



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS APLICADAS

VIVIAN COSTA RESENDE CUNHA

**Efeito da suplementação de citrato de sódio sobre o desempenho de
tenistas**

Limeira
2014



VIVIAN COSTA RESENDE CUNHA

Efeito da suplementação de citrato de sódio sobre o desempenho de tenistas

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Nutrição e do Esporte e Metabolismo da Faculdade de Ciências Aplicadas da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de Mestra em Ciência da Nutrição e do Esporte e Metabolismo, na área de Nutrição

Orientadora: Prof^a Dr^a Caroline Dário Capitani

Co-orientador: Prof Dr Marcelo Saldanha Aoki

Este exemplar corresponde à versão final da dissertação

Defendida pela aluna Vivian Costa Resende Cunha e

Orientado pela Prof^a Dr^a Caroline Dário Capitani.

Cardui

Limeira

2014

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Ciências Aplicadas
Sueli Ferreira Júlio de Oliveira - CRB 8/2380

C914e Cunha, Vivian Costa Resende, 1989-
Efeito da suplementação de citrato de sódio sobre o desempenho de tenistas /
Vivian Costa Resende Cunha. – Campinas, SP : [s.n.], 2014.

Orientador: Caroline Dário Capitani.

Coorientador: Marcelo Saldanha Aoki.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Ciências Aplicadas.

1. Tênis (jogo). 2. Fadiga. 3. Desempenho. 4. Acidose. I. Capitani, Caroline Dário. II. Aoki, Marcelo Saldanha. III. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Ciências Aplicadas. IV. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Effect of sodium citrate supplementation on the performance of tennis players

Palavras-chave em inglês:

Tennis

Fatigue

Performance

Acidosis

Área de concentração: Nutrição

Titulação: Mestra em Ciências da Nutrição e do Esporte e Metabolismo

Banca examinadora:

Caroline Dário Capitani [Orientador]

Milton Shoití Misuta

Reury Frank Pereira Bacurau

Data de defesa: 12-12-2014

Programa de Pós-Graduação: Ciências da Nutrição e do Esporte e Metabolismo

Autora: Vivian Costa Resende Cunha

Título: "Efeito da suplementação de citrato de sódio sobre o desempenho de tenistas"

Natureza: Mestrado

Instituição: Faculdade de Ciências Aplicadas (FCA)/ UNICAMP

Data da defesa: Limeira, 12 de Dezembro de 2014

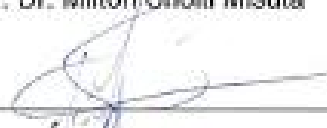
BANCA EXAMINADORA:

Profa. Dra. Caroline Dário Capitani (Orientadora)



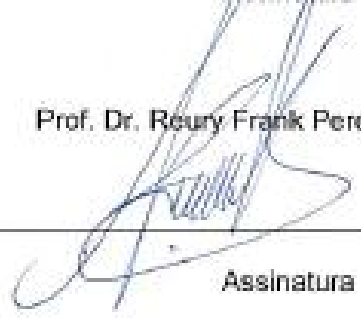
Assinatura

Prof. Dr. Milton Shoji Misuta



Assinatura

Prof. Dr. Reury Frank Pereira Bacurau



Assinatura

RESUMO

Efeito da suplementação de citrato de sódio sobre o desempenho de tenistas

O presente estudo teve os seguintes objetivos: caracterizar as demandas fisiológicas de diferentes rotinas de treinamento e, avaliar o efeito da suplementação de citrato de sódio sobre o desempenho de habilidades específicas do Tênis após uma simulação de partida. Dez jogadores de Tênis juvenis, do sexo masculino ($17,0 \pm 1,2$ anos; estatura: $176,7 \pm 5,2$ cm; peso: $68,4 \pm 7,9$ kg; gordura corporal: $11,7 \pm 1,4\%$) participaram dos estudos. No primeiro estudo foram realizadas quatro rotinas de treinamento, cada qual com seis pontos. As rotinas se diferiram entre si pelo número de rebatidas por ponto (duas, quatro, sete e dez rebatidas por ponto). Foram avaliados frequência cardíaca (FC), percepção subjetiva de esforço (PSE) e concentração de lactato ([La]) após o primeiro, terceiro e sexto ponto de cada rotina. O segundo estudo consistiu na suplementação de citrato de sódio ($0,5 \text{ g.kg}^{-1}$ de peso) ou placebo - NaCl ($0,1 \text{ g.kg}^{-1}$ de peso). Após 120 minutos da ingestão do suplemento, foram realizados testes de habilidades específicas no Tênis (*Loughborough Tennis Skill Test* – LTST e *Repeated Sprint Ability Shuttle Test* – RSA) antes e após a simulação de uma partida de 60 minutos. Observou-se que todos os parâmetros avaliados no primeiro estudo (FC, PSE e [La]) aumentaram progressivamente durante as rotinas de treinamento, à medida que se aumentava o número de rebatidas por ponto, indicando que rotinas de treinamento com sete e dez rebatidas por ponto induziram respostas maiores associadas ao nível de estresse do que observado nas rotinas mais curtas. No segundo estudo observou-se aumento significativo ($p < 0,05$) da $[\text{HCO}_3^-]$ e do excesso de base no grupo suplementado com citrato de sódio comparado ao placebo. Após a simulação de partida houve aumento da [La] e de pH no grupo suplementado com citrato de sódio ([La]: $5,46 \text{ mmol.L}^{-1}$; pH: 7,48) comparado ao grupo placebo ([La]: $2,28 \text{ mmol.L}^{-1}$; pH: 7,34). A capacidade de *sprints* repetidos avaliada pelo RSA não apresentou diferença ($p > 0,05$) entre os testes pré e pós simulação de partida. Apesar do total de golpes desenvolvidos pelos jogadores não apresentarem diferença significativa ($p > 0,05$) antes e após a simulação de partida, observou-se declínio ($p < 0,05$) na consistência dos golpes para o

grupo placebo (pré: 53,5%; pós: 40,4%) quando comparado ao grupo suplementado com citrato de sódio (pré: 50,2%; pós: 58,5%). Portanto, sugere-se que a suplementação de citrato de sódio pode prevenir o declínio do desempenho das habilidades específicas do Tênis, após uma simulação de partida.

Palavras-chave: desempenho atlético, Tênis, fadiga, citrato de sódio.

ABSTRACT

Effect of sodium citrate supplementation on the performance of tennis players

This study had the following objectives: To characterize the physiological demands of different training routines and evaluate the effect of sodium citrate supplementation on the performance of specific tennis skills after a simulated match. Ten young male tennis players ($17,0 \pm 1,2$ years old; height: $176,7 \pm 5,2$ cm; weight: $68,4 \pm 7,9$ kg; body fat: $11,7 \pm 1,4\%$) participated in the studies. In the first study, four training routines were performed, each with six points. The routines differed according to the number of hits per point (two, four, seven and ten hits per point). Heart rate (HR), rating of perceived exertion (RPE) and blood lactate concentration ([La]) were assessed after the first, third and sixth points of each routine. The second study consisted of supplementing with sodium citrate ($0,5 \text{ g.kg}^{-1}$ body weight) or placebo - NaCl ($0,1 \text{ g.kg}^{-1}$ wt). One-hundred and twenty minutes after taking the supplement, tests were performed for specific tennis skills (Loughborough Tennis Skill Test - LTST and Repeated Sprint Ability Test Shuttle - RSA) before and after simulating a match of 60 minutes. All parameters evaluated in the first study (HR, RPE and [La]) were found to increase progressively during training routines, as the number of hits per point increased, indicating that training routines with seven and ten hits per point were associated with higher levels of stress than for the shorter routines. The second study demonstrated a significant increase ($p < 0,05$) in $[\text{HCO}_3^-]$ and base excess in the group supplemented with sodium citrate, compared with placebo. After the match simulation, increases were observed in [La] and pH in the group supplemented with sodium citrate ([La]: $5,46 \text{ mmol.L}^{-1}$; pH: 7,4), compared to the placebo group ([La]: $2,28 \text{ mmol.L}^{-1}$; pH: 7,34). The ability to repeat sprints, as evaluated by RSA, did not differ ($p > 0,05$) between the pre and post match simulation. Although the total number of hits performed by the players was not significantly different ($p > 0,05$) before and after starting the simulation, we observed a decrease ($p < 0,05$) in the consistency of the hits in the placebo group (pre: 53,5%; post: 40,4%), when compared to the group supplemented with sodium citrate (pre: 50,2%; post: 58,5%). Therefore, we

suggest that supplementation of sodium citrate may prevent the decline in performance of specific tennis skills after a simulated match.

Keywords: athletic performance, tennis, fatigue, sodium citrate.

SUMÁRIO

Resumo	vii
Abstract	ix
Lista de Figuras	xvii
Lista de Tabelas	xix
Lista de Abreviaturas e Siglas	xxi
1. Introdução Geral	1
1.1 O Tênis	1
1.2 Demandas fisiológicas do Tênis	4
1.3 Sistemas de transferência de energia no Tênis	7
1.4 Etiologia da fadiga no Tênis	10
1.5 Substâncias tamponantes	17
1.6 Bicarbonato de sódio	20
1.7 Citrato de sódio	25
2. Hipótese	29
3. Objetivos	30
 CAPÍTULO 1 - Caracterização das demandas fisiológicas associadas ao Tênis	 31
Resumo	31
Abstract	32
1. Introdução	33
2. Materiais e métodos	34
2.1 Amostra	34
2.2 Características da amostra	35
2.3 Descrição das respostas metabólicas e fisiológicas associadas à prática do Tênis	37
3. Resultados	39

4. Discussão	44
5. Conclusão	47
REFERÊNCIAS	48
CAPÍTULO 2 – Suplementação de citrato de sódio	52
Resumo	52
Abstract	53
1. Introdução	54
2. Materiais e métodos	56
2.1 Amostra	56
2.2 Delineamento do estudo	56
2.3 Protocolo dietético	59
2.4 Protocolo de suplementação	59
2.5 Protocolo de testes	59
2.6 Coleta de sangue e análise de metabólitos	62
2.7 Questionário de avaliação de distúrbios gastrointestinais (QDGI)	62
2.8 Análise estatística	62
3. Resultados	63
4. Discussão	65
5. Conclusão	69
REFERÊNCIAS	70
4. Discussão Geral	76
5. Conclusão Geral	78
REFERÊNCIAS	80
ANEXO	91
APÊNDICE	97

DEDICATÓRIA

Dedico essa dissertação à minha família, amigos, colegas de mestrado e orientadores pelo apoio, força, incentivo, companheirismo e amizade. Sem eles nada disso seria possível.

AGRADECIMENTOS

“Cada pessoa que passa em nossa vida, passa sozinha, é porque cada pessoa é única e nenhuma substitui a outra. Cada pessoa que passa em nossa vida passa sozinha e não nos deixa só porque deixa um pouco de si e leva um pouquinho de nós. Essa é a mais bela responsabilidade da vida e a prova de que as pessoas não se encontram por acaso.” Charles Chaplin

Agradeço primeiramente à FAPESP pelo auxílio financeiro e ao FAEPEX pela concessão da bolsa.

A Deus, por ter me permitido chegar até aqui, e por toda a força concedida para a concretização deste sonho. Além disso, agradeço a Ele por todas as pessoas que cruzaram o meu caminho, durante esses dois anos.

À professora Caroline Dário Capitani e ao professor Marcelo Saldanha Aoki agradeço por terem me aceitado e possibilitado a realização deste projeto e ainda, por acreditarem em mim. Agradeço também por todos os ensinamentos e oportunidades durante estes dois anos.

Ao Rodrigo Vitasovic, pelo tempo dedicado em me ensinar e me passar sua experiência e conhecimento com o tênis. Seu apoio foi fundamental para chegar até aqui.

Ao laboratório onde foram realizadas as análises bioquímicas (Prof. Marcelo Saldanha) – Grupo de Pesquisa em Adaptações biológicas ao Exercício Físico (GABEF), pelo auxílio na pesquisa.

Aos atletas voluntários que participaram e tornaram possível a realização da pesquisa.

Aos meus pais, Sérgio e Vera, que mesmo distantes fisicamente, pude sentir a extensão dos seus braços me acolhendo, amparando, empurrando e me permitindo a concretização deste projeto.

A minha irmã, Natália, que de longe sempre acreditou em mim e me deu forças para chegar até aqui.

Aos amigos e familiares, não conseguiria listar todos aqui, pelo apoio e compreensão.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1 – Caracterização das demandas fisiológicas associadas ao Tênis

Figura 1. Representação esquemática da determinação do perfil da resposta de lactato, simulando diferentes rotinas de treinamento de um jogo de Tênis.....61

Figura 2. Frequência cardíaca máxima aferida durante as diferentes rotinas de treinamento; a - diferente da rotina com 2 rebatidas ($p<0,05$); b - diferente da rotina com 4 rebatidas ($p<0,05$); c - diferente do 1º ponto para a mesma rotina ($p<0,05$).....63

Figura 3. Concentração de lactato aferida durante as diferentes rotinas de treinamento; a - diferente da rotina com 2 rebatidas ($p<0,05$); b - diferente da rotina com 4 rebatidas ($p<0,05$); c - diferente do 1º ponto para a mesma rotina ($p<0,05$).....64

Figura 4. Percepção subjetiva de esforço aferida durante as diferentes rotinas de treinamento. ; a - diferente da rotina com 2 rebatidas ($p<0,05$); b - diferente da rotina com 4 rebatidas ($p<0,05$); c - diferente do 1º ponto 1 para a mesma rotina ($p<0,05$).....65

CAPÍTULO 2 – Suplementação de citrato de sódio

Figura 1. Desenho experimental do estudo.....80

LISTA DE TABELAS

Introdução Geral

Tabela 1. Resumo de alguns estudos que relacionaram a suplementação de bicarbonato de sódio sobre o desempenho em diferentes modalidades.....46

Tabela 2. Resumo de alguns estudos que relacionaram a suplementação de citrato de sódio sobre o desempenho em diferentes modalidades.....50

CAPÍTULO 1 – Caracterização das demandas fisiológicas associadas ao Tênis

Tabela 1. Características dos atletas.....62

CAPÍTULO 2 – Suplementação de citrato de sódio

Tabela 1. Parâmetros bioquímicos (excesso de base, $[\text{HCO}_3^-]$, $[\text{La}]$ e pH) dos atletas, antes da suplementação com citrato de sódio (C) ou placebo (PLA), após 120 minutos (Pós 120) e após 180 minutos (Pós jogo).....85

Tabela 2. Valores médios de total de golpes, percentual de consistência e de exatidão avaliados pelo LTST, antes (Pós 120') e após (180') a simulação da partida.....86

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BPM Batimentos por minuto

CBT Confederação Brasileira de Tênis

FC Frequência Cardíaca

GEB Gasto Energético Basal

GEAF Gasto Energético para a atividade física

QDGI Questionário sobre desconforto gastrointestinal

ITF *International Tennis Federation*

LTST *Loughborough Tennis Skill Test*

[La] Concentração de lactato sanguíneo

NaHCO₃ Bicarbonato de sódio

PFK Fosfofrutoquinase

pH Símbolo para potencial de hidrogênio que indica acidez, alcalinidade ou neutralidade de uma determinada solução

PSE Percepção subjetiva de esforço

RPM Rotações por minuto

TGI Trato Gastrointestinal

VET Valor Energético Total

VO₂ Consumo de oxigênio

1. Introdução geral

1.1 O Tênis

O Tênis é um esporte que atrai milhões de jogadores e telespectadores em todo o mundo. Além do caráter competitivo, esta modalidade também é um esporte recreativo comum, contando com diversos níveis de participantes, desde praticantes recreacionais até atletas profissionais (Fernandez; Mendez-Villanueva; Pluim, 2006). Todas as competições de Tênis, de eventos profissionais como os Jogos Olímpicos, até campeonatos de juniores e seniores, seguem as regras da Federação Internacional de Tênis (ITF – *International Tennis Federation*).

Segundo a ITF, a partida de Tênis pode ser disputada em melhor de três ou melhor de cinco *sets*. O jogador precisa ganhar dois e três *sets*, respectivamente, para vencer a partida (Manual ITF – 2014). Em um *game* padrão, os pontos são contados da seguinte forma: a partir do saque, o primeiro ponto conta como 15, o segundo, 30, o terceiro, 40 e o quarto ponto fecha o *game*, finalizando 45. O primeiro jogador que ganhar seis *games*, ganha o *set*, desde que haja diferença de dois *games* do adversário (Manual ITF - 2014). Caso haja empate no *set*, o *tie-break* é disputado e os pontos passam a ser contados de um em um até que um dos jogadores atinja sete pontos, com uma diferença de dois pontos para o adversário, e vença o *game* e o *set*. Se os sete pontos forem atingidos por um jogador, mas não houver a diferença de dois pontos, a partida continua até que essa diferença seja alcançada (Manual ITF - 2014).

Uma das particularidades do Tênis é a possibilidade de ocorrência de jogos em diferentes superfícies, com diferentes bolas e duração que pode variar de uma até mais de cinco horas de jogo (Kovacs, 2007; Fernandez, Mendez-Villanueva, Pluim, 2006; Reid e Schneiker, 2008). As quadras de Tênis se diferem quanto a superfície e são classificadas como ‘quadras rápidas’, aquelas cuja superfície são compostas de cimento ou de grama ou ‘quadras lentas’ as que apresentam a superfície

de argila (saibro) ou sintéticas (O'Donoghue e Ingram, 2001). Ao analisarem quantitativamente quatro torneios *Grand Slam* (*Australian Open*, *Roland Garros* (*French Open*), *Wimbledon* e *US Open*) jogados em superfícies diferentes, sintética, saibro, grama e cimento, respectivamente, O'Donoghue and Ingram (2001) concluíram que os pontos do *French Open* foram mais longos que os do *Australian Open* e *US Open*, que foram mais longos que os de Wimbledon, demonstrando que quanto mais lenta a quadra, maior a duração dos pontos.

Além da superfície da quadra, os tipos de bola também variam no Tênis. Diferentes tipos de bola (tipo um, dois e três) são utilizados de acordo com a superfície da quadra, regulando a velocidade do jogo. A bola do tipo um é caracterizada como de alta velocidade, idêntica à bola padrão e se destina a jogar em superfícies de ritmo mais lento ou 'quadras lentas'. A bola do tipo dois é caracterizada como média velocidade, classificada como a bola padrão, e se destina a jogar em superfícies de ritmo médio, isto é, a maioria das quadras duras. Finalmente a bola do tipo três ou bola de baixa velocidade, é cerca de 6% maior em diâmetro, comparada com a padrão e se destina a jogar em quadras rápidas, aquelas cuja superfície são compostas de gramas naturais ou artificiais (Fernandez; Mendez-Villanueva; Pluim, 2006).

Apesar da longa duração das partidas, que pode ultrapassar cinco horas, o tempo real de jogo varia de 20 a 30% do tempo total em quadras lentas e de 10 a 15% em superfícies mais rápidas (Kovacs, 2006; Smekal et al., 2001). Fernandez-Fernandez et al. (2007) avaliaram jogadores de Tênis juniores, do sexo feminino, durante um torneio de Tênis e observaram que a duração média de cada ponto foi de 8,2 segundos e o tempo de pausa entre os pontos foi em média, 17,7 segundos. A relação de trabalho:descanso encontrada por partida neste estudo foi de 1:2, o que significa que os jogadores descansaram, em média, 2,1 segundos, para cada segundo de trabalho desenvolvido durante os pontos. As pausas entre os *games* não foram incluídas neste tempo. Christmass et al. (1998) também encontraram resultado próximo ao estudo de Fernandez-Fernandez et al. (2007), cuja proporção de trabalho:descanso por partida foi de 1:1,7.

No estudo de Smekal et al. (2001) foram avaliadas vinte simulações de partida em jogadores do sexo masculino. Os autores observaram que a média da duração dos pontos foi de $6,4 \pm 4,1$ segundos e aproximadamente $42,6 \pm 9,6$ rebatidas por minuto (Smekal et al., 2001). Fernandez-Fernandez et al. (2007), observaram durante um torneio de Tênis feminino que a maior parte dos pontos (41%) durava entre um e seis segundos, e quando combinados com os pontos com duração de seis a nove segundos isto representou 65% do total de pontos durante o torneio. No entanto, estudos sugerem que a duração dos pontos é maior em partidas femininas (Ferrauti et al., 2001; O'Donoghue and Ingram, 2001; Fernandez-Fernandez et al., 2006).

A maior parte dos pontos são decididos entre uma e duas rebatidas (Santos et al., 2012; Fernandez-Fernandez et al., 2007). Fernandez-Fernandez et al. (2007) reportaram que durante um torneio de Tênis juniores feminino, 50,8% dos pontos, foram decididos entre uma e duas rebatidas. Quando combinado com os pontos que demandaram três a quatro rebatidas, esse percentual correspondeu a 83,2% do total dos pontos da partida. No estudo de Santos et al. (2012), foram avaliados doze jovens tenistas durante uma simulação de partida, com duração de 180 minutos, e observou-se que a maior parte dos pontos (72%) foram decididos entre o intervalo de uma a duas rebatidas, 19,75% dos pontos entre três a quatro rebatidas, 3,78% entre cinco a seis rebatidas e 1,8% dos pontos foram decididos com mais de seis rebatidas.

A final disputada por Novak Djokovic (ND) e Rafael Nadal (RN) durante o Australian Open em 2012 foi analisada por Reid e Duffield (2014). A partida durou 5 horas e 53 minutos e os jogadores disputaram 369 pontos, os quais mais de 40% foram decididos com mais de oito rebatidas e os jogadores desempenharam mais de 1100 golpes com uma velocidade média de 95km/h (ND: 107km/h e RN: 97km/h). Embora, este exemplo represente apenas uma partida, cuja intensidade elevada reflete a situação de final de um torneio importante para estes tenistas, os atletas de Tênis profissionais devem estar preparados para enfrentar este tipo de situação durante as competições (Reid e Duffield; 2014).

A proporção entre o tempo de trabalho e o tempo de descanso, o tempo real de jogo e o número de rebatidas por ponto podem auxiliar na quantificação da

demanda física e fisiológica da atividade. Essas informações podem ser utilizadas como parâmetro individual para o desenvolvimento do protocolo de treinamento (Duthie; Pyne; Hooper, 2003) uma vez que o conhecimento do perfil fisiológico do jogador pode tornar os estímulos mais específicos de acordo com a demanda do esporte (Fernandez; Mendes-Villanueva; Pluim, 2006).

1.2 Demandas Fisiológicas do Tênis

A avaliação das demandas fisiológicas decorrentes da partida de Tênis é realizada por meio do comportamento de variáveis como a frequência cardíaca – FC (Fernandez-Fernandez et al., 2007; Fernandez-Fernandez et al., 2009; Smekal et al., 2001), consumo de oxigênio (VO_2) (Ferrauti et al., 2001; Smekal et al., 2001), concentração de lactato sanguíneo – [La] - (Bergeron et al., 1995; Fernandez; Mendez-Villanueva; Pluim, 2006) e percepção subjetiva de esforço – PSE (Santos et al., 2012; Novas et al., 2003).

Estas respostas fisiológicas (FC, VO_2 , [La] e PSE) são influenciadas por fatores relacionados à partida como o comportamento tático (defensivo ou ofensivo), a situação do jogo (saque ou recepção), a variação da superfície da quadra, o diâmetro da bola e outros componentes ambientais (Fernandez; Mendes-Villanueva; Pluim, 2006; Smekal et al., 2001; Cooke e Davey, 2005).

Em modalidades intermitentes, como esportes de luta e de raquete, como o Tênis, as variáveis fisiológicas se comportam de maneira diferente de exercícios contínuos em função dos períodos de alta intensidade e recuperação entre os golpes (defesa e saque). Portanto essas variáveis fisiológicas devem ser analisadas com cautela, levando-se em consideração as características de cada modalidade (Aoki; Bacurau, 2012).

A FC média durante a partida de Tênis varia de 140 a 160 batimentos por minuto (Fernandez-Fernandez et al., 2007; Fernandez-Fernandez et al., 2009; Smekal et al., 2001; Ferrauti et al., 2001; Davey; Thorpe; Williams, 2003). Fernandez-

Fernandez et al. (2009) compararam a resposta da FC em atletas de nível avançado com a de atletas recreacionais do sexo masculino, durante a simulação de partida de uma hora. Os resultados demonstraram que não houve diferença entre os dois níveis de atletas tanto para a FC aferida no jogo (Avançado $148,3 \pm 11,5$ vs. Recreacional $149 \pm 8,4$ bpm) quanto para o percentual da FC máxima (Avançado $80,4 \pm 5,1\%$ vs. Recreacional $80,7 \pm 3,5\%$).

