J. et al. Effects of high- and moderate-intensity training on metabolism and repeated sprints. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 37, n. 11, p. 1975-82, 2005.

ELLIOT, B.; DAWSON, B.; PYKE, F. The energetics of singles tennis. **Journal of Human Movement Studies**, v. 11, p. 11-20, 1985.

ELLIOT, B. Biomechanics and tennis. **British Journal of Sports Medicine**, v. 40, n. 5, p.392-6, 2006.

FERNANDEZ, J.; MENDEZ-VILLANUEVA, A.; PLUIM, B. M. Intensity of tennis match play. **British Journal of Sports Medicine**, v. 40, n. 5, p. 387-91, 2006.

FERNANDEZ-FERNANDEZ, J. et al. Match activity and physiological responses during a junior female singles tennis tournament. **British Journal of Sports Medicine**, v. 41, n. 11, p. 711-6, 2007.

FERNANDEZ-FERNANDEZ, J. et al. Match activity and physiological load during a clay-court tennis tournament in elite female players. **Journal of Sports Sciences**, v. 26, n. 14, p. 1589-95, 2008.

FERNANDEZ-FERNANDEZ, J.; SANZ-RIVAS, D.; MENDEZ-VILLANUEVA, A. A review of the activity profile and physiological demands of tennis match play. **Strength and Conditioning Journal**, v. 31, n. 4, p. 15-26, 2009a.

FERNANDEZ-FERNANDEZ, J. et al. A comparison of the activity profile and physiological demands between advanced and recreational veteran tennis players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 23, n. 2, p. 604-10, 2009b.

FERNANDEZ-FERNANDEZ, J. et al. High-intensity interval training vs. repeated-sprint training in tennis. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 26, n. 1, p. 53-62, 2012.

FERNANDEZ-FERNANDEZ, J. et al. In-season effect of a combined repeated sprint and explosive strength training program on elite junior tennis players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 29, n. 2, p. 351-7, 2015.

FERRAUTI, A. et al. The effect of recovery duration on running speed and stroke quality during intermittent training drills in elite tennis players. **Journal of Sports Sciences**, v. 19, n. 4, p. 235-42, 2001.

FERRAUTI, A.; WEBER, K.; WRIGHT, P. R. Basic, semi-specific and specific. REID, M.; QUINN, A.; CRESPO, M. **Strength and Conditioning for Tennis**. Roehampton: ITF, 2003. cap. 6, p. 93-111.

FERRAUTI, A.; KINNER, V.; FERNANDEZ-FERNANDEZ, J. The Hit & Turn Tennis Test: An acoustically controlled endurance test for tennis players. **Journal of Sports Sciences**, v. 29, n. 5, p. 485-94, 2011.

GASTIN, P. B. Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. **Sports Medicine**, v. 31, n. 10, p. 725-41, 2001.

GAESSER, A. G.; POOLE, D. C. The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. **Exercise and Sport Science Review**, v. 24, p. 35-71, 1996.

GIRARD, O.; MILLET, G. P. Physical determinants of tennis performance in competitive teenage players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 23, n. 6, p. 1867-72, 2009.

GIRARD, O.; MENDEZ-VILLANUEVA, A.; BISHOP, D. Repeated-sprint ability - part I: Factors contributing to fatigue. **Sports Medicine**, v. 41, n. 8, p. 673-94, 2011.

GISSIS, I. et al. Strength and speed characteristics of elite, subelite, and recreational young soccer players. **Research in Sports Medicine**, v. 14, n. 3, p. 205-14, 2006.

GLAISTER, M. Multiple sprint work: physiological responses, mechanisms of fatigue and the influence of aerobic fitness. **Sports Medicine**, v. 35, n. 9, p. 757-77, 2005.

GLAISTER, M. et al. The reliability and validity of fatigue measures during multiple-sprint work: an issue revisited. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.22, n.5, p.1597-601, 2008.

HAMILTON, A. L. et al. Physiological responses to maximal intermittent exercise: differences between endurance-trained runners and games players. **Journal of Sports Science**, v. 9, n. 4, p. 371-82, 1991.

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. 2013-8, 1999.

