

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA**

LEANDRO RICARDO ALTIMARI

**EFEITO DA INGESTÃO DE CAFEÍNA SOBRE O
DÉFICIT MÁXIMO ACUMULADO DE OXIGÊNIO,
SINAL ELETROMIOGRÁFICO DOS MÚSCULOS
SUPERFICIAIS DO QUADRÍCEPS E
DESEMPENHO FÍSICO DE CICLISTAS**

Campinas
2008

LEANDRO RICARDO ALTIMARI

**EFEITO DA INGESTÃO DE CAFEÍNA SOBRE O
DÉFICIT MÁXIMO ACUMULADO DE OXIGÊNIO,
SINAL ELETROMIOGRÁFICO DOS MÚSCULOS
SUPERFICIAIS DO QUADRÍCEPS E
DESEMPENHO FÍSICO DE CICLISTAS**

Tese de Doutorado apresentada ao
programa de Pós-Graduação da
Faculdade de Educação Física da
Universidade Estadual de Campinas.

Orientador: Antonio Carlos de Moraes

Campinas
2008

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA FEF - UNICAMP

AL79e Altimari, Leandro Ricardo.
Efeito da ingestão de cafeína sobre o déficit máximo acumulado de oxigênio, sinal eletromiográfico dos músculos superficiais do quadríceps e desempenho físico de ciclistas / Leandro Ricardo Altimari. - Campinas, SP: [98p], 2008.

Orientador: Antonio Carlos de Moraes.
Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação Física, Universidade Estadual de Campinas.

1. Cafeína. 2. Oxigênio - consumo. 3. Eletromiografia. 4. Ciclismo. I. Moraes, Antonio Carlos. II. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação Física. III. Título.

(asm/fef)

Título em inglês: Effect of the caffeine ingestion on the maximum accumulated deficit of oxygen, electromyographic signs of the superficial quadriceps muscles and performance in cyclists.

Palavras-chaves em inglês (Keywords): caffeine; maximal accumulated oxygen deficit; electromyography; performance; cyclism.

Área de Concentração: Ciência do Desporto.

Titulação: Doutorado em Educação Física.

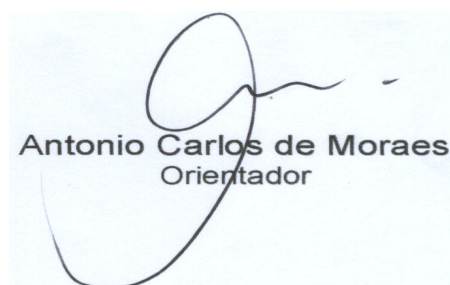
Banca Examinadora: Antonio Carlos de Moraes. Herbert Gustavo Simões. Roberto Carlos Burini. Fabio Yuzo Nakamura. Luiz Eduardo Barreto Martins.

Data da defesa: 31/07/2008.

LEANDRO RICARDO ALTIMARI

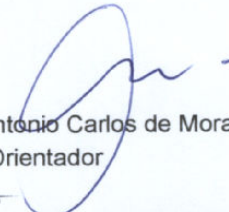
**EFEITO DA INGESTÃO DE CAFEÍNA SOBRE O
DÉFICIT MÁXIMO ACUMULADO DE OXIGÊNIO,
SINAL ELETROMIOGRÁFICO DOS MÚSCULOS
SUPERFICIAIS DO QUADRÍCEPS E
DESEMPENHO FÍSICO DE CICLISTAS**

Este exemplar corresponde à redação final da Tese de Doutorado defendida por Leandro Ricardo Altimari e aprovada pela Comissão julgadora em: 31/07/2008.



Antonio Carlos de Moraes
Orientador

Campinas
2008

COMISSÃO JULGADORA

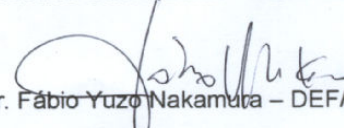
Prof. Pós Dr. Antonio Carlos de Moraes
Orientador



Prof. Dr. Herbert Gustavo Simões – DEF/UCB (Membro Titular)



Prof. Pós Dr. Roberto Carlos Burini – DSP/FM/UNESP Botucatu (Membro Titular)



Prof. Dr. Fábio Yuzo Nakamura – DEF/CEFE/UEL (Membro Titular)



Prof. Dr. Luiz Eduardo Barreto Martins – FEF/UNICAMP (Membro Titular)

Dedicatória

Dedico este trabalho a Deus, pelo cuidado para com minha vida, saúde, proteção, sabedoria e bênçãos concebidas ao longo dessa caminhada.

A minha esposa Juliana Altimari, companheira, meu equilíbrio, grande incentivadora sem a qual nada disso seria possível.

A meu querido filho Kauan Altimari, que tem me ensinado as prioridades na vida, inspiração de sonhos, motivo de entusiasmo e paixão pela vida.

Aos meus pais Geraldo e Neuza Altimari por suas histórias de sucesso na educação dos filhos, diante de todas as adversidades.

Aos meus irmãos André e Leonardo Altimari, pelo incentivo e esforços realizados para que eu concretizasse meus sonhos.

Agradecimentos

Inicialmente, gostaria de agradecer ao meu orientador professor Dr. Antonio Carlos de Moraes que acreditou no meu potencial acadêmico e tem feito parte da minha vida desde então, me oportunizou desfrutar de seu conhecimento, de sua experiência e me acolheu de braços abertos quando o procurei, interessado em seguir a carreira acadêmica.

Ao professor Dr. Edilson Serpeloni Cyrino, incansável incentivador, que admiro e tenho como referência de vida pessoal e profissional, pela orientação, atenção, paciência, dedicação e disposição durante todos os anos desde que nos conhecemos.

Aos professores Dr. Herbert Gustavo Simões, Dr. Roberto Carlos Burini, Dr. Fábio Yuzo Nakamura e Dr. Luiz Eduardo Barreto Martins, os quais tenho grande admiração profissional, e que aceitaram fazer parte da comissão julgadora, contribuindo para a execução dessa Tese.

Aos meus amigos de confraria e de programa de pós-graduação, Alexandre Okano, Eduardo Fontes, Ezequiel Gonçalves, Ricardo Triana, Alexandre Batista, José Dantas, Claudinei Santos, Marcus Machado, Cleiton Libardi, pela amizade cultivada ao longo dos últimos anos e que durante todo o processo foram solidários comigo, além de proporcionar ricos momentos de discussão acadêmica e científica, mas também cômicos e inesquecíveis.

A todos os moradores (Edivaldo, Leite, Gobbo, Ewerton) da república pé vermelho que convivi logo que cheguei a Campinas, pela grande lição de vida.

Agradeço, também, a uma série de pessoas e instituições que viabilizaram a realização deste estudo, as quais me sinto na obrigação de identificar a seguir:

À Faculdade de Educação Física da Universidade Estadual de Campinas e a Fapesp, pelo investimento na minha capacitação profissional.

Ao Fisex - Laboratório de Fisiologia do Exercício da Faculdade de Educação Física da Universidade Estadual de Campinas, coordenado pela professora Dra. Mara Patrícia Traina Chacon-Mikahil que disponibilizou todos os equipamentos necessários para a execução do experimento, sem os quais nada disso seria possível.

Ao LEE - Laboratório de Estudos Eletromiográficos pelo suporte técnico e empenho de seus integrantes na coleta de dados.

Ao professor Emerson Franchini da Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo, que não mediu esforços para me auxiliar no processo de análise das amostras de sangue.

A minha Sogra.....acreditem, Selma de Melo, pelo incentivo e apoio ao longo desses anos que precisei me ausentar de casa em função das viagens necessárias para conclusão desta obra.

Aos atletas que participaram, voluntariamente, como sujeitos deste estudo, objetivo maior de toda minha atividade científica.

ALTIMARI, Leandro R. **Efeito da ingestão de cafeína sobre o déficit máximo acumulado de oxigênio, sinal eletromiográfico dos músculos superficiais do quadríceps e desempenho físico de ciclistas.** 2008. 98f. Tese (Doutorado em Educação Física) - Faculdade de Educação Física. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

RESUMO

O propósito do presente estudo foi investigar o efeitos da ingestão de cafeína (6 mg.kg^{-1}) sobre o desempenho físico e mecanismos associados à fadiga de ciclistas em esforços supramáximos.

Fizeram parte do estudo dez ciclistas com idade média de $27,5 \pm 4,1$ anos e tempo médio de prática na modalidade de $9,8 \pm 4,7$ anos. Os indivíduos foram submetidos a diferentes situações experimentais: 1) Determinação do consumo de oxigênio de pico ($\text{VO}_{2\text{pico}}$) e limiar ventilatório (LV_2); 2) Determinação da demanda acumulada de oxigênio (DEO_2) (4 sessões de exercício submáximo - 60, 70, 80 e 90% do $\text{VO}_{2\text{pico}}$), e 3) Teste retangular supramáximo (110% do $\text{VO}_{2\text{pico}}$) para determinação do MAOD realizado em duas situações distintas (CAF - cafeína e PL - placebo/maltodextrina) aleatoriamente, em sistema duplo cego, com no mínimo 72 horas de intervalo entre os testes. Os sujeitos foram submetidos a mensuração de parâmetros antropométricos e anamnese nutricional para determinação do hábito alimentar. Os sinais EMG foram coletados durante o teste retangular supramáximo (MAOD). O esforço percebido utilizando a escala de 6-20 pontos de Borg (1982) foi reportado a cada 30s de exercício no teste retangular supramáximo (MAOD). A concentração de lactato sanguíneo foi analisada em repouso (-60 min), imediatamente antes (0 min) e após (1, 3, 5, 7 e 10 min) o teste de MAOD nas condições CAF e PL. Os resultados demonstraram que o tempo de exaustão, a DEAO_2 e o MAOD foram significativamente maiores na condição CAF comparada a PL ($P < 0,05$). Não foram constatadas diferenças significantes na atividade EMG (RMS) dos músculos VL, VM, RF e QF integrados entre as condições CAF e PL em todos os períodos de tempo analisados ($P > 0,05$). Quando comparado os *slopes* de FM dos músculos VL, VM, RF e QF integrados entre as condições CAF e PL estes se mostraram significativamente menores para ambos os músculos na condição CAF ($P < 0,05$). O *slope* da PSE foi significativamente maior na condição CAF comparado a PL ($P < 0,05$). Entretanto, o y-intercepto apresentou valor significativamente menor na condição CAF comparado a PL ($P < 0,05$). Vale ressaltar que o valor de PSE inicial (30 s) medido durante o teste de MAOD na condição CAF foi significativamente menor comparado a PL ($P < 0,05$). Não foram constatadas diferenças significantes nas concentrações de lactato sanguíneo entre as condições CAF e PL ($P > 0,05$). Podemos concluir que a ingestão de cafeína (6 mg.kg^{-1}) melhorou o desempenho anaeróbio pela atenuação da taxa de fadiga muscular causada por provável aumento na velocidade da condução dos impulsos nervosos para as fibras musculares.

Palavras-chaves: cafeína, déficit máximo acumulado de oxigênio, eletromiografia, desempenho físico, ciclismo.

ALTIMARI, Leandro R. **Effect of the caffeine ingestion on the maximum accumulated deficit of oxygen, electromyographic signs of the superficial quadriceps muscles and performance in cyclists**. 2008. 98f. Tesis (Doutorado in Physical Education) - Faculdade de Educação Física. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the effects of the caffeine ingestion (6 mg.kg^{-1}) on performance and mechanisms associated with the fatigue of cyclists in efforts supramaximum. Ten cyclists (age 27.5 ± 4.1 years; cycling experience 9.8 ± 4.7 years) were submitted to different experimental situations: 1) determination of the peak oxygen consumption (VO_2pico) and ventilatory threshold (LV); 2) Determination of the accumulated oxygen demand (DEO_2) (4 sessions of submaximum exercise - 60, 70, 80 and 90% of VO_2pico), and 3) Supramaximum constant load test (110% of VO_2pico) for determination of MAOD accomplished randomized in two different situations (CAF - caffeine and PL - placebo/maltodextrine), in double blind way, with an interval among tests with at least 72 hours. The subjects were submitted to anthropometric measurement and nutritional anamnesis for determination of the eating habits. The EMG signs were collected during the supramaximum constant load test (MAOD). The ratings of perceived exertion (PSE) were acquired using the 6-20 Borg scale (1982) being reported at each 30s of exercise during MAOD test. The blood lactate was analyzed in rest (-60 min), immediately before (0 min) and after (1, 3, 5, 7 and 10 min) during the MAOD test at CAF and PL conditions. The results demonstrated that the time of exhaustion, DEAO_2 and MAOD were significantly larger in CAF than in PL condition ($P < 0.05$). Significant differences were not verified in the EMG activity (RMS) from Vastus Lateralis (VL), Vastus Medialis (VM), Rectus Femoris (RF) and integrated Quadriceps Femoris (QF) muscles among CAF and PL conditions during all of the analyzed periods ($P > 0.05$). When compared the mean power frequency (MPF) slopes of the muscles VL, VM, RF and QF integrated among the conditions CAF and PL these smaller significantly were shown for both muscles in the condition CAF ($P < 0.05$). The PSE slope was significantly higher during CAF when compare to PL condition ($P < 0.05$). However, the y-intercept presented significantly smaller value in CAF than in PL condition ($P < 0.05$). It is worthwhile to highlight that the initial value of PSE (30 s) measured during the MAOD test during CAF condition was significantly smaller than PL ($P < 0.05$). No significant differences were verified in the blood lactate concentrations between CAF and PL conditions ($P > 0.05$). It is possible to conclude that caffeine ingestion (6 mg.kg^{-1}) improved anaerobic performance with the reduction of the rate of muscle fatigue, which could be explained by an increase in the firing rate of the neural impulse to muscles fibers.