As variações da FC durante a partida são consideráveis devido à característica de movimentos descontínuos, envolvendo ações de alta intensidade com períodos de descanso, portanto, esse parâmetro não deve ser o único utilizado em modalidades de caráter intermitente, como o Tênis. Além da oscilação decorrente da modalidade, a FC também sofre influência do componente psicológico, que pode alterá-la no decorrer da partida (Kovacs, 2007).

Outra variável importante para a mensuração fisiológica do esporte é o consumo médio de oxigênio (VO_2) durante a partida. Ferrauti et al. (2001), encontraram VO_2 médio durante a partida de Tênis de $23,1 \pm 3,1$ ml.kg⁻¹.min⁻¹ para mulheres e $25,6 \pm 2,8$ ml.kg⁻¹.min⁻¹ para homens, correspondendo a 56% e 54% do $VO_{2máx}$ para mulheres e homens, respectivamente. No estudo de Smekal et al. (2001) foi encontrado a média de VO_2 de $29,1 \pm 5,6$ ml.kg⁻¹.min⁻¹ durante as partidas, e a média de cada partida variou de 10,4 a 47,8 ml.kg⁻¹.min⁻¹. É importante ressaltar que em comparação à FC, o VO_2 é menos influenciado pelo stress psicológico (Smekal et al., 2001) e a relação entre a FC e o VO_2 é menor em exercícios intermitentes comparada a exercício contínuo (Aoki; Bacurau, 2012)

A [La] tem sido frequentemente utilizada como indicador de produção de energia a partir da via glicolítica durante o exercício (Kustrup et al., 2006). Em geral, a [La] permanece baixa ($1,2 - 2,8$ mmol.L⁻¹) durante as simulações de partidas de Tênis (Bergeron et al., 1995; Fernandez; Mendez-Villanueva; Pluim, 2006; Ferrauti et al., 2001; Smekal et al., 2001). Mendez-Villanueva et al. (2007) avaliaram a [La] em jogadores de Tênis profissionais, durante uma partida real de Tênis e encontraram que a média da [La] dos oito jogadores foi de $3,8$ mmol.L⁻¹, com valores individuais chegando a $8,0$ mmol.L⁻¹. Os autores sugerem que a elevada [La] neste estudo, pode

refletir a natureza mais intensa das partidas reais de Tênis e pode ser explicada pelo nível dos jogadores observados (Kovacs, 2007; Mendez-Villanueva et al., 2007).

Outro parâmetro frequentemente analisado durante a partida e utilizado como sinalizador da fadiga e da intensidade do exercício é a percepção subjetiva de esforço (PSE) (Enoka e Stuart, 1992). O modelo popular defendido pelos fisiologistas que investigam a regulação central sobre o desempenho do exercício define a PSE como uma integração dos sinais periféricos (músculos e articulações) e centrais (ventilação) que quando interpretados pelo córtex sensorial produzem uma percepção geral ou local do desempenho/esforço para a realização de uma tarefa (Borg, 1998). No entanto, outra definição é defendida por Marcora (2009), que contradiz a crença tradicional dos fisiologistas e acredita que a PSE durante o exercício é independente do *feedback* aferente periférico. Marcora (2009) propõe que a PSE seja construída por meio de estímulos corolários do córtex motor, o que caracterizaria o modelo de *feedforward*.

No estudo de Girard et al. (2006) foi sugerido que a PSE e a dor muscular aumentam linearmente no decorrer do exercício. Estes autores acreditam que haja correlação entre essas variáveis. Santos et al. (2012) reportaram que o valor da PSE foi de $6,4 \pm 1,4$ em escala de 0 a 10 após 180 minutos de simulação de partida de Tênis. Novas et al. (2003) verificaram em seu estudo, que durante a simulação de uma partida de Tênis com duração de 60 minutos, a média da PSE foi de $4,0 \pm 1,0$.

Mendez-Villanueva et al. (2007) avaliaram a PSE de oito tenistas profissionais durante um torneio de Tênis profissional e observaram que a média encontrada entre os indivíduos foi de 13, em escala de 0 a 20. Os valores médios variaram de 11 a 15 por partida enquanto a PSE individual variou de 9 a 17. Os autores também reportaram uma relação entre a situação de jogo (sacando ou recebendo) com a variação da PSE, uma vez que a PSE foi maior após *games* sacando do que em *games* recebendo. Apesar de ser uma ferramenta muito utilizada para avaliação da intensidade do exercício, por se tratar de um método simples, de baixo custo e não-invasivo, a aplicabilidade da PSE apresenta limitações, uma vez que parte de parâmetros individuais e pode então ser subestimada ou superestimada, de acordo com

a característica do indivíduo e traços de personalidade, como por exemplo um indivíduo motivado (Novas et al., 2003).

1.3 Sistemas de transferência de energia no Tênis

O envolvimento dos sistemas de energia dos atletas precisa ser bem compreendido, com o intuito de desenvolver treinamentos que utilizem sistemas energéticos específicos, simulando as demandas de uma partida (Kovacs, 2007, Novas et al., 2003; Fernandez-Fernandez et al., 2012).

Durante uma partida de Tênis o metabolismo predominante é o aeróbio. Isso ocorre, em função, principalmente, da longa duração das partidas, da característica intermitente da modalidade com períodos de recuperação entre os pontos, e comportamento da FC média durante a partida, classificada como intensidade moderada (Bergeron; Maresh; Kraemer, 1991; Aoki; Bacurau, 2012). Entretanto, a natureza explosiva dos golpes de saque e defesa, bem como as rápidas mudanças de direção na quadra, fatores determinantes para o bom desempenho e vitória na partida, solicitam importante participação do sistema anaeróbio para a rápida produção de energia (Kovacs, 2006).

Em função das particularidades de uma partida, o Tênis é caracterizado como modalidade de caráter intermitente que intercala movimentos anaeróbicos de alta intensidade com curtos períodos de recuperação (Kovacs, 2007). Em exercícios intermitentes, como esportes de raquete e de luta, a participação e a interação dos diferentes sistemas de transferência de energia são distintas daquela que ocorre durante um exercício contínuo (Aoki; Bacurau, 2012). Isso porque, dependendo da intensidade e da duração do esforço durante a partida e do tempo de pausa entre os esforços, os sistemas de transferência de energia podem atuar ao mesmo tempo ou se alternarem em termos de predominância durante uma partida.

Durante uma partida de Tênis, o metabolismo aeróbio é recrutado conforme se aumenta a duração e intensidade do exercício. Conforme o tempo da

partida se prolonga, o aporte de oxigênio para a musculatura aumenta e permite a obtenção de energia por mecanismos oxidativos (Aoki; Bacurau, 2012). Assim, é importante que os jogadores sejam bem condicionados aerobicamente, uma vez que os mecanismos oxidativos podem auxiliar na recuperação dos atletas nos momentos de pausa entre os pontos (Kovacs, 2006).

Em momentos de alta intensidade e curta duração (até 10 segundos), que requerem o suprimento imediato de energia, como nos primeiros golpes de defesa e de saque do Tênis, a energia provém inicialmente do metabolismo anaeróbio alático ou sistema ATP-CP (creatina-fosfato). Esse sistema não requer oxigênio e o ATP necessário para a contração do músculo é rapidamente gerado, pois além dos substratos estarem disponíveis no músculo, esse processo requer apenas uma reação enzimática, mediada pela creatina quinase (CK) (McArdle; Katch; Katch, 2011).

Nesse contexto, apesar de ser uma via bastante recrutada e inicialmente essencial para o início do exercício, o efeito da suplementação de creatina sobre o desempenho de habilidades específicas no Tênis foi avaliada e reportada em dois estudos, porém não demonstraram efeito positivo sobre o desempenho dos tenistas (Eijnde et al., 2001; Pluim et al., 2005). Eijnde et al., (2001) avaliaram a suplementação de creatina aguda, durante 5 dias (4g/dia) sobre o desempenho de golpes específicos, mensurados pelo “*Leuven Tennis Performance Test – LTPT*”, e sobre *sprints* de corrida (70 metros). Comparado com o grupo placebo, os participantes que receberam a suplementação não melhoraram o desempenho dos golpes específicos (saque, *forehand* e *backhand*) ou dos *sprints* de corrida, em condições semelhantes as de uma partida. O estudo de Pluim et al. (2005) avaliou a suplementação crônica da creatina sobre o desempenho de tenistas. O protocolo do estudo consistiu em 5 semanas de suplementação, uma semana para a fase de carregamento (0,3 g.kg⁻¹ de peso), quatro semanas para a fase de manutenção (0,03 g.kg⁻¹ de peso) e a realização de testes que avaliaram o desempenho e velocidade dos golpes e *sprints* de 20 metros. Corroborando com os resultados do estudo de Eijnde et al (2001), a suplementação crônica de creatina também não foi efetiva para melhorar o desempenho das habilidades específicas do Tênis, assim como dos *sprints* de corrida.

Ambos estudos simularam cargas de trabalho de pico durante as partidas, uma vez que nessas situações, o tempo de recuperação entre os pontos é insuficiente para a recuperação dos estoques de creatina fosfato e a suplementação de creatina poderia beneficiar, aumentando os estoques já existentes, e consequentemente prolongando o tempo para depletá-los, porém, os estudos concluíram que a suplementação de creatina não mostrou ser eficaz para o Tênis e sugerem que esse resultado pode ser justificado pela característica intermitente da modalidade, recrutando outras vias metabólicas para produção de energia de forma sinérgica.

No sistema ATP-CP, o ritmo máximo de transferência de energia pelos fosfatos de alta energia é de quatro a oito vezes maior que a transferência máxima de energia do metabolismo aeróbio, indicando a eficácia deste metabolismo para requerimento imediato de energia. No entanto essa energia é reduzida (depletada) em poucos segundos de exercício máximo (5 a 8 segundos) e a degradação contínua da fosfocreatina, aumenta a demanda da glicogenólise e glicólise (McArdle; Katch; Katch, 2011).

Para que a energia necessária para a execução dos golpes de alta intensidade e curta duração durante a partida de Tênis continue sendo produzida, o sistema anaeróbio lático é recrutado e o substrato para a produção de energia provém principalmente do glicogênio muscular armazenado, através da glicólise anaeróbia, com subsequente formação de lactato (McArdle; Katch; Katch, 2011).

Durante o exercício leve e moderado (< 50% da capacidade aeróbia) a taxa de produção de lactato sanguíneo é semelhante a sua taxa de remoção e as reações que consomem oxigênio atendem adequadamente as demandas energéticas do exercício (Buskirk, 1981; Hoberman, 1992). Entretanto, esta não é a realidade dos exercícios intermitentes de alta intensidade, uma vez que a produção e o acúmulo de lactato são acelerados quando a intensidade do exercício aumenta (Bergeron et al., 1995; Fernandez; Mendez-Vilanova; Pluim, 2006). Nesses casos as células musculares não conseguem atender às demandas energéticas adicionais de forma aeróbica, tampouco oxidar o lactato com o mesmo ritmo de sua formação.

O acúmulo de lactato em decorrência do exercício de alta intensidade reflete no aumento da acidez intracelular. A redução do pH, assim como, a depleção de substratos energéticos, parecem ser um dos mecanismos associados à instalação da fadiga muscular, resultante do exercício (Bertuzzi; Franchini; Kiss, 2004; Urhausen et al., 1988; Davey; Thorpe; Williams, 2002).

1.4 Etiologia da fadiga no Tênis

A fadiga, do ponto de vista fisiológico, pode ser definida como a diminuição aguda do desempenho do exercício, conduzindo à incapacidade de produzir trabalho e/ou a função motora de controle (St Clair Gibson et al., 2003). A fadiga também pode ser descrita como uma resposta multifatorial ao esforço físico prolongado ou de alta intensidade. Esse fenômeno ocorre muitas vezes como resultado de uma combinação do acúmulo de subprodutos metabólicos, desidratação, hipoglicemia, hipotermia e sinalização do Sistema Nervoso Central (Noakes, 2000).

A longa duração da partida de Tênis, as temperaturas extremas na quadra e o estado nutricional dos atletas são uma combinação de fatores determinantes para a manifestação da fadiga e para a redução do desempenho (Hornery et al., 2007). Hornery et al. (2007), defendem que apesar do tempo real de jogo corresponder a aproximadamente 17 a 28% do tempo total de duração da partida, são os efeitos acumulativos dos esforços repetitivos de alta intensidade ao longo da mesma, que comprometem o equilíbrio homeostático e impõe restrições sobre o desempenho.

Entretanto, o sucesso no desempenho não está definido predominantemente por um atributo físico, as demandas do Tênis exigem uma complexa interação de velocidade, agilidade, potência e resistência muscular e aeróbica (Hornery et al., 2007; Girard e Millet, 2008; Reid e Duffield, 2014). Além disso, o componente psicológico parece ser determinante para o desempenho de tenistas. Diversos autores defendem que os indivíduos decidem parar o exercício, quando o esforço requerido pela atividade que está sendo exercida é percebido como máximo ou

superior ao esforço máximo que eles estão dispostos a exercer (Marcora, 2009; Marcora e Staiano, 2010a). Esse pressuposto indica a existência de importante relação entre o componente psicológico motivacional e a manifestação da fadiga (Marcora, 2009;; Marcora e Staiano, 2010a).

Geschiet et al. (2013) avaliaram quatro partidas de Tênis, durante quatro dias consecutivos e observaram que o tempo real de jogo foi reduzindo no decorrer dos dias, sugerindo a diminuição do tempo de trabalho dos jogadores. Os autores sugerem que este declínio no tempo real de jogo, no decorrer dos quatro dias, pode estar relacionado com a diminuição da motivação dos atletas e/ou como resultado de um “acúmulo” residual do cansaço (fadiga) dos jogos anteriores (Reid e Duffield, 2014).

O aparecimento da fadiga é claramente indicado pelo declínio da capacidade de execução das habilidades motoras específicas do Tênis (golpes perdidos e incapacidade de se posicionar corretamente ou cedo o suficiente para defender um golpe) (Davey; Thorpe; Williams, 2002). Vergauwen et al. (1998), observaram aumento de erros nos golpes (*forehand*, *backhand* e saque) por jogadores durante defesas e após o saque, depois de duas horas de sessão de treinamento extenuante. Os autores não reportaram a relação trabalho:descanso ou as respostas fisiológicas da sessão de treinamento, portanto, não foi possível mensurar a intensidade do treinamento ou a aproximação da sessão de treinamento com as condições reais do jogo.

Davey; Thorpe; Williams (2002) observaram o declínio das habilidades específicas do Tênis, a partir da realização de testes específicos (*The Loughborough Tennis Skill Test* e *The Loughborough Intermittent Tennis Test*) e relacionaram a diminuição na exatidão do saque e dos golpes (*forehand* e *backhand*) com o aumento da [La] durante a execução dos testes chegando a $9,6 \text{ mmol.l}^{-1}$ (Davey; Thorpe; Williams, 2002).

Ambos os estudos, de Vergauwen et al. (1998) e Davey; Thorpe; Williams (2002) apresentaram limitações metodológicas que foram discutidas por Hornery et al. (2007). Segundo Horney et al. (2007), apesar de relacionarem a

instalação da fadiga, com a queda no desempenho de golpes específicos do Tênis, no estudo de Vergauwen et al. (1998) os autores não reportaram as demandas fisiológicas, o que torna difícil a interpretação dos resultados, pois não foram mensurados parâmetros de intensidade. Portanto, não é possível afirmar que a abordagem de treinamento proposta pelo estudo mimetizava a partida real de Tênis. Já Davey; Thorpe; Williams (2002) observaram queda do desempenho drasticamente, quando o participante se aproximava ou atingia o ponto de exaustão voluntário. Hornery et al. (2007) criticam esse estudo, pois seria óbvia a redução do desempenho na situação de exaustão voluntária. Hornery et al. (2007) ainda ressaltam que é altamente improvável que jogadores em condições reais atinjam o grau de esforço, apresentado no estudo de Davey; Thorpe; Williams (2002), ou seja, com concentração de lactato de $9,6 \text{ mmol.l}^{-1}$.

Para Hornery et al. (2007), as pesquisas iniciais foram mal sucedidas em suas tentativas de replicar as demandas fisiológicas do Tênis, pois deixavam de explorar a característica multifatorial da modalidade, importante característica desse esporte (Hornery et al., 2007). Reid e Duffield (2014) acreditam que enquanto a definição da fadiga em vários esportes se refere à redução da velocidade e potência de pico em múltiplos esforços, as características intermitentes do Tênis não permitem que esta modalidade se encaixe nesta definição. Estes mesmos autores, ao descreverem o duelo entre Novak Djokovic e Rafael Nadal durante o Australian Open em 2012, observaram que cada um dos tenistas jogou mais de 12 horas no total de 13 dias antes de disputarem a final entre si, que durou 5 horas e 53 minutos. Esse volume de “trabalho” representa uma “carga” aguda e acumulativa que excedem muito qualquer investigação empírica descrevendo Tênis e fadiga. Os autores sugerem que o volume e a variação da intensidade de uma partida profissional de Tênis são induzidos por meio de uma fadiga aguda (que ocorre durante a partida) e residual (entre os jogos e/ou sessões de treinamento) (Reid e Duffield, 2014).

A fadiga também é descrita como a incapacidade de manter uma determinada potência, causando redução do desempenho (Fitts, 1994) que pode ser explicada por mecanismos periféricos ou centrais.

A fadiga central é um fenômeno pelo qual as alterações no Sistema Nervoso Central (SNC) diminuem a capacidade voluntariamente de enviar o sinal para a junção neuromuscular, inibindo o desenvolvimento ou a transferência de estímulos para que ocorra a contração muscular (Davis e Bailey, 1997). Noakes; St Clair Gibson; Lambert (2004) defendem a teoria do modelo do Governador Central como um sistema complexo, não-linear, que se modifica a todo tempo conforme o ritmo da atividade física. Neste modelo o ritmo de trabalho durante o exercício é continuamente ajustado com base em cálculos metabólicos realizados pelo SNC, que sinalizam por quanto tempo o indivíduo pode se exercitar sem que interfira na sua homeostase corporal.

Os defensores do modelo central para instalação da fadiga acreditam que ela se desenvolve somente depois de um ou mais sistemas corporais atingirem seu nível de estresse, levando à falha total do sistema (exaustão). Os autores defendem que os metabólitos atuam como sinalizadores para unidades motoras, que por sua vez, irão obedecer os sinais do Sistema Nervoso Central. A associação do desempenho físico com perturbações no Sistema Nervoso Central é reportada por diferentes estudos (Nybo; Nielsen, 2001; Davis, 1995; Bailey; Davis; Ahlborn, 1993; Girard et al., 2007) os quais defendem que a fadiga ocorre em nível central.

Apesar desta teoria ser bastante difundida pelos fisiologistas, Marcora e Staiano (2010b) vão contra a teoria do modelo do Governador Central e acreditam que os componentes biológicos (acúmulo de metabólitos e sinais aferentes para o Sistema Nervoso Central) existem. No entanto, deve-se avaliar o componente psicológico, que representa grande contribuição para a interrupção do movimento. Diversos autores defendem a ideia de que indivíduos bem motivados cessam a execução do exercício aeróbio intenso quando a fadiga periférica e/ou central reduz a função do músculo a ponto que ele não é mais capaz de produzir a potência necessária, apesar do seu esforço voluntário máximo (Allen et al., 2008; Noakes e St Clair Gibson, 2004; Secher et al., 2008; Silva; Oliveira; Girard, 2006; Girard e Millet, 2008). Afim de testar a validade destas teorias, Marcora e Staiano (2010a) realizaram um estudo, cujo objetivo foi avaliar se o limite de tolerância ao exercício está relacionado com a fatores psicológicos

motivacionais ou de fato com a fadiga em nível muscular, como é defendido pelos modelos de fadiga periférica e central.

Este estudo foi conduzido com 10 indivíduos do sexo masculino. No primeiro momento, os indivíduos realizaram o teste incremental preliminar e encontraram o pico de potência aeróbia (302 ± 30 W). O protocolo de testes consistiu em um dia para a familiarização dos testes e quatro dias para execução, separados por 48 horas e completados em duas semanas. No primeiro dia os indivíduos realizaram o teste de potência máxima voluntária e após 30 minutos de descanso, iniciaram o teste de tempo de exaustão que consistiu em três minutos de aquecimento a 40% do pico de potência aeróbia, seguido por 80% do pico de potência aeróbica (242 ± 24 W) até atingir o tempo de exaustão. O tempo de exaustão do teste foi medido a partir do final do aquecimento, até o momento em que os participantes não conseguiram manter a frequência de 40RPM por mais de cinco segundos, mesmo com encorajamento verbal. Imediatamente após o tempo de exaustão os participantes repetiram o teste de potência máxima voluntária em ciclo ergômetro e receberam uma recompensa monetária para motivá-los a alcançarem o limite neste último teste (Marcora e Staiano, 2010a).

Os três dias subsequentes de testes consistiram em repetir o teste de tempo de exaustão, entretanto nessas três ocasiões, os participantes pararam o teste a 25%, 50% e 75% do tempo de exaustão mensurado no primeiro dia (equivalente a 100%) e imediatamente após, realizaram o teste de potência máxima voluntária (Marcora e Staiano, 2010a).

A resposta das variáveis fisiológicas e subjetivas ao protocolo, no momento em que os indivíduos entraram em exaustão (FC 183 ± 10 bpm; [La] $10,4 \pm 1,9$ mmol.l⁻¹; PSE $19,6 \pm 0,7$), confirmam que o teste de tempo de exaustão foi muito intenso e os participantes foram altamente motivados para chegar ao seu limite. Como resultado, os autores encontraram que o teste de potência máxima voluntária, mensurado imediatamente após o teste exaustivo aeróbio de alta-intensidade, não foi diferente da potência requerida pelo teste de tempo de exaustão e que os participantes produziram uma potência voluntária máxima (741 W) que foi em média três vezes maior

que a potência requerida no teste de tempo de exaustão (242 W). Este resultado sugere que os participantes possuíam uma reserva neuromuscular imediatamente após a exaustão para que dessem continuidade ao esforço (Marcora e Staiano, 2010a).

Marcora e Staiano (2010b) defendem o modelo psicobiológico de indução à fadiga, baseado na Teoria da Intensidade Motivacional (Wright, 1998), e acreditam que a exaustão ocorre quando o esforço requerido pelo exercício é igual ao esforço máximo que o sujeito está disposto a exercer para ter sucesso no exercício e/ou quando o sujeito acredita ter exercido o verdadeiro esforço máximo e a continuação do exercício é vista como impossível.

Embora simples a conclusão do estudo de Marcora e Staiano (2010a), estes achados são contrários à crença tradicional de que a fadiga muscular provoca exaustão durante o exercício aeróbio e suportam a hipótese de que indivíduos bem motivados param o exercício aeróbio intenso, mesmo que o sistema neuromuscular ainda seja capaz de produzir potência. Os autores ainda concluem que a PSE, o potencial de motivação e a finalização do exercício, não devem ser confundidos com a fadiga central, conhecida como uma falha induzida pelo exercício progressivo durante contrações voluntárias máximas. Estes pesquisadores ainda ressaltam que estes marcadores (PSE e o potencial motivacional) devem compor o conceito de fadiga, como é postulado pelo modelo psicobiológico (Taylor e Gandevia, 2008; Marcora e Staiano, 2010b).

Embora esses dois modelos de instalação de fadiga, modelo do Governador Central, defendido por Noakes; St Clair Gibson; Lambert (2004), e modelo psicobiológico postulado por Marcora e Staiano (2010b) sejam reportados em diversos estudos, uma outra teoria busca justificar a instalação da fadiga em diferentes modalidades, baseado em mecanismos periféricos. Essa teoria que defende que a instalação da fadiga e consequente queda no desempenho são determinados por mecanismos periféricos e tem sido reportada em diversos estudos (Artoli et al., 2007; Wu et al., 2010; Oopik et al., 2008, Siegler e Hischer et al., 2010; Bishop et al., 2004).