HOFMANN, P.; POKAN, R. Value of the application of the heart rate performance curve in sports. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 5, n. 4, p. 437-47, 2010.

HORNERY, D. J. et al. An integrated physiological and performance profile of professional tennis. **British Journal of Sports Medicine**, v. 41, n. 8, p. 531-536, 2007.

HOWLEY, E. T.; BASSETT Jr., D. R.; WELCH, H. G. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. **Medicine Science in Sports and Exercise**, v. 27, p. 1292-1301, 1995.

HUGHSON, R. L.; MORRISEY, M. A. Delayed kinetics of VO₂ in the transition from prior exercise. Evidence for O₂ transport limitation of VO₂ kinetics: a review. **International Journal of Sports Medicine**, v. 4, n. 1, p. 31-9, 1983.

IDSTRÖM, J. P. et al. Oxygen dependence of energy metabolism in contracting and recovering rat skeletal muscle. **American Journal of Physiology**, v. 248, n. 1 Pt 2, p. H40-H48, 1985.

INGHAM, S. A. et al. Comparison of the oxygen uptake kinetics of club and olympic champion rowers. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 39, n. 5, p. 865-71, 2007.

JACKSON, A. S.; POLLOCK, M. L. Generalized equations for predicting body density in men. **British Journal of Nutrition**, v. 40, n. 3, p. 497-504, 1978.

JOHNSON, C. D.; MCHUGH, M. P. Performance demands of professional male tennis players. **British Journal of Sports Medicine**, v. 49, n. 8, p. 696-9, 2006.

JONES, A. M.; CARTER, H. The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. **Sports Medicine**, v. 29, n. 6, p. 373-86, 2000.

JONES, A. M.; POOLE, D. C. Introduction to oxygen uptake kinetics and historical development of the discipline. In: _____. **Oxygen uptake kinetics in sport, exercise and medicine**. Abingdon: Routledge, 2005. p.3.

KEMP, G. Lactate accumulation, proton buffering, and pH change ischemically exercising muscle. **American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 289, n. 3, p. R895-901, 2005.

KÖNIG, D. et al. Cardiovascular, metabolic, and hormonal parameters in professional tennis players. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 33, n. 4, p. 654-8, 2001.

KOVACS, M. S. Applied physiology of tennis performance. **British Journal of Sports Medicine**, v. 40, n.5, p.381-5, 2006.

KOVACS, M. S. Tennis Physiology: Training the Competitive Athlete. **Sports Medicine**, v. 37, n. 3, p. 189-98, 2007.

LINDINGER, M. I.; KOWALCHUK, J. M.; HEIGENHAUSER, G.J.. Applying physicochemical principles to skeletal muscle acid-base status. **American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 289, n. 3, p. R891-4, 2005.

MACHADO, F. A. et al. Incremental test design, peak 'aerobic' running speed and endurance performance in runners. **Journal of Science and Medicine in Sport**, 2013. In press.

MCARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. **Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

MCCREARY, C. R. et al. Kinetics of pulmonary oxygen uptake and muscle phosphates during moderate-intensity calf exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 81, n. 3, p. 1331-8, 1996.

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.163-9, 2009.

MENDEZ-VILLANUEVA, A. et al. Activity patterns, blood lactate concentrations and ratings of perceived exertion during a professional singles tennis tournament. **British Journal of Sports Medicine**, v. 41, n. 5, p. 296-300, 2007.

MERO, A.; JAAKKOLA, L.; KOMI, P. V. Neuromuscular, metabolic and hormonal profiles of young tennis players and untrained boys. **Journal of Sports Science**, v. 7, n. 2, p. 95-100, 1989.

MEYER, T. et al. Is lactic acidosis a cause of exercise induced hyperventilation at the respiratory compensation point? **British Journal of Sports Medicine**, v. 38, p. 622-5, 2004.

MOREAU, X.; PERROTE, N.; QUETIN, P. Speed and agility. REID, M.; QUINN, A.; CRESPO, M. **Strength and Conditioning for Tennis**. Roehampton: ITF, 2003. cap. 9, p. 149-163.