Keywords: caffeine, maximum accumulated oxygen deficit, electromyography, performance, cycling.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Valores de eletromiografia integrada referentes aos músculos vasto medial (VM), vasto lateral (VL) e reto femoral (RF) em cicloergômetro em diferentes condições.....	20
Figura 2 - Ângulo e recrutamento dos músculos vasto medial (VM), vasto lateral (VL) e reto femoral (RF) em cicloergômetro	22
Figura 3 - Estudos que constataram ou não efeitos ergogênicos da cafeína sobre o desempenho físico em exercícios aeróbios e anaeróbios.....	27
Figura 4 - Diferentes dosagens de cafeína utilizadas nos estudos que constataram ou não efeitos ergogênicos da cafeína sobre o desempenho físico em exercícios aeróbios e anaeróbios.....	28
Figura 5 - Ciclossimulador modelo CompuTrainer DYNAFIT™	37
Figura 6 - A) Sistema de ergoespirometria, B) Seringa de calibração Hans Rudolf 5530.....	38
Figura 7 - Identificação do LV1 e LV2 de acordo com VE/VO ₂ e VE/VCO ₂	39
Figura 8 - Princípios para determinação do MAOD.....	41
Figura 9 - Imagem do eletromiógrafo.....	42
Figura 10 - Imagem do eletrodo ativo colocados em cima dos músculos superficiais do QF.	43
Figura 11 - Localização anatômica para a colocação de eletrodos no músculo VL (A), VM (B) e RF (C) de acordo com a padronização do SENIAM.....	44
Figura 12 - Exemplo da seqüência de análise dos sinais EMG do músculo vasto lateral (VL) adotada para um indivíduo. Dados coletados aos 10, 60 e 120 segundos, durante teste retangular supramáximo.....	45
Figura 13 - Coleta de sangue no lóbulo da orelha direita para a análise da concentração de lactato sangüíneo, B) Armazenamento das amostras de sangue em microtúbos de polietileno, tipo <i>Eppendorff</i> , para posterior dosagem, C) Analisador eletroenzimático modelo YSL Sport 1500™	47
Figura 14 - Valores (média ± erro padrão) da atividade EMG dos músculos vasto lateral	

(VL), vasto medial (VM), reto femoral (RF) e quadríceps femoral (QF) integrados normalizados pelo <i>RMS</i> inicial (5 s) e duração do exercício (% max) nas condições cafeína (CAF) e placebo (PL).	53
Figura 15 - Valores (média \pm erro padrão) de frequência mediana dos músculos do QF integrados nas condições CAF e PL.....	55
Figura 16 - Regressão linear entre duração do exercício e percepção subjetiva de esforço (PSE) durante o teste de MAOD nas condições CAF e PL.....	56
Figura 17 - Valores (médias \pm desvios-padrão) das concentrações de lactato sanguíneo, em repouso (-60 min), imediatamente antes (0 min) e após (1, 3, 5, 7 e 10 min) o teste de MAOD nas condições CAF e PL.....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição de fibras musculares dos músculos vasto lateral (VL), vasto medial (VM) e reto femoral (RF) obtidas a partir de autópsia.....	14
Tabela 2 - Parâmetros de arquitetura muscular do vasto lateral (VL), vasto medial (VM) e reto femoral (RF) obtidos a partir de cadáveres (média \pm desvio padrão).....	17
Tabela 3 - Efeito ergogênico da cafeína sobre o desempenho em exercício anaeróbio avaliada pelo MAOD.....	26
Tabela 4 - Valores médios \pm desvio-padrão das características antropométricas dos ciclistas.....	49
Tabela 5 - Valores médios \pm desvio-padrão de parâmetros fisiológicos dos ciclistas no teste de esforço progressivo.....	50
Tabela 6 - Valores médios \pm desvio-padrão do consumo alimentar na dieta dos atletas nos momentos pré e pós-experimento.....	50
Tabela 7 - Valores médios \pm desvio-padrão das proporções de macronutrientes consumidos na dieta pelos atletas nos momentos pré e pós-experimento.....	51
Tabela 8 - Valores médios \pm desvio-padrão das potências empregadas, e suas correspondentes DEO_2 nos dois minutos finais dos testes retangulares.....	51
Tabela 9 - Valores médios \pm desvio-padrão dos parâmetros medidos na determinação do déficit máximo acumulado de oxigênio (MAOD) nas condições cafeína (CAF) e placebo (PL).....	52
Tabela 10 - Valores médios \pm desvio-padrão da taxa de fadiga muscular (<i>slope</i>) dos músculos vasto lateral (VL), vasto medial (VM) e reto femoral (RF) nas condições cafeína (CAF) e placebo (PL).....	54
Tabela 11 - Valores médios \pm desvio-padrão da inclinação da reta (<i>slope</i>), intercepto no eixo y (y-intercepto) e coeficiente de determinação (R^2), nas condições cafeína (CAF) e placebo (PL).	56

SUMÁRIO

1 Introdução.....	01
2 Objetivos.....	04
2.1 Objetivo geral.....	04
2.2 Objetivos específicos.....	04
3 Revisão bibliográfica	05
3.1 Déficit máximo acumulado de oxigênio (MAOD).....	05
3.2 Eletromiografia de superfície.....	08
3.3 Eletromiografia e fadiga.....	10
3.4 Propriedades estruturais e funcionais dos músculos VL, VM e RF.....	13
3.5 Cafeína.....	23
3.5.1 Cafeína e desempenho físico.....	24
3.5.2 Cafeína e eletromiografia.....	28
4 Material e métodos.....	33
4.1 Seleção da amostra.....	33
4.2 Delineamento experimental.....	34
4.3 Antropometria.....	35
4.4 Determinação dos hábitos alimentares.....	36
4.5 Testes experimentais.....	37
4.5.1 Teste de esforço progressivo.....	38
4.5.2 Determinação do déficit máximo acumulado de oxigênio (MAOD).....	39
4.6 Ingestão de Cafeína.....	41
4.7 Sinais eletromiográficos (EMG).....	42
4.7.1 Aquisição dos sinais EMG.....	42
4.7.2 Análise e processamento dos sinais EMG.....	44
4.8 Mensuração da percepção subjetiva de esforço (PSE)	46

4.9 Análise da concentração de lactato sanguíneo.....	46
4.10 Tratamento estatístico.....	47
5 Resultados.....	49
6 Discussão.....	58
Conclusões	64
Referências.....	65
Anexos	83

1 Introdução

Os avanços científicos e tecnológicos têm atingido cada vez mais diferentes áreas do conhecimento, possibilitando melhorias significativas em diversos aspectos relacionados a vida do ser humano. Inúmeras modificações, qualitativas e quantitativas, têm sido observadas também no meio desportivo, sobretudo a partir do crescimento dos investimentos em busca do desempenho máximo.

Esse fato tem estimulado pesquisadores da área a investigarem as diferentes formas de recursos ergogênicos no intuito de potencializar o desempenho físico ou atenuar os mecanismos geradores de fadiga no organismo dos atletas (MAUGHAN, 1999; JUHN, 2003; MAUGHAN *et al.*, 2004).

Contrações musculares repetidas podem levar a incapacidade de produção ou manutenção da potência, sendo este fenômeno conhecido como fadiga muscular (FITTS, 1994). A fadiga é apontada como fator limitante do desempenho atlético e constitui fenômeno complexo, ou mesmo conjunto de fenômenos de interação simultânea, com diferentes graus de influência, dependendo da natureza do exercício físico (DAVIS e BAILEY, 1997; ABBISS e LAURSEN, 2005). Enoka (2000) relata que alguns fatores interferem diretamente na manifestação da fadiga, citando como exemplo a intensidade e duração do exercício, a musculatura envolvida, entre outros.

Nos últimos anos, a cafeína (CAF) tem sido muito utilizada como substância ergogênica previamente à realização de exercícios físicos com características aeróbias (ALTIMARI *et al.*, 2005, 2006a) e anaeróbias (ALTIMARI *et al.*, 2006b), com o intuito de protelar a fadiga e, conseqüentemente, aprimorar o desempenho físico, uma vez que os achados

até o presente momento têm apontado a CAF como possível agente ergogênico em exercícios de diferentes naturezas (PALUSKA, 2003; SPRIET e GIBALA, 2004; DOHERTY e SMITH, 2004).

As hipóteses de possível efeito direto da CAF sobre o sistema nervoso central (SNC) (DOHERTY e SMITH, 2005) e músculos esqueléticos (LOPES *et al.*, 1983), tem levado alguns pesquisadores a utilizarem a EMG para analisar o potencial ergogênico da CAF, particularmente em modelos de exercícios anaeróbios (WILLIAMS, 1991). Essas hipóteses estão relacionadas ao efeito desta substância na percepção subjetiva de esforço (PSE) e/ou a propagação dos sinais neurais entre o córtex motor e a junção neuromuscular (SPRIET, 1995; DAVIS *et al.*, 2003). Esta ação da CAF no SNC tem sido explicada pelo seu efeito concorrente aos receptores de adenosina, melhorando assim a transmissão dopaminérgica pré-sináptica e pós-sináptica e, conseqüentemente, aumentando a taxa de sinapse entre os neurônios (KALMAR e CAFARELLI, 2004).

Além disso, a CAF pode agir diretamente sobre os músculos, potencializando sua capacidade de realizar exercícios físicos de alta intensidade e curta duração (LOPES *et al.*, 1983). Estudos têm demonstrado que a CAF parece atuar sobre o retículo sarcoplasmático, aumentando sua permeabilidade ao cálcio, tornando este mineral prontamente disponível e, dessa forma, facilitando a estimulação-contração do músculo esquelético e, conseqüentemente, aumentando a capacidade contrátil (ROY *et al.*, 1994; PINTO e TARNOPOLSKY, 1997).

Com base nesses achados, inúmeros estudos têm sido desenvolvidos associando a informações obtidas com a EMG e a ingestão de CAF (LOPES *et al.*, 1983; WILLIAMS *et al.*, 1987; ROY *et al.*, 1994; PINTO e TARNOPOLSKY, 1997; KALMAR e CAFARELLI, 1999; KRUK *et al.*, 1999; PLASKETT e CAFARELLI, 2001; WALTON *et al.*, 2002; ALTIMARI *et al.*, 2006c; GREER *et al.*, 2006). No entanto, dentre os estudos citados anteriormente, poucos

procuraram investigar o efeito da ingestão de CAF sobre a função neuromuscular em exercícios dinâmicos realizados em laboratório ou em testes de campo.

Além das informações associadas à ação da CAF no processo excitação-contração do músculo esquelético durante o exercício anaeróbio, a compreensão das respostas fisiológicas, psicofisiológicas e metabólicas causadas pela ingestão de CAF são de grande importância para auxiliar na compreensão do seu verdadeiro potencial ergogênico.

Assim, muitos são os fatores a serem analisados para melhor compreensão dos mecanismos envolvidos na melhora do desempenho físico em exercício de alta intensidade e curta duração após utilização da CAF.

2 Objetivos

2.1 Objetivo geral

O propósito do presente estudo foi investigar o efeito da ingestão de cafeína sobre o desempenho físico e mecanismos associados à fadiga de ciclistas em esforços supramáximos.

2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos do presente estudo foram:

- Verificar o impacto da ingestão de cafeína sobre o déficit máximo acumulado de oxigênio;
- Verificar o efeito da ingestão de cafeína sobre o tempo de exaustão;
- Analisar a influência da ingestão de cafeína sobre o sinal eletromiográfico (RMS - *root mean square* e FM - frequência mediana) dos músculos vasto lateral (VL), vasto medial (VM) e reto femoral (RF);
- Verificar se a ingestão de cafeína influencia a percepção subjetiva de esforço (PSE);
- Analisar o efeito da ingestão de cafeína sobre a concentração de lactato sanguíneo.

3 Revisão bibliográfica

O propósito desta revisão bibliográfica é discutir os principais aspectos relacionados ao tema deste estudo. Dessa forma, serão abordados a seguir o déficit máximo acumulado de oxigênio (MAOD), a eletromiografia de superfície (EMG), investigações envolvendo EMG e fadiga, as propriedades estruturais e funcionais dos músculos VL, VM e RF, a cafeína (CAF) e desempenho físico e por fim a CAF e EMG.

3.1 Déficit máximo acumulado de oxigênio (MAOD)

A compreensão das demandas fisiológicas por meio da quantificação da liberação de energia pelos sistemas energéticos aeróbio e anaeróbio pode auxiliar na obtenção de informações associadas ao processo de instauração da fadiga durante o exercício anaeróbio.

Para determinarmos o estresse gerado pelo estímulo sobre os sistemas de produção de energia, necessita-se de informações dos parâmetros máximos de cada sistema energético. Nesse sentido, para o sistema energético aeróbio adota-se como referência, o $VO_2\text{max}$ (TABATA *et al.*, 1997).

Com relação ao sistema energético anaeróbio, tem se preconizado, como referência, o déficit máximo acumulado de oxigênio (MAOD). O MAOD foi originalmente proposto por Medbø *et al.* (1988) e constitui-se no método mais aceito como indicador da capacidade anaeróbia (NAKAMURA e FRANCHINI, 2006). Sua principal aplicação é na avaliação de atletas, já que a capacidade anaeróbia não figura entre os componentes essenciais da aptidão

física, voltada para a saúde na sociedade contemporânea. Na maior parte dos casos, sua medida ainda se restringe a laboratórios, sendo rara sua aplicação em situações de campo (NAKAMURA e FRANCHINI, 2006).

Ressalta-se que a capacidade anaeróbia é conceituada como a quantidade máxima de energia despendida no exercício a partir da utilização dos estoques intramusculares de fosfagênicos (adenosina trifosfato, ATP, e creatina fosfato, CP) e da glicólise anaeróbia, com conseqüente formação de lactato (GASTIN, 1994).

Por muito tempo o teste mais empregado para avaliar a capacidade anaeróbia foi o teste de Wingate, o qual tem duração de 30s e é realizado em cicloergômetro. No entanto, reconhece-se a limitação dessa técnica, uma vez que, mesmo em testes curtos, há contribuição substancial e inevitável do metabolismo aeróbio (GASTIN, 1994).

De acordo com Scott *et al.* (1991) um teste autêntico de capacidade anaeróbia deve ser capaz de separar e definir quantitativamente as produções aeróbia e anaeróbia de energia. Assim, a determinação do MAOD parece ser a meio mais adequado de avaliação desta capacidade pois permite quantificar a produção de energia aeróbia e anaeróbia (MEDBØ *et al.*, 1988). Além disso, tal método apresenta correlações significativas com as alterações nas concentrações intramusculares de adenosina trifosfato, de creatina fosfato e lactato medidas imediatamente após esforço intenso por meio de biópsia muscular (MEDBØ e TABATA, 1993), além de ser sensível a modificações da condição física acarretadas pelo treinamento (MEDBØ e BURGERS, 1990; GASTIN e LAWSON, 1994).