Considerando o nível periférico, um dos fenômenos que pode ocorrer durante atividades intensas de curta duração, é o desequilíbrio do gradiente iônico da

membrana (Na^+ e K^+), reduzindo a propagação do potencial de ação para as fibras musculares. Neste caso, a excitabilidade do sarcolema é prejudicada, limitando o seu papel fundamental que é a contração muscular (Girard e Millet, 2008). A fadiga relacionada com o desequilíbrio iônico de Na^+ e K^+ , pode ser um fenômeno transitório que explica a queda no desempenho de exercícios associados com repetidos ataques de alta intensidade e período de recuperação incompleto, tipicamente observado em esportes de raquete, como o Tênis (Girard e Millet, 2008).

O acúmulo de íons H^+ e a consequente diminuição do pH sanguíneo também representam forte correlação com a redução de força, potência muscular e instalação da fadiga. Isso se deve ao fato de que a redução do pH inibe a atividade da enzima fosfofrutoquinase (PFK) (enzima chave da via glicolítica) e aumenta a concentração de P_i na célula muscular, com consequente prejuízo na reação de ligação entre a actina e miosina (Silva; Oliveira; Gevaerd, 2006; Carr et al., 2013).

O processo de excitação–contração muscular ocorre durante a sequência de movimentos e tem início com a liberação de acetilcolina na junção neuromuscular e, posterior liberação de Ca^{2+} do retículo sarcoplasmático (Warren et al., 2001). O acúmulo de P_i parece interferir na contração muscular, uma vez que sua entrada no retículo sarcoplasmático, induz a precipitação de $\text{Ca}^{2+}\text{-P}_i$, e consequentemente diminui o Ca^{2+} disponível, atenuando a ligação do Ca^{2+} com a troponina C e prejudicando o processo de contração muscular (Girard e Millet, 2008).

A redução do pH pode estar relacionada ao aumento da $[\text{La}]$, após a realização de exercícios de alta intensidade (Ferrauti et al., 2001). Uma outra explicação para essa alteração do pH, em modalidades de alta intensidade, se deve ao sistema de ressíntese de ATP, uma vez que a quebra de ATP gera o acúmulo de alguns derivados metabólitos como o ADP, P_i e íons H^+ intracelular. O acúmulo de íons H^+ levaria a uma diminuição do pH sanguíneo (Silva; Oliveira; Gevaerd, 2006).

A depleção energética durante o exercício também é um fator importante que está relacionado com a instalação da fadiga periférica (Girard e Millet, 2008, Kraemer et al., 2000). Em exercícios intensos/máximos, que requerem o suprimento imediato de energia, o metabolismo predominante é o anaeróbio alático

(ATP-CP) e láctico (glicólise). A fadiga pode ocorrer mediante a diminuição nos estoques de fosfocreatina (PCr), interferindo diretamente no metabolismo anaeróbio alático, assim como, a depleção dos estoques de glicogênio muscular pode ocasionar restrição do fluxo pela via glicolítica, importante reação para manter a resíntese de ATP (Girard e Millet, 2008).

As três teorias – central, periférica e psicobiológica – tem sido relacionadas com a instalação da fadiga durante a prática de exercícios. Bertuzzi; Franchini; Kiss (2004) sugerem que o tempo de duração do exercício é uma variável que pode influenciar a interação e na predominância desses sistemas.

Considerando o modelo centrado nas modificações periféricas, substâncias tamponantes emergem como alternativa ergogênica para minimizar os efeitos deletérios associados ao desequilíbrio ácido-básico. Essas substâncias vêm sendo estudadas como mecanismos compensatórios deste desequilíbrio gerado pelo exercício de alta intensidade, como ocorre nos golpes decisivos do Tênis (saque e defesa), objetivando retardar a manifestação da fadiga periférica.

1.5 Soluções tamponantes

As substâncias tamponantes são um dos recursos ergogênicos mais antigos. Estudos da década de 70 já apontavam possíveis efeitos ergogênicos dessas substâncias. Sahlin et al. (1978) avaliaram a resposta de oito indivíduos em ergômetro até a exaustão e encontraram, a partir da biópsia muscular, diminuição do pH e $[\text{HCO}_3^-]$ após o exercício, em relação ao repouso. Estes pesquisadores observaram ainda que o pH muscular levou em média 20 minutos para retornar aos níveis de repouso ($7,0 \pm 0,06$).

No estudo de McCartney, Heigenhauser e Jones (1983), seis indivíduos realizaram um protocolo de exercício que consistiu em força máxima nos pedais de uma bicicleta ergométrica com velocidade constante a 100rpm durante 30 segundos. O protocolo foi repetido quatro vezes, em dias distintos, e cada dia os indivíduos se

submeteram a uma intervenção, sendo elas: controle, acidose metabólica induzida por cloreto de amônio, alcalose metabólica induzida por bicarbonato de sódio e acidose respiratória induzida por inalação de 5% de CO₂. Os autores encontraram relação entre a [La] e as intervenções realizadas, indicando menor nível de lactato quando os indivíduos sofreram indução de acidose (metabólica e respiratória).

Katz et al. (1984) concluíram em seu estudo que a suplementação de 0,2 g.kg⁻¹ de massa corporal de bicarbonato de sódio não exerceu efeito ergogênico sobre o desempenho em ciclo ergômetro (125% VO_{2max} até a exaustão). Entretanto, os autores sugerem que esse tipo de suplementação pode ser benéfica em exercícios intermitentes devido o maior efluxo de prótons H⁺ observado na condição experimental que utilizou o bicarbonato de sódio (Katz et al., 1984).

O organismo possui um sistema de tamponamento endógeno, cujo objetivo é manter o equilíbrio ácido-básico do metabolismo basal. Os tampões intracelulares mais encontrados são os fosfatos e proteínas do tecido, ao passo que os principais tampões extracelulares são bicarbonato, proteínas do plasma e hemoglobina. No entanto, o mecanismo tampão endógeno é incapaz de compensar o acúmulo de metabólitos durante o exercício de alta intensidade (Horswill, 1995). Partindo desse pressuposto, emerge a possibilidade de utilizar substâncias tamponantes como recursos ergogênicos,

O aumento da concentração de íons H⁺ no meio intracelular tem sido considerada uma das maiores causas de fadiga no músculo (Fitts, 1994). Essa hipótese impulsionou o uso das substâncias tamponantes nos últimos 40 anos. Essas substâncias poderiam levar ao aumento do efluxo de prótons (H⁺) do meio intracelular para o meio extracelular (Requena et al., 2005). Esse efluxo equilibraria o pH intracelular, e, com isso, a via glicolítica poderia ser mais recrutada, postergando a fadiga e melhorando o desempenho (Potteiger et al., 1996).

A suplementação de substâncias como o bicarbonato de sódio e o citrato de sódio se destacam entre as substâncias tamponantes e tem sido estudado sua relação com o desempenho de diversas modalidades (McNaughton, 1990;

Potteiger et al., 1996; Bishop et al., 2004; Artioli et al., 2007; Siegler; Hirscher, 2010; Carr et al., 2011a).

Mais recentemente, a beta-alanina também vem sendo estudada entre os suplementos que promovem efeitos ergogênicos ao exercício (Painelli et al., 2014; Ducker; Dawson; Wallman, 2013; Hobson et al., 2012). O princípio da eficácia da suplementação da beta-alanina é baseado na sua atuação como fator limitante para a síntese de carnosina no músculo esquelético, aumentando a concentração de carnosina no músculo (Harris et al., 2006). A carnosina, por sua vez, é um dipeptídeo citoplasmático importante no músculo pela sua capacidade tamponante intracelular, aumentando a sensibilidade de Ca^{2+} e favorecendo a contração muscular (Painelli et al., 2014).

Embora a população de atletas seja a mais interessada nos efeitos ergogênicos da beta-alanina, ainda não está claro, até que ponto os indivíduos altamente treinados podem se beneficiar da suplementação, uma vez que os indivíduos altamente treinados (atletas) possuem uma elevada capacidade tamponante do músculo como resposta à adaptação ao treinamento (Weston et al., 1997; Edge; Bishop; Goodman, 2006). Painelli et al., (2014) investigaram se o estado de treinamento influencia no efeito ergogênico da suplementação de beta-alanina ($6,4 \text{ g. dia}^{-1}$, durante quatro semanas) sobre o desempenho de repetidos testes de *Wingate* de membros inferiores, utilizando ciclistas treinados e não-treinados.

Os autores encontraram como resultado do estudo, uma interação significativa após a suplementação, entre os grupos (placebo e suplementado com beta-alanina) e o trabalho total desenvolvido durante a sessão (Beta-Alanina $1.663 \pm 1.457 \text{ J}$; Placebo $832 \pm 2.308 \text{ J}$), sugerindo um efeito ergogênico positivo após a suplementação de beta-alanina. Entretanto, nenhuma diferença significativa foi encontrada entre os grupos não-treinados e treinados, indicando que o efeito da suplementação de beta-alanina não foi influenciado pelo estado de treinamento do indivíduo (Painelli et al., 2014).

1.6 Bicarbonato de sódio

As primeiras investigações utilizando o bicarbonato de sódio (NaHCO_3) como recurso ergogênico foram conduzidas em meados da década de 80. A tolerância máxima em exercício após a alcalose induzida por bicarbonato de sódio ($0,2 \text{ g.kg}^{-1}$ de massa corporal) foi avaliada por Katz et al. (1984), utilizando o protocolo de ciclismo. O tempo até a exaustão não diferiu entre os grupos (Suplementado: $100,6 \pm 6,1$ seg Controle: $98,6 \pm 5,7$ seg). Entretanto, os autores concluíram que o retorno do equilíbrio ácido-básico no sangue durante o repouso foi mais rápido quando ocorreu a alcalose. Diante deste protocolo, os pesquisadores concluíram que a alcalose não ajuda a sustentar a sessão de exercícios intensa e sugerem que a suplementação de bicarbonato de sódio pode ser benéfica para atividades intermitentes como os *sprints* repetidos (Katz et al., 1984).

Wilkes; Gledhill; Smyth (1993) avaliaram o efeito da alcalose induzida pela suplementação do bicarbonato de sódio sobre o tempo de 800 metros de corrida. Estes pesquisadores observaram melhora no tempo do grupo de corredores que foi suplementado (2,9 segundos), além disso, foi observado maior $[\text{La}]$ e íons H^+ no grupo suplementado com bicarbonato de sódio em comparação ao grupo placebo, sugerindo aumento da contribuição da energia anaeróbia. Este estudo reforça o papel ergogênico do bicarbonato de sódio para corredores de 800 metros.

Webster et al. (1993) e Portington et al. (1998) foram os pioneiros na investigação sobre o efeito da administração de bicarbonato de sódio sobre o desempenho em exercícios de força. Em ambos os estudos, utilizou-se a dose de bicarbonato de sódio de $0,3 \text{ g.kg}^{-1}$ de massa corporal e o protocolo de exercício consistiu de cinco séries de repetições em *leg press*. Embora o grupo suplementado com bicarbonato de sódio tenha apresentado maior número de repetições nas séries em ambos os estudos, não foi encontrada diferença estatística entre os grupos. Portanto, a suplementação de bicarbonato de sódio não foi eficaz para a melhora no desempenho de exercício de força (Webster et al., 1993; Portington et al., 1998).

A suplementação de bicarbonato de sódio ($0,3 \text{ g.kg}^{-1}$ de massa corporal), também foi avaliada por Bishop et al. (2004), utilizando o protocolo de ciclismo com 5 tiros de 6 segundos “*all-out*”, com 30 segundos de intervalo. Estes pesquisadores concluíram que apesar de não ter sido encontrada diferença no pH muscular, após o teste, o grupo que recebeu a suplementação de bicarbonato de sódio apresentou melhora no tempo total dos tiros, além de apresentar maior [La] muscular após o teste (Bishop et al., 2004).

Artoli et al. (2007) reportaram melhora no desempenho em teste específico do Judô após a suplementação de bicarbonato de sódio ($0,3 \text{ g.kg}^{-1}$ de massa corporal), assim como Siegler e Hirscher (2010), que também relataram o aumento do desempenho de lutadores de boxe e melhora na eficácia dos golpes (socos), após a suplementação de bicarbonato de sódio ($0,3 \text{ g.kg}^{-1}$ de massa corporal).

Além do protocolo de exercício envolvendo testes específicos do judô, no estudo de Artioli et al. (2007) foi realizado outro protocolo, que consistiu em teste de Wingate, composto por quatro séries de 30 segundos, cuja carga foi ajustada a 5% do peso corporal a cada série, com intervalo de três minutos entre as séries. A suplementação de bicarbonato de sódio induziu aumento do desempenho nas séries três e quatro, quando comparado com o grupo placebo. No entanto, a [La] após o teste, apesar de ter sido maior no grupo que recebeu o suplemento, não apresentou diferença significativa entre os grupos. Zaballa et al. (2011) também avaliaram o desempenho em teste de Wingate, com a suplementação de bicarbonato de sódio ($0,3 \text{ g.kg}^{-1}$ de massa corporal) e ao contrário do resultado encontrado por Artioli et al. (2007), não foi observado melhora no desempenho do teste, embora a ingestão de bicarbonato de sódio tenha modificado o pH sanguíneo (pH antes do início do teste: $7,47 \pm 0,05$ e $7,41 \pm 0,03$, para o grupo suplementado com bicarbonato de sódio e placebo, respectivamente ($p < 0,05$).

Artioli et al. (2007) sugerem que a razão de muitos estudos não encontrarem efeito positivo sobre o desempenho, se deve à utilização de protocolos que não provocam extrema acidose. No estudo realizado por Carr et al. (2013), após avaliar o desempenho da suplementação de bicarbonato de sódio ($0,3 \text{ g.kg}^{-1}$ de massa

corporal) sobre o desempenho de exercícios de força (agachamento, *leg press* e extensão de joelho), os autores concluíram que a melhora do desempenho não foi observada quando analisado cada exercício isoladamente, no entanto, a melhora no desempenho foi observada quando analisado o volume de carga levantada acumulado dos exercícios. O estudo sugere que a utilização de protocolos mais longos permite o maior efluxo de íons H^+ , por provocar maior desequilíbrio ácido básico, tornando eficaz a suplementação de bicarbonato de sódio como efeito tamponante (Carr et al., 2013).

O efeito da suplementação de bicarbonato de sódio ($0,3 \text{ g.kg}^{-1}$ de massa corporal) sobre o desempenho de nadadores de elite do sexo masculino também foi investigado por Lindh et al. (2008). O estudo concluiu que oito, dos nove participantes do estudo nadaram mais rápido após a suplementação de bicarbonato de sódio, comparado com o grupo placebo. A melhora média encontrada neste estudo foi de 1,5 segundos (1,6%) para os atletas que receberam a suplementação com a substância tamponante, tempo este que normalmente tem influência sobre o resultado competitivo.

Edge, Bishop e Goodman (2006), avaliaram o efeito crônico da suplementação de bicarbonato de sódio ($0,4 \text{ mg.kg}^{-1}$ de massa corporal por dia, três vezes na semana, durante oito semanas), em 16 atletas do sexo feminino, moderadamente treinadas. As participantes do estudo foram divididas em dois grupos: placebo (consumiram cloreto de sódio – NaCl a $0,1 \text{ mg.kg}^{-1}$ de massa corporal em dois momentos, 90 e 30 minutos antes do início dos testes) e suplementados com bicarbonato de sódio (NaHCO_3 a $0,2 \text{ mg.kg}^{-1}$ de peso corporal, no mesmo horário do grupo placebo) e o protocolo consistiu em testes em ciclo ergômetro com intensidade variada, conforme o limiar de lactato e pico VO_2 , pré determinados em testes anteriores, realizados três dias por semana, durante oito semanas. Foi observado que a suplementação crônica de bicarbonato de sódio levou a uma melhora do limiar de lactato das participantes, assim como o tempo para a exaustão durante a execução do protocolo (Edge; Bishop; Goodman, 2006).

Recentemente, Wu et al. (2010) avaliaram o efeito da suplementação de bicarbonato de sódio sobre o desempenho de tenistas, após uma simulação de

partida. O estudo foi realizado de forma randomizada-cruzada, utilizando jogadores de Tênis do sexo masculino. A dose utilizada para o suplemento bicarbonato de sódio foi de $0,3 \text{ g.kg}^{-1}$ de peso e para o placebo cloreto de sódio, $0,2 \text{ g.kg}^{-1}$ de peso, ambos 90 minutos antes da simulação da partida. Os participantes realizaram o teste específico da modalidade - LTST (*Loughborough Tennis Skill Test*), antes e após a simulação da partida. O teste consiste na mensuração da exatidão e consistência dos saques e golpes de *forehand* e *backhand*. A FC foi mensurada durante todo o estudo e a PSE foi determinada antes e após o teste de LTST. Também foram coletadas amostras de sangue 90 minutos antes do início da simulação da partida e logo após a simulação da partida, para posterior análise bioquímica. A partir das amostras de sangue, foram mensuradas: [La], $[\text{HCO}_3^-]$, pH, hemoglobina e excesso de base (Wu et al., 2010).

Os autores encontraram que após a simulação da partida, a $[\text{HCO}_3^-]$ sanguíneo, bem como o pH permaneceram inalterados no grupo placebo e aumentaram no grupo suplementado. Resultado semelhante foi encontrado para o excesso de base, que apresentou-se diminuído no grupo placebo, e aumentado no grupo suplementado com bicarbonato de sódio. Em ambos os grupos, a [La] foi maior após a simulação da partida, entretanto, a partida induziu o aumento maior de lactato sanguíneo no grupo suplementado com bicarbonato de sódio (Wu et al., 2010).

O declínio da consistência do saque foi maior no grupo placebo comparado com o grupo bicarbonato de sódio, o mesmo aconteceu com a consistência dos golpes de *forehand* (Wu et al., 2010). Diante dos resultados apresentados, o estudo indica que a suplementação de bicarbonato de sódio pode prevenir o declínio do desempenho de habilidades específicas do Tênis, após uma simulação de partida (Wu et al., 2010).

Conforme demonstrado na Tabela 1, embora o bicarbonato de sódio tenha apresentado efeito benéfico no desempenho de diversas atividades (Bishop et al., 2004; Artioli et al., 2007; Lindh et al., 2008; Wu et al., 2010), sua limitação em meio competitivo está relacionada a sintomas de desconforto do trato gastrointestinal (TGI) como dor de estômago, diarreia e vômito (Carr et al., 2011b).

Portanto, como alternativa ao bicarbonato de sódio, tem sido estudado o citrato de sódio. Alguns estudos prévios também sugerem melhora no desempenho em diferentes modalidades quando utilizado o citrato de sódio como ergogênico (Shave et al., 2001; Oopik et al., 2003; Oopik et al., 2008). No entanto, os efeitos colaterais do citrato de sódio tem apresentado respostas mais brandas sobre o TGI (Requena et al., 2005).

Tabela 1. Resumo de alguns estudos que relacionaram a suplementação de bicarbonato de sódio sobre o desempenho em diferentes modalidades.

Referência	Esporte	População	Dose de Bicarbonato de sódio	Protocolo	[La] (mmol.L ⁻¹)	Resultado sobre o desempenho
Bishop et al. (2004)	Teste intermitente	10 mulheres fisicamente ativas	0,3 g.kg ⁻¹ peso	5x6 segundos	Maior	Melhora na potência do 3º, 4º e 5º tiro
Artioli et al. (2007)	Judô	23 judocas de competição	0,3 g.kg ⁻¹ peso	4 x Teste SJFT	Maior	Melhora no desempenho específico (2º e 3º realização do teste SJFT)*
Lindh et al. (2008)	Natação (200m)	9 nadadores de elite	0,3 g.kg ⁻¹ peso	200m	Maior	Melhora no tempo dos 200m livres
Siegler e Hirscher et al. (2010)	Boxe	10 boxeadores amadores	0,3 g.kg ⁻¹ peso	4 x 3 min de golpes de soco	-	Melhora nos golpes de soco durante as quatro rodadas

* SJFT – *Special Judo Fitness Test*

1.7 Citrato de sódio

O primeiro relato da utilização de citrato de sódio como efeito ergogênico foi em meados da década de 80. Parry-Billings e MacLaren (1986) foram os pioneiros e observaram que a ingestão de citrato de sódio na dosagem de $0,3 \text{ g.kg}^{-1}$ de peso foi eficiente para elevar o pH e a $[\text{HCO}_3^-]$ no sangue, promovendo discreto aumento do desempenho em teste de *Wingate*.

Posteriormente, McNaughton (1990) avaliou o desempenho em ciclo ergômetro após cinco diferentes dosagens (variando de $0,1$ a $0,5 \text{ g.kg}^{-1}$ de peso) e observou que a melhora do desempenho foi mais efetiva na dosagem de $0,5 \text{ g.kg}^{-1}$ de peso. Dois anos depois McNaughton e Cedaro (1992) avaliaram o efeito da suplementação de citrato de sódio ($0,5 \text{ g.kg}^{-1}$ de peso) sobre o desempenho em ciclo ergômetro durante 10, 30, 120 e 240 segundos de duração. Estes pesquisadores verificaram que a suplementação não apresentou melhora no desempenho para os tempos 10 e 30 segundos. Porém, para os demais tempos (120 e 240 segundos) houve melhora do desempenho, após a ingestão do suplemento tamponante.

Potteiger et al. (1996) avaliaram o efeito da ingestão de citrato de sódio ($0,5 \text{ g.kg}^{-1}$ de peso) sobre o desempenho de 30km de ciclismo. Foi observado aumento do desempenho para o grupo que ingeriu a substância tamponante. O estudo aponta que o grupo que foi suplementado com citrato de sódio completou 30km de ciclismo 102,7 segundos mais rápido que grupo placebo. Essa melhora foi atribuída ao efeito tamponante do citrato de sódio, que facilitaria o transporte de lactato e íons de hidrogênio para fora da célula e possibilitaria maior requerimento da via glicolítica para a continuidade do fornecimento de energia. A eficácia do citrato de sódio ($0,5 \text{ g.kg}^{-1}$ de peso) também foi observada em triatletas, após a corrida de 3000m (Shave et al., 2001). A explicação dos autores para o resultado encontrado foi o aumento do pH e a consequente a manutenção da glicólise anaeróbia.

Apesar da maioria dos estudos apresentarem correlação positiva entre a ingestão de citrato de sódio e a melhora no desempenho de diferentes modalidades, existem estudos que não corroboram com os resultados mostrados anteriormente.

Oopik et al. (2008) não verificaram melhora no desempenho de corredores do sexo feminino (1500 metros) após a ingestão de citrato de sódio na dose de $0,4 \text{ g.kg}^{-1}$ de peso. O efeito da ingestão de três agentes tamponantes (bicarbonato de sódio, citrato de sódio e lactato de sódio) na dose de 300, 525, 400mg.kg⁻¹ de peso, respectivamente, sobre o desempenho em *sprints* de corrida foi avaliado por Van Montfoort et al. (2004). O estudo concluiu que houve melhora do desempenho após a ingestão das três substâncias tamponantes, no entanto, a suplementação com citrato de sódio assim como lactato de sódio não mostraram ser tão efetivas quanto o bicarbonato para a melhora do desempenho.

Embora o citrato de sódio tenha demonstrado o pior resultado sobre o desempenho, entre os demais agentes alcalinizantes (bicarbonato e lactato) (Van Montfoort et al., 2004), a sua suplementação gerou o maior aumento do pH sanguíneo (7,49), comparado ao bicarbonato (7,47) e lactato (7,48) e a maior $[\text{HCO}_3^-]$ no sangue ($31,1 \text{ mmol.L}^{-1}$), quando comparado aos outros suplementos (bicarbonato – $29,8 \text{ mmol.L}^{-1}$; lactato – $29,0 \text{ mmol.L}^{-1}$).

Os autores não encontraram uma explicação clara sobre o motivo pelo qual o desempenho com a suplementação de citrato não foi melhor que os demais agentes, diante das alterações sanguíneas significativas. No entanto, Van Montfoort et al. (2004) sugerem que o desempenho em exercícios de curta duração e elevada intensidade provavelmente é limitado em parte, pelo pH intracelular, no entanto, o pH extracelular pode não refletir o pH intracelular com diferentes agentes de tamponamento (Van Montfoort et al, 2004).