MIYAMOTO, T. et al. The heart rate increase at the onset of high-work intensity exercise is accelerated by central blood volume loading. **European Journal of Applied Physiology**, v. 96, n. 1, p. 86-96, 2006.

MURIAS, J. M. et al. Metabolic and functional responses playing tennis on different surfaces. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 21, n.1, p.112-7, 2007.

NEWMAN, M. A.; TARPENNING, K. M.; MARINO, F. E. Relationships between isokinetic knee strength, single-sprint performance, and repeated-sprint ability in football players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 18, n. 4, p. 867-72, 2004.

NORTON, K.; OLDS, T. **Antropometrica**. Sidney: Southwood Press, 1996.

O'DONOGHUE, P.; INGRAM, B. A notational analysis of elite tennis strategy. **Journal of Sports Sciences**, v. 19, n. 2, p. 107-15, 2001.

OKUNO, N. M. **Capacidade de sprints repetidos: efeito do treinamento de força com e sem a plataforma vibratória e potencialização pós-ativação**. 2011. 113 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

ÖZYENER, F. et al. Influence of exercise intensity on the on- and off-transient kinetics of pulmonary oxygen uptake in humans. **Journal of Physiology**, v. 15, n. Pt3, p. 891-902, 2001.

PERINI, R.; VEICSTEINAS, A. Heart rate variability and autonomic activity at rest and during exercise in various physiological conditions. **European Journal of Applied Physiology**, v. 90, n. 3-4, p. 317-25, 2003.

PLUIM, B. M. et al. Health benefits of tennis. **British Journal of Sports Medicine**, v. 41, n. 11, p. 760-8, 2007.

RAMPININI, E. et al. Repeated-sprint ability in professional and amateur soccer players. **Applied Physiology, Nutrition and Metabolism**, v. 34, n. 6, p. 1048-54, 2009.

REID, M.; CHOW, J. W.; CRESPO, M. Actividad muscular: un indicador para el entrenamiento. ELLIOT, B.; REID, M.; CRESPO, M. **Biomecánica del tenis avanzado**. Roehampton: ITF, 2003. cap. 6, p. 109-136.

REID, M.; DUFFIELD, R. The development of fatigue during match-play tennis. **British Journal of Sports Medicine**, v. 47, n. i7-i11, 2014.

ROBERGS, R. A.; GHIASVAND, F.; PARKER, D. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. **American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 287, n. 3, p. R502-16, 2004.

ROETERT, E. P. et al. Fitness comparisons among three different levels of elite tennis players. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v. 10, n.3, p.139-43, 1996.

ROSSITER, H. B. et al. Dynamic asymmetry of phosphocreatine concentration and O₂ uptake between the on- and off-transients of moderate- and high-intensity exercise in humans. **The Journal of Physiology**, v. 15, n. 541.3, p. 991-1002, 2002.

SAKURAI, S.; REID, M.; ELLIOT, B. Ball spin in the tennis serve: spin rate and axis of rotation. **Sports Biomechanics**, v. 12, n. 1, p. 23-9, 2013.

SAUNDERS, P. U.; PYNE, D. B.; GORE, C. J. Endurance training at altitude. **High Altitude Medicine & Biology**, v. 10, n. 2, p. 135-48, 2009.

SEELEY, M. K. et al. Tennis forehand kinematics change as post-impact ball speed is altered. **Sports Biomechanics**, v. 10, n. 4, p. 415-26, 2011.

SMEKAL, G, et al. A physiological profile of tennis match play. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 33, n. 6, p. 999-1005, 2001.

SHEPPARD, J. M.; YOUNG, W. B.. Agility literature review: Classifications, training and testing, **Journal of Sports Sciences**, v. 24, n. 9, p. 919-32, 2006.

SPENCER, M. et al. Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities: specific to field-based team sports. **Sports Medicine**, v. 35, n. 12, p. 1025-44, 2005.

SPENCER, M. et al. Fitness determinants of repeated-sprint ability in highly trained youth football players. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 6, n. 4, p. 497-508, 2011.

STOJANOVIC M. D. et al. Correlation between explosive strength, aerobic power and repeated sprint ability in elite basketball players. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 52, n. 4, p. 375-81, 2012.