Os procedimentos originais para a determinação do MAOD exigem a realização de cerca de 10-20 sessões de exercício submáximo (35 a 95% do $VO_2\text{max}$), com 10 minutos de duração cada (considerando a média do consumo de O_2 obtido entre o oitavo e décimo minuto) (BUCK e MCNAUGHTON, 1999), para o estabelecimento de relação linear entre demanda de

O₂ (DEO₂) e intensidade e, posteriormente, para a estimativa da demanda acumulada de O₂ (DEAO₂) em esforços físicos supramáximas (MEDBØ *et al.*, 1988). A extrapolação desse segmento de reta para intensidades supra-VO₂max fornece a DEAO₂ para o teste retangular de MAOD.

Para a determinação do MAOD é necessária realização de teste que deve, necessariamente, levar o indivíduo até a exaustão em tempo entre 2 e 10 minutos (110 a 125% do VO₂max), sendo este índice quantificado pela diferença entre a DEAO₂ e o consumo de O₂ de fato consumido (mL.min⁻¹ ou mL.kg⁻¹.min⁻¹) (NAKAMURA e FRANCHINI, 2006).

Entretanto, o maior problema operacional na mensuração do MAOD, segundo as recomendações originais feitas por Medbø *et al.* (1988), diz respeito ao número elevado de testes submáximos necessários para determinação da relação entre demanda energética e carga de trabalho. Assim, o chamado procedimento 3 de Medbø *et al.* (1988), que consiste na adoção de um intercepto y comum a todos os indivíduos, de 5 mL/kg/min, permite que menos testes submáximos sejam realizados, desde que os outros pontos disponíveis, de demanda de oxigênio, incluam intensidades muito próximas ao VO₂max. Essa é uma alternativa que parece melhorar a aplicabilidade do MAOD, já que, segundo os proponentes, gera estimativas próximas às obtidas pelo procedimento original.

Em vista desse problema de aplicabilidade, Gardner *et al.* (2003), utilizando apenas cinco testes para a estimativa do MAOD, não observaram diferença entre os parâmetros da reta de regressão entre potência e VO₂ (intercepto y e inclinação) quando as medidas de VO₂ durante as cargas submáximas de 100, 125, 150, 175 e 200 W de ciclistas foram feitas a partir das médias obtidas entre 1-3, 4-6 ou 8-10 minutos de exercício. Com isso, a estimativa da demanda acumulada de O₂ e do MAOD, a partir de qualquer uma das retas de regressão, não diferiu de

forma significativa das outras duas, ficando entre 9,8 a 10,0 l, e 50,9 a 54,1 ml/kg, respectivamente.

A facilidade na determinação do MAOD utilizando-se de número menor de testes submáximos (3-4 sessões de exercício) para determinação da relação entre demanda energética e carga de trabalho, tem sido constatada em alguns estudos, particularmente que envolvem investigações relacionadas a diferentes ergogênicos (JACOBS *et al.*, 1997; DOHERTY, 1998; BELL *et al.*, 2001; DOHERTY, *et al.*, 2002).

3.2 Eletromiografia de superfície

A Eletromiografia (EMG) analisa os aspectos relacionados à função muscular por meio de análise do sinal elétrico gerado nas membranas excitáveis, sendo considerada técnica de extrema relevância para o estudo da fisiologia neuromuscular (BASMAJIAN e DE LUCA, 1985).

O procedimento usualmente empregado para a coleta dos sinais EMG, envolve a fixação do eletrodo próximo a uma membrana excitável, sendo registrados os potenciais de ação que trafegam sobre ela. Dessa forma, o potencial de ação é registrado em volts em relação ao tempo. Uma das limitações desta técnica é a necessidade de inserção de eletrodos dentro da célula (intracelular), fora da célula (extracelular), ou ainda, fora do ambiente celular, mas dentro do músculo (intramuscular) (ENOKA, 2000), limitando a sua utilização em tarefas que exigem movimentos bruscos e/ou amplos.

A utilização de eletrodos na pele sobre o músculo tem sido alternativa para a solução desse problema. Essa técnica é denominada eletromiografia de superfície e proporciona algumas

vantagens interessantes, por ser técnica não-invasiva, de fácil aplicabilidade, e que fornece informações sobre atividade muscular em diferentes situações ou tarefas motoras (CRAM *et al.*, 1998).

Um importante aspecto a ser analisado na utilização da EMG é a técnica empregada para o processamento dos sinais. De modo geral, os sinais EMG são analisados no domínio do tempo ou no domínio da frequência, sendo representados pela amplitude e frequência, respectivamente (BASMAJIAN e DE LUCA, 1985). A amplitude reflete o número e o tamanho do potencial de ação num determinado tempo e é expressa em microvolts (μV) ou milivolts (mV) (BASMAJIAN e DE LUCA, 1985). Vale ressaltar que qualquer mudança na ativação muscular em consequência das alterações nas unidades motoras ativadas e/ou no nível de excitação muscular resultará em modificações da amplitude (VOLLESTAD, 1997).

Embora existam diferentes índices que reflitam a amplitude (sinal bruto, EMG integrada e EMG retificada), de modo geral, é utilizado o RMS (*root mean square*). O RMS é um modelo matemático também utilizado para expressar o nível de atividade elétrica muscular, não exigindo retificação do sinal eletromiográfico, além de não ser afetado pela superposição dos potenciais de ação da unidade motora (BASMAJIAN e DE LUCA, 1985).

A análise dos sinais EMG por meio da frequência propicia informações sobre como ocorrem os disparos das unidades motoras. Comumente, utiliza-se o espectro de potência que consiste na decomposição dos sinais eletromiográficos em vários componentes de frequência, empregando-se modelo matemático denominado transformada rápida de *Fourier*. Esta técnica fornece alguns indicadores de características do espectro da frequência, dentre os quais a frequência média, a frequência mediana e a moda do espectro (BASMAJIAN e DE LUCA, 1985). Tais índices estão relacionados com a velocidade de condução do estímulo por parte da

fibra muscular e alterações na sincronização e na frequência de disparo das unidades motoras (DE LUCA, 1997). De modo geral, sugere-se a utilização da frequência mediana por sofrer menos interferência (STULEN e DELUCA, 1981) e, também, por ser essa mais sensível às alterações metabólicas (MERLETTI *et al.*, 1992).

3.3 Eletromiografia e fadiga

Nas últimas décadas, a EMG tem sido amplamente utilizada nas investigações sobre fadiga. Nos estudos sobre fadiga muscular mediante sinais eletromiográficos, a análise pode ser realizada tanto pela amplitude quanto pela frequência (espectro de frequência) (VOLLESTAD, 1997).

Com relação à amplitude, estudos têm demonstrado resultados conflitantes associados à fadiga. Podemos encontrar na literatura aumentos, manutenção e redução na amplitude dos sinais EMG (MORITANI *et al.*, 1986; HAKKINEN *et al.*, 1988; VANDEWALLE *et al.*, 1991; HAKKINEN, 1993; HAKKINEN, 1994; VAZ *et al.*, 1996; VOLLESTAD, 1997; KOUZAKI *et al.*, 1999; MASUDA *et al.*, 1999; HAUTIER *et al.*, 2000; HUNTER *et al.*, 2003; BILODEAU *et al.*, 2003).

Uma das possíveis explicações para as diferenças nos resultados dos estudos analisados parece residir na diferença entre os protocolos utilizados. Aparentemente, nos esforços que exigem contrações máximas desde o início do protocolo, os sinais eletromiográficos tendem a diminuir. Por outro lado, nos esforços que iniciam com intensidade submáxima, verifica-se aumento nos níveis de ativação muscular.

De acordo com Vollestad (1997), nos esforços onde as contrações são realizadas em

intensidades submáximas, observa-se aumento gradativo na amplitude dos sinais eletromiográficos. Este aumento pode ser explicado pelo baixo número de unidades motoras recrutadas no início do exercício. Com o decorrer do tempo, para a manutenção do mesmo nível de força, é necessário o recrutamento adicional de outras unidades motoras resultando em aumento da amplitude. Já nos esforços executados em contrações máximas, praticamente todas as unidades motoras são ativadas já no início do exercício, sendo que com a instalação do processo de fadiga, ocorre redução no recrutamento das unidades motoras, e conseqüente, diminuição da amplitude dos potenciais de ação (CRENSHAW *et al.*, 2000).

No entanto, alguns pesquisadores não encontraram resultados que poderiam ser sustentados por essas hipóteses. Wretling *et al.* (1997) submeteram nove mulheres a protocolo de contração máxima (150 extensões de joelhos a $90^{\circ}.s^{-1}$) e verificaram ligeiro aumento nos músculos vasto lateral (VL), vasto medial (VM) e reto femoral (RF) do início do exercício até a sétima repetição. Posteriormente, a amplitude não sofreu alterações mantendo o mesmo comportamento até o final do protocolo. Por outro lado, a análise do espectro da potência demonstrou que a frequência média de todos os músculos diminuiu durante o protocolo, possivelmente pela redução na velocidade de condução do estímulo pela fibra.

Como pode ser observado, embora muitos estudos utilizem a amplitude para a análise da fadiga, parece ser conveniente associar as informações obtidas por outras técnicas de processamento dos sinais como a análise espectral.

Um aspecto que não pode ser desprezado é o fato de que dentre os estudos de EMG discutidos até o momento que utilizaram cicloergômetro, a maioria das investigações tem se preocupado com o exercício de resistência.

Em um dos estudos de série única, Vandewalle *et al.* (1991) realizaram teste de Wingate adaptado (45 s) em seis indivíduos ativos, do sexo masculino, e analisaram o

comportamento dos potenciais de ação dos músculos VL, VM e bíceps femoral (BF). Os autores verificaram redução da amplitude para os músculos extensores durante o teste. Com relação ao BF, em virtude dos dados apresentarem uma variabilidade muito grande, os resultados não foram apresentados.

Recentemente, Hunter *et al.* (2003) submeteram oito sujeitos saudáveis, do sexo masculino, ao teste de Wingate (30 s), e analisaram o comportamento da ativação muscular do RF. Embora a amplitude dos sinais eletromiográficos não tenha alterado durante o esforço, houve redução na frequência média indicando diminuição da velocidade de condução do impulso ao longo das fibras musculares, indicando a existência de controle central durante o esforço (ST CLAIR GIBSON *et al.*, 2001).

Com relação ao estudo envolvendo séries múltiplas, Hautier *et al.* (2000), submeteram 10 voluntários a protocolo de 15 *sprints* de 5 segundos com intervalo de 25 segundos de intervalo no cicloergômetro. Os autores verificaram redução no desempenho, sendo a mesma atribuída à fadiga periférica. Apesar desses achados, existem pesquisadores que acreditam na hipótese de que nos esforços intermitentes exista participação importante do controle neural para produção da força ou potência, uma vez que no primeiro teste o sujeito executa esforço máximo voluntário, o que faz com que as fibras nervosas sensoriais (aférentes) enviem informações ao cérebro indicando que este nível de intensidade, caso seja repetida novamente, acarretará em lesões do tecido muscular, resultando em danos celulares.

Dessa forma, parece existir mecanismo de proteção do organismo, sendo os esforços subseqüentes regulados por processos neurais eferentes, causando queda no desempenho e menor solicitação metabólica (ULMER, 1996).

3.4 Propriedades estruturais e funcionais dos músculos VL, VM e RF

Os músculos VL, VM e RF formam juntamente com o vasto intermédio (VI) o grupo muscular denominado quadríceps femoral. O quadríceps femoral compreende a maior parte da superfície anterior e lateral do fêmur e se constitui no músculo extensor de joelho (GRAY, 1988).

O VL origina-se a partir da região proximal da linha intertrocantérica, nas bordas anterior e inferior do trocânter maior, no lábio lateral da tuberosidade glútea, e na metade proximal do lábio lateral da linha áspera do fêmur. A inserção é no tubérculo da tibia através do tendão do quadríceps, e a inervação no nervo femoral, divisão posterior do plexo lombar e raízes L₃, L₄ (GRAY, 1988; LIEBER, 1992).

Com relação ao VM, este origina-se a partir da linha intertrocantérica, do lábil medial da linha áspera do fêmur, da parte proximal da linha supracondilar medial do fêmur, dos tendões dos adutores longo e magno, o do septo intermuscular medial. Sua inserção é no tubérculo da tibia através do tendão do quadríceps e innervado pelo nervo femoral, divisão posterior do plexo lombar e raízes L₃, L₄ (GRAY, 1988; LIEBER, 1992).

Já, o RF apresenta duas origens sendo uma na espinha ilíaca ântero-inferior (anterior) e a outra no sulco acima do contorno do acetábulo (posterior). O músculo segue em trajetória retilínea cobrindo o meio da coxa, daí o nome de RF. Este músculo tem a inserção na base da patela através do tendão do quadríceps. Os tendões dos quatro músculos do quadríceps se unem formando único e forte tendão ligado à base da patela. Assim como os demais músculos, é innervado pelo nervo femoral, divisão posterior do plexo lombar e raízes L₃, L₄ (GRAY, 1988).

Com relação à composição de fibras musculares desses músculos, alguns estudos na literatura têm analisado a distribuição das mesmas mediante autópsia em cadáveres (BROOKE e

ENGEL, 1969; JENNEKENS *et al.*, 1971; JOHNSON *et al.*, 1973). Uma das vantagens em se obter informações a partir de cadáveres é o fato de que a distribuição das fibras musculares não se apresenta de forma homogênea por todo o músculo (JENNEKENS *et al.*, 1971; JOHNSON *et al.*, 1973). Assim, existem diferenças quanto à composição de fibras musculares entre os materiais obtidos na superfície muscular e na região profunda do músculo. Além disso, outro aspecto positivo da autópsia em cadáveres é a possibilidade de serem analisados diferentes grupos musculares.

Na tabela 1, são apresentados os valores de composição de fibras musculares dos VL, VM e RF obtidos em seis cadáveres do sexo masculino (idade: $21,80 \pm 5,67$ anos; massa corporal: $78,50 \pm 12,00$ kg; estatura: $186,33 \pm 6,06$) (JOHNSON *et al.*, 1973).

Tabela 1. Composição de fibras musculares dos músculos vasto lateral (VL), vasto medial (VM) e reto femoral (RF) obtidas a partir de autópsia.