Ao observar os estudos que avaliaram a eficácia do efeito ergogênico do bicarbonato de sódio e citrato de sódio, pode-se afirmar que os protocolos utilizados para ambas substâncias são semelhantes, diferindo apenas na dosagem administrada, de acordo com o suplemento. Diante de evidências que sugerem que a suplementação de bicarbonato pode ser benéfica para atividades como *sprints* repetidos (Katz et al., 1984; Carr et al., 2013) e modalidades intermitentes (Artioli et al., 2007; Siegler et al., 2002; Wu et al. 2010), associada a sua dificuldade de consumo em meio competitivo,

em função dos desconfortos no trato gastrointestinal, a administração de citrato de sódio pode ser uma alternativa ergogênica para diferentes tipos de exercício físico.

A ingestão de citrato de sódio parece aumentar a concentração de bicarbonato de sódio extracelular, além de facilitar o efluxo de prótons H^+ e lactato do meio intracelular, aumentando capacidade contrátil do músculo esquelético (Requena et al., 2005). Entretanto, os mecanismos responsáveis pelo aumento de bicarbonato de sódio em consequência do consumo de citrato de sódio ainda precisam ser elucidados. Uma das hipóteses é que a oxidação hepática de citrato aumenta a concentração de bicarbonato (Requena et al., 2005). Shave et al. (2001), sugerem que a ingestão de citrato de sódio aumenta a concentração do ânion citrato no plasma, modificando o equilíbrio elétrico de ânions e cátions. Assim, para restabelecer a neutralidade elétrica ocorre a diminuição da concentração de H^+ plasmático e aumento da $[HCO_3^-]$, promovendo um estado alcalino (Shave et al., 2001).

O citrato de sódio, ao contrário do bicarbonato, é permeável ao sarcolema. Portanto, a sua concentração aumenta no interior das células musculares e pode atuar como intermediário de diversos processos metabólicos: intermediário do ciclo de Krebs; transportador de acetil-coA da mitocôndria para o citoplasma e ativação alostérica da enzima fosfofrutoquinase (Liossier et al., 1997). Devido essas diferentes funções do citrato de sódio, o conhecimento exato do mecanismo envolvido na melhora do desempenho em exercícios anaeróbicos com o uso desta substância ainda precisa ser elucidado (Requena et al., 2005).

Conforme relatado e demonstrado na Tabela 2, apesar das evidências disponíveis sobre o potencial efeito ergogênico do citrato de sódio, nenhum estudo prévio, até o momento, avaliou o efeito do citrato de sódio sobre o desempenho de tenistas.

Tabela 2. Resumo de alguns estudos que relacionaram a suplementação de citrato de sódio sobre o desempenho em diferentes modalidades.

Referência	Esporte	População	Dose de citrato de sódio	Protocolo	[La] (mmo I.L ⁻¹)	Resultado sobre o desempenho
McNaughton (1990)	Ciclo-ergometro	11 voluntários	0,1/0,2/0,3/0,4/0,5 g.kg ⁻¹ peso	Teste máx em ciclo-ergometro por 1 minuto	Maior	Doses de 0,3 a 0,5 g/kg de peso melhoraram o desempenho
McNaughton e Cedaro (1992)	Ciclo-ergometro	10 voluntários	0,5 g.kg ⁻¹ peso	Teste máx em ciclo-ergometro (10, 30, 120 e 240 segundos)	Maior	Melhora no desempenho para os tempos 120 e 240 segundos
Potteiger et al., (1996)	Ciclismo (30km)	8 ciclistas treinados	0,5 g.kg ⁻¹ peso	30km	Maior	Melhora no desempenho para percorrer 30km
Shave et al. (2001)	Corrida (3000m)	9 atletas de corrida	0,5 g.kg ⁻¹ peso	2 testes de 3000m	Maior	Melhora no desempenho de 8 atletas

2.Hipótese

Espera-se que a suplementação de citrato de sódio influencie de maneira positiva o desempenho dos tenistas.

3. Objetivos

O presente estudo apresenta dois objetivos: 1) caracterizar as demandas fisiológicas relacionadas a diferentes rotinas de treinamento (Experimento 1); 2) avaliar o efeito da suplementação de citrato de sódio sobre o desempenho de tenistas (Experimento 2), e a ocorrência de efeitos deletérios, como distúrbios gastrointestinais, após a suplementação.

Caracterização das demandas fisiológicas associadas ao Tênis

Resumo

O objetivo do presente estudo foi caracterizar as demandas fisiológicas do Tênis associadas a diferentes rotinas de treinamento. Dez tenistas juvenis ($17,0 \pm 1,2$ anos; estatura: $176,7 \pm 5,2$ cm; peso: $68,4 \pm 7,9$ kg; gordura corporal: $11,7 \pm 1,4\%$) do sexo masculino participaram do presente estudo. Os atletas realizaram quatro rotinas de treinamento, cada qual com seis pontos. As rotinas diferiram entre si pelo número de rebatidas por ponto (duas, quatro, sete ou dez rebatidas por ponto). Foram avaliados o comportamento da frequência cardíaca (FC), percepção subjetiva de esforço (PSE) e concentração de lactato ([La]) após o primeiro, terceiro e sexto ponto de cada rotina. Todos os parâmetros avaliados (FC, PSE e [La]) aumentaram progressivamente durante as rotinas de treinamento a medida que o número de rebatidas por ponto aumentava. A PSE e a FC aumentaram significativamente ($p < 0,05$) no sexto ponto para as rotinas com sete e dez rebatidas por ponto. A [La] aumentou a partir do terceiro ponto para rotinas com sete e dez rebatidas por ponto, indicando participação da via glicolítica a partir do terceiro ponto. Observou-se, portanto, que rotinas de treinamento com sete e dez rebatidas por ponto induziram respostas maiores associadas ao nível de estresse do que rotinas mais curtas.

Palavras-chaves: Tênis, rotinas de treinamento, demandas fisiológicas

Characterization of the physiological demands associated with tennis

Abstract

The aim of this study was to characterize the physiological demands of tennis that are associated with different training routines. Ten young male tennis players ($17,0 \pm 1,2$ years old; height: $176,7 \pm 5,2$ cm; weight: $68,4 \pm 7,9$ kg; body fat: $11,7 \pm 1,4\%$) participated in this study. The athletes performed four training routines, each with six points. Routines differed by the number of hits per point (two, four, seven or ten hits per point). Heart rate (HR), rating of perceived exertion (RPE) and blood lactate concentration ([La]) were assessed after the first, third and sixth points for each routine. All parameters (HR, RPE and [La]) increased progressively during training routines as the number of hits per point increased. The RPE and HR increased significantly ($p < 0,05$) at the sixth point for routines with seven and ten hits per point. The [La] increased from the third point onwards, in the routines with seven and ten hits per point, indicating the involvement of the glycolytic pathway from the third point. Therefore, training routines with seven and ten hits per point induced responses associated with higher levels of stress than shorter routines.

Keywords: Tennis, training drills, physiological demands

1. Introdução

O sucesso competitivo no Tênis, além de contar com habilidades técnicas e táticas, requer dos jogadores aptidão para desenvolver movimentos dinâmicos, envolvendo aceleração e desaceleração, agilidade e saltos multidirecionais. Dessa forma, o desempenho não pode ser definido predominantemente pelos atributos técnicos e táticos dos jogadores, uma vez que os atributos fisiológicos, tais como aptidão aeróbia (condicionamento cardiorespiratório) e anaeróbia (força e potência muscular para desempenhar os golpes) são primordiais para o sucesso desta modalidade (Reid; Schneiker, 2008; Kovacs, 2007; Ferrauti et al., 2011).

A prescrição adequada do treinamento físico é um fator importante para a melhoria do desempenho esportivo. Para tanto, preconiza-se que os estímulos do treinamento físico sejam progressivos, variados e específicos (Santos et al., 2012). Para que os treinamentos tornem os estímulos específicos da demanda do esporte é importante o conhecimento das variáveis fisiológicas (Muller et al., 2000).

Segundo o modelo teórico de Impellizzeri et al. (2005), variáveis fisiológicas como o volume e intensidade das sessões de treinamento, constituem a carga externa de treinamento (CET), e essa por sua vez, associada a características individuais, determinam a magnitude da resposta ao estresse provocado pelas sessões, definida como carga interna de treinamento (CIT). A CIT é frequentemente analisada por diversos estudos, utilizando diferentes marcadores fisiológicos como frequência cardíaca (FC), concentração de lactato ([La]), consumo de oxigênio (VO_2) e percepção subjetiva de esforço (PSE) (Mendez-Villanueva et al., 2007; Kovacs, 2004; Fernandez-Fernandez et al., 2007; Santos et al., 2012).

Considerando o caráter não uniforme da CET associada à partida de Tênis, a qual pode sofrer influência de diversos fatores como superfície da quadra, condições climáticas e estresse psicológico, é possível assumir que a CIT também sofre essa variação (Santos et al., 2012). Mendez-Villanueva et al., (2009) relataram que o aumento da duração dos pontos e o número de rebatidas por ponto (CET) mostraram uma relação significativa com o aumento da PSE dos indivíduos (CIT). No estudo de

CAPÍTULO 1 – Caracterização das demandas fisiológicas associadas ao Tênis

Gomes et al., (2011) a medida que o número de rebatidas por ponto ia diminuindo no decorrer dos sets (CET), a PSE e a FC dos jogadores aumentavam (CIT), em uma partida de 180 minutos. Girard et al. (2006) também descreveram o aumento gradativo da PSE associado ao menor número de rebatidas por ponto, sugerindo que a medida que a duração da partida aumenta, a redução da duração dos pontos e do número de rebatidas por ponto ocorre concomitantemente com o aumento do escore da PSE dos jogadores.

É importante o conhecimento da influência de diferentes cargas externas de treinamento (duração, volume e rebatidas por ponto) sobre a carga interna de treinamento (FC, PSE e [La]) durante rotinas de treinamento, para o planejamento e prescrição de treinamento pelos técnicos e preparadores físicos. Portanto, o objetivo deste estudo foi caracterizar as demandas fisiológicas durante diferentes rotinas de treinamento.

2. Materiais e métodos

2.1 Amostra

Foram selecionados 10 jogadores juvenis de Tênis, com nível de experiência e ranking equitativos, do sexo masculino, com idade média: $17,0 \pm 1,2$ anos; estatura: $176,7 \pm 5,2$ cm; peso: $68,4 \pm 7,9$ kg; gordura corporal: $11,7 \pm 1,4\%$. O padrão de jogo com maior volume de troca de bolas no fundo da quadra foi usado como critério de inclusão. Os atletas tinham experiência mínima de três anos, posicionados no ranking da Confederação Brasileira de Tênis (CBT) e Federação Internacional de Tênis (ITF). Foram excluídos da amostra os atletas que utilizaram qualquer tipo de suplemento nos últimos dois meses antes do estudo. Após seleção dos atletas, todos assinaram o termo de consentimento informado, ou mediante autorização dos pais, concordaram em participar de maneira voluntária deste estudo. Os procedimentos

CAPÍTULO 1 – Caracterização das demandas fisiológicas associadas ao Tênis

experimentais foram conduzidos seguindo a resolução específica do Conselho Nacional de Saúde (nº 196/96). O protocolo deste estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP (Parecer: 217.685 de 14/02/2013).

2.2 Características da amostra

Inicialmente, uma semana antes do experimento, os tenistas desenvolveram testes de resistência, para caracterização da amostra. Os testes consistiram em HTTT (*Hit and Turn Tennis Test*), *sprint* de 20 metros, salto em agachamento (SA), salto contra-movimento (SCM) e *Repeated Sprint Ability Shuttle Test* (RSA).

- *Hit and Turn Tennis Test (HTTT)*

O teste proposto por Ferrauti et al. (2011), envolve movimentos específicos ao longo da linha de base, combinados com simulação de golpes de *forehand* e *backhand* nos cantos da quadra (Anexo B). No início de cada nível de teste, os jogadores estavam com sua raquete, na posição frontal, no meio da linha de base. Ao ouvir o sinal, os jogadores viravam e corriam para o *backhand* ou *forehand* indicado pelo áudio. Depois de correrem para o golpe prescrito, os jogadores voltaram para o meio da quadra com passos laterais. Ao passar pela linha de base eles voltaram a correr em direção ao outro alvo, e retornavam à linha de base em passos laterais. A simulação dos golpes foi simultânea com os sinais “*beep*” do áudio do teste, assim como a qualidade dos golpes e movimento dos pés foi controlada pelo avaliador. O final do teste foi considerado quando os jogadores não chegaram ao cone a tempo ou não foram capazes de manter os critérios do teste (padrão dos golpes e movimento dos pés). O teste consistiu em 20 níveis, com um intervalo de tempo decrescente de 0,1 segundo por nível, entre os golpes de *forehand* e *backhand*, a partir de 4,9 segundos para o nível 1 e 3 segundos para o nível 20. A duração de cada nível de teste foi cerca

CAPÍTULO 1 – Caracterização das demandas fisiológicas associadas ao Tênis

de 47-50 segundos, incluindo 12-16 golpes por nível. Os níveis do teste foram intercalados por um período de descanso de 10 segundos e após os níveis 4, 8, 12 e 16, foi realizada uma pausa maior, de 20 segundos. O nível máximo concluído pelos jogadores foi utilizado para determinar a capacidade de resistência no Tênis.

- *Sprint* de 20 metros

A velocidade durante a corrida de 20 metros em linha reta foi medida por meio de fotocélulas (Cefise®) colocadas a 1 metro acima do solo. Cada *sprint* foi iniciado com os jogadores em pé, na posição escolhida individualmente, 50 centímetros atrás da fotocélula. Cada jogador realizou 3 *sprints* máximos de 20 metros, intercalados por 3 minutos de recuperação passiva, e o melhor tempo foi anotado.

- Testes de impulsão vertical

Cada tenista teve 3 tentativas de salto vertical em agachamento (SA) e 3 tentativas de salto vertical com contra-movimento (SCM). O movimento dos braços não foi permitido. O atleta foi orientado a fixar as mãos sobre o quadril, iniciando e finalizando o exercício com os pés apoiados no interior da área do tapete de contato (SpeedTes 6.9, CEFISE, Brasil) e manteve os joelhos estendidos durante a fase aérea do salto, para não ser invalidado. O intervalo de recuperação entre cada tentativa foi de 30 segundos. O teste SA e SCM, foi realizado conforme descrição prévia (Lara et al., 2006) e apresenta uma medida válida de salto ($r=0,967$) (Leard et al., 2007). Os testes foram realizados com auxílio do tapete de contato composto por circuitos eletrônicos que medem o tempo com precisão de milissegundos durante a fase de voo do salto. O tapete foi conectado a um laptop, e a altura do SV, calculada em polegadas, de acordo com a seguinte fórmula: $h = t^2 \times g \times 8^{-1}$, onde g = aceleração da gravidade ($9,81\text{ms}^{-2}$), t = tempo de voo (s). As medidas do SV e do SVC no tapete foram convertidas para centímetros pelo próprio software.

CAPÍTULO 1 – Caracterização das demandas fisiológicas associadas ao Tênis

- *Repeated-Sprint Ability Shuttle Test (RSA)*

Descrito por Fernandez-Fernandez et al. (2012) para mensurar tanto a capacidade de *sprints* repetidos, quanto as habilidades de mudança de direção, o teste RSA consistiu em 10 *sprints* de 22 metros (5m+11m+5m). Os jogadores estavam com uma raquete na posição frontal no meio da linha de base e ao ouvirem o sinal sonoro, foram instruídos a mudar de direção e correr em linha reta, quando seus pés estiverem na linha do ponto de viragem marcado com um cone, mudaram de direção novamente, em um ângulo de 180° e tocaram o cone com a raquete. Depois de tocar o primeiro cone com a raquete, eles voltaram correndo para o lado oposto da quadra, tocando o segundo cone e retornaram para a posição inicial, conforme indicado na figura (Anexo C). Após 5 segundos de recuperação passiva, os jogadores reiniciaram a série novamente.

Células fotoelétricas marcaram o tempo de cada *sprint* e o tempo médio e de decremento, durante o teste RSA, foram calculados. Cada jogador desempenhou um teste preliminar de *sprint* único, que foi usado como critério de pontuação durante o posterior teste de *sprints* repetidos. O intervalo entre o teste preliminar e o início do teste RSA foi de 5 minutos, e caso o desempenho no primeiro *sprint* da RSA tenha sido pior que o da pontuação critério, o teste foi imediatamente encerrado e os sujeitos solicitados a repetir o teste RSA com o máximo de esforço depois de um descanso de 5 minutos.

2.3 Descrição das respostas metabólicas e fisiológicas associadas à prática do Tênis

Após breve aquecimento com troca de bolas (*forehands* e *backhands*), os tenistas foram transferidos para uma quadra com a máquina (Lobmaster Poplob® CA,USA) posicionada em cima da linha de base do lado oposto. Essa máquina lança bolas a uma velocidade de 60 mph, com intervalo de tempo dois segundos para cada bola, variando a direção entre as projeções das bolas para o *forehand* e *backhand*. Os jogadores foram instruídos a direcionar suas rebatidas, em esforço máximo, dentro da

quadra, usando o mesmo estilo, ritmo e rotação da rebatida.

Os atletas foram divididos aleatoriamente em quatro rotinas de treinamento diferentes, cada qual com seis pontos. O intervalo de recuperação entre os pontos foi de 30 segundos e um minuto e 30 segundos entre as sessões de treinamento. A diferença entre as rotinas de treinamento está na quantidade de rebatidas por ponto. A primeira rotina consiste em duas bolas por ponto, a segunda, quatro bolas por ponto, a terceira, sete bolas por ponto e a quarta rotina, 10 bolas por ponto. Antes do início, imediatamente após o primeiro, terceiro e último (sexto) ponto de cada rotina de treinamento, foi coletado sangue para análise da concentração de lactato [La] (no equipamento YSI 1500). A frequência cardíaca (FC) durante as rotinas de treinamento foi aferida por meio de monitores cardíacos (Polar Team System, Polar Electro, Kempele, Finland) e observada antes do início da sessão de treinamento e após o primeiro, terceiro e último ponto. A percepção subjetiva de esforço (PSE), determinada a partir da escala CR10 (Borg et al., 1998) também foi aferida após o primeiro, terceiro e último ponto durante as rotinas de treinamento. A [La] foi determinada com 25µL de amostra de sangue coletada do lobo da orelha, em tubos heparinizados e posteriormente analisados pelo método enzimático (Yellow Springs). As coletas foram realizadas antes do início das sessões de treinamento, após o primeiro, terceiro e último ponto (Figura 1).

1º Dia: Testes - HTTT, 20m, Saltos e CSR

2º dia: Rotinas	1º	2º	3º	4º	5º	6º	"pontos"
1ª	2	2	2	2	2	2	] rebatidas
2ª	4	4	4	4	4	4	
3ª	7	7	7	7	7	7	
4ª	10	10	10	10	10	10	
	↓		↓			↓	
	[La] PSE FC		[La] PSE FC			[La] PSE FC	

Figura 1. Representação esquemática da determinação do perfil da resposta de lactato, simulando diferentes rotinas de treinamento de um jogo de Tênis.

3. Resultados

Na Tabela 1 estão descritos os resultados dos testes realizados para a caracterização da amostra.

Tabela 1. Características dos atletas de Tênis

	(n=10)
HTTT (m)	2017,1 ± 346,5
CSR (s)	5,6 ± 0,3
20m (s)	3,3 ± 0,2
SA (cm)	32,4 ± 4,3
SCM (cm)	38,1 ± 4,9

Valores expressos em média ± desvio padrão.

HTTT– *Hit and Turn Tennis Test*; CSR – Capacidade de *Sprints* Repetidos; 20m – Sprint de 20 metros; SA = salto em agachamento; SCM = salto contra-movimento

Posteriormente à caracterização da amostra foram analisadas quatro rotinas de treinamento com diferentes números de rebatidas por ponto (duas, quatro, sete e 10 rebatidas). Nessas rotinas foram avaliados: a FC, a [La] e a PSE ao final do primeiro, terceiro e sexto ponto. Os valores encontrados no *baseline* não diferiram daqueles encontrados após o primeiro ponto para FC, [La] e PSE (Figura 2, 3 e 4).

A Figura 2 apresenta a resposta da FC durante diferentes rotinas de treinamento de Tênis. Foi observado aumento progressivo da FC no decorrer das rotinas de treinamento, a medida que o número de rebatidas por ponto aumentava. A PSE após o primeiro, terceiro e sexto ponto, apresentaram maiores valores para as rotinas de treinamento com sete e 10 rebatidas quando comparadas às rotinas com duas e quatro rebatidas por ponto (Figura 4). Conforme ilustrado na Figura 3, a [La] foi maior em todos os pontos para as rotinas com sete e 10 rebatidas por ponto, quando comparadas a outras mais curtas, duas e quatro rebatidas por ponto.

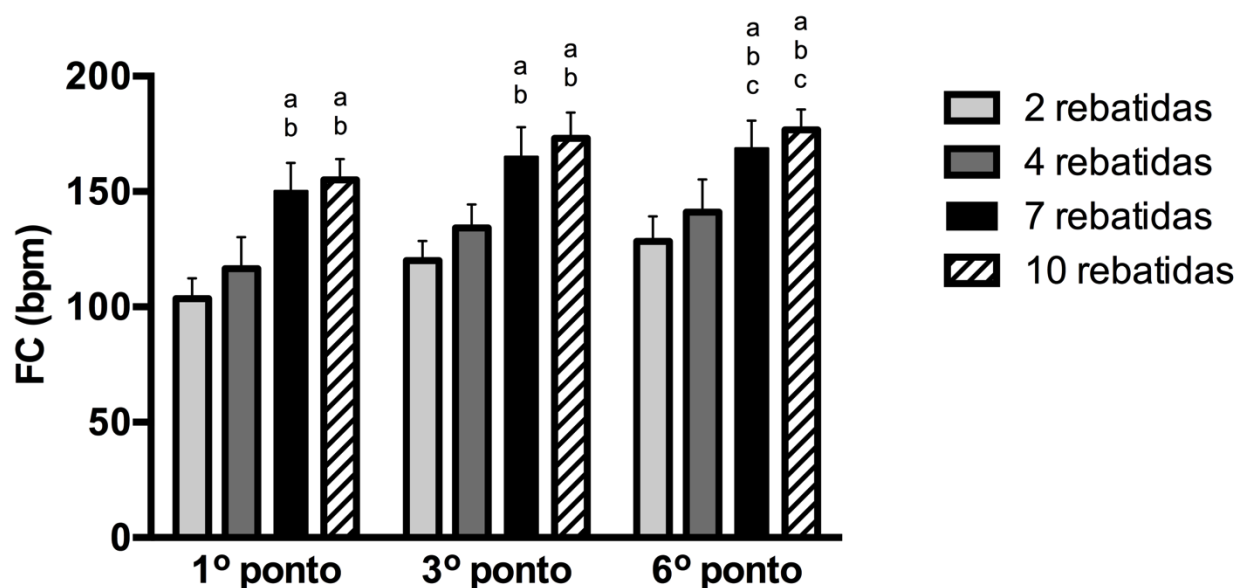


Figura 2. Frequência cardíaca máxima aferida durante as diferentes rotinas de treinamento; a - diferente da rotina com 2 rebatidas ($p < 0,05$); b - diferente da rotina com 4 rebatidas ($p < 0,05$); c - diferente do 1º ponto para a mesma rotina ($p < 0,05$).