THÉBAULT, N.; LÉGER, L. A.; PASSELERGUE, P. Repeated-sprint ability and aerobic fitness. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 25, n. 10, p. 2857-65, 2011.

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.

TOMLIN, D. L.; WENGER, H. A. The relationships between aerobic fitness, power maintenance and oxygen consumption during intense intermittent exercise. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 5, n. 3, p. 194-203, 2002.

URSO, R. P. et al. Validity and reliability evidences of the Hit & Turn Tennis Test. **Science & Sports**, v.29, n.4, p.e47-e53, 2014.

WELLS, C. M. et al. Sport-specific fitness testing differentiates professional from amateur soccer players where VO_2max and VO_2 kinetics do not. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 52, n. 3, p. 245-54, 2012.

WILKINSON, M. et al. Physiological correlates of multiple-sprint ability and performance in international-standard squash players, **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 26, n. 2, p. 540-7, 2012.

WISLOFF, U. et al. Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. **British Journal of Sports Medicine**, v. 38, n. 3, p. 285-8, 2004.

WHIPP, B. J.; CASABURI, R. Characterizing O_2 uptake response kinetics during exercise. **International Journal of Sports Medicine**, v. 3, n. 2, p. 97-9, 1982.

XU, F.; RHODES, E. C. Oxygen uptake kinetics during exercise. **Sports Medicine**, v. 27, n. 5, p. 313-27, 1999.

YOUNG, W. B.; JAMES, R.; MONTGOMERY, I. Is muscle power related to running speed with changes of direction? **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 42, n. 3, p. 282-8, 2002.

ANEXO A – Parecer do projeto de pesquisa

ESCOLA DE EDUCAÇÃO
FÍSICA E ESPORTE DA
UNIVERSIDADE DE SÃO

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

Título da Pesquisa: FATORES FISIOLÓGICOS E NEUROMUSCULARES DETERMINANTES DO DESEMPENHO EM SPRINTS REPETIDOS EM TENISTAS

Pesquisador: Rômulo Cássio de Moraes Bertuzzi

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 17699513.2.0000.5391

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE DE SAO PAULO

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 403.236

Data da Relatoria: 29/08/2013

Apresentação do Projeto:

o estudo buscará identificar os fatores fisiológicos e neuromusculares determinantes do desempenho em Sprints Repetidos (SR) em tenistas com diferentes estados de treinamento. Dez tenistas profissionais e dez tenistas amadores participarão do estudo. Cada tenista realizará quatro sessões experimentais com o intervalo mínimo e máximo de 48 horas e de 96 horas, respectivamente.

Objetivo da Pesquisa:

O objetivo principal do estudo é identificar os fatores fisiológicos e neuromusculares determinantes do desempenho em SR em tenistas com diferentes estados de treinamento.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os riscos são mínimos e principal benefício está na obtenção de informações que poderão ser utilizadas por treinadores e atletas, como parâmetros para avaliação e também, de certa forma, poderão ser úteis para prescrição de exercícios físicos.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa é pertinente e interessante. O estudo é adequadamente delineado e os procedimentos em descritos e alinhados com os objetivos e propósitos do estudo.

Endereço: Av. Profº Mello Moraes, 65

Bairro:

CEP: 06.757-060

UF: SP

Município:

Telefone: (113)091--3097

Fax: (113)812--4141

E-mail: cep39@usp.br

ESCOLA DE EDUCAÇÃO
FÍSICA E ESPORTE DA
UNIVERSIDADE DE SÃO

Continuação do Parecer: 403.236

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

O TCLE esta bem redigido e pode ser perfeitamente entendido pelos sujeitos.

Recomendações:

Nao há.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Não há.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

Parecer aprovado na reunião do CEP em 29/08/2013.

23 de Setembro de 2013

Assinador por:
Maria Augusta Peduti Dal'Molin Kiss
(Coordenador)

Endereço: Av. Profº Mello Moraes, 65

Bairro:

CEP: 06.757-060

UF: SP

Município:

Telefone: (113)091--3097

Fax: (113)812--4141

E-mail: cep39@usp.br