	Tipo I		Tipo II	
	Média	IC 95%	Média	IC 95%
VL ₁ (%)	37,80	19,60 - 45,80	67,30	52,10 - 72,30
VL ₂ (%)	46,90	37,50 - 56,20	53,10	43,80 - 62,50
VM ₁ (%)	43,70	36,40 - 51,10	56,30	48,90 - 63,60
VM ₂ (%)	61,50	51,50 - 71,50	38,50	28,50 - 48,50
RF ₁ (%)	29,50	22,00 - 37,00	70,50	63,00 - 78,00
RF ₂ (%)	42,00	35,60 - 48,50	58,00	51,50 - 64,40

1 = autópsia da superfície do músculo; 2 = autópsia da região profunda do músculo; IC 95% = intervalo de confiança de 95%, ou seja, existe 95% de chance da verdadeira média situar-se entre os valores apontados (adaptada de JOHNSON *et al.*, 1973).

As causas que levaram o óbito foram: traumatismo craniano (três sujeitos), asfixia (um sujeito), cardíaco (um sujeito) e hemorragia abdominal (um sujeito). Por meio do método histoquímico empregando-se a técnica de coloração da mATPase, foram identificadas as fibras musculares do tipo I e do tipo II.

Como podemos observar na tabela 1, dentre os três músculos analisados, o RF é o que apresenta maior proporção de fibras musculares do tipo II seguido pelos músculos VL e VM. Infelizmente, em outros estudos a análise é efetuada somente em um músculo isoladamente e não nos três músculos de forma integrada.

Os valores encontrados no músculo VL por Johnson *et al.* (1973) são semelhantes aos valores apresentados por Brooke e Engel (1969) (~63%). Quanto ao músculo RF, Jennekens *et al.* (1971) não relatam os valores de distribuição de fibras musculares, no entanto indicam que a proporção de fibras do tipo II no RF é maior que 50%. Sem dúvida, existe certa carência de estudos nesse aspecto mas, aparentemente, as informações se mostram consistentes.

Da mesma forma que os estudos com cadáveres apresentam algumas vantagens, por outro lado, existe a dificuldade de se empregar técnicas mais avançadas para analisar a composição de fibras musculares, o que limita a classificação por meio de autópsia apenas em fibras de contração lenta (tipo I) e fibras de contração rápida (tipos IIa e IIb). Atualmente, por meio da biópsia, com a utilização de técnicas mais refinadas de coloração da mATPase, sabe-se da existência de diversas fibras híbridas, e que sem dúvida, permite análise mais aprofundada quanto à distribuição de fibras musculares.

Nesse sentido, Staron *et al.* (2000) analisaram a distribuição de fibras musculares do músculo VL em 150 adultos jovens (55 mulheres, idade: $21,20 \pm 2,20$ anos e 95 homens, idade: $21,50 \pm 2,40$ anos). Empregando a técnica de coloração da mATPase, as composições de fibras

musculares encontradas para os homens foram: tipo I ($39,80 \pm 11,40\%$), Ic ($0,40 \pm 0,60\%$), IIc ($1,00 \pm 2,10\%$), IIa ($32,10 \pm 9,60\%$), IIab ($6,50 \pm 4,00\%$) e IIb ($20,20 \pm 11,40\%$). Nas mulheres, as distribuições de fibras musculares verificadas foram: tipo I ($43,10 \pm 12,80\%$), Ic ($1,10 \pm 2,20\%$), IIc ($0,70 \pm 1,40\%$), IIa ($29,70 \pm 9,60\%$), IIab ($5,50 \pm 3,80\%$) e IIb ($19,90 \pm 10,40\%$). Além disso, nos homens foram identificadas as expressões das MHCs dos tipos MHC-I ($33,90 \pm 11,40\%$), MHC-IIa ($46,30 \pm 3,00\%$) e MHC-IIx/d ($19,80 \pm 11,50\%$), e nas mulheres MHC-I ($41,00 \pm 12,90\%$), MHC-IIa ($36,00 \pm 9,90\%$) e MHC-IIx/d ($23,00 \pm 12,10\%$). Em relação à classificação pela técnica de coloração de mATPase, não houve diferença significativa entre os gêneros. No entanto, analisando a proporção de área que cada tipo de fibra ocupa dentro do músculo, verificamos que as mulheres apresentaram predomínio de fibras do tipo I ($44,00 \pm 11,60\%$) enquanto que nos homens a maior proporção foi das fibras do tipo IIa ($41,20 \pm 9,40\%$). Essas informações quanto à proporção de área ocupada pelas fibras dentro do músculo acarretam em diferenças nas distribuições das expressões da MHC, e em termos práticos, têm influência direta sobre o desempenho físico (GOLLNICK e MATOBA, 1984).

No que se refere às propriedades arquitetônicas dos músculos VL, VM e RF, a tabela 2 apresenta os valores encontrados na literatura para cada parâmetro. Em virtude de os estudos apresentarem os valores individuais dos sujeitos analisados, foi possível calcular a média dos resultados dos dois estudos.

Considerando os valores apresentados na tabela 2, observamos que o VL é o mais pesado e o que apresenta maior ASTF seguido pelo VM e RF. Dessa forma, o VL é o maior e o mais forte dos músculos que compõem o quadríceps femoral. Os músculos VL e VM, juntos, são responsáveis por 50% da produção de força do quadríceps femoral (JORGE e HULL, 1986). Em relação ao arranjo das fibras musculares, tanto o VL quanto o VM apresentam estrutura

unipenada enquanto que o RF é um músculo fusiforme, porém, as fibras superficiais são dispostas de maneira bipenada (GRAY, 1988).

Tabela 2. Parâmetros de arquitetura muscular do vasto lateral (VL), vasto medial (VM) e reto femoral (RF) obtidos a partir de cadáveres (média \pm desvio padrão).

Músculo	Peso (g)	CM (mm)	CF (mm)	CF/CM	Penação (°)	ASTF (cm ²)
Wickiewicz <i>et al.</i> (1983) n=3						
VL	219,47 \pm 97,02	324,33 \pm 24,91	65,67 \pm 1,53	0,203 \pm 0,012	5,00 \pm 0,00	30,57 \pm 11,21
VM	175,33 \pm 71,44	335,33 \pm 25,11	70,33 \pm 5,69	0,210 \pm 0,008	5,00 \pm 0,00	21,13 \pm 7,40
RF	84,27 \pm 23,91	316,00 \pm 9,85	66,00 \pm 2,65	0,209 \pm 0,003	5,00 \pm 0,00	12,73 \pm 3,37
Friederich <i>et al.</i> (1990) n=2						
VL	-	300,00 \pm 7,07	80,25 \pm 0,64	0,268 \pm 0,008	13	40,45 \pm 33,89
VM	-	300,00 \pm 28,28	77,75 \pm 1,77	0,260 \pm 0,019	7	41,24 \pm 36,25
RF	-	313,50 \pm 26,16	60,30 \pm 6,93	0,194 \pm 0,038	14	26,08 \pm 23,87
Média dos estudos n=5						
VL	-	314,60 \pm 22,37	71,50 \pm 8,07	0,229 \pm 0,037	5,50 \pm 1,00	34,52 \pm 19,47
VM	-	321,20 \pm 29,83	73,30 \pm 5,78	0,230 \pm 0,030	7,25 \pm 4,50	29,17 \pm 21,84
RF	-	315,00 \pm 14,88	63,72 \pm 5,03	0,203 \pm 0,021	7,00 \pm 4,00	18,13 \pm 14,18

CM = comprimento do músculo; CF = comprimento da fibra muscular; CF/CM = relação entre comprimento da fibra muscular e comprimento do músculo; ASTF = área de secção fisiológica.

O grupo quadríceps femoral é responsável por diversas ações relacionado com as atividades cotidiana do sujeito que exigem extensão vigorosa do joelho tais como corrida, saltos,

levantamento de pesos, e até no simples ato de levantar-se de uma cadeira (MOORE, 1992). Dessa forma, podemos observar que este grupo muscular exerce funções tanto dinâmicas como estáticas. Sua função estática consiste em evitar a flexão do joelho na posição ortostática, enquanto a função dinâmica consiste em extensão vigorosa do joelho (WEINECK, 1990).

Com relação à ação de pedalar, diversos estudos foram desenvolvidos para analisar a participação de diferentes grupos musculares durante o movimento (DESPIRES, 1974; FARIA e CAVANAGH, 1978; GREGOR et al., 1982; GREGOR e RUGG, 1986; HOUTZ e FISCHER, 1959; JORGE e HULL, 1986; SUZUKI *et al.*, 1982). É importante destacar que os estudos indicam importante participação dos músculos VL, VM, RF, semimembranoso, bíceps femoral, glúteo máximo, gastrocnêmio, tibial anterior, entre outros, todavia, no momento, vamos abordar apenas os músculos superficiais do quadríceps femoral, ou seja, os VL, VM e RF.

Embora muitos pesquisadores tenham investigado a atividade eletromiográfica de diferentes grupos musculares em ciclistas (DESPIRES, 1974; FARIA e CAVANAGH, 1978; GREGOR *et al.*, 1982; GREGOR e RUGG, 1986; HOUTZ e FISCHER, 1959; JORGE e HULL, 1986; SUZUKI *et al.*, 1982), a maioria deles apresentam sérias limitações.

Num dos estudos pioneiros, Houtz e Fischer (1959) analisaram a participação de 14 músculos durante a atividade de pedalar. Os pesquisadores relataram os procedimentos adotados para determinar a altura do selim, no entanto, a cadência empregada bem como a conexão entre a interface pedal e pé (sapatilhas ou outros tipos de calçados) não foram relatadas. Já, Despires (1974), investigaram os efeitos de diferentes posições do selim e resistência (carga) adotada sobre os sinais eletromiográficos de 12 grupos musculares em ciclistas competitivos. Um aspecto interessante foi o procedimento adotado de realizar as avaliações físicas dos atletas com a bicicleta sobre a esteira. Além disso, foram controladas a cadência e a altura do selim, contudo, não foi relatado o calçado utilizado pelos atletas.

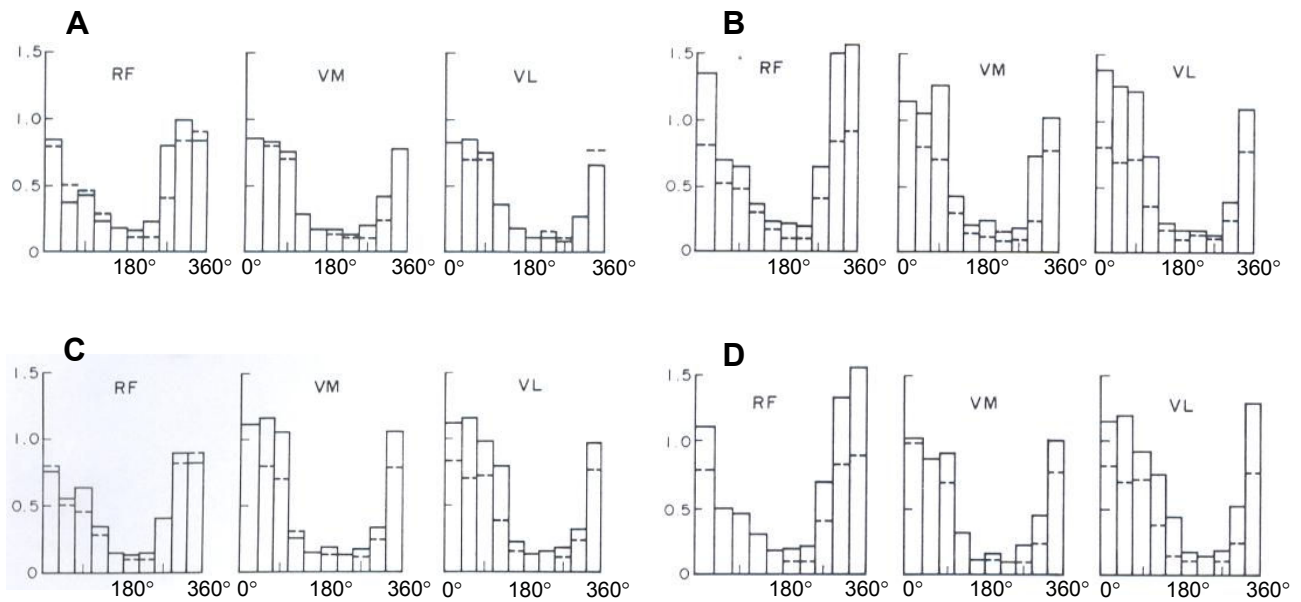
Vale ressaltar que, a falta do controle dos fatores apontados nesses estudos (ajuste do selim, cadência, conexão entre a interface pedal e pé), embora não aparente, acarretam em diferentes solicitações musculares para um mesmo esforço físico. Tal fato é evidenciado por Jorge e Hull (1986) em seis ciclistas experientes. Neste estudo, um dos objetivos foi investigar o efeito da manipulação da relação coroa-pinhão sobre os sinais eletromiográficos de diferentes grupos musculares.

Para tanto, os ciclistas pedalarão com a bicicleta sobre o rolo, adotando diferentes relações (situação padrão: relação coroa pinhão 52 x 19, 80 revoluções por minuto (rpm), potência de 100 W; situação de alta resistência: relação coroa pinhão 52 x 15, 80 rpm, potência de 125 W; situação de baixa resistência: relação coroa pinhão 52 x 23, 80 rpm, potência de 83 W) em três condições distintas. Além desse objetivo, foram analisadas as influências da utilização de sapatilhas ou tênis, e também a influência de diferentes ajustes quanto à altura do selim. Na figura 1 são apresentados detalhadamente as condições nas quais foram submetidos os ciclistas bem como os resultados encontrados no estudo com os músculos VL, VM e RF.

Analisando a figura 1, podemos observar que os músculos VL, VM e RF não apresentaram diferenças na magnitude de recrutamento entre a condição de pedalar em baixa intensidade (83 W) e a situação padrão (linha pontilhada) (Figura 1A). Por outro lado, quando a atividade foi realizada em resistências superiores (125 W), o VL e o RF tiveram suas ativações aumentadas em torno de 70%, enquanto que o VM em apenas ~14% quando comparados com a situação padrão (Figura 1B).

No que se refere à utilização de diferentes calçados para pedalar (Figura 1C), surpreendentemente, em relação ao esforço realizado com sapatilhas, o exercício realizado com tênis (solado macio) acarretou em aumentos de 67 e 53% na solicitação dos músculos VL e VM, respectivamente. Embora não seja hábito dos ciclistas pedalar com tênis, possivelmente isto

seja uma forma de manipulação do treinamento na tentativa de induzir estímulos diferenciados aos atletas. No entanto, isso é apenas especulação e, sem dúvida, deve ser investigado de forma mais criteriosa.