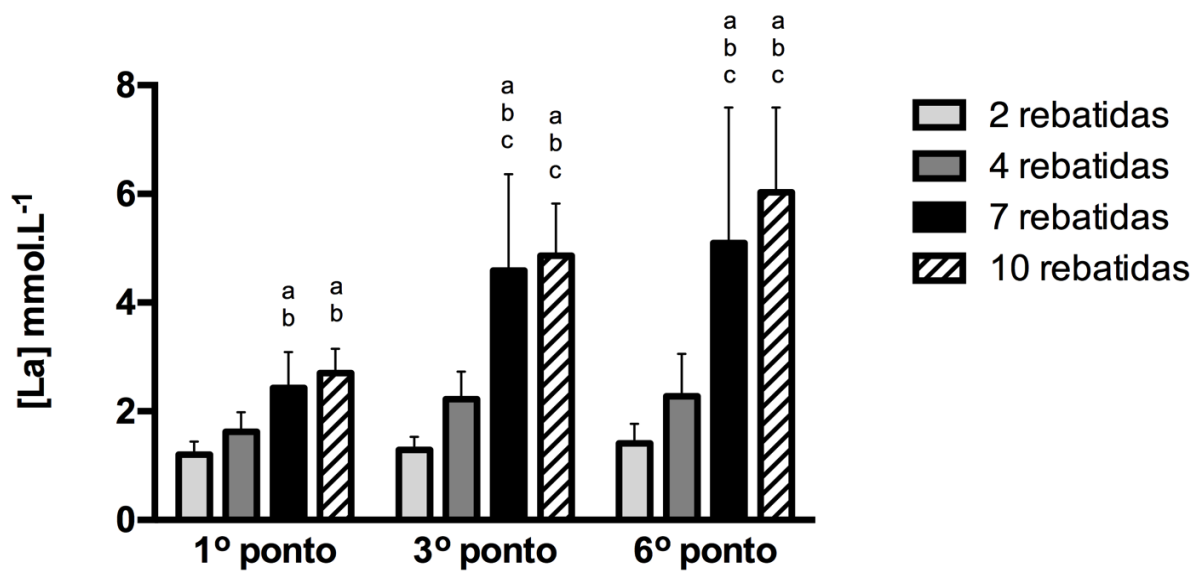


Figura 3. Concentração de lactato aferida durante as diferentes rotinas de treinamento; a - diferente da rotina com 2 rebatidas ($p < 0,05$); b - diferente da rotina com 4 rebatidas ($p < 0,05$); c - diferente do 1º ponto para a mesma rotina ($p < 0,05$).

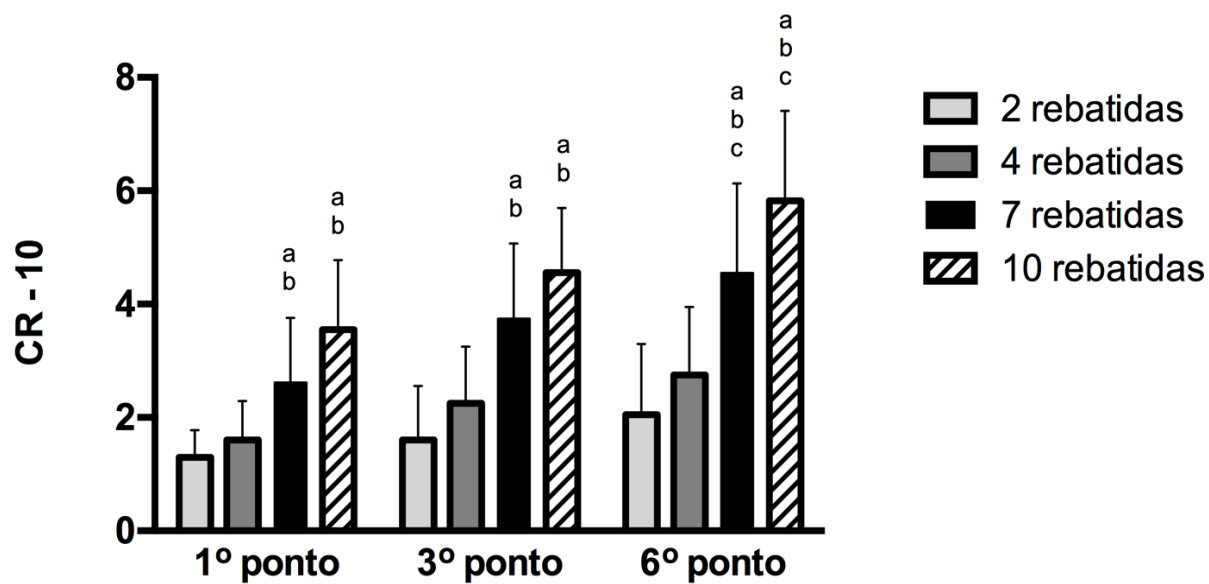


Figura 4. Percepção subjetiva de esforço aferida durante as diferentes rotinas de treinamento. ; a - diferente da rotina com 2 rebatidas ($p < 0,05$); b - diferente da rotina com 4 rebatidas ($p < 0,05$); c - diferente do 1º ponto 1 para a mesma rotina ($p < 0,05$).

4. Discussão

Os principais resultados encontrados neste estudo foram: a) as rotinas de treinamento mais longas (sete e dez rebatidas) induziram maior resposta fisiológica quando comparada às rotinas mais curtas (duas e quatro rebatidas) e b) maior [La] sanguíneo, FC e PSE foram observadas no final das rotinas de treinamento com sete e 10 rebatidas quando comparadas com o início destas mesmas rotinas.

A caracterização da resposta dos jogadores durante sessões de treinamento e competições é importante para entender as exigências de cada situação, uma vez que os maiores benefícios do treinamento ocorrem quando o seu estímulo simula padrões de movimentos específicos e demandas fisiológicas semelhantes à partida real do esporte (Muller et al., 2000).

As respostas da FC é um importante parâmetro para controle da intensidade das partidas de Tênis (Fernandez-Fernandez; Mendez-Villanueva; Pluim, 2006; Smekael et al., 2001; Hornery et al., 2007). Entretanto, valores médios de FC não devem ser a única medida de intensidade de uma partida, uma vez que este parâmetro não representa a natureza intermitente do Tênis. A variação da FC durante a partida é considerável, devido à característica da modalidade que intercala períodos de curta duração e alta intensidade com pausa de recuperação. No presente estudo, observou-se aumento progressivo da FC à medida que se aumentava o número de rebatidas por ponto, durante as rotinas de treinamento.

Durante as sessões de treinamento é esperado que os atletas treinem em uma zona de FC semelhante, quando comparada à partida. No entanto, é desejado que algumas sessões de treinamento sejam conduzidas em nível mais elevado que a intensidade das partidas. O estudo mostrou que as rotinas com 10 rebatidas por ponto provocaram respostas de FC mais elevadas chegando a $176,7 \text{ bpm} \pm 8,9$ no 6º ponto. Por outro lado, rotinas com quatro rebatidas por ponto induziram respostas de FC menores, ou seja, $116,5 \text{ bpm} \pm 13,8$ no 1º ponto; $134,2 \text{ bpm} \pm 10,2$ no 3º ponto e $141,1 \text{ bpm} \pm 14,2$ no 6º ponto. Já as rotinas com sete rebatidas por ponto corresponderam ao

CAPÍTULO 1 – Caracterização das demandas fisiológicas associadas ao Tênis

estresse cardiorrespiratório que o atleta de Tênis enfrenta em situações de partida (140-160 bpm) (Fernandez-Fernandez et al., 2007; Fernandez-Fernandez et al., 2009; Smekal et al., 2001; Ferrauti et al., 2001; Davey; Thorpe; Williams, 2003), atingindo $168,8 \text{ bpm} \pm 11,9$ no 6º ponto.

A [La] sanguíneo tem sido frequentemente utilizada como indicador da produção de energia pela via glicolítica durante o exercício (Krustrup et al., 2006). Estudos prévios com jogadores de Tênis reportaram respostas de [La], durante partidas de Tênis, similares ao encontradas neste estudo ($2,13 \pm 0,32 \text{ mmol.L}^{-1}$; Christmass et al., 1998 e $2,07 \pm 0,32 \text{ mmol.L}^{-1}$; Smekal et al., 2001). Entretanto, os resultados do estudo de Mendez-Villanueva et al. (2007) contradizem com o reportado no presente estudo, mostrando elevada [La] ($4,6 \pm 2,5 \text{ mmol.L}^{-1}$) após o serviço (saque). No entanto, diferenças na resposta da [La] podem estar relacionadas com o estilo de jogo dos jogadores avaliados neste estudo, bem como a situação do jogo (sacando ou recebendo) e o nível de condicionamento do atleta. Essas possíveis influências precisam ser consideradas ao analisar a resposta da [La] no Tênis (Mendez-Villanueva et al., 2007; Reilly e Palmer, 1993).

A grande exigência física decorrente de uma partida pode aumentar a [La] no sangue até 7 a 8 mmol.L^{-1} (McCarthy, 2000) e, esse aumento está associado à diminuição do desempenho. Desta forma, se os treinadores planejam criar uma condição de acidose nos jogadores, as rotinas mais longas com mais de 10 rebatidas por ponto podem ser implementadas, uma vez que no presente estudo a [La] sanguíneo encontrada após o último ponto com 10 rebatidas por ponto foi de $6,0 \pm 1,6 \text{ mmol.L}^{-1}$.

A PSE mostrou ser um indicador global de estresse interno durante o exercício intermitente, prolongado de alta intensidade (Foster et al., 2001; Impellizzeri et al., 2004). As respostas de PSE do presente estudo estão no intervalo do que foi obtido por Girard et al. (2006), durante a partida de Tênis de três horas. Recentemente, foi reportado a redução simultânea no tempo de duração dos pontos, com o aumento da PSE em uma partida de quatro *sets*, envolvendo tenistas de elite, o que sugere que a PSE parece estar envolvida na regulação do desempenho físico e/ou tático durante a partida (Gomes et al., 2011).

CAPÍTULO 1 – Caracterização das demandas fisiológicas associadas ao Tênis

O escore da PSE observado durante as rotinas de treinamento com sete e 10 rebatidas por ponto foi maior que o valor observado nas rotinas mais curtas (duas e quatro rebatidas). Portanto, o comportamento da PSE acompanhou o comportamento das variáveis fisiológicas, indicando maior nível de estresse para as rotinas de treinamento mais longas. Estes resultados referentes à resposta da PSE observada durante exercício intermitente, como o Tênis, devem ser analisados com cautela, uma vez que a construção da PSE é considerada multifatorial – envolvendo fatores periféricos, centrais e psicológicos – que devem ser analisados em conjunto (Marcora, 2009).

O estudo de Reid et al. (2008), avaliou os parâmetros fisiológicos (FC, PSE e [La]) em quatro diferentes sessões de treinamento de Tênis, que diferenciavam entre si pelos percursos realizado pelos jogadores na quadra, combinando diferentes movimentos dos pés. O protocolo consistiu em seis repetições de golpes variando de direção em duas diferentes intensidades de treinamento com proporção trabalho:descanso de 30:30 segundos e 60:30 segundos. O estudo encontrou uma FC média variando de 160 a 180 bpm durante as duas intensidades de treinamento e a [La] oscilou entre 2,40 a 10,60 mmol.L⁻¹, variando conforme a intensidade e o grau de dificuldade da sessão de treinamento. A PSE avaliada durante as sessões de treinamento encontrou-se aumentada de uma forma geral no treinamento com intensidade mais elevada (proporção trabalho:descanso de 60:30), indicando que uma maior carga de trabalho levou a uma percepção de esforço maior.

Muitos tenistas treinam utilizando rotinas com número muito maior de rebatidas do que o observado nas partidas de Tênis, porém em menor intensidade (Davey; Thorpe; Williams, 2002). Treinadores e atletas devem levar em conta a FC, a [La] e PSE quando planejam as rotinas de treinamento. Por exemplo, para o desenvolvimento técnico é importante que o trabalho seja desenvolvido com baixo índice de fadiga, ou seja, com baixa [La]. Induzir acidose e fadiga não será uma maneira produtiva para treinar componentes técnicos e táticos de atletas de Tênis. Uma possível estratégia que pode ser sugerida é o início das sessões com rotinas com maior número de rebatidas e, rotinas mais curtas, no final da sessão de treinamento,

momento no qual a tensão fisiológica e psicológica pode ser maior, tornando difícil a execução de aspectos técnicos do Tênis.

5. Conclusão

Rotinas de treinamento com sete e dez rebatidas por ponto induzem respostas associados ao nível de estresse com maior magnitude do que o observado nas rotinas mais curtas. A medida que as rotinas de treinamento avançaram, houve uma tendência de aumento para todas as variáveis analisadas (FC, PSE e [La]), sugerindo a eficácia destes parâmetros como marcadores de intensidade. Treinadores e atletas devem considerar esses resultados ao planejar rotinas de treinamento e podem optar por um método mais simples como a PSE e FC, para regular o treinamento conforme a intensidade e objetivo pretendido, uma vez que o processo de treinamento deve mimetizar as condições de competição.

REFERÊNCIAS

Borg B. Borg's perceived exertion and pain scales. Champaign: Human Kinetics, 1998, 104p.

Christmass MA, Richmond SE, Cable NT, Arthur PG, Hartmann PE. Exercise intensity and metabolic response in single tennis. J Sports Sci. 1998, Nov; 16(8):739-747.

Davey PR, Thorpe RD, Williams C. Fatigue decreases skilled tennis performance. J Sports Sci. 2002, Apr; 20(4):311-318.

Davey PR, Thorpe RD, Williams C. Simulated tennis matchplay in a controlled environment. J Sports Sci. 2003, Jun; 21(6):459-467.

Fernandez-Fernandez J, Mendez-Villanueva A, Pluim BM. Intensity of tennis match play. Br J Sports Med. 2006, May; 40(5):387-391.

Fernandez-Fernandez J, Mendez-Villanueva A, Fernandez-Garcia B, Terrados N. Match activity and physiological responses during a Junior female singles tennis tournament. Br J Sports Med. 2007, Nov; 41(11):711-716.

Fernandez-Fernandez J, Sanz-Rivas D, Sanchez-Muñoz C, Pluim BM, Tiemessen I, Mendez-Villanueva A. A comparison of the activity profile and physiological demands between advanced and recreational veteran tennis player. J Strength Cond Res. 2009, 0(0):1-7.

Fernandez-Fernandez J, Zimek R, Wiewelhove T, Ferrauti A. High-Intensity interval training vs. Repeated-sprint training in tennis. J Strength Cond Res. 2012, Jan; 26(1):53-62.

CAPÍTULO 1 – Caracterização das demandas fisiológicas associadas ao Tênis

Ferrauti A, Bergeron MF, Pluim BM, Weber K. Physiological responses in tennis and running with similar oxygen uptake. *Eur J Appl Physiol*. 2001, Jul; 85(1-2):27-33.

Ferrauti A, Kinner V, Fernandez-Fernandez J. The Hit and Turn Tennis Test: An acoustically controlled endurance test for tennis players. *J Sports Sci*. 2011, Mar; 29(5):485-494.

Foster C, Florhaug JA, Franklin J, Gottschall L, Hrovatin LA, Parker S, et al. A new approach to monitoring exercise training. *J Strength Cond Res*. 2001, Feb; 15(1):109-115.

Girard O, Lattier G, Micallef JP, Millet GP. Changes in exercise characteristics, maximal voluntary contraction, and explosive strength during prolonged tennis playing. *Br J Sports Med*. 2006, Jun; 40(6):521-526.

Gomes RV, Coutts AJ, Viveiros L, Aoki MS. Physiological demands of match-play in elite tennis: A case study. *Eur J Sport Sci*. 2011, Feb; 11(2):105-109.

Hornery DJ, Farrow D, Mujika I, Young W. Fatigue in Tennis: Mechanisms of fatigue and effect on performance. *Sports Med*. 2007; 37(3):199-212.

Impellizzeri FM, Rampinini E, Coutts AJ, Sassi A, Marcora SM. Use of RPE-based training load in soccer. *Med Sci Sports Exerc*. 2004, Jun; 36(6):1042-1047.

Kovacs M. Comparison of work/rest intervals in men's professional Tennis. *Medicine and Science in Tennis*. 2004; 9:10-11.

Kovacs, MS. Tennis physiology: training the competitive athlete. *Sports Med*. 2007; 37(3):189-198.

CAPÍTULO 1 – Caracterização das demandas fisiológicas associadas ao Tênis

Krustrup P, Mohr M, Steensberg A, Bencke J, Kjaer M, Bangsbo J. Muscle and blood metabolites during a soccer game: implications for sprint performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2006, Jun; 38(6):1165-1174.

Lara A, Alegre ML, Abián J, Luis J, Aurelio U, Aguado X. The selection of a method for estimating power output from jump performance. *J Human Mov Studies.* 2006; 50:399-410.

Leard JS, Cirillo MA, Katsnelson E, Kimiatek DA, Miller TW, Trebincevic K, Garbalosa JC. Validity of two alternative systems for measuring vertical jump height. *J Strenght Cond Res.* 2007; 21:1296-1299.

Marcora S. Perception of effort during exercise is independent of afferent feedback from skeletal muscles, heart and lungs. *J Appl Physiol.* 2009, Jun, 106(6):2060-2062

McCarthy-Davey PR. Fatigue, carbohydrate supplementation and skilled tennis performance. In: Haake, S.; Coe, A. O, editors. *Tennis science and technology.* Oxford: Blackwell, p.333-340, 2000.

Mendez-Villanueva A, Fernandez-Fernandez J, Bishop D, Fernandez-Fernandez B, Terrados N. Activity patterns, blood lactate concentrations and ratings of perceived exertion during a Professional singles tennis tournament. *Br J Sports Med.* 2007, May; 41(5):296-300.

Mendez-Villanueva J, Fernandez-Fernandez A, Bishop D, Fernandez-Garcia B. Ratings of perceived exertion-lactate association during actual single tennis match play. *J Strenght Cond Res.* 2009, 23:234-239.

Muller E, Benko U, Raschner C, Schwameder H. Specific fitness training and testing in competitive sports. *Med Sci Sports Exerc.* 2000, Jan; 32(1):216-220.

CAPÍTULO 1 – Caracterização das demandas fisiológicas associadas ao Tênis

Reid M, Duffield R, Dawson B, Baker J, Crespo M. Quantification of the physiological and performance characteristics of on-court tennis drills. *Br J Sports Med*, 2008; 42:146-151.

Reid M, Schneiker K. Strength and conditioning in tennis: current research and practice. *J Sci Med Sport*. 2008, Jun; 11(3):248-256.

Reilly T, Palmer J. Investigation of exercise intensity in male singles lawn tennis. *J Sports Sci*. 1993; 11:543-558.

Santos MM, Gomes RV, Moreira A, Calve T, Santos RC, Capitani CD, et al. Caracterização das demandas físicas e fisiológicas associadas à partida de Tênis. *Brazilian Journal of Biomotricity*. 2012; v.6(2):66-76.

Smekal G, Von Duvillard SP, Rihacek C, Pokan R, Hofmann P, Baron R, et al. A physiological profile of tennis match play. *Med Sci Sports Exercise*. 2001, Jun; 33(6):999-1005.

Efeito da suplementação de citrato de sódio sobre o desempenho de Tenistas

Resumo

O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da suplementação de citrato de sódio sobre o desempenho em habilidades específicas do Tênis, após simulação de partida. Para tanto, dez tenistas juvenis ($17,0 \pm 1,2$ anos; estatura: $176,7 \pm 5,2$ cm; peso: $68,4 \pm 7,9$ kg; gordura corporal: $11,7 \pm 1,4\%$) do sexo masculino foram recrutados. Os participantes consumiram citrato de sódio ($0,5 \text{ g.kg}^{-1}$ de peso) ou placebo - NaCl ($0,1 \text{ g.kg}^{-1}$ de peso) 120 minutos antes da realização de testes específicos de Tênis - *Loughborough Tennis Skill Test* – LTST e *Repeated Sprint Ability Shuttle Test* – RSA. Estes testes foram realizados antes e após a simulação de uma partida de 60 minutos. Após a simulação de partida, houve aumento significativo ($p < 0,05$) da $[\text{HCO}_3^-]$ e do excesso de base no grupo suplementado com citrato de sódio comparado ao placebo. A simulação de partida induziu a um maior aumento da $[\text{La}]$ e de pH no grupo suplementado com citrato de sódio ($[\text{La}]$: $5,46 \text{ mmol.L}^{-1}$; pH: $7,48$) comparada ao grupo placebo ($[\text{La}]$: $2,28 \text{ mmol.L}^{-1}$; pH: $7,34$) ($p < 0,05$). A capacidade de *sprints* repetidos avaliada pelo RSA não apresentou diferença estatística ($p > 0,05$) entre os testes pré e pós simulação de partida. O total de golpes desenvolvidos pelos jogadores, realizados no LTST, antes e após a partida, não diferiram ($p > 0,05$) entre os grupos. Entretanto, observou-se declínio significativo ($p < 0,05$) na consistência dos golpes para o grupo placebo (pré: $53,5\%$; pós: $40,4\%$), em comparação ao grupo suplementado com citrato de sódio (pré: $50,2\%$; pós: $58,5\%$) após a realização da simulação da partida. O número de *games* vencidos, durante a simulação da partida, foi maior ($p < 0,05$) no grupo suplementado com citrato de sódio. Este estudo sugere que a suplementação de citrato de sódio pode prevenir o declínio do desempenho das habilidades específicas do Tênis, após uma simulação de partida.

Palavras chave: Tênis, fadiga, citrato de sódio, desempenho atlético

Effect of sodium citrate supplementation on tennis players performance

Abstract

The aim of this study was to evaluate the effect of sodium citrate supplementation on performance in specific tennis skills after a match simulation. For this, ten young male tennis players ($17,0 \pm 1,2$ years; height: $176,7 \pm 5,2$ cm; weight: $68,4 \pm 7,9$ kg; body fat: $11,7 \pm 1,4\%$) were recruited. Participants consumed sodium citrate ($0,5 \text{ g.kg}^{-1}$ body weight) or placebo - NaCl ($0,1 \text{ g.kg}^{-1}$ weight) 120 minutes before carrying out the specific tests tennis - Loughborough Tennis Skill Test - LTST and Repeated Sprint Shuttle Ability Test - RSA. These tests were performed before and after simulating a match of 60 minutes. After starting the simulation, a significant increase ($p < 0,05$) in $[\text{HCO}_3^-]$ and base excess was observed in the group supplemented with sodium citrate, compared with the placebo group. The simulated match led to a greater increase in $[\text{La}]$ and pH in the group supplemented with sodium citrate ($[\text{La}]$: $5,46 \text{ mmol.L}^{-1}$; pH: 7,48), compared to placebo ($[\text{La}]$: $2,28 \text{ mmol.L}^{-1}$; pH: 7,34). No statistical difference ($p > 0,05$) in the ability to repeat sprints, as evaluated by RSA, was observed between the pre and post simulation match tests. The total number of hits performed by players in the LTST, before and after the match, did not differ ($p > 0,05$) between groups. However, there was a significant decrease ($p < 0,05$) in the consistency of the hits in the placebo group (pre: 53,5%; post: 40,4%), compared to the group supplemented with sodium citrate (pre: 50,2%; post: 58,5%) after the performance of the simulated match. The number of games won during the simulation of the match, was higher ($p < 0,05$) in the group supplemented with sodium citrate. This study suggests that sodium citrate supplementation may prevent the decline in performance of specific tennis skills after a simulated match.

Keywords: Tennis, fatigue, sodium citrate, athletic performance

1. Introdução

A fadiga, do ponto de vista fisiológico, pode ser definida como uma redução aguda do desempenho do exercício, conduzindo à incapacidade de produzir trabalho e/ou função motora de controle (St Clair Gibson et al., 2003; Fitts, 1994). A fadiga também pode ser descrita como uma resposta multifatorial ao esforço físico prolongado ou de alta intensidade. Esse fenômeno ocorre muitas vezes como resultado de uma combinação de: acúmulo de subprodutos metabólicos, desidratação, hipoglicemia, hipertermia e sinalização do Sistema Nervoso Central (Noakes, 2000).

Diferente de outras modalidades, no Tênis, a instalação da fadiga possui característica multifatorial e pode ser induzida por meio de uma fadiga aguda (que ocorre durante a partida) e/ou residual (entre os jogos e/ou sessões de treinamento) (Reid e Duffield, 2014). Diversos estudos sugerem que a instalação da fadiga vem acompanhada do declínio da capacidade de execução das habilidades motoras específicas do Tênis (golpes perdidos e incapacidade de se posicionar corretamente ou cedo o suficiente para defender um golpe) (Davey; Thorpe; Williams, 2002; Reid e Duffield et al., 2014; Vergauwen et al., 1998; Geschiet et al., 2013; Hornery et al., 2007).

Apesar da longa duração das partidas e o comportamento da FC média durante a partida classificarem o Tênis como uma modalidade predominantemente aeróbica, a natureza explosiva dos golpes de saque e de defesa e as rápidas mudanças de direção na quadra, fatores determinantes para vencer a partida, requerem uma importante participação do metabolismo anaeróbio (Kovacs, 2007; Bergeron; Maresh; Kraemer, 1991).