Linhas pontilhadas são os valores referentes a eletromiografia integrada obtidos em situação padrão: 80 rpm, relação 52 x 19, potência 100 W, sapatilhas, ajuste do selim a 100% da altura do Trocânter.

A, 80 rpm, relação 52 x 23, potência 83 W, sapatilhas, ajuste do selim a 100% da altura do Trocânter.

B, 80 rpm, relação 52 x 15, potência 125 W, sapatilhas, ajuste do selim a 100% da altura do Trocânter.

C, 80 rpm, relação 52 x 19, potência 100 W, tênis, ajuste do selim a 100% da altura do Trocânter.

D, 80 rpm, relação 52 x 19, potência 100 W, sapatilhas, ajuste do selim a 95% da altura do Trocânter.

(adaptada de Jorge & Hull, 1986).

Figura 1. Valores de eletromiografia integrada referentes aos músculos vasto medial (VM), vasto lateral (VL) e reto femoral (RF) em cicloergômetro em diferentes condições (adaptada de JORGE e HULL, 1986).

Quanto à solicitação muscular frente a diferentes alturas do selim, os resultados apontam para um aumento na atividade dos músculos VL e RF em condições mais baixas (Figura 1D), ou seja, quando a atividade é realizada em alturas do selim ajustada a 95% da altura do Trocânter (<5% da situação padrão). Esses aumentos na amplitude dos sinais eletromiográficos

são decorrentes da condição de contração isométrica instaurada com a redução da altura do selim (JORGE e HULL, 1986), e aproximam-se de 30 e 70% para os músculos VL e RF, respectivamente.

Como podemos observar, o controle desses fatores é um aspecto importante que devem ser considerados nas investigações realizadas com ciclistas. Nos estudos desenvolvidos com delineamento longitudinal é fundamental o controle dessas variáveis (padronização do calçado utilizado, da altura do selim e da resistência empregada) para a possibilidade de se obter informações que permitam interpretações adequadas.

Além das limitações comumente observadas nesses estudos (ajuste do selim, cadência, conexão entre a interface pedal e pé), outra grande limitação é o procedimento adotado para analisar os sinais eletromiográficos de grupos musculares. De modo geral, os estudos têm analisado de maneira agrupada tanto os músculos quadríceps femoral quanto os posteriores de coxa. Assim, além do estudo de Jorge e Hull (1986), um outro estudo analisou a atividade dos músculos superficiais do quadríceps femoral de forma isolada, ou seja, analisando o VL, VM e RF separadamente (GREGOR e RUGG, 1986).

Na Figura 12 são apresentados os comportamentos dos músculos VL, VM e RF durante a atividade de pedalar em ciclistas.

Analisando os estudos de Jorge e Hull (1986) e de Gregor e Rugg (1986) verifica-se que o comportamento da atividade dos músculos VL, VM e RF se apresentam de maneira bastante consistente.

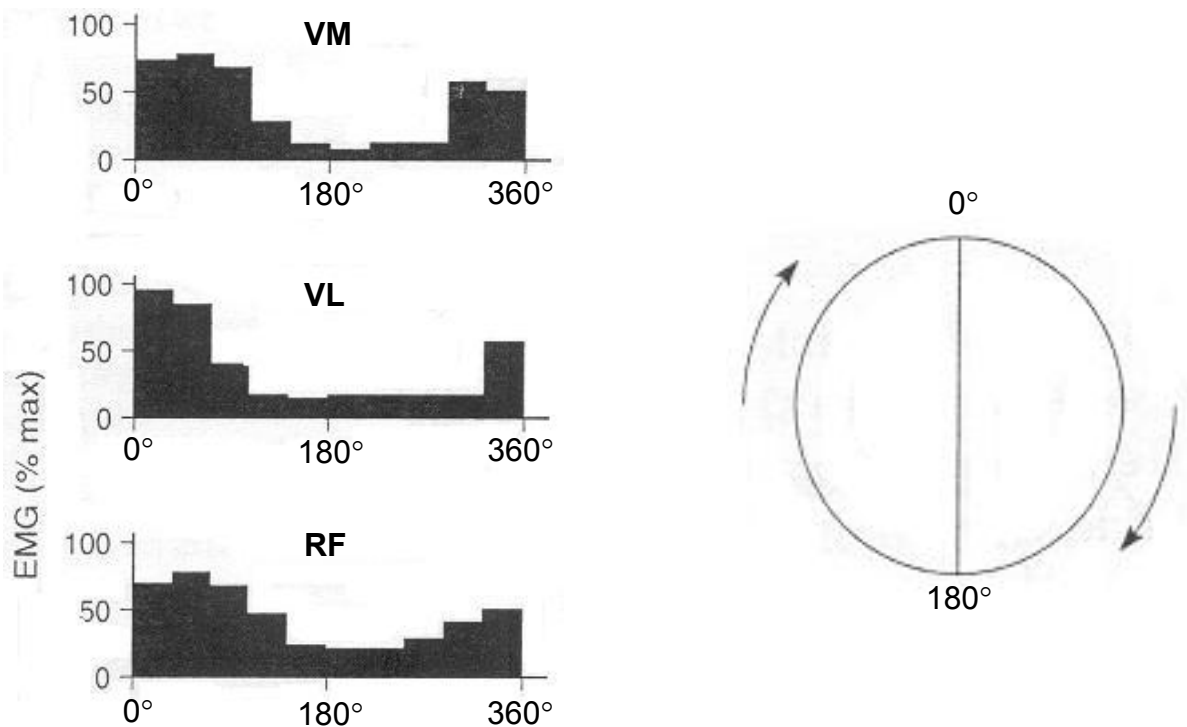


Figura 2. Ângulo e recrutamento dos músculos vasto medial (VM), vasto lateral (VL) e reto femoral (RF) em cicloergômetro (adaptada de GREGOR e RUGG, 1986).

Considerando o topo do pedal como sendo 0° e a parte inferior 180° (Figura 12), os músculos VL e VM apresentam maior atividade entre as posições 340° e 100° . Em relação a esses dois músculos, o RF tem participação antecipada em torno de $40\text{-}50^\circ$, assim, a maior participação concentra-se entre as posições 300° e 70° (JORGE e HULL, 1986). Além disso, se analisarmos a magnitude de ativação dos músculos em relação à CVM, verificamos que o VL é o que apresenta maior participação próxima da ativação máxima enquanto que o RF é o músculo de menor ativação.

Outro aspecto que difere os músculos VL e VM do músculo RF diz respeito à mecânica apresentada pelos mesmos. Tanto o VL e o VM são músculos mono-articulares, e possuem alta capacidade de produção de força ou trabalho. Por outro lado, o RF, por cruzar a

articulação do joelho e do quadril, se constitui num músculo biarticular, tendo função de distribuir o torque para ambas as articulações e controlar a direção do movimento (JACOBS e VAN INGEN SCHENAU, 1992).

3.5 Cafeína

A CAF (1,3,7 - trimetilxantina) é derivada da xantina, quimicamente relacionada com outras xantinas: teofilina (1,3 – dimetilxantina) e teobromina (3,7 – dimetilxantina) que se diferenciam pela potência de suas ações farmacológicas sobre o sistema nervoso central (SNC) (GEORGE, 2000). Esta substância está presente em vários produtos consumidos diariamente como o guaraná, mate, chocolate, café, alguns refrigerantes, chás, e também em alguns medicamentos como agente antagonizador do efeito calmante de certos fármacos (CLARKSON, 1993; ALTIMARI *et al.*, 2000; SINCLAIR & GEIGER, 2000; ALTIMARI *et al.*, 2001).

A utilização indiscriminada de CAF por parte de atletas, no início da década de 1980, com objetivo de melhorar o desempenho atlético, fez com que esta substância fosse incluída na lista de substâncias proibidas pelo Comitê Olímpico Internacional (COI), que estipulou valor limite de 15 µg/mL de CAF na urina (SPRIET, 1995). Este limite foi proposto por Delbeke e Debackere (1984), após analisarem amostras de urina provenientes de um grupo de 775 ciclistas submetidos ao controle da dopagem durante a temporada de 1982 e de outro grupo constituído de 85 consumidores de café, cuja CAF urinária foi determinada por período de 60 horas, com o intuito de estabelecer que nível de CAF poderia ser considerado excessivo. O uso de CAF somente tornou-se evidente a partir dos Jogos Olímpicos de Los Angeles (1984), quando alguns

membros da equipe de ciclismo dos Estados Unidos declararam publicamente terem usado esse alcalóide como estimulante durante as competições (ROGERS, 1985).

Até final do ano de 2003, a CAF aparecia na lista de substâncias proibidas pela Agência Mundial Anti-Doping (WADA), na classe de estimulantes (A). Mais recentemente, a WADA retirou a CAF da lista de substâncias proibidas, incluindo esta em lista de substâncias que estão sendo monitoradas desde 2004 (WADA, 2007). Ressalta-se que após a sua retirada da lista de substâncias proibidas não foi observado aumento significativo no consumo da mesma no meio esportivo (VAN THUYNE *et al.*, 2005; VAN THUYNE e DELBEKE, 2006).

3.5.1 Cafeína e desempenho físico

A fadiga é apontada como fator limitante do desempenho atlético e constitui fenômeno complexo, ou mesmo conjunto de fenômenos de interação simultânea com diferentes graus de influência, dependendo da natureza do exercício físico (ABBISS e LAURSEN, 2005). Nos últimos anos, a CAF tem sido utilizada como substância ergogênica, previamente à realização de exercícios físicos com características aeróbias (moderados de média e longa duração) e anaeróbias (alta intensidade e curta duração), com o intuito de protelar a fadiga e, conseqüentemente, melhorar o desempenho físico. Neste sentido, os achados até o presente momento têm apontado a CAF como possível agente ergogênico em exercícios de diferentes naturezas (PALUSKA, 2003; SPRIET e GIBALA, 2004; DOHERTY e SMITH, 2004).

Em exercícios físicos aeróbios, caracterizados por esforços de média e longa duração, os resultados dos estudos publicados ao longo das últimas duas décadas sugerem que o uso da cafeína promove melhora significativa na eficiência metabólica dos sistemas energéticos durante

o esforço, particularmente por proporcionar aumento na mobilização e oxidação de AGLs e redução na oxidação de CHO, contribuindo para melhor desempenho físico (ALTIMARI *et al.*, 2000; BRAGA e ALVES, 2000; GRAHAM, 2001; ALTIMARI *et al.*, 2005, ALTIMARI *et al.*, 2006a)

Com relação aos exercícios físicos anaeróbios, caracterizados por esforços de alta intensidade e curta duração (força, velocidade e potência), poucos estudos têm procurado investigar os efeitos ergogênicos da CAF sobre o desempenho físico.

Um extenso e recente estudo de revisão sobre o tema tem apontado aumento da força muscular acompanhado de maior resistência à fadiga muscular após a ingestão de CAF (ALTIMARI *et al.*, 2006b). Ainda não está totalmente esclarecido qual o mecanismo de ação responsável pelo aumento da força muscular, todavia, acredita-se que isso ocorra em maior intensidade muito mais pela ação direta da CAF no SNC do que pela sua ação em nível periférico (KALMAR e CAFARELLI, 1999).

Quanto aos exercícios máximos e supramáximos de curta duração, os resultados têm se mostrado controversos. Embora a maioria dos estudos dessa natureza venha a demonstrar que a ingestão de CAF melhora significativamente o desempenho físico em exercícios máximos e supramáximos de curta duração (<5 minutos) (GRAHAM, 2001; ALTIMARI *et al.*, 2006b; DOHERTY e SMITH, 2004), o mesmo não se pode dizer com relação a tais exercícios quando precedidos por exercícios submáximos prolongados (ALTIMARI *et al.*, 2006b), bem como quando o tempo de duração desses são inferiores a 60 segundos, ou ainda quando os esforços são intermitentes (CROWE *et al.*, 2006; LORINO *et al.*, 2006), quando o desempenho atlético parece não sofrer qualquer alteração. Desse modo, é evidente a necessidade de maior esclarecimento quanto aos mecanismos de ação da CAF sobre o metabolismo anaeróbio.

Vale ressaltar que estudos com delineamento experimental semelhante ao utilizado no presente estudo, como o de DOHERTY (1998) que investigou o desempenho em corrida de alta intensidade (3-4 min), observou melhora significativa no MAOD e no tempo de exaustão após ingestão de CAF. Esses achados foram confirmados posteriormente utilizando-se do mesmo modelo de exercício (DOHERTY *et al.*, 2002).

Da mesma forma BELL *et al.*, (2001) constataram melhora significativa no MAOD e no tempo de exaustão em cicloergômetro após ingestão de CAF. Esses resultados têm implicações importantes, uma vez que a melhora do desempenho físico demonstrou estar associada a possível ação ergogênica da CAF sobre a capacidade anaeróbia. Na tabela 3 são apresentados detalhes dos estudos que utilizaram o MAOD para avaliar o desempenho em exercício anaeróbio.

Tabela 3. Efeito ergogênico da cafeína sobre o desempenho em exercício anaeróbio avaliada pelo MAOD.

Investigador	N	Amostra	Dose de Cafeína	Teste	Efeito	Comentários
Bell <i>et al.</i> (2001)	8	Não-treinados	5 mg/kg	(MAOD) Cicloergômetro a 125% do VO ₂ máx	Sim	Aumento significativo no tempo de exaustão, MAOD, lactato, glicose e epinefrina
Doherty (1998)	9	Treinados	5 mg/kg	(MAOD) Corrida a 125% do VO ₂ máx	Sim	Aumento significativo no tempo de exaustão e MAOD
Doherty <i>et al.</i> (2002)	14	Treinados	5 mg/kg	(MAOD) Corrida a 125% do VO ₂ máx	Sim	Aumento significativo no tempo de exaustão, MAOD, glicose e epinefrina, e redução da PSE

Na figura 3 são apresentados os estudos que constataram ou não efeitos ergogênicos da cafeína sobre o desempenho físico em exercícios aeróbios e anaeróbios.