O metabolismo anaeróbio (alático e láctico), recrutado para a realização de movimentos de alta intensidade e curta duração durante a partida, tais como realização de golpes e rápidas mudanças de direção na quadra, produzem como subproduto íons H^+ e lactato (McArdle; Katch; Katch, 2011). O acúmulo de íons H^+ , subproduto tanto do metabolismo anaeróbio quanto da degradação de moléculas de ATP, é responsável por reduzir o pH muscular e sanguíneo (Ferrauti et al., 2001; Silva;

Oliveira; Gevaerd, 2006). Essa acidez, por sua vez, impacta negativamente em diversos mecanismos intra e extracelulares. Ou seja, pode inibir a ação da fosfofrutoquinase, prejudicar a contração muscular, aumentar o escore da PSE e reduzir a ressíntese de fosfocreatina, levando à instalação da fadiga a nível periférico e consequente diminuição no desempenho (Harris et al., 1976; Silva; Oliveira; Gevaerd, 2006; Carr et al., 2013).

Como estratégia nutricional para retardar a instalação da fadiga ocasionadas pela diminuição do pH intra e extracelular, as substâncias tamponantes que promovem efeito ergogênico tem sido estudadas. Trabalhos com suplementação de bicarbonato de sódio como ergogênico, por exemplo, datam da década de 80, e tem demonstrado efeito positivo em diferentes modalidades (Katz et al., 1984; Wilkes; Gledhill; Smyth, 1983; Bishop et al., 2004; Artioli et al., 2007; Siegler e Hirscher, 2010; Wu et al., 2010). Entretanto, apesar do seu efeito promissor, a sua utilização tem sido associada com desconforto no trato gastrointestinal, tornando uma limitação importante deste suplemento (Carr et al., 2011).

Como alternativa ao bicarbonato de sódio, tem-se estudado o efeito da suplementação de citrato de sódio sobre o desempenho em diversas modalidades (McNaughton, 1990; McNaughton e Cedaro, 1992; Potteiger et al., 1996; Shave et al., 2001). O citrato de sódio parece ter o mesmo efeito positivo do bicarbonato de sódio, por aumentar a concentração de íons bicarbonato no sangue e auxiliar no tamponamento dos íons H^+ . Porém, o citrato parece não apresentar efeitos colaterais severos no trato gastrointestinal como o bicarbonato (Requena et al, 2005).

Diante deste contexto, e da escassez de trabalhos que relacionem o efeito da suplementação de citrato de sódio sobre o desempenho de esportes com raquete, como Tênis, o objetivo desse estudo foi avaliar o efeito da suplementação de citrato de sódio sobre o desempenho em habilidades específicas do Tênis.

2. Materiais e métodos

2.1 Amostra

Foram selecionados 10 jogadores juvenis de Tênis, com nível de experiência e ranking equitativos, do sexo masculino, com idade média: $17,0 \pm 1,2$ anos; estatura: $176,7 \pm 5,2$ cm; peso: $68,4 \pm 7,9$ kg; gordura corporal: $11,7 \pm 1,4\%$. O padrão de jogo com maior volume de troca de bolas no fundo da quadra foi usado como critério de inclusão. Os atletas tinham experiência mínima de três anos, posicionados no ranking da Confederação Brasileira de Tênis (CBT) e Federação Internacional de Tênis (ITF). Foram excluídos da amostra os atletas que utilizaram qualquer tipo de suplemento nos últimos dois meses antes do estudo. Após seleção dos atletas, todos assinaram o termo de consentimento informado, ou mediante autorização dos pais, concordaram em participar de maneira voluntária deste estudo. Os procedimentos experimentais foram conduzidos seguindo a resolução específica do Conselho Nacional de Saúde (nº 196/96). O protocolo deste estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP (Parecer: 217.685 de 14/02/2013).

2.2 Delineamento do Estudo

Este estudo foi do tipo experimental, randomizado-cruzado e duplo-cego. Para realização deste projeto, os atletas compareceram ao centro de treinamento por três dias (Figura 1). O primeiro dia foi utilizado para familiarização dos testes (*Loughborough Tennis Skill Test* – Parte B adaptado de Davey; Thorpe; Williams (2003) (LTST) e *Repeated-Sprint Ability Shuttle Test* - RSA) e aplicação do questionário sobre desconforto gastrointestinal (QDGI) sugerido por Bovenschen et al. (2006), com adaptações. Após a familiarização, os atletas foram alocados de forma randomizada

balanceada (por ranking e nível de habilidade) no grupo citrato-Na ou no grupo placebo (5 atletas por grupo). O segundo e terceiro dia de experimento foram separados por uma semana, tempo necessário para o *wash-out* dos sujeitos suplementados com citrato-Na. No segundo dia de experimento, os atletas chegaram em jejum e foi feita a primeira coleta de sangue. Em seguida, os participantes consumiram um desjejum nutricionalmente equilibrado e padronizado e depois, receberam as cápsulas (citrato-Na ou placebo). Após duas horas da ingestão das cápsulas, foi coletada outra amostra de sangue e os atletas responderam o questionário (QDGI). Em seguida, foram realizados os testes pré-partida (*Loughborough Tennis Skill Test* (LTST) e *Repeated-Sprint Ability Shuttle Test* (RSA)). Imediatamente após os testes, os atletas disputaram uma simulação de partida com duração de 60 min. Ao término desta partida simulada, foi feita a coleta de sangue e os testes foram repetidos (*Loughborough Tennis Skill Test* (LTST) e *Repeated-Sprint Ability Shuttle Test* (RSA)). Trinta minutos após o final do teste, a PSE da sessão foi aferida e o QDGI foi aplicado. As condições climáticas (temperatura e umidade) foram avaliadas durante os dias de experimento. A fim de minimizar grandes variações, a partir da data prevista dos experimentos, foi realizada uma pesquisa sobre as condições climáticas em serviços de meteorologia.

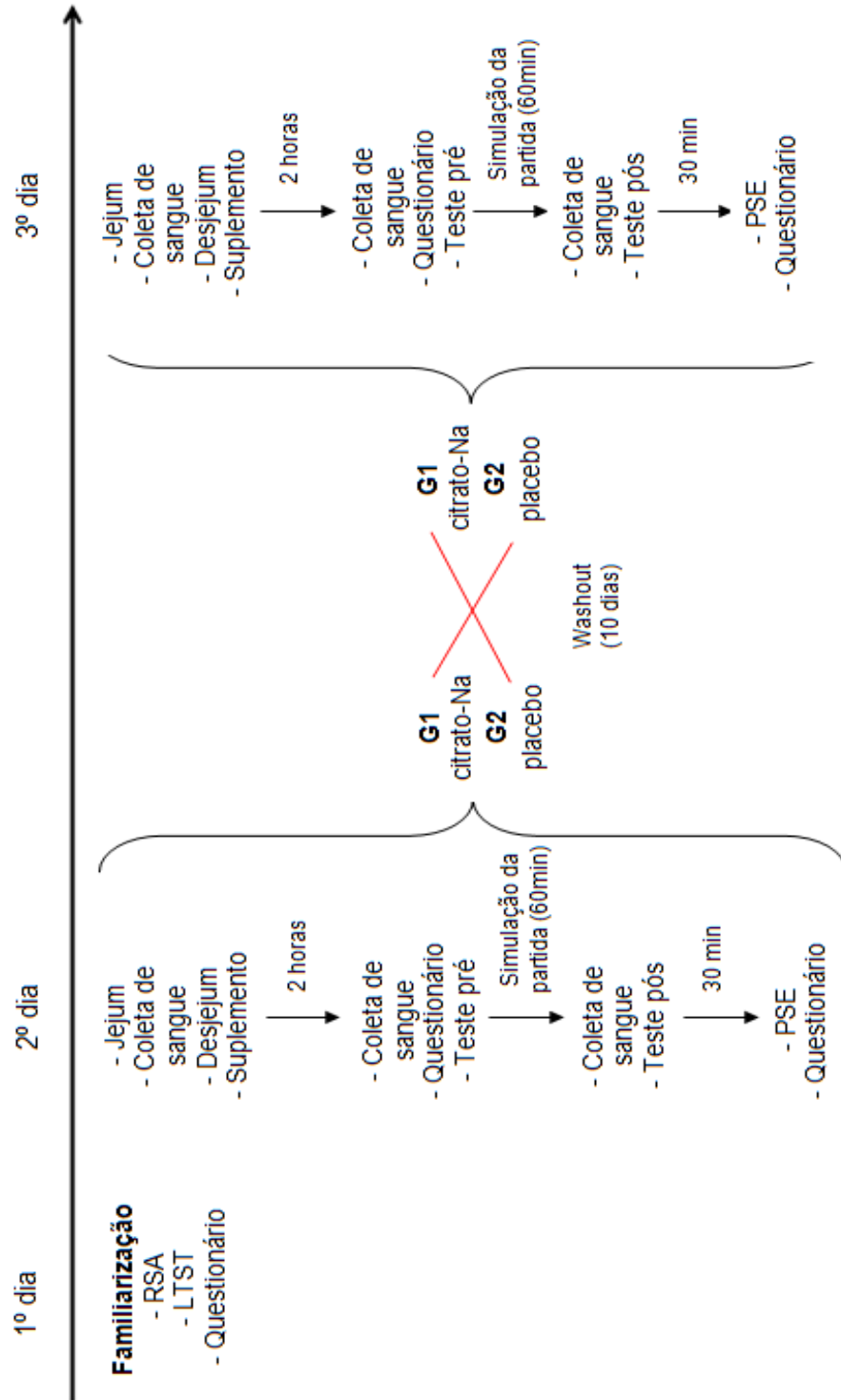


Figura 1. Desenho experimental do estudo.

2.3 Protocolo dietético

O desjejum recebido pelos atletas foi padronizado (15% do VET) normoglicídico, normolipídico e normoprotéico. A distribuição de macronutrientes foi feita segundo a recomendação da Organização Mundial da Saúde (2003), sendo 60% de CHO, 25% de lipídios e 15% de proteínas representadas pelo cálculo do valor energético total de cada atleta, que foi estimado a partir dos seguintes passos: a) A estimativa do Gasto energético basal (GEB) foi feita de acordo com as equações propostas pela Organização Mundial da Saúde (1985) para indivíduos entre 10 e 18 anos; b) Para a termogênese induzida pela dieta (TID) foi adotado o valor de 10% do GEB; c) Gasto energético para a atividade física (GEAF) foi estimado pela equação: $GEAF = MET \times kg \times \text{Tempo de atividade}$; sendo para Tênis simples = 8METs como proposto por Ainsworth et al. (1993).

2.4 Protocolo de suplementação

- *Suplementação de citrato-Na e vendamento do estudo*

Após a coleta de sangue, logo após o desjejum e duas horas antes da aplicação do Teste Pré-partida (Figura 2) os participantes receberam cápsulas de citrato de sódio na dosagem de $0,5 \text{ g.kg}^{-1}$ de peso corporal, segundo a recomendação de McNaughton (1990), ou placebo NaCl ($0,1 \text{ g.kg}^{-1}$ peso corporal), idênticas em tamanho, cor e aparência. A ingestão de água foi controlada, sendo fornecido 1L de água mineral. Ao término de cada dia de suplementação (segundo e terceiro dia) os sujeitos foram questionados individualmente sobre a conformidade do suplemento que estava ingerindo, a fim de verificar o vendamento do estudo.

2.5 Protocolo de Testes

- *Loughborough Tennis Skill Test (LTST)* - Protocolo experimental:

Parte B

De forma similar a uma corrida até a exaustão, foi utilizada uma máquina de lançar bolas e os tenistas receberam uma sequência de uma bola a cada 2 segundos de forma aleatória programada pela própria máquina. A fadiga foi considerada quando a frequência de 2 rebatidas não pôde ser mantida, ou quando os jogadores pararam de forma voluntária. A avaliação do desempenho específico do Tênis foi baseada estudo precedente de Davey; Thorpe; Williams (2003) – Parte B, adaptado. Com a máquina posicionada em cima da linha de base do lado oposto, projetada para lançar bolas a uma velocidade de 60 mph aos lugares premeditados da quadra, variando o sentido entre as projeções das bolas, as bolas projetadas deveriam ser retornadas as áreas predeterminadas (Anexo D)

Os jogadores foram instruídos a direcionar suas rebatidas, em esforço máximo, dentro da quadra, usando o mesmo estilo, ritmo e rotação de rebatida para um ou outro alvo. Uma câmera de vídeo foi utilizada para gravar as rebatidas nos alvos para posterior análise da percentagem de consistência (área entre a linha de saque e a linha de base da quadra), de bolas foras (fora das delimitações propostas pela regra da ITF, 2002) e de exatidão (Quadrado de 1,5 m por perímetro, localizado nos cantos da linha de base). Após a realização do teste foi aferida a porcentagem do total de acertos. Esse teste foi realizado simultaneamente em duas quadras.

- *Repeated Sprint Ability Shuttle Test (RSA)*

Descrito por Fernandez-Fernandez et al. (2012) para mensurar tanto a capacidade de *sprints* repetidos, quanto as habilidades de mudança de direção, o teste RSA consistiu em 10 *sprints* de 22 metros (5m+11m+5m). Os jogadores estavam com uma raquete na posição frontal no meio da linha de base e ao ouvirem o sinal sonoro, foram instruídos a mudar de direção e correr em linha reta, quando seus pés estiverem na linha do ponto de viragem marcado com um cone, mudaram de direção novamente, em um ângulo de 180° e tocaram o cone com a raquete. Depois de tocar o primeiro cone com a raquete, eles voltaram correndo para o lado oposto da quadra, tocando o

segundo cone e retornaram para a posição inicial, conforme indicado na figura (Anexo C). Após 5 segundos de recuperação passiva, os jogadores reiniciaram a série novamente.

Células fotoelétricas marcaram o tempo de cada *sprint* e o tempo médio e de decremento, durante o teste RSA, foram calculados. Cada jogador desempenhou um teste preliminar de *sprint* único, que foi usado como critério de pontuação durante o posterior teste de *sprints* repetidos. O intervalo entre o teste preliminar e o início do teste RSA foi de 5 minutos, e caso o desempenho no primeiro *sprint* da RSA tenha sido pior que o da pontuação critério, o teste foi imediatamente encerrado e os sujeitos solicitados a repetir o teste RSA com o máximo de esforço depois de um descanso de 5 minutos.

- *Simulação da Partida*

Com exceção da estrutura de cada partida, todas as regras seguiram o padrão da ITF (ITF 2002). As partidas foram realizadas em quadras de saibro descobertas. As bolas de Tênis (Dunlop®) foram trocadas após os sete primeiros *games* do primeiro *set* e, então, a cada nove *games*. Cada partida foi estruturada para durar 60 minutos independente do placar da partida. Antes de cada jogo, os atletas realizaram aquecimento padronizado, com cinco minutos de duração, constituído corrida, alongamento leve e os golpes de fundo da quadra, voleios, *smash* e saques. Ao final do intervalo de 60 minutos, o vencedor da partida foi determinado pelo somatório dos *games* vencidos.

- *Avaliação da intensidade da partida*

A intensidade da partida foi mensurada 30 minutos após o término da partida simulada utilizando a escala de PSE – CR-10 (Borg et al., 2006), seguindo o método proposto por Foster et al. (2001). O atleta respondeu a seguinte pergunta: “Como foi a sua sessão de treino?” A resposta ao questionamento foi fornecida a partir de uma escala “CR10” que variou de zero (repouso) a dez (máximo) (Borg et al., 2006). O valor máximo (10) foi comparado ao maior esforço físico realizado pela pessoa e o

valor mínimo à condição de repouso absoluto (0). Essa medida deve refletir a avaliação global de toda a sessão de treino.

2.6 Coleta de sangue e análise de metabólitos

Foram coletadas duas amostras de sangue. A primeira, do lobo da orelha esquerda utilizando um capilar com heparina e a segunda a partir de uma veia localizada no braço não dominante do tenista, utilizando uma seringa (1mL).

A análise da [La] foi realizada pelo sangue coletado do lóbulo da orelha, e posteriormente analisado utilizando o equipamento YSI 1500 (Yellow Springs, OH-USA).

A amostra de sangue venoso foi usada para analisar os parâmetros: pH, pressão CO_2 , pressão de O_2 e bicarbonato (HCO_3^-) com o cartucho GC4+ do equipamento i-STAT Blood Gas Analyzer (i-STAT Corporation, East Windsor, NJ, EUA) (Dascombe et al. 2006). Todas as amostras foram coletadas nos momentos pré-determinados do experimento (Figura 2).

2.7 Questionário de avaliação de distúrbios gastrointestinais (QDGI)

A avaliação dos distúrbios gastrointestinais foi realizada pelo questionário adaptado, a partir do estudo de Bovenschen et al. (2006) (APÊNDICE A). O questionário apresentou 16 sintomas relacionados ao desconforto gastrointestinal, classificados em sete níveis, a partir do seu grau de severidade. A Figura 2 apresenta os momentos em que o questionário foi aplicado.

2.8 Análise Estatística

Para comparar os valores de desempenho (LTST e RSA) entre placebo contra citrato-Na foi utilizada a análise de variância com medidas repetidas (ANOVA) two-way (Grupo vs. Tratamento). O teste de Tukey (Teste-t) foi empregado para análise de múltiplas comparações post-hoc, quando necessário. Os dados estão expressos em média e desvio padrão. Foi utilizado o software SAS 8.0 para a análise estatística, empregando nível de significância de $p < 0,05$.

3. Resultados

Na Tabela 1 estão descritos os resultados dos parâmetros bioquímicos encontrados. Após 120 minutos, a partir da administração do suplemento, observou-se um aumento significativo na concentração de base e de íons HCO_3^- no grupo suplementado com citrato de sódio (C), quando comparado com o grupo placebo (PLA). A [La] e o valor de pH permaneceram iguais nos dois grupos, após 120 minutos. Porém, após a simulação da partida (pós jogo – 180 minutos), observou-se que os parâmetros bioquímicos avaliados (excesso de base, $[\text{HCO}_3^-]$, [La] e pH) aumentaram no grupo C comparado ao PLA ($p < 0,05$).

Tabela 1. Parâmetros bioquímicos (excesso de base, $[\text{HCO}_3^-]$, $[\text{La}]$ e pH) dos atletas, antes da suplementação com citrato de sódio (C) ou placebo (PLA), após 120 minutos (Pós 120) e após 180 minutos (Pós jogo).

		Excesso de base	$[\text{HCO}_3^-]$	$[\text{La}]$	pH
Tempo 0	C	$1,30 \pm 1,57$	$25,9 \pm 1,48$	$1,62 \pm 1,06$	$7,88 \pm 0,02$
	PLA	$2,20 \pm 3,05$	$28,25 \pm 1,46$	$1,54 \pm 0,40$	$7,33 \pm 0,01$
Pós 120	C	$6,30 \pm 2,54^*$	$31,47 \pm 1,90^*$	$2,54 \pm 0,30$	$7,38 \pm 0,02$
	PLA	$2,00 \pm 1,25$	$27,95 \pm 0,80$	$2,23 \pm 0,45$	$7,31 \pm 0,05$
Pós Jogo	C	$9,10 \pm 2,69^*$	$33,77 \pm 2,99^*$	$5,46 \pm 1,11^*$	$7,48 \pm 0,04^*$
	PLA	$1,20 \pm 1,75$	$26,65 \pm 1,50$	$2,28 \pm 0,68$	$7,34 \pm 0,02$

Valores expressos em média $\pm$ desvio padrão.

* Diferença estatística ($p < 0,05$) entre os grupos (C vs. PLA).

s no grupo suplementado com citrato de sódio, após a simulação de partida (Pós Jogo), o tempo gasto para realizar os 10 *sprints* repetidos avaliado pelo *Repeated Sprint Ability Shuttle Test* (RSA) não apresentou diferença estatística entre os testes pré e pós partida (pré: $55,22 \pm 3,53$ segundos ; pós: $53,94 \pm 3,10$ segundos) ($p > 0,05$). O total de golpes desenvolvido pelos jogadores antes e após a partida, avaliados pelo teste *Loughborough Tennis Skill Test* (LTST), também não apresentou diferença significativa (pré: $29,70 \pm 6,65$; pós: $29,80 \pm 6,65$) ($p > 0,05$) no grupo C.

Ao analisar o somatório de *games* vencidos durante a simulação da partida, observou-se diferença significativa entre os grupos, sendo que o grupo C apresentou maior número de *games* vencidos (C: $8,00 \pm 1,63$; PLA: $6,00 \pm 1,69$; $p < 0,05$). Já a PSE foi igual entre os grupos (C: $6,45 \pm 1,21$; PLA: $6,7 \pm 1,84$; $p > 0,05$).

Em relação à consistência e à exatidão dos golpes (Tabela 2), observou-se um aumento significativo ($p < 0,05$) na consistência após a partida (Pós Jogo) para o grupo C. Contudo, apesar de não ter encontrado diferença ($p > 0,05$) na exatidão dos golpes, os valores médios sugerem uma tendência de aumento dessa exatidão, após a simulação da partida (Pós Jogo), para o grupo suplementado com citrato de sódio ($p = 0,06$) (Tabela 5).

Tabela 2. Valores médios de total de golpes, percentual de consistência e de exatidão avaliados pelo LTST, antes (Pós 120') e após (180') a simulação da partida.

		Total de golpes	Consistência (%)	Exatidão (%)
Pós 120'	C	29,7 ± 6,65	50,2 ± 9,50	6,17 ± 6,39
	PLA	29,9 ± 6,98	53,5 ± 20,20	6,14 ± 4,67
Pós Jogo (180')	C	29,8 ± 6,64	58,5 ± 14,80 *	6,33 ± 6,46
	PLA	27,8 ± 4,96	40,4 ± 10,40	4,38 ± 3,09

Valores expressos em média ± desvio padrão.

* Diferença estatística ($p < 0.05$).

Em relação aos resultados de desconforto gastrointestinal, a maior parte dos indivíduos não relatou sinais de dores abdominais, dor epigástrica, queimação, regurgitação, ruídos abdominais, inchaço, sensação de vazio, náusea, vômito, perda de apetite, saciedade, vontade de arrotar, flatulência, dificuldade de engolir alimentos líquidos e sólidos e hematêmese. Dentre os 10 indivíduos avaliados, apenas 30% relataram algum tipo de desconforto, tais como dor abdominal, dor epigástrica, ruídos abdominais, inchaço, vontade de arrotar, perda de apetite e flatulência.

4. Discussão

O único estudo que avaliou o efeito da suplementação de substâncias tamponantes sobre o desempenho de tenistas foi o de Wu et al. (2010). O protocolo deste estudo consistiu na suplementação de bicarbonato de sódio ($0,3 \text{ g.kg}^{-1}$ de peso) e teste de habilidades específicas (LTST) pré e pós simulação de partida (50 minutos). Os autores observaram que todos os parâmetros bioquímicos (excesso de base, $[\text{HCO}_3^-]$, $[\text{La}]$ e pH) avaliados estiveram aumentados no grupo suplementado com bicarbonato de

sódio, após a simulação de partida, corroborando com os resultados do presente trabalho. A suplementação de bicarbonato de sódio, assim como no presente trabalho, foi capaz de prevenir o declínio das habilidades específicas após a simulação de partida, uma vez que a consistência dos golpes não apresentou declínio no grupo suplementado. Entretanto, segundo Wu et al. (2010), os resultados da exatidão não permitiram afirmar que houve manutenção ou melhora do desempenho, corroborando com os resultados do presente estudo.

A redução dos valores encontrados para os parâmetros de desempenho (exatidão e consistência) após a simulação de partida no grupo placebo (Vergauwen et al., 1998; Wu et al., 2010) podem estar relacionadas com a falha ou prejuízos na função neural dos jogadores (Girard; Millet, 2008; Wu et al., 2010; Vergauwen et al., 1998). O comprometimento da função neural pode levar a uma aceleração mais lenta para realização dos movimentos, incapacidade de atingir uma posição ótima para execução dos golpes e na falta de controle da raquete pelo músculo do antebraço (Girard; Millet, 2008). Outro mecanismo que pode estar relacionado com a queda no desempenho no grupo placebo é o aumento de Pi, decorrente da quebra de ATP, que interfere diretamente na excitabilidade do músculo, pois ao se ligar ao Ca^{2+} , diminui o Ca^{2+} disponível para se ligar à troponina C e desempenhar o processo de contração muscular (Girard; Millet, 2008).

Assim como observado no presente trabalho, a alteração dos parâmetros bioquímicos a partir da suplementação com citrato de sódio foi observada em diversos estudos prévios (Parry-Billings; MacLaren, 1986; McNaughton, 1990; McNaughton e Cedaro, 1992; Van Montfoort et al., 2004). Van Montfoort et al. (2004), por exemplo, comparou o efeito a suplementação de bicarbonato de sódio, citrato de sódio, lactato de sódio e cloreto de sódio sobre parâmetros bioquímicos e encontrou que, 90 minutos após a suplementação dessas substâncias, o citrato de sódio induziu a um maior aumento da $[\text{HCO}_3^-]$ no sangue ($31,1 \text{ mmol.L}^{-1}$) e maior pH sanguíneo (7,49), quando comparado aos outros suplementos. Porém, quando avaliado o efeito dessas substâncias sobre o desempenho de corrida até a exaustão, o grupo que recebeu citrato de sódio teve o menor tempo até a exaustão (78,2 segundos) comparado aos

demaís, enquanto o grupo suplementado com bicarbonato de sódio teve maior tempo até a exaustão (82,3 segundos).

Apesar de alterar os parâmetros bioquímicos, ainda não existe elucidação na literatura sobre os motivos pelos quais o citrato de sódio não demonstra efeito positivo sobre parâmetros específicos avaliados em algumas modalidades (Oopik et al., 2008; Van Montfoort et al., 2004; Van Someren et al., 1998), conforme observado por Van Montfoort et al. (2004) e no presente trabalho (capacidade de *sprints* – RSA e total de golpes – LTST).

Van Montfoort et al. (2004) sugerem que o desempenho está, em partes, limitado ao pH intracelular. Entretanto, ao analisar os valores de pH extracelular, os autores afirmam que este não reflete o valor do pH intracelular. Além disso, ainda não se sabe o mecanismo pelo qual o citrato de sódio atua em nível intracelular. Existem especulações antigas de que o citrato de sódio atuaria inibindo o sítio alostérico da enzima fosfofrutoquinase (PFK), e, conseqüentemente, inibindo a glicólise e a produção de energia intramuscular, o que pode ser um fator limitante deste suplemento (Kemp et al., 1983; Kowalchuk et al., 1989; Horswill et al., 1995).

Existem especulações na literatura acerca da relação do pH com a instalação da fadiga neural, porém, mais estudos são necessários para confirmar esta hipótese (Ono et al., 1990; Hunter et al., 2009; Wu et al., 2010). Hunter et al. (2009) foram os pioneiros em avaliar o efeito da suplementação de bicarbonato de sódio sobre a velocidade de condução de sinal pela fibra muscular *in vivo* durante exercício isométrico e encontraram que a alcalose induzida pelo NaHCO_3 levou a um aumento da velocidade de condução da fibra muscular a qual pode estar associada com uma redução da taxa de declínio da força, indicando melhor resistência à fadiga. Assim, a diminuição do pH oriunda da ingestão citrato de sódio também poderia estar relacionada, além do efeito a nível periférico como explanado acima, com a redução da taxa de declínio da força pelo aumento da velocidade do impulso pela fibra muscular, uma vez que a suplementação de citrato de sódio foi capaz de prevenir o declínio das habilidades específicas no Tênis, observado por meio dos resultados de consistência dos golpes. Ainda é possível especular que a atenuação do declínio da consistência

induzida pela suplementação de citrato de sódio poderia ter contribuído para o maior número de *games* vencidos. Essa hipótese precisa ser melhor investigada em estudos futuros.

Apesar dos estudos apresentarem diferentes protocolos visando mimetizar as demandas de uma partida real, Hornery et al. (2007) em sua revisão, sugerem que a quantificação das demandas de uma partida de Tênis, bem como as habilidades e implicações no desempenho, são de difíceis replicabilidade em estudos científicos, uma vez que essa modalidade tem uma característica multifatorial importante. Dentre os estudos que avaliaram partidas em condições reais (O'Donoghue e Ingram, 2001; Fernandez-Fernandez et al., 2007; Mendez-Villanueva et al., 2007; Reid e Duffied, 2014), observa-se apenas a avaliação de dados descritivos, como por exemplo duração dos pontos, número de rebatidas por ponto e comparação em diferentes superfícies. Ou seja, nenhum estudo experimental intervencional tem sido desenvolvido neste ambiente, em função dos prejuízos que pode acarretar para o desempenho dos jogadores durante partidas competitivas (Hornery et al., 2007). Horney et al. (2007), sugerem que além da dificuldade em replicar os estudos em condições reais, o uso de máquinas de lançar bolas utilizadas na maioria dos trabalhos que tentam quantificar o desempenho no Tênis, reduz a variabilidade e a padronização da avaliação das habilidades nestes testes, removendo todos os processos cognitivos que podem ser normalmente associados com a execução dos golpes.

Embora alguns estudos reportem que a suplementação de citrato de sódio não está associada com o aparecimento de desconforto gastrointestinal (Oster et al., 1988; Avedisan, 1996; Requena et al., 2005), há trabalhos que corroboram com os resultados encontrados no presente estudo (Potteiger et al., 1996; Van Someren et al., 1998; Shave et al., 2001), demonstrando desconforto discreto no trato gastrointestinal mediante a suplementação de citrato de sódio.

Uma relação direta entre a ocorrência de efeitos deletérios e a dose do suplemento alcalótico utilizado parece existir, apesar de elevadas doses dessas substâncias serem necessárias para induzir a modificação sobre o estado ácido-básico do organismo (McNaughton, 1990). Estes sintomas de desconforto no trato

gastrointestinal podem ocorrer devido a um aumento do esvaziamento gástrico após a ingestão de agentes alcalóticos (Oster et al., 1988). Outra hipótese é a de que o consumo desses compostos gere um aumento da osmolalidade do trato gastrointestinal e a água pode ser deslocada do plasma para o intestino para neutralizar a hipertonicidade gerada por essas substâncias alcalinizantes, levando a um desconforto abdominal (Linderman e Gosselink, 1994). Além disso, acredita-se que a elevada quantidade de cápsulas ingeridas pelos participantes, em função da dose, pode ter sido um fator limitante, que contribui para aparecimento dos desconfortos gastrointestinais reportados pelos participantes do estudo.

5. Conclusão

A suplementação de citrato de sódio promoveu alteração dos parâmetros bioquímicos dos jogadores (excesso de base, $[\text{HCO}_3^-]$, $[\text{La}]$ e pH). O citrato de sódio foi capaz de prevenir o declínio das habilidades específicas no Tênis, observada por meio dos resultados de consistência dos golpes, além de aumentar o número de *games* vencidos na simulação da partida.

REFERÊNCIAS

Ainsworth BE, Haskell WL, Leon AS, Jacobs DR Jr, Montoye HJ, et al. Compendium of physical activities: classification of energy costs of human physical activities. *Med Sci Sports Exerc.* 1993, Jan; 25(1): 71-80.

Artioli GG, Gualano B, Coelho DF, Benatti FB, Gailey AW, et al. Does sodium-bicarbonate ingestion improve simulated judô performance? *Int J of Sport Nutr Exerc Metab.* 2007, Apr; 17(2):206-217.

Avedisan L. The effect of selected buffering agents on performance in the competitive 1600 meter run. Doctoral thesis, University of Oregon, Eugene, 1996.

Bergeron MF, Maresh CM, Kraemer WJ. Tennis: a physiological profile during match play. *Int J Sports Med.* 1991, Oct; 12(5):474-479.

Bishop D, Edge C, Davis C, Goodman C. Induced metabolic alkalosis affects muscle metabolism and repeated-sprint ability. *Med Sci Sports Exerc.* 2004, May; 36(5):807-813.

Borg E, Kaijser L. A comparison between three rating scales for perceived exertion and two different work tests. *Scand J Med Sci Sports.* 2006, 16: 57-69.

Bovenschen HJ, Janssen MJR, Van Oijen MGH, Laheij, RJF, Van Rossum LGM, Jansen JBMJ. Evaluation of a Gastrointestinal Symptoms Questionnaire. *Dig Dis Sci.* 2006; 51:1509-1515.

Carr AJ, Slater GJ, Gore CJ, Dawson B, Burke LM. Effect of sodium bicarbonate on $[\text{HCO}_3^-]$, pH and gastrointestinal symptoms. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2011, Jun; 21(3):189-194.

Carr BM, Webster MJ, Boyd JC, Hudson GM, Scheett TP. Sodium bicarbonate supplementation improves hypertrophy-type resistance exercise performance. *Eur J Appl Physiol*, 2013, Mar; 113(3):743-752.

Dascombe BJ, Reaburn PR, Siroc AC, Coutts AJ. The reliability of the i-STAT clinical portable analyser. *J Sci Med Sport*. 2007, Jun; 10(3):135-140.

Davey PR, Thorpe RD, Williams C. Fatigue decreases skilled tennis performance. *J Sports Sci*. 2002, Apr; 20(4):311-318.

Davey PR, Thorpe RD, Williams C. Simulated tennis matchplay in a controlled environment. *J Sports Sci*. 2003, Jun; 21(6):459-467.

Fernandez-Fernandez J, Mendez-Villanueva A, Fernandez-Garcia B, Terrados N. Match activity and physiological responses during a Junior female singles tennis tournament. *Br J Sports Med*. 2007, Nov; 41(11):711-716.

Fernandez-Fernandez J, Zimek R, Wiewelhove T, Ferrauti A. High-Intensity interval training vs. Repeated-sprint training in tennis. *J Strength Cond Res*. 2012, Jan; 26(1):53-62.

Ferrauti A, Bergeron MF, Pluim BM, Weber K. Physiological responses in tennis and running with similar oxygen uptake. *Eur J Appl Physiol*. 2001, Jul; 85(1-2):27-33.

Fitts RH. Cellular mechanisms of muscle fatigue. *Physiol Rev*. 1994, Jan; 74(1):49-94.

Foster C, Florhaug JA, Franklin J, Gottschall L, Hrovatin LA, Parker S, et al. A new approach to monitoring exercise training. *J Strength Cond Res*. 2001, Feb; 15(1):109-115.

Geschiet D, Cormack S, Reid M, et al. Consecutive days of tennis match play affect physiological and performance responses (TESE). Melbourne, Australia: Australian Catholic University, 2013.

Girard O, Millet GP. Neuromuscular fatigue in racquet sports. *Neurol Clin.* 2008, Feb; 26(1):181-194.

Harris RC, Edwards RH, Hultman E, Nordesjo LO, Nylind B, Sahlin K. The time course of phosphoryl-creatine resynthesis during recovery of the quadriceps muscle in man. *Pflugers Arch.* 1976; 367:137-142.

Hornery DJ, Farrow D, Mujika I, Young W. Fatigue in Tennis: Mechanisms of fatigue and effect on performance. *Sports Med.* 2007; 37(3):199-212.

Horswill CA. Effects of bicarbonate, citrate and phosphate loading on performance. *Int J Sport Nutr.* 1995, Jun; 5 Suppl:S111-S119.

Hunter AM, De Vito G, Bolger C, Mullany H, Galloway SDR. The effect of induced alkalosis and submaximal cycling on neuromuscular response during sustained isometric contraction. *J Sports Sci.* 2009, Oct; 27(12):1261-1269.

Katz A, Costill DL, King DS, Hargreaves M, Fink WJ. Maximal exercise tolerance after induced alkalosis. *Int J Sports Med.* 1984, Apr; 5(2):107-110.

Kemp RJ, Foe LG. Allosteric regulatory properties of muscle phosphofructokinase. *Mol Cell Biochem.* 1983; 57:147-154.

Kovacs, MS. Tennis physiology: training the competitive athlete. *Sports Med.* 2007; 37(3):189-198.

Kowalchuk JM, Stephen A, Yamaji K, Hughson R. The effect of citrate loading on exercise performance, acid-base balance and metabolism. *Eur J Appl Physiol.* 1989; 58:858-864.

Linderman MI, Gosselink KL. The effects of sodium bicarbonate ingestion on exercise performance. *Sports Med.* 1991, 18:75-80.

McArdle WD, Katch FI, Katch VL. *Fisiologia do exercício: nutrição, energia e desempenho humano.* 7 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 2011. 1061p.

McNaughton L. Sodium citrate and anaerobic performance: implications of dosage. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1990; 61(5-6):392-397.

McNaughton L, Cedaro R. Sodium citrate ingestion and its effects on maximal anaerobic exercise on different durations. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1992; 64(1):36-41.

Mendez-Villanueva A, Fernandez-Fernandez J, Bishop D, Fernandez-Fernandez B, Terrados N. Activity patterns, blood lactate concentrations and ratings of perceived exertion during a Professional singles tennis tournament. *Br J Sports Med.* 2007, May; 41(5):296-300.

Noakes TD. Physiological models to understand exercise fatigue and the adaptations that predict or enhance athletic performance. *Scand J Med Sci Sports.* 2000, Jun; 10(3):123-145.

O'Donohue P, Ingram B. A notational analysis of elite tennis strategy. *J Sports Sci.* 2001, Feb; 19(2):107-115.

Ono K, Nagano O, Ohta Y, Kosaka F. Neuromuscular effects of respiratory and metabolic acid-base changes in vitro with and without nondepolarizing muscle relaxants. *Anesthesiology*. 1990, 73:710-716.

Oopik V, Timpmann S, Kadak K, Medijainen L, Karelson K. The effects of sodium citrate on metabolism and 1500m racing time in trained female runners. *J Sports Sci Med*. 2008, Mar; 7(1):125-131.

Oster JR, Stemmer CL, Perez GO, Vaamode VA. Comparison of the effects of sodium bicarbonate versus sodium citrate on renal excretion. *Miner Electrolyte Metab*. 1988, 14:97-102.

Parry-Billings M, McLaren DP. The effect of sodium bicarbonate and sodium citrate ingestion on anaerobic power during intermittent exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1986; 55(5):524-529.

Potteiger JA, Nickel GL, Webster MJ, Haub MD, Palmer RJ. Sodium citrate ingestion enhances 30km cycling performance. *Int J Sports Med*. 1996, Jan; 17(1):7-11.

Reid M, Duffield R. The development of fatigue during match-play tennis. *Br J Sports Med*, 2014, Mar; 48:i7-i11.

Requena B, Zabala M, Padial P, Feriche B. Sodium bicarbonate and sodium citrate: ergogenic aids? *J Strength Cond Res*. 2005, Feb; 19(1):213-224.

Silva AEL, Oliveira FR, Gevaerd MS. Mecanismos de fadiga durante o exercício físico. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum*. 2006; 8(1):105-113.

Siegler JC, Hirscher K. Sodium bicarbonate ingestion and boxing performance. *J Strength Con Res*. 2010, 24(1):103-108.

St Clair Gibson A, Baden DA, Lambert MI, Lambert EV, Harley YXR, Hampson D, et al. The conscious perception of the sensation of fatigue. *Sports Med.* 2003; 33(3):167-176.

Shave RG, Whyte A, Siemann A, Daggart I. The effect of sodium citrate ingestion on 3.000 meter time trial performance. *J Strength Cond Res.* 2001, May;15(2):230-234.

Van Montfoort MCE, Van Dieren L, Hopkins WG, Shearman JP. Effects of ingestion of bicarbonate, citrate, lactate and chloride on sprint running. *Med Sci Sports Exerc.* 2004, Jul; 36(7):1239-1243.

Van Someren K, Fulcher K, McCarthy J, Moore J, Horgan G, Langford R. An investigation into the effects of sodium citrate ingestion on high-intensity performance. *Int J Sports Nut.* 1998, 8:356-363.

Vergauwen L, Spaepen AJ, Lefevre J, Hespel P. Evaluation of stroke performance in tennis. *Med Sci Sports Exerc.* 1998, Aug; 30(8):1281-1288.

Wilkes D, Gledhill N, Smyth R. Effect of acute induced metabolic alkalosis on 800-m racing time. *Med Sci Sports Exerc.* 1983; 15(4):277-280.

Wu C, Shih M, Yang C, Huang M, Chang C. Sodium bicarbonate supplementation prevents skilled tennis performance decline after a simulated match. *J Int Soc Sports Nutr.* 2010, Oct; 7:33-37.

4. Discussão geral

Os principais resultados encontrados no Capítulo 1 - “Caracterização das demandas fisiológicas associadas às diferentes rotinas de treinamento”, indicaram que rotinas de treinamento mais longas (sete e dez rebatidas por ponto) induziram maior resposta fisiológica quando comparada à rotinas mais curtas (duas e quatro rebatidas). Foram observadas ao final das rotinas de treinamento, com sete e dez rebatidas, maior [La] sanguíneo, aumento da FC e maior escore na escala de PSE ao final do sexto ponto, quando comparadas com o início das mesmas rotinas (final do primeiro ponto). A caracterização das respostas fisiológicas dos jogadores durante as sessões de treinamento e competições é importante para entender as exigências de cada situação e, mimetizar nos treinamentos demandas semelhantes as de partidas reais (Muller et al., 2000).

O aumento da PSE durante as rotinas de treinamento, acompanhou o aumento das variáveis fisiológicas ([La] e FC) com a progressão dos pontos e a medida que o número de rebatidas por ponto aumentava durante as rotinas. Ou seja, o esforço percebido pelo atleta durante as rotinas de treinamento refletiu o estresse interno gerado pelo exercício. O aumento da FC e da PSE no sexto ponto foi observado para rotinas com sete e dez rebatidas por ponto, enquanto a [La] apresentou-se aumentada já no terceiro ponto das rotinas com sete e dez rebatidas por ponto. Esses achados indicam a participação da via glicolítica principalmente em pontos mais longos com número elevado de rebatidas (maior que 10).

Sabe-se que o metabolismo anaeróbio láctico (via glicolítica), recrutado para a realização de movimentos de alta intensidade e curta duração durante a partida, como realização de golpes e rápidas mudanças de direção na quadra, produzem como subproduto íons H^+ e lactato (McArdle; Katch; Katch, 2011). O acúmulo de íons H^+ , subproduto tanto do metabolismo anaeróbio quanto da degradação de moléculas de ATP, é responsável por reduzir o pH intramuscular e sanguíneo (Ferrauti et al., 2001; Silva; Oliveira; Gevaerd, 2006), que por sua vez, impacta negativamente em diversos

mecanismos intra e extracelulares, levando à instalação de fadiga e queda no desempenho dos jogadores.

Os achados reportados no Capítulo 1 reforçam a hipótese de que o uso de substâncias tamponantes, como o citrato de sódio, poderia atuar neutralizando o excesso de íons H^+ gerado pelos esforços repetitivos de alta intensidade, como subproduto da via glicolítica, retardando a instalação da fadiga nos jogadores de Tênis.

A partir dos resultados do Capítulo 2, observou-se que a suplementação de citrato de sódio foi capaz de alterar os parâmetros bioquímicos (excesso de base, $[HCO_3^-]$, pH e $[La]$), sendo, portanto, um agente com potencial tamponante. A suplementação de citrato de sódio também influenciou de maneira positiva ($p < 0,05$) a consistência dos golpes analisados pelo teste de habilidades específicas no Tênis (LTST), após a simulação de uma partida, bem como no número de *games* vencidos, durante a simulação da partida de 60 minutos. Em contrapartida, não foi encontrada diferença significativa ($p > 0,05$) entre os grupo placebo e citrato no teste de *performance* física (RSA) realizado antes e após a simulação da partida. A exatidão dos golpes mensurada pelo teste LTST também não apresentou diferença significativa ($p > 0,05$) entre os grupos. Entretanto, foi encontrada uma tendência de melhora na exatidão no grupo suplementado com citrato de sódio ($p = 0,06$) após a simulação da partida.

Os resultados encontrados no presente estudo corroboram com o estudo de Wu et al. (2010), que também observou melhora da consistência dos golpes dos tenistas, quando suplementados com bicarbonato de sódio. Esses achados prévios sugerem que a suplementação de bicarbonato de sódio foi capaz de prevenir o declínio de habilidades específicas após uma simulação de partida (Wu et al., 2010).

5. Conclusão geral

O presente trabalho apresenta as seguintes conclusões:

- Rotinas de treinamento com sete e dez rebatidas por ponto induzem respostas associadas ao nível de estresse com maior magnitude ao observado nas rotinas mais curtas (duas e quatro rebatidas);
- A suplementação de citrato de sódio promoveu alteração nos parâmetros bioquímicos dos atletas (excesso de base, $[\text{HCO}_3^-]$, $[\text{La}]$ e pH);
- Os parâmetros bioquímicos alterados pela suplementação de citrato de sódio não refletiram em melhora no desempenho dos tenistas na partida (somatório de *games* vencidos) e na PSE;
- O citrato de sódio foi capaz de prevenir o declínio das habilidades específicas no Tênis, observada por meio dos resultados de consistência dos golpes após a simulação da partida e número de *games* vencidos durante a simulação da partida.

REFERÊNCIAS

Allen DG, Lamb GD, Westerblad H. Skeletal muscle fatigue: cellular mechanisms. *Physiol Rev.* 2008, Jan; 88(1):287-332.

Aoki MS, Bacurau RFP. *Nutrição no esporte*. 1ed. Rio de Janeiro: Casa da Palavra, 2012, v.1, 158p.

Artioli GG, Gualano B, Coelho DF, Benatti FB, Gailey AW, et al. Does sodium-bicarbonate ingestion improve simulated judô performance? *Int J of Sport Nutr Exerc Metab.* 2007, Apr; 17(2):206-217.

Bailey SP, Davis JM, Ahlborn EN. Neuroendocrine and substrate responses to altered brain 5-HT activity during prolonged exercise to fatigue. *J Appl Physiol.* 1993, Jun;74(6):3006-3012.

Bergeron MF, Maresh CM, Kraemer WJ. Tennis: a physiological profile during match play. *Int J Sports Med.* 1991, Oct; 12(5):474-479.

Bergeron MF, Maresh CM, Armstrong LE, Signoule JF, Castellani JN, Kenefick RW, et al. Fluid-electrolyte balance associated with tennis match play in a hot environment. *Int J Sport Nutr.* 1995, Sep; 5(3):180-193.

Bertuzzi RCM, Franchini E, Kiss MAPD. Fadiga muscular aguda: uma breve revisão dos sistemas fisiológicos e suas possíveis relações. *Motriz.* 2004, Jan; 10(1):45-54.

Bishop D, Edge C, Davis C, Goodman C. Induced metabolic alkalosis affects muscle metabolism and repeated-sprint ability. *Med Sci Sports Exerc.* 2004, May; 36(5):807-813.

Borg B. Borg's perceived exertion and pain scales. Champaign: Human Kinetics, 1998, 104p.

Buskirk ER. The emergence of exercise physiology in physical education. In: Brooks GA, ed. Perspectives on the academic discipline of physical education. Champaign, IL: Human Kinetics, 1981

Carr AJ, Hopkins WG, Gore CJ. Effects of acute alkalosis and acidosis on performance: a meta-analysis. Sports Med, 2011a, Oct; 41(10):801-814.

Carr AJ, Slater GJ, Gore CJ, Dawson B, Burke LM. Effect of sodium bicarbonate on $[\text{HCO}_3^-]$, pH and gastrointestinal symptoms. Int J Sport Nutr Exerc Metab, 2011b, Jun; 21(3):189-194.

Carr BM, Webster MJ, Boyd JC, Hudscot GM, Scheett TP. Sodium bicarbonate supplementation improves hypertrophy-type resistance exercise performance. Eur J Appl Physiol, 2013, Mar; 113(3):743-752.

Cooke K, Davey PR. Tennis ball diameter: the effect on performance and the concurrent physiological responses. J Sports Sci, 2005, Jan; 23(1):31-39.

Christmass MA, Richmond SE, Cable NT, Arthur PG, Hartmann PE. Exercise intensity and metabolic response in single tennis. J Sports Sci. 1998, Nov; 16(8):739-747.

Davey PR, Thorpe RD, Williams C. Fatigue decreases skilled tennis performance. J Sports Sci. 2002, Apr; 20(4):311-318.

Davey PR, Thorpe RD, Williams C. Simulated tennis matchplay in a controlled environment. J Sports Sci. 2003, Jun; 21(6):459-467.

Davis JM, Bailey SP. Possible mechanisms of central nervous system fatigue during exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 1997, Jan; 29(1):45-57.

Davis JM. Carbohydrates, branched-chain aminoacids and endurance: the central fatigue hypothesis. *Int J Sport Nutr.* 1995, Jun; 5 Suppl:S29-38.

Ducker KJ, Dawson B, Wallman KE. Effect of beta-alanine supplementation on 800-m running performance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2013, Dec; 23(6):554-561.