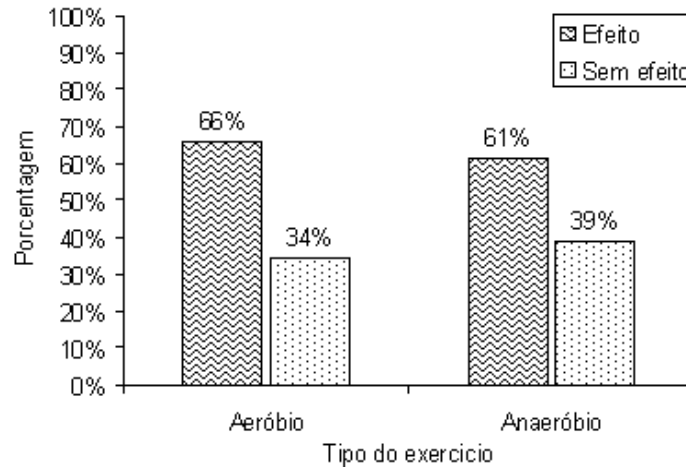


Figura 3. Estudos que constataram ou não efeitos ergogênicos da cafeína sobre o desempenho físico em exercícios aeróbios e anaeróbios. Adaptado de Altimari *et al.* (2006a,b)

Ainda nesses estudos, os autores observaram que a dosagem de CAF é fator determinante na melhora do desempenho físico, pois o desencadeamento das respostas fisiológicas e metabólicas parecem estar atreladas à quantidade ingerida. Assim, embora doses de 3 e 10 mg/kg de peso corporal de CAF possam melhorar o desempenho físico em exercícios físicos de diferentes naturezas, o intervalo ótimo sugerido é de 3 a 6 mg/kg de cafeína pura (anidra) (ALTIMARI *et al.*, 2006a,b).

Na figura 4 são apresentados os dados que mostram os efeitos das diferentes dosagens de CAF utilizadas nos estudos que constataram ou não efeitos ergogênicos da cafeína sobre o desempenho físico em exercícios aeróbios e anaeróbios.

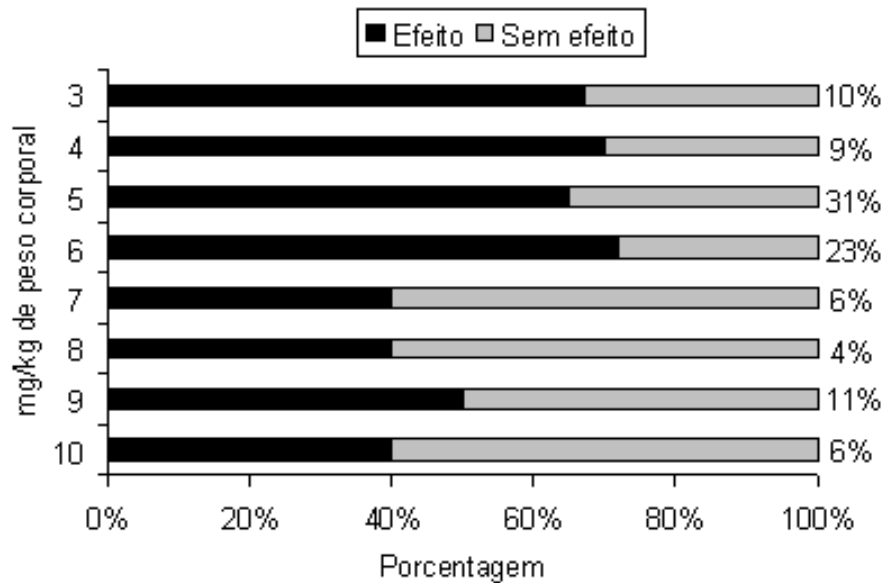


Figura 4. Diferentes dosagens de cafeína utilizadas nos estudos que constataram ou não efeitos ergogênicos da cafeína sobre o desempenho físico em exercícios aeróbios e anaeróbios. Adaptado de Altimari *et al.* (2006a,b)

3.5.2 Cafeína e eletromiografia

Algumas hipóteses de possível efeito da CAF sobre o SNC (DOHERTY e SMITH, 2005) e músculo esquelético (LOPES *et al.*, 1983), têm levado alguns pesquisadores a utilizarem a EMG para analisar o potencial ergogênico da CAF, bem como esclarecer a contribuição do componente central e periférico na fadiga neuromuscular (FNM) (KALMAR e CAFARELLI, 1999; MAGKOS e KAVOURAS, 2004), particularmente em modelos de exercícios anaeróbios (WILLIAMS, 1991). Essas hipóteses atualmente aceitas estabelecem que a CAF atua diretamente no SNC, afetando a PSE e/ou a propagação dos sinais neurais entre o córtex cerebral e a junção neuromuscular (SPRIET, 1995; DAVIS *et al.*, 2003).

A ação da CAF no SNC tem sido explicada pelo efeito antagônico desta nos receptores de adenosina (FREDHOLM, 1999). A adenosina é um neuromodulador endógeno com efeitos inibitórios na excitabilidade central e atua inibindo preferencialmente a liberação de neurotransmissores excitatórios, particularmente a dopamina, melhorando assim a transmissão dopaminérgica pré-sináptica e pós-sináptica e, conseqüentemente, reduzindo o limiar de ativação neuronal, bem como aumentando a taxa de sinapse entre os neurônios (KALMAR e CAFARELLI, 2004).

A PSE durante o exercício é fenômeno complexo (ST CLAIR GIBSON et al., 2003). Qualquer resposta de percepção em relação ao exercício envolve a ação de detecção e interpretação de sensações que chegam ao corpo durante o exercício. Essas reações são formadas por mediadores respiratórios-metabólicos e fisiológicos periféricos ainda não bem esclarecidos, que interagem por *feedback* e *feedforward* ao longo das vias aferentes e eferentes (NOBLE & ROBERTSON, 1996).

A CAF atua como estimulante respiratório que aumenta a ventilação respiratória sob as condições de exercício (POWERS *et al.*, 1985; D'URZO *et al.*, 1990). Sabe-se também que a CAF age nos músculos respiratórios influenciando na redução da PSE relacionada à fadiga inspiratória (SUPINSKI *et al.*, 1986). Estudos recentes têm mostrado que a ingestão de CAF pode melhorar o desempenho atlético a partir da redução da PSE. Esta melhora pode chegar a aproximadamente 11% em sujeitos treinados, uma vez que esses indivíduos apresentam uma melhor resposta à ingestão CAF do que os não treinados (DOHERTY e SMITH, 2004; LEBLANC *et al.*, 1985). Em adição, esta melhora é acompanhada por redução de 6% na PSE em exercício de intensidade constante, particularmente em exercício anaeróbio (DOHERTY e SMITH, 2004; DOHERTY *et al.*, 2004).

Além disso, acredita-se que a CAF age sobre o retículo sarcoplasmático aumentando sua permeabilidade ao cálcio, tornando este mineral prontamente disponível para o processo de contração muscular. Assim, é provável que a CAF possa influenciar a sensibilidade das miofibrilas ao cálcio (ROY *et al.* 1994; PINTO e TARNOPOLSKY, 1997).

Segundo Pagala e Taylor (1998), o mecanismo de ação do cálcio induzido pela ação da CAF parece agir de forma diferenciada nas fibras musculares do tipo I e II, visto que as fibras de contração lenta (tipo I) são mais sensíveis à ação da cafeína do que as fibras musculares de contração rápida (tipo II).

Estudo de Roy *et al.* (1994), analisando a resposta eletromiográfica dos dorsiflexores de indivíduos saudáveis, constataram que a administração aguda de CAF (9 mg/kg de peso corporal) retarda a fadiga muscular quando induzida por força tetânica de 100 Hz. Aumento significativo na força de contração máxima, medida a partir de contrações voluntárias isométricas foi observado por Pinto e Tarnopolsky (1997), após a ingestão de CAF (7 mg/kg de peso corporal) tanto em homens quanto em mulheres. Vale destacar que nesse estudo as mulheres apresentaram maior resistência à fadiga muscular.

Kalmar e Cafarelli (1999) investigaram o efeito da administração de CAF (6 mg/kg de peso corporal) sobre a função neuromuscular através de eletroestimulação. Os autores verificaram aumento significativo nas contrações voluntárias máximas (3,5%) e no tempo de execução até a instalação da fadiga muscular (25,8%). Para esses pesquisadores, parece que a cafeína aumenta a ativação voluntária máxima pela sua ação direta sobre o sistema nervoso central (SNC), indicando que o mecanismo de ação periférica da CAF atua em menor intensidade. Encontra partida, Hespel *et al.* (2002), utilizando-se do mesmo método, porém em atividade intermitente, não constataram melhoras significante na força máxima, no tempo de contração e tempo de relaxamento após ingestão de CAF (5 mg/kg de peso corporal).

Plaskett e Cafarelli (2001), analisando a atividade EMG do músculo quadríceps após administração de CAF (6 mg/kg de peso corporal) constataram aumento significativo no tempo de exaustão (17%) e redução da percepção de força durante os primeiros 10-20 segundos de contração isométrica. Mais recentemente, Walton *et al.* (2002), por meio de análise EMG em dorsiflexores, investigaram o efeito da ingestão de CAF (6 mg/kg de peso corporal) sobre a ativação de unidades motoras nos músculos tibiais, e verificaram aumento significativo na frequência relativa de disparos em unidades motoras do tibial anterior.

Em contrapartida, Bond *et al.* (1986) investigaram o efeito da ingestão de CAF (5 mg/kg de peso corporal) sobre os níveis de força muscular avaliada em contrações voluntárias dinâmicas (flexão e extensão de joelho), e não observaram melhorias significantes. Os autores atribuíram o resultado, possivelmente, aos baixos teores de CAF utilizados. Da mesma forma, Páscoa *et al.* (1994) não observaram aumento na força muscular em homens saudáveis após a ingestão de CAF (10 mg/kg de peso corporal), avaliados por meio de dinamometria eletrônica.

Similarmente, Williams *et al.* (1987) relataram em seu estudo que a ingestão de CAF (7 mg/kg de peso corporal) não modificou o espectro de frequência do sinal EMG durante contrações isométricas máximas e submáximas no exercício de preensão manual. Os autores relataram também decréscimo previsto no espectro de frequência associado com a fadiga, porém este não foi significativamente diferente entre as condições CAF e PL.

Ressalta-se, entretanto, que são poucos os estudos que procuraram investigar o efeito da ingestão de CAF sobre a FNM em exercícios dinâmicos seja em laboratório ou em testes de campo. Na sua maioria, como já relatado anteriormente, os estudos envolvem exercícios isométricos.

Assim, considerando a necessidade de se obterem resultados mais próximos da realidade da ação motora requerida, Altimari *et al.* (2006c), investigando grupo de sujeitos não

atletas submetidos a exercício dinâmico de carga constante (retangular) de alta intensidade e curta duração ($110\% W_{\max}$, ~ 125 seg) no cicloergômetro, constataram que a ingestão de CAF (6 mg/kg de peso corporal) aumentou significativamente o tempo para atingir o limiar de fadiga neuromuscular (LF_{NM}) dos músculos superficiais do quadríceps, RF, VL e VM isoladamente e integrados, bem como melhorou significativamente em 14% a performance. Esses achados corroboram com relatos de Altimari *et al.* (2006a) os quais sugerem que a ingestão de CAF melhora significativamente a performance em exercícios máximos e supramáximos de curta duração (< 5 minutos), e que esta melhora está associada à ação da CAF sobre o músculo esquelético.

Entretanto, estudo de Kruk *et al.* (1999) não relatou diferença significativa no espectro de frequência do sinal EMG do músculo VL entre as condições CAF e PL durante teste máximo de salto em plataforma (60 segundos) após a ingestão de 6 mg/kg de peso corporal. Semelhantemente, Greer *et al.* (2006) não encontraram diferenças significativas no espectro de frequência do sinal EMG do músculo VL e gastrocnêmio (GA) entre as condições CAF e placebo durante teste supramáximo de Wingate (30 segundos) realizado em cicloergômetro após a ingestão de 5 mg/kg de peso corporal de CAF. Ressalta-se ainda que não se observou efeito significativo da CAF sobre os parâmetros de performance anaeróbia. Desse modo, tomando como base as investigações previamente mencionadas, os dados indicam que a CAF não parece influenciar o espectro de frequência do sinal EMG de superfície.

Considerando as informações supracitadas, pode-se constatar a falta de maior número de estudos envolvendo modelos de exercícios dinâmicos que refletem a situação real dos movimentos realizados nos esportes.

4 Material e métodos

4.1 Seleção da amostra

Inicialmente quatorze ciclistas amadores, na faixa etária de 20 a 32 anos, do sexo masculino, foram selecionados voluntariamente para participar deste estudo. Como critério inicial de inclusão, os indivíduos deveriam ter experiência mínima de dois anos em competição. Além disso, nenhum dos participantes poderia ser usuário de esteróides anabólicos ou suplementos nutricionais. As informações quanto ao uso ou não dessas substâncias foram obtidas por meio de relato dos próprios indivíduos em entrevista prévia. Quatro desses sujeitos acabaram não concluindo o experimento por diversos motivos, incluindo abandono voluntário (1), não-cumprimento de procedimentos estabelecidos previamente ao início do estudo (1), problemas de saúde não relacionados ao protocolo experimental, ou problemas particulares (2).

Desse modo, a amostra investigada foi composta por dez ciclistas (velocista = 3 e resistência = 7) com idade média de $27,5 \pm 4,1$ anos e tempo médio de prática na modalidade de $9,8 \pm 4,7$ anos. Todos relataram participar de treinamento em média de $4,6 \pm 1,3$ vezes por semana e manterem volume médio semanal de $364,0 \pm 76,0$ km. Os indivíduos foram convenientemente informados sobre a proposta do estudo e sobre os procedimentos aos quais seriam submetidos, e posteriormente, assinaram termo de consentimento livre e esclarecido. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas (Parecer 228/2005), de acordo com as normas da Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde sobre pesquisa envolvendo seres humanos (Anexo I).

4.2 Delineamento experimental

As coletas dos dados foram realizadas em parceria entre o Laboratório de Estudos Eletromiográficos (LEE) e o Laboratório de Fisiologia do Exercício (FISEX) da Faculdade de Educação Física da UNICAMP. O delineamento experimental adotado teve como intuito controlar variáveis que pudessem exercer influência no processo de investigação, possibilitando análise mais criteriosa dos achados. Portanto, as variáveis temperatura ambiente e umidade relativa do ar foram mantidas entre 21 e 24°C e 40 e 60%, respectivamente.

O presente estudo foi dividido em quatro etapas realizadas no período de 5 a 7 semanas. Na primeira etapa do experimento os atletas compareceram ao laboratório para tomarem conhecimento da proposta do estudo e procedimentos aos quais seriam submetidos e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido.

Em seguida, os sujeitos foram submetidos a anamnese nutricional para determinar os hábitos alimentares. Além disso, foram agendados os horários nos quais cada atleta deveria comparecer ao laboratório na etapa seguinte. Posteriormente, foram realizadas medidas antropométricas para caracterização da amostra e teste pré-experimental, no intuito de familiarizar os sujeitos aos equipamentos e os protocolos. Vale ressaltar que todos os testes foram realizados com intervalo mínimo de 72 horas entre os mesmos.

Na segunda etapa do experimento, os voluntários compareceram ao laboratório nos horários pré-definidos, onde foram submetidos ao teste de esforço progressivo para determinação do consumo de oxigênio de pico (VO_{2pico}) e limiar ventilatório (LV_2). Na etapa seguinte, os sujeitos compareceram ao laboratório em duas sessões distintas, onde foram submetidos aos testes retangulares utilizados para determinar o consumo de oxigênio durante esforços de

intensidades submáximas.

Na quarta etapa, os sujeitos compareceram ao laboratório em duas sessões distintas, onde foram submetidos aos testes retangulares supramáximos para a quantificação do déficit máximo acumulado de oxigênio (MAOD), após a ingestão de cafeína (CAF) ou placebo (PL).

Os horários de avaliação de cada voluntário foram padronizados entre os dias de testes, fazendo com que estes realizassem todos os testes em horário aproximado, evitando assim possíveis interferências circadianas. Vale ressaltar que os sujeitos foram orientados para que não realizassem atividades físicas vigorosas 24 h, e não ingerissem substâncias cafeinadas (café, chocolate, mate, pó-de-guaraná, coca-cola e guaraná) ou alcoólicas nas 48 h precedentes aos testes, para evitar possíveis interferências.

4.3 Antropometria

A massa corporal (MC) foi medida em balança da marca Filizola, modelo ID-1500, com precisão de 0,1 kg ao passo que a estatura (E) foi obtida em antropômetro, com precisão de 0,1 cm, de acordo com os procedimentos descritos por Gordon *et al.* (1988). Todos os indivíduos foram medidos descalços, vestindo apenas uma sunga. O índice de massa corporal (IMC) foi determinado pelo quociente $MC/estatura^2$, sendo a MC expressa em quilogramas (kg) e a estatura em metros (m).

Medidas de bioimpedância (Biodynamic 450 Body Composition Analyzer™, Biodynamics Corporation®, SE, USA) foram utilizadas para a determinação da quantidade de água corporal total (ACT) e posteriormente estimar os parâmetros de massa corporal magra (MCM), massa corporal gorda (MCG) e gordura corporal relativa (%G). As medidas foram feitas

no período matutino na posição de decúbito dorsal, em maca isolada de condutores elétricos. Após a limpeza da pele com álcool, quatro eletrodos foram colocados na superfície da mão e do pé direito, de acordo com os procedimentos descritos por Sardinha *et al.* (1998).

Os sujeitos foram orientados a urinarem, absterem-se da ingestão de alimentos ou bebidas nas últimas quatro horas antes da realização das medidas, evitarem a prática de exercícios físicos vigorosos por pelo menos 24 h precedentes ao início das coletas, não consumirem bebidas alcoólicas e cafeinadas por no mínimo 48 h, e finalmente evitarem o uso de diuréticos ao longo dos últimos sete dias.

4.4 Determinação dos hábitos alimentares

Os participantes foram orientados por nutricionista, para o preenchimento de registros alimentares de três dias na semana antecedente, e nas semanas correspondentes à aplicação do protocolo experimental. Medidas caseiras padronizadas foram utilizadas para a estimativa da quantidade de alimentos e bebidas consumidas.

O consumo calórico total, a quantidade e as proporções de macronutrientes, bem como o consumo de cafeína, foram determinados por meio do programa para avaliação nutricional Virtual Nutri, versão 1.0. Os participantes do estudo receberam supervisão nutricional em todos os momentos do experimento. Esses foram orientados para manterem seus hábitos alimentares durante o protocolo experimental, evitando o uso de alimentos e bebidas cafeinadas. A ingestão de água foi *ad libitum*.

4.5 Testes experimentais

Todos os testes físicos foram realizados em ciclossimulador modelo CompuTrainer DYNAFIT™ (RacerMate®, Seattle, WA, USA) com capacidade de carga de até 1500 watts (Figura 5). O mesmo foi calibrado antes da realização de cada teste conforme orientação do fabricante.

As medidas da bicicleta correspondente a cada avaliado como: altura e distância do banco; altura e distância da mesa e a posição das mãos foram padronizadas durante todos os testes, para assim evitar alterações na postura do avaliado e, conseqüentemente, possíveis diferenças na solicitação do músculo avaliado.

Ressalta-se que ao longo do período experimental compreendido entre 5 e 7 semanas foram realizados ao todo 100 testes, aproximadamente.



Figura 5. Ciclossimulador modelo CompuTrainer DYNAFIT™ (RacerMate®, USA).

Para todos os testes, os parâmetros respiratórios foram medidos continuamente em sistema de ergoespirometria (CPX/D MedGraphics™, Breeze®, St. Paul, MN, USA) utilizando-se da técnica *breath-by-breath* (Figura 6A).

O equipamento foi calibrado antes de cada teste de acordo com a padronização do fabricante, utilizando-se seringa de calibração de três litros Hans Rudolf 5530 (Figura 6B) e mistura de gás de 16% O₂ com balanço de 5% CO₂ e 95 % N₂ (White Martins®, Campinas, SP, Brasil).



Figura 6. A) Sistema de ergoespirometria (CPX/D MedGraphics™, Breeze®, St. Paul, MN, USA); B) Seringa de calibração Hans Rudolf 5530.

4.5.1 Teste de esforço progressivo

Inicialmente, os indivíduos realizaram teste de esforço progressivo (rampa) de 20 W.min⁻¹ mantendo cadência de 90 rotações por minuto (rpm) até a exaustão voluntária; o mesmo teve início com aquecimento de 3 minutos a carga de 50 W. Como critério de interrupção do teste adotou-se a queda na cadência de rotações (90 rpm) sem recuperação, por mais de cinco

segundos. O consumo de oxigênio de pico (VO_{2pico}) foi determinado considerando a média dos dois maiores valores consecutivos obtidos em intervalo de 15 s.

O limiar ventilatório (LV_2) foi identificado em duplicata, por inspeção visual mediante o uso do equivalente ventilatório de oxigênio (VE/VO_2) e do equivalente ventilatório de dióxido de carbono (VE/VCO_2), sendo considerado o segundo incremento no VE/VO_2 e aumento abrupto do VE/VCO_2 (ponto de compensação respiratória), de acordo com os critérios propostos por (McLELLAN, 1985) (Figura 7).

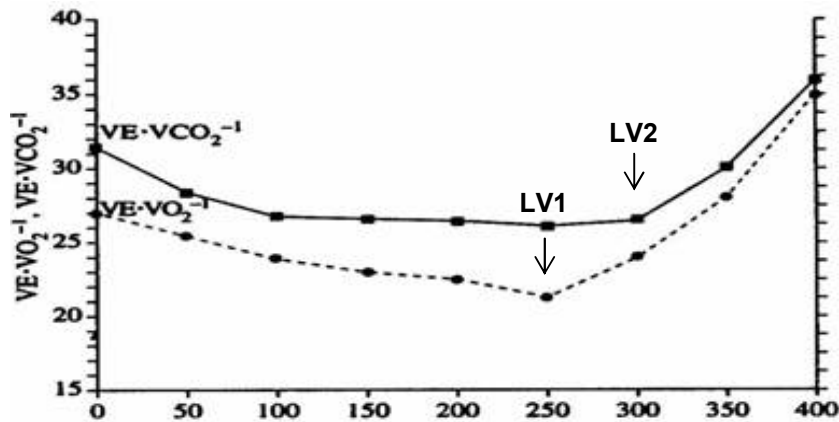


Figura 7. Identificação do LV1 e LV2 de acordo com VE/VO_2 e VE/VCO_2 .

4.5.2 Determinação do déficit máximo acumulado de oxigênio (MAOD)

Para determinação do MAOD cada participante foi submetido, inicialmente, a quatro sessões de testes retangulares submáximos (60, 70, 80 e 90% da carga referente ao VO_{2pico}) com 10 minutos de duração cada (considerando a média do consumo de O_2 obtido durante o oitavo e décimo minuto) mantendo uma cadência de 90 rpm, com o objetivo de estimar os valores da demanda de O_2 (DEO_2).

Os testes retangulares submáximos foram realizados em duas sessões distintas, com intervalo de 48 horas entre as mesmas, sendo executados dois testes (70, 80% do $\text{VO}_{2\text{pico}}$) na primeira sessão e outros dois (60 e 90% do $\text{VO}_{2\text{pico}}$) na segunda sessão. A ordem da execução das sessões de testes foi aleatória dentro da sessão e o intervalo entre os testes foi de pelo menos 30 minutos.

Com exceção da imposição da resistência, todos os procedimentos adotados nos testes retangulares submáximos foram idênticos ao teste de esforço progressivo. As cargas empregadas tiveram potência média compreendida entre 176 e 284 W, aproximadamente.

Posteriormente, utilizando-se os valores de DEO_2 respectivos a cada intensidade de esforço foi estabelecida relação linear entre DEO_2 e intensidade e, em seguida, foi estimada a demanda acumulada de O_2 (DEAO_2) em esforços supramáximos (Figura 8A) (GARDNER *et al.*, 2003). Para tanto, foi utilizado procedimento 3 de MedbØ *et al.* (1988), que consiste na adoção de um intercepto y comum a todos os indivíduos, de 5 mL/kg/min para melhorar a aplicabilidade do MAOD. A extrapolação desse segmento de reta para intensidades supra- $\text{VO}_{2\text{pico}}$ fornece o valor da DEAO_2 para o teste retangular de MAOD.

Por fim, para estimativa do MAOD, foi realizado teste retangular supramáximo (intervalo mínimo de 72 horas dos testes submáximos) com carga correspondente a 110% do $\text{VO}_{2\text{pico}}$ até a exaustão voluntária, mantendo sempre uma cadência de 90 rpm.

Como critério de interrupção do teste adotou-se o valor limite 85 rpm sem recuperação por mais de cinco segundos. O consumo de oxigênio acumulado (AVO_2) no teste supramáximo foi determinado considerando a média dos 15 s finais do teste. O MAOD foi quantificado pela diferença entre a DEAO_2 estimada para o teste supramáximo e o AVO_2 no teste supramáximo (Figura 8B).

Durante os testes supramáximos, os voluntários receberam forte encorajamento verbal para garantir que alcançassem seu desempenho máximo. Além disso, não foi dada informação aos participantes quanto à intensidade das cargas e duração esperada dos testes.

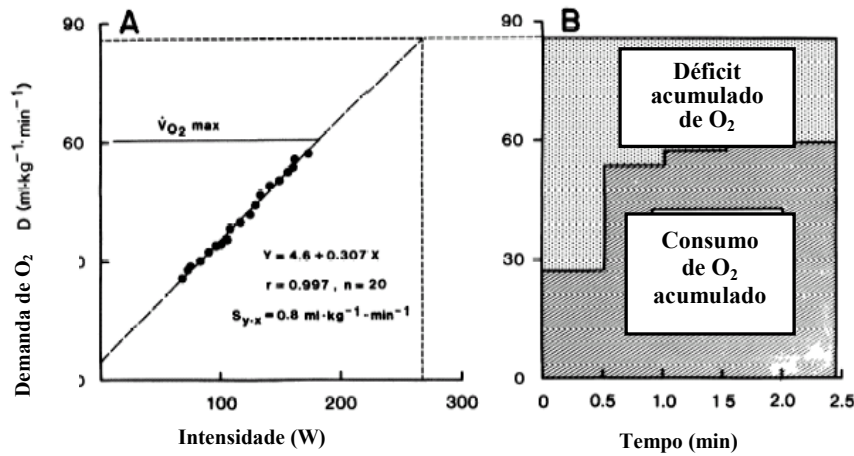


Figura 8. Princípios para determinação do MAOD (Adaptado de MedbØ *et al.*, 1988).

4.6 Ingestão de Cafeína

Os voluntários selecionados no presente estudo ingeriram cafeína pura (CAF - 6 mg.kg⁻¹ de peso corporal) ou placebo (PL - maltodextrina) preparados e embalados em cápsulas gelatinosas, cerca de 60 minutos antes do início do teste retangular supramáximo para estimativa do MAOD. Os mesmos permaneceram em repouso durante este período. O processo foi conduzido em ordem aleatória em sistema duplo cego, com pelo menos 72 horas de intervalo entre um teste e outro.

4.7 Sinais eletromiográficos (EMG)

4.7.1 Aquisição dos sinais EMG

Para a coleta dos sinais EMG foi utilizado eletromiógrafo (modelo MP150TM, Biopac Systems[®], Santa Barbara, CA, USA), contendo 16 canais (Figura 9). A frequência de amostragem estabelecida para a aquisição dos registros eletromiográficos foi de 2000Hz. Os limites de entrada dos sinais foram estabelecidos em ± 5 mV e a relação de rejeição do modo comum (CMRR) foi de >80 dB. Para a captação dos sinais foi utilizado o software *AcqKnowledge* 3.8.1 (Biopac Systems[®], Santa Barbara, CA, USA).



Figura 9. Imagem do eletromiógrafo (modelo MP150TM, Biopac Systems[®], Santa Barbara, CA, USA).

Foram analisados os músculos superficiais do QF: VL, VM e RF. Os sinais EMG foram coletados durante os testes retangulares supramáximos para a determinação do MAOD

nas condições CAF ou PL de acordo com a ISEK (MERLETTI, 1999). Cada sujeito teve os eletrodos de EMG bipolares ativos, com distância inter-eletrodos fixa de dois centímetros (modelo TSD150TM, Biopac Systems[®], Santa Barbara, CA, USA) colocados sobre os músculos superficiais do QF da perna direita (Figura 10).

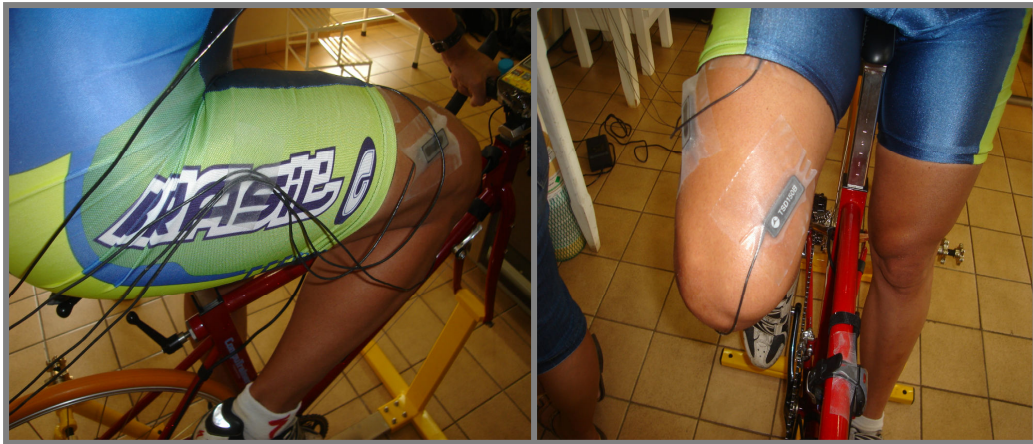


Figura 10. Imagem do eletrodo ativo (modelo TSD150TM, Biopac Systems[®], Santa Barbara, CA, USA) colocados em cima dos músculos superficiais do QF.

Inicialmente, foi realizada tricotomia seguida de assepsia local com álcool e curetagem para reduzir a impedância da pele. Foi utilizada fita adesiva (MicroporeTM, 3M Brasil[®], Campinas, SP, Brasil) para a fixação dos eletrodos sobre a pele. O eletrodo de referência (terra) foi posicionado no acrômio clavicular.

A localização dos pontos anatômicos para colocação dos eletrodos nos músculos analisados obedeceu a padronização proposta pelo SENIAM (HERMENS *et al.*, 2000). O músculo VL foi localizado no ponto à dois terços da distância entre a espinha ilíaca ântero-superior e a borda lateral da patela (Figura 11A). O músculo VM foi localizado no ponto à 80%

crista ilíaca e borda lateral do ligamento medial (Figura 11B) e o músculo RF foi localizado no ponto à 1/2 crista Ilíaca e borda superior da patela (Figura 11C).

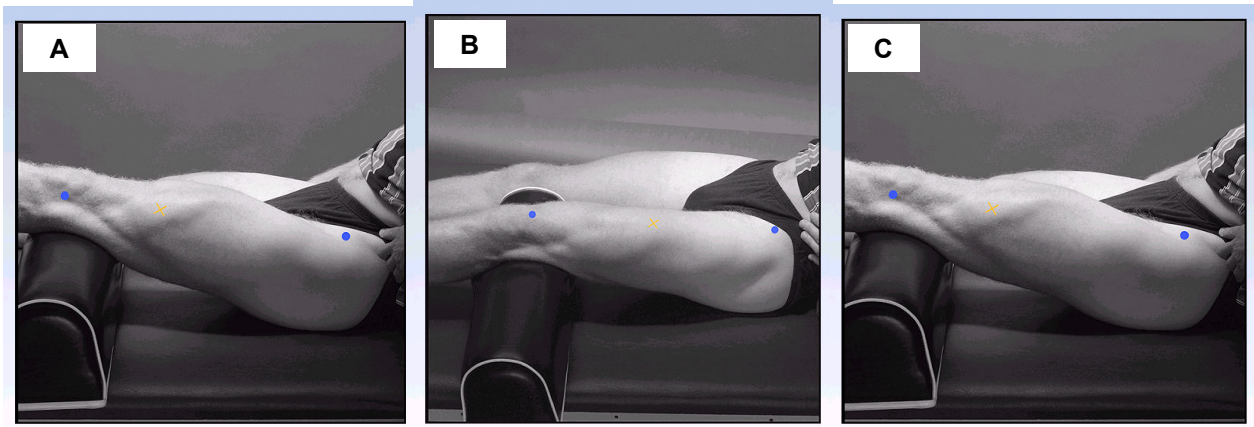


Figura 11. Localização anatômica para a colocação de eletrodos no músculo VL (A), VM (B) e RF (C) de acordo com a padronização do SENIAM (HERMENS *et al.*, 2000).

4.7.2 Análise e processamento dos sinais EMG

Para análise dos sinais EMG dos músculos VL, VM, RF e QF integrados (VL + VM + RF / 3) durante o teste retangular supramáximo para a determinação do MAOD nas condições CAF e PL, foram utilizados valores médios em RMS (*root mean square*) (μV) e frequência mediana (FM) (Hz) a cada período de 5 s (CAMATA *et al.*, 2008). Ressalta-se que a FM foi determinada por meio da análise de Fourier - “*Fast Fourier Transform*” (FFT).

Para tanto, utilizou-se inicialmente no processamento dos dados o software *AcqKnowledge* 3.8.1 (Biopac Systems[®], Santa Bárbara, CA, USA) e ambiente de simulação matemática *MatLab* 7.0 (Mathworks[®], South Natick, MA, USA). Para obtenção dos valores expressos em RMS, os sinais EMG brutos foram submetidos à filtragem digital utilizando filtro

passa-banda de 20Hz e 500Hz e em seguida, retificados e suavizados (janela móvel de 10 amostras) (Figura 12). Por outro lado, para obtenção dos valores expressos em FM adotou-se apenas a utilização da filtragem digital conforme relatado anteriormente.

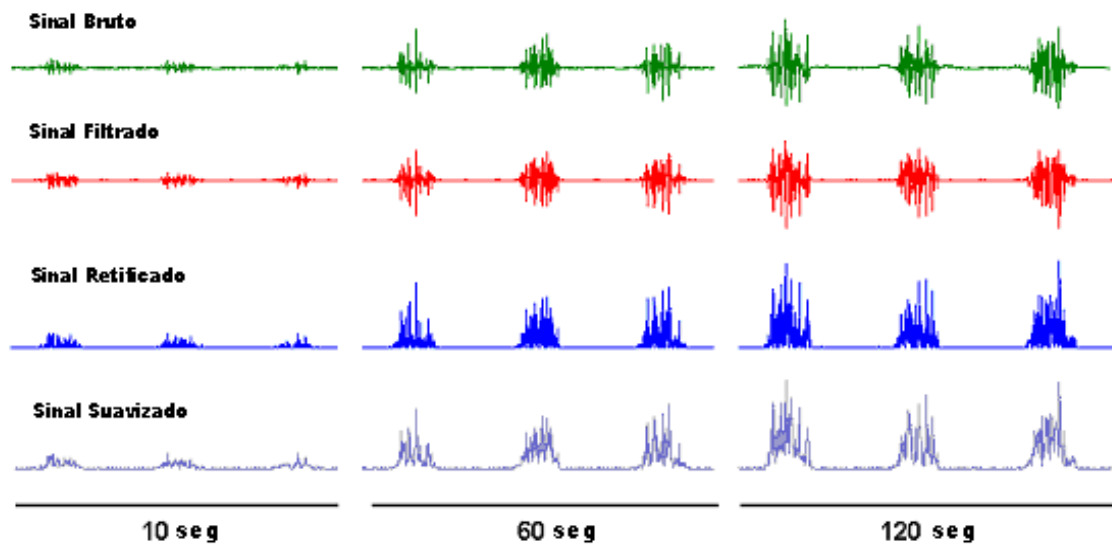


Figura 12. Exemplo da seqüência de análise dos sinais EMG do músculo vasto lateral (VL) adotada para um indivíduo. Dados coletados aos 10, 60 e 120 segundos, durante teste retangular supramáximo.

A atividade EMG dos músculos VL, VM, RF e QF integrados foram normalizados pelo *RMS* inicial (5 s) e duração do exercício (% max) e, a taxa de fadiga muscular dos músculos VL, VM, RF e QF integrados foi determinada por meio de procedimento de regressão linear (STATISTICA 6.0TM) obtida pela inclinação da reta (*slope*), a partir de dados normalizados pela duração do exercício (% max) e freqüência mediana inicial (5 s), nas condições CAF e PL de acordo com Ng *et al.* (1996).

4.8 Mensuração da percepção subjetiva de esforço (PSE)

Todos os indivíduos foram instruídos a relatar o esforço percebido de acordo com a escala de 6-20 pontos de Borg (1982), a cada 30s de exercício no teste retangular supramáximo após a ingestão de CAF ou PL. A partir desses dados foram determinados o intercepto no eixo y (y-intercepto), o coeficiente de determinação (R^2) e o coeficiente angular (*slope*) entre o tempo como variável independente e os valores individuais de esforço percebido atribuídos durante cada teste, que foram obtidos através de regressão linear (STATISTICA 6.0TM).

4.9 Análise da concentração de lactato sanguíneo

Vinte e cinco μL de sangue foram coletados no lóbulo da orelha direita para a análise da concentração de lactato sanguíneo, em repouso (-60 min), imediatamente antes (0 min) e após (1, 3, 5, 7 e 10 min) o teste de MAOD nas condições CAF e PL (Figura 13A).

As amostras foram imediatamente colocadas em microtúbos de polietileno, tipo *Eppendorff*, com capacidade para até 1,5 mL, e armazenadas a -20°C , para posterior dosagem (Figura 13B). Cada microtúbos continha 50 μL de solução de fluoreto de sódio a 1%. Esta solução, por ser hipotônica, provoca a hemólise, e também a inibição da enzima glicolítica enolase, interrompendo assim a atividade glicolítica. Além disso, a solução é utilizada para evitar a coagulação sanguínea. As concentrações de lactato sanguíneo foram determinadas em analisador eletroenzimático (modelo YSL Sport 1500TM Yellow Spring Instruments[®], Yellow Spring, Co, USA) (Figura 13C).

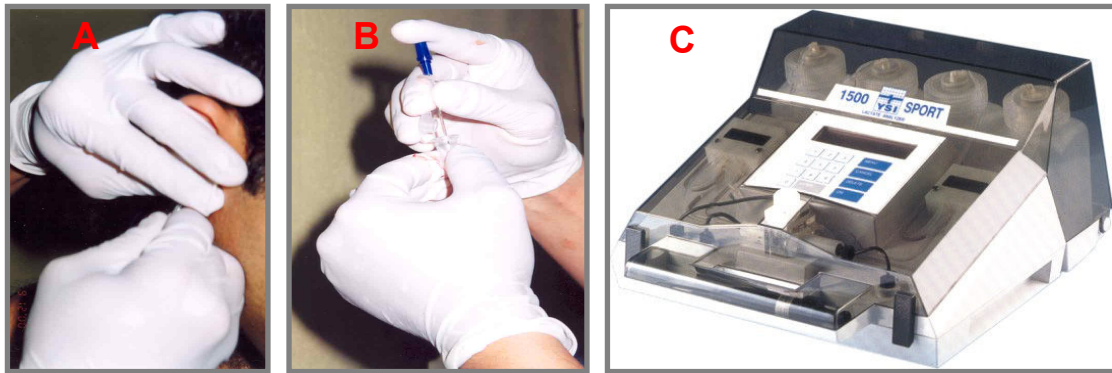


Figura 13. A) Coleta de sangue no lóbulo da orelha direita para a análise da concentração de lactato sangüíneo; B) Armazenamento das amostras de sangue em microtúbos de polietileno, tipo *Eppendorff*, para posterior dosagem; C) Analisador eletroenzimático modelo YSL Sport 1500TM (Yellow Spring Instruments[®], Yellow Spring, Co, USA).

4.10 Tratamento estatístico

Para análise dos resultados foi empregado o pacote estatístico StatisticaTM 6.0[®] (STATSOFT INC., TULSA, OK, USA). Após constatação da normalidade (teste de *Shapiro-Wilk*) e homogeneidade (teste de *Levene*) os resultados obtidos no estudo foram agrupados em valores de média e desvio-padrão.

A verificação de eventuais diferenças entre as potências empregadas, e suas correspondentes DEO₂ obtidas nos testes retangulares, foi realizada mediante teste de análise de variância (ANOVA) *one-way*. Para análise da taxa de fadiga muscular (*slope*) e atividade EMG (RMS) entre os músculos VL, VM, RF e QF integrados nas condições cafeína CAF e PL, bem como, do comportamento das concentrações de lactato sangüíneo utilizou-se análise de variância (ANOVA) *two-way* para medidas repetidas. Quando os valores de F associados à ANOVA foram

estatisticamente significantes, a análise foi complementada por meio do teste de *Tukey* para comparações múltiplas.

As comparações dos dados de consumo alimentar, proporções de macronutrientes e a quantidade de cafeína consumidos na dieta nos momentos pré e pós-experimento, bem como, dos parâmetros medidos na determinação do déficit máximo acumulado de oxigênio (TE, DEAO₂, AVO₂ e MAOD), os *slopes* de FM dos músculos do QF integrados e os parâmetros obtidos por procedimento de regressão linear entre duração do exercício e PSE (slope, y-intercepto e R²), nas condições CAF e PL, foram realizadas utilizando-se do teste *t* de *student* pareado. Por fim, a comparação da PSE inicial (30 s) obtidas durante o teste de MAOD entre as condições CAF e PL, foi feita pelo teste de *Wilcoxon* pareado e os resultados obtidos agrupados em valores de mediana e semi-amplitude interquartil. O nível de significância adotado para todas as análises foi de 5%.

5 Resultados

Na tabela 4 são apresentadas às características antropométricas dos ciclistas estudados.

Tabela 4. Valores médios \pm desvio-padrão das características antropométricas dos ciclistas (n=10).

Variáveis	Média	\pm DP
MC (kg)	71,0	\pm 10,3
Estatura (cm)	173,4	\pm 6,5
IMC (kg/m ²)	24,19	\pm 3,23
%G	15,3	\pm 3,3
MCG (kg)	11,3	\pm 3,9
MCM (kg)	61,0	\pm 6,5

MC – Massa corporal; IMC – Índice de massa corporal; %G – Gordura Corporal Relativa; MCG – Massa corporal gorda; MCM – Massa corporal magra.

Os parâmetros fisiológicos obtidos no teste de esforço progressivo dos ciclistas são apresentados na tabela 5. Os valores de consumo alimentar na dieta dos atletas nos momentos pré e pós-experimento são apresentados na tabela 6.

Tabela 5. Valores médios \pm desvio-padrão de parâmetros fisiológicos dos ciclistas no teste de esforço progressivo (n=10).

Variáveis	Média	\pm DP
Tempo Exaustão (min)	12,1	\pm 1,5
Potência Máxima (W)	345,3	\pm 38,7
VO ₂ pico (mL.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	56,7	\pm 4,3
VO ₂ pico (mL.min ⁻¹)