Duthie G, Pyne D, Hooper S. Applied physiology and game analysis of rugby union. *Sports Med.* 2003; 33(13):973-991.

Edge J, Bishop D, Goodman C. The effects of training intensity on muscle buffer capacity in females. *Eur J Appl Physiol.* 2006, Jan; 96(1):97-105.

Eijnde BO, Vergauwen L, Hespel P. Creatine loading does not impact on stroke performance in tennis. *Int J Sports Med.* 2001, Jan; 22(1):76-80.

Enoka RM, Stuart DG. Neurobiology of muscle fatigue. *J Appl Physiol.* 1992, May, 72(5):1631-1648.

Fernandez J, Mendez-Villanueva A, Pluim BM. Intensity of tennis match play. *Br J Sports Med.* 2006, May; 40(5):387-391.

Fernandez-Fernandez J, Mendez-Villanueva A, Fernandez-Garcia B, Terrados N. Match activity and physiological responses during a Junior female singles tennis tournament. *Br J Sports Med.* 2007, Nov; 41(11):711-716.

Fernandez-Fernandez J, Sanz-Rivas D, Sanchez-Muñoz C, Pluim BM, Tiemessen I, Mendez-Villanueva A. A comparison of the activity profile and physiological demands

between advanced and recreational veteran tennis players. *J Strength Cond Res.* 2009, Mar; 23(2):604-610.

Fernandez-Fernandez J, Zimek R, Wiewelhove T, Ferrauti A. High-Intensity interval training vs. Repeated-sprint training in tennis. *J Strength Cond Res.* 2012, Jan; 26(1):53-62.

Ferrauti A, Bergeron MF, Pluim BM, Weber K. Physiological responses in tennis and running with similar oxygen uptake. *Eur J Appl Physiol.* 2001, Jul; 85(1-2):27-33.

Fitts RH. Cellular mechanisms of muscle fatigue. *Physiol Rev.* 1994, Jan; 74(1):49-94.

Geschiet D, Cormack S, Reid M, et al. Consecutive days of tennis match play affect physiological and performance responses (TESE). Melbourne, Australia: Australian Catholic University, 2013.

Girard O, Lattier G, Micallef JP, Millet GP. Changes in exercise characteristics, maximal voluntary contraction, and explosive strength during prolonged tennis playing. *Br J Sports Med.* 2006, Jun; 40(6):521-526.

Girard O, Racinais S, Micallef JP, Millet G. Changes in motoneuron pool excitability during prolonged tennis playing. *Med Sci Sports Exerc.* 2007, Jun; 39(5):S434.

Girard O, Millet GP. Neuromuscular fatigue in racquet sports. *Neurol Clin.* 2008, Feb; 26(1):181-194.

Harris RC, Tallon MJ, Dunnett M, Boobis L, Coakley J, Kim HJ, et al. The absorption of orally supplied β -alanine and its effect on muscle carnosine synthesis in human vastus lateralis. *Amino Acids.* 2006, May; 30(3):279-289.

Hobson RM, Saunders B, Ball G, Harris RC, Sale C. Effects of β -alanine supplementation on exercise performance: a meta-analysis. *Amino Acids*. 2012, Jul; 43(1):25-37.

Hoberman JM. The early development of sports medicine in Germany. In: Berryman, J. W.; Park, R. J. eds. *Sport and exercise science*. Urbana: University of Illinois Press, 1992.

Hornery DJ, Farrow D, Mujika I, Young W. Fatigue in Tennis: Mechanisms of fatigue and effect on performance. *Sports Med*. 2007; 37(3):199-212.

Horswill CA. Effects of bicarbonate, citrate and phosphate loading on performance. *Int J Sport Nutr*. 1995, Jun; 5 Suppl:S111-S119.

Katz A, Costill DL, King DS, Hargreaves M, Fink WJ. Maximal exercise tolerance after induced alkalosis. *Int J Sports Med*. 1984, Apr; 5(2):107-110.

Kovacs MS. Applied physiology of tennis performance. *Br J Sports Med*. 2006, May; 40(5):381-386.

Kovacs, MS. Tennis physiology: training the competitive athlete. *Sports Med*. 2007; 37(3):189-198.

Kraemer WJ, Piorkowski PA, Bush JA, Gomez AL, Loebel CC, Volek JS, et al. The effects of NCAA division 1 Intercollegiate Competitive Tennis match play on recovery of physical performance in women. *J Strength Cond Res*. 2000, Aug; 14(3):265-272.

Krustrup P, Mohr M, Steensberg A, Bencke J, Kjaer M, Bangsbo J. Muscle and blood metabolites during a soccer game: implications for sprint performance. *Med Sci Sports Exerc*. 2006, Jun; 38(6):1165-1174.

Lindh AM, Peyrebrune MC, Ingham SA, Bailey DM, Folland JP. Sodium Bicarbonate Improves Swimming Performance. *Int J Sports Med*. 2008, Jun; 29(6):519-523.

Linossier MT, Dormois MB, Gere BR, Geyssant A. Effect of sodium citrate on performance and metabolism of human skeletal muscle during supra maximal cycling exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1997; 76(1):48-54.

Marcora S. Perception of effort during exercise is independent of afferent feedback from skeletal muscles, heart and lungs. *J Appl Physiol*. 2009, Jun, 106(6):2060-2062

Marcora S, Staiano W. The limit to exercise tolerance in humans: mind over muscle? *Eur J Appl Physiol*. 2010a, Jul; 109(4):763-770.

Marcora S, Staiano W. Reply to: What limits exercise during high-intensity aerobic exercise? *Eur J Appl Physiol*. 2010b, Jul; 110:663-664.

McArdle WD, Katch FI, Katch VL. *Fisiologia do exercício: nutrição, energia e desempenho humano*. 7 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 2011. 1061p.

McCartney N, Heigenhauser GJ, Jones NL. Effects of pH on maximal power output and fatigue during short-term dynamic exercise. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*. 1983, Jul; 55(1): 225-229.

McNaughton L. Sodium citrate and anaerobic performance: implications of dosage. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1990; 61(5-6):392-397.

McNaughton L, Cedaro R. Sodium citrate ingestion and its effects on maximal anaerobic exercise on different durations. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1992; 64(1):36-41.

Mendez-Villanueva A, Fernandez-Fernandez J, Bishop D, Fernandez-Fernandez B, Terrados N. Activity patterns, blood lactate concentrations and ratings of perceived exertion during a Professional singles tennis tournament. *Br J Sports Med*. 2007, May; 41(5):296-300.

Muller E, Benko U, Raschner C, Schwameder H. Specific fitness training and testing in competitive sports. *Med Sci Sports Exerc*. 2000, Jan; 32(1):216-220.

Noakes TD. Physiological models to understand exercise fatigue and the adaptations that predict or enhance athletic performance. *Scand J Med Sci Sports*. 2000, Jun; 10(3):123-145.

Noakes TD, St Clair Gibson A. Logical limitations to the “catastrophe” models of fatigue during exercise in humans. *Br J Sports Med*. 2004, Oct; 38(5):648-649.

Noakes TD, St Clair Gibson A, Lambert EV. From catastrophe to complexity: a novel model of integrative central neural regulation of effort and fatigue during exercise in humans. *Br J Sports Med*. 2004, Aug; 38(4):511-514.

Novas AMP, Rowbottom DG, Jenkins DG. A practical method of estimating energy expenditure during tennis play. *J Sci Med Sport*. 2003, Mar; 6(1):40-50.

Nybo L, Nielsen B. Hyperthermia and central fatigue during prolonged exercise in humans. *J Appl Physiol*. 2001, Sep; 91(3):1055-1060.

O'Donoghue P, Ingram B. A notational analysis of elite tennis strategy. *J Sports Sci*. 2001, Feb; 19(2):107-115.

Oopik V, Timpmann S, Kadak K, Medijainen L, Karelson K. The effects of sodium citrate on metabolism and 1500m racing time in trained female runners. *J Sports Sci Med*. 2008, Mar; 7(1):125-131.

Oopik V, Saarements I, Medijainen L, Karelson K, Janson T, Timpmann S. Effects of sodium citrate ingestion before exercise on endurance performance in well trained college runners. *Br J Sports Med*. 2003, Dec; 37(6):485-489.

Painelli VS, Saunders B, Sale C, Harris RC, Solis MY, Roschel H, et al. Influence of training status on high-intensity intermittent performance in response to β -alanine supplementation. *Amino Acids*. 2014, May; 46(5): 1207-1215.

Parry-Billings M, McLaren DP. The effect of sodium bicarbonate and sodium citrate ingestion on anaerobic power during intermittent exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1986; 55(5):524-529.

Portington KJ, Pascoe DD, Webster MJ, Anderson LH, Rutland RR, Gladden LB. Effect of induced alkalosis on exhaustive leg press performance. *Med Sci Sports Exerc*. 1998, Apr; 30(4):523-528.

Potteiger JA, Nickel GL, Webster MJ, Haub MD, Palmer RJ. Sodium citrate ingestion enhances 30km cycling performance. *Int J Sports Med*. 1996, Jan; 17(1):7-11.

Pluim BM, Ferrauti A, Broekhof F, Deutekom M, Gotzmann A, Kuipers H, Weber K. The effects of creatine supplementation on selected factors of tennis specific training. *Br J Sports Med*. 2006, Sep; 40:507-512.

Reid M, Schneiker K. Strenght and conditioning in tennis: current research and practice. *J Sci Med Sport*. 2008, Jun; 11(3):248-256.

Reid M, Duffield R. The development of fatigue during match-play tennis. *Br J Sports Med*, 2014, Mar; 48:i7-i11.

Requena B, Zabala M, Padial P, Feriche B. Sodium bicarbonate and sodium citrate: ergogenic aids? *J Strength Cond Res*. 2005, Feb; 19(1):213-224.

Sahlin K, Alvestrand A, Brandt R, Hultman E. Intracellular pH and bicarbonate concentration in human muscle during recovery exercise. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*. 1978, Sep; 45(3): 474-480.

Santos MM, Gomes RV, Moreira A, Calve T, Santos RC, Capitani CD, et al. Caracterização das demandas físicas e fisiológicas associadas à partida de tênis. *Brazilian Journal of Biomotricity*. 2012; v.6(2):66-76.

Secher NH, Seifert T, Van Lieshout JJ. Cerebral blood flow and metabolism during exercise: implications for fatigue. *J Appl Physiol*. 2008, Jan; 104(1):306-314.

Siegler JC, Hirscher K. Sodium bicarbonate ingestion and boxing performance. *J Strength Cond Res*. 2010, Jan; 24(1):103-108.

Silva AEL, Oliveira FR, Gevaerd MS. Mecanismos de fadiga durante o exercício físico. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum*. 2006; 8(1):105-113.

St Clair Gibson A, Baden DA, Lambert MI, Lambert EV, Harley YXR, Hampson D, et al. The conscious perception of the sensation of fatigue. *Sports Med*. 2003; 33(3):167-176.

Shave RG, Whyte A, Siemann A, Doggart I. The effect of sodium citrate ingestion on 3.000 meter time trial performance. *J Strength Cond Res*. 2001, May;15(2):230-234.

Smeakel G, Von Duvillard SP, Rihacek C, Pokan R, Hofmann P, Baron R, et al. A physiological profile of tennis match play. *Med Sci Sports Exercise*. 2001, Jun; 33(6):999-1005.

Taylor JL, Gandevia SC. A comparison of central aspects of fatigue in submaximal and maximal voluntary contractions. *J Appl Physiol*. 2008, Feb; 104(2):542-550.

Urhausen A, Kullmer T, Schillo C, Kinderman W. Performance diagnostics in tennis. *The German Journal for Sports Medicine*. V.39, p.340-346, 1988

Van Montfoort MCE, Van Dieren L, Hopkins WG, Shearman JP. Effects of ingestion of bicarbonate, citrate, lactate and chloride on sprint running. *Med Sci Sports Exerc*. 2004, Jul; 36(7):1239-1243.

Vergauwen L, Spaepen AJ, Lefevre J, Hespel P. Evaluation of stroke performance in tennis. *Med Sci Sports Exerc*. 1998, Aug; 30(8):1281-1288.

Warren GL, Ingalls CP, Lowe DA, Armstrong RB. Excitation-contraction uncoupling major role in contraction-induced muscle injury. *Exerc Sport Sci Rev*. 2001, Apr; 29(2):82-87.

Webster MJ, Webster MN, Crawford RE, Gladden LB. Effect of sodium bicarbonate ingestion on exhaustive resistance exercise performance. *Med Sci Sports Exerc*. 1993, Aug; 25(8):960-965.

Weston AR, Myburgh KH, Lindsay FH, Dennis SC, Noakes TD, Hawley JA. Skeletal muscle buffering capacity and endurance performance after high-intensity interval training by well-trained cyclists. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1997; 75(1):7-13.

Wilkes D, Gledhill N, Smyth R. Effect of acute induced metabolic alkalosis on 800-m racing time. *Med Sci Sports Exerc*. 1983; 15(4):277-280.

Wright RA. Ability perception and cardiovascular response to behavioral challenge. In: Kofka M, Weary G, Sedek G (eds) Personal control in action: cognitive and motivational mechanisms. 1995, Guilford, New York, 197-232.

Wu C, Shih M, Yang C, Huang M, Chang C. Sodium bicarbonate supplementation prevents skilled tennis performance decline after a simulated match. J Int Soc Sports Nutr. 2010, Oct; 7:33-37.

Zaballa M, Peinado AB, Calderon FJ, Sampedro J, Castillo MJ, Benito PJ. Bicarbonate ingestion has no ergogenic effect on consecutive all out sprint tests in BMX elite cyclist. Eur J Appl Physiol. 2011, Dec; 111(12):3127-3134

ANEXOS

ANEXO A – Parecer Comitê de ética em pesquisa

FACULDADE DE CIENCIAS
MEDICAS - UNICAMP
(CAMPUS CAMPINAS)



Esse risco foi considerado mínimo e, em caso de possíveis desconfortos, o voluntário deverá ser encaminhado ao departamento médico do local em que será realizado o estudo, o qual acompanhará todos os procedimentos da pesquisa. Como benefícios, destaca-se que a suplementação de citrato de sódio deverá influenciar de maneira positiva o desempenho dos atletas sem causar desconforto gastrointestinal.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa encontra-se adequadamente apresentada e definida de forma a não causar riscos aos participantes ou violar questões éticas. Foram feitas as seguintes adequações solicitadas no projeto:

- Houve exclusão de um dos locais propostos para coleta de dados uma vez que não foi obtida manifestação de interesse e intenção de realizar parceria para execução do projeto;
- Apesar de não definida a faixa etária dos sujeitos da pesquisa, o projeto e o termo de consentimento livre esclarecido (TCLE) foram adequados de forma que, aos sujeitos menores de idade, serão os responsáveis legais que deverão assinar o TCLE.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os termos de apresentação obrigatórios estão adequados quanto ao conteúdo. Conforme solicitado, foi apresentada autorização do local onde serão recrutados os sujeitos de pesquisa e realizadas as coletas de amostras e o termo de consentimento livre esclarecido (TCLE) foi adequado de forma que, no caso da participação de sujeitos menores de idade, os responsáveis legais deverão assinar o termo.

Recomendações:

Reitera-se a recomendação de que o TCLE seja elaborado em duas vias, sendo uma retida pelo sujeito da pesquisa ou por seu representante legal e uma arquivada pelo pesquisador; e que o sujeito de pesquisa ou seu representante, quando for o caso, e o pesquisador responsável rubriquem todas as folhas do TCLE, com suas assinaturas na última página do referido termo.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Nada a declarar.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

Aprovado em reunião do colegiado.

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126
Bairro: Barão Geraldo CEP: 13.083-887
UF: SP Município: CAMPINAS
Telefone: (19)3521-8936 Fax: (19)3521-7187 E-mail: cep@fcm.unicamp.br

FACULDADE DE CIENCIAS
MEDICAS - UNICAMP
(CAMPUS CAMPINAS)

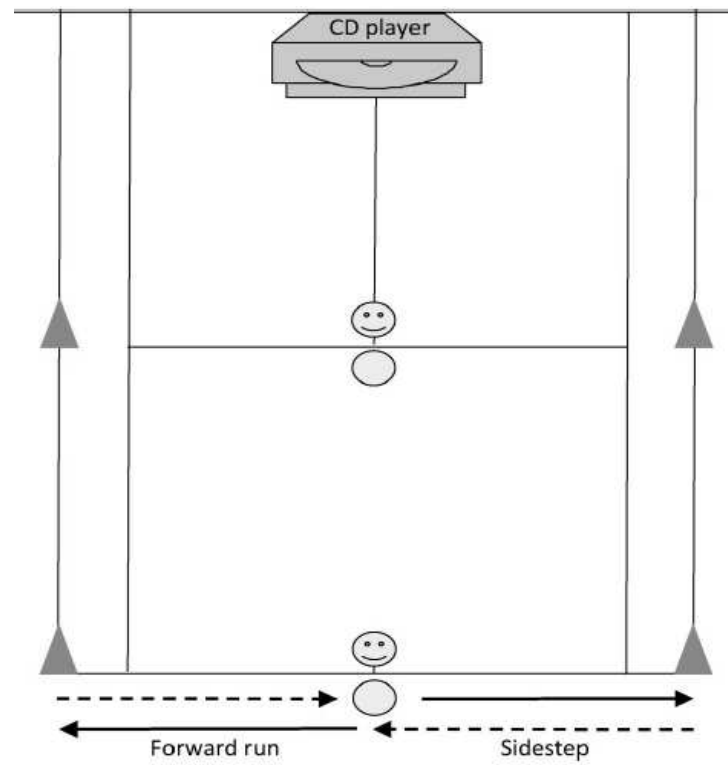


CAMPINAS, 13 de Março de 2013

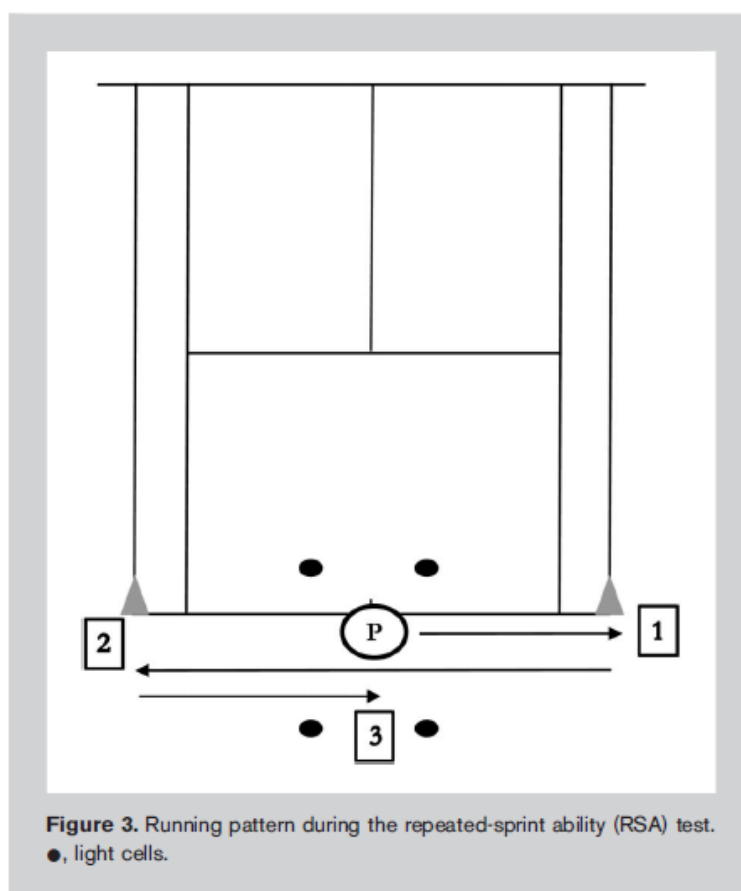
Assinador por:
Fátima Aparecida Bottcher Luiz
(Coordenador)

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126
Bairro: Barão Geraldo CEP: 13.083-887
UF: SP Município: CAMPINAS
Telefone: (19)3521-8936 Fax: (19)3521-7187 E-mail: cep@fcm.unicamp.br

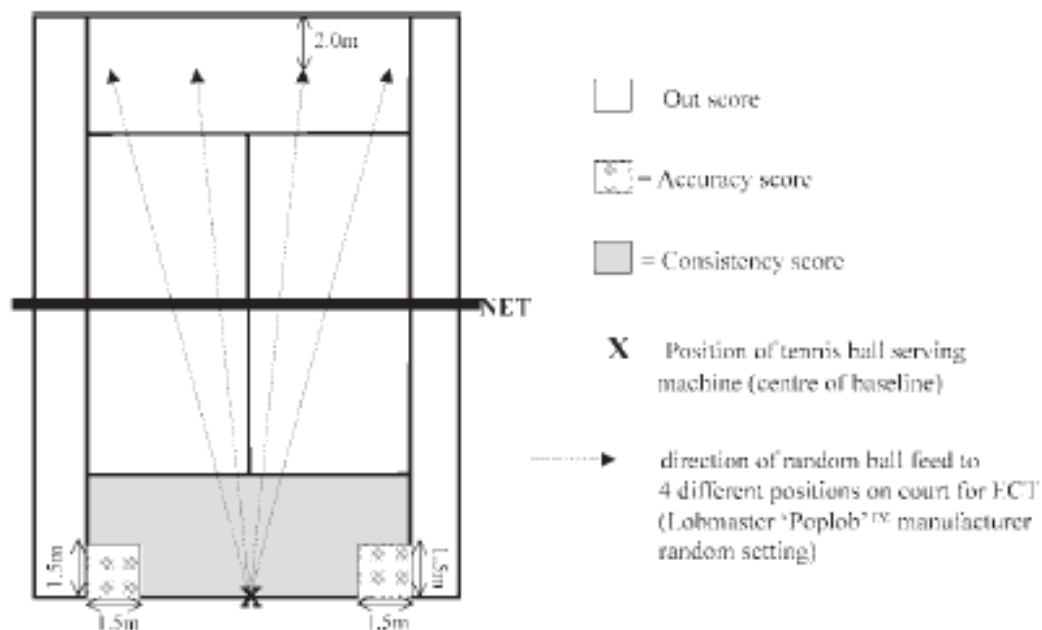
ANEXO B – Figura representativa do *Hit and Turn Tennis Test* (HTTT), proposto por Fernandez-Fernandez et al. (2012)



ANEXO C – Figura representativa do *Repeated Sprint Ability Shuttle Test* (RSA), proposto por Ferrauti et al. (2011)



ANEXO D – Figura representativa do *Loughborough Tennis Skill Test (LTST)*, proposto por Davey et al. (2003)



APÊNDICE

Apêndice A

QUESTIONÁRIO DE SINTOMAS GASTROINTESTINAIS

(Adaptado de Bovenschen et al., 2006)

- COMO VOCÊ ESTÁ SE SENTINDO AGORA? (APÓS a ingestão das cápsulas):

		Nenhuma	Fraca	Moderada	Pouco forte	Severa	Muito severa	Insuportável
1-Dor abdominal								
2-Dor epigástrica								
3- Queimação								
4- Regurgitação								
5-Ruídos abdominais								
6- Inchaço								
7- Sensação de vazio								
8- Náuseas								
9- Vômito								
10- Perda de apetite								

11- Saciedade								
12- Arroto								
13- Flatulência								
14- Dificuldade para engolir	Alimentos líquidos							
	Alimentos sólidos							
15- Hematêmese								
16- Fezes	Normal							
	Endurecida							
	Diarréia							
	Alternando entre sólida e líquida							
	Constipação							
	Com dor							
	Outros							

17- Nos últimos 2 dias, você sentiu um ou mais dos sintomas acima? Quais?

Queimação_____

18- Descreva sua dor abdominal ou dor epigástrica **após** ingestão das cápsulas, marcando a linha abaixo com um “X”, considerando “0” sem queixas e “10” se os sintomas são insuportáveis.

0 _____ 10

Sem queixas

Sintomas insuportáveis

19- Além dos sintomas acima, você sentiu algum outro tipo de desconforto, dor, incomodo, mal estar após a ingestão das cápsulas? (ex. dor de cabeça, tonturas, arritmias cardíacas, fraqueza, sonolência, etc)

1) _____ Marque com X 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

2) _____ Marque com X 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

3) _____ Marque com X 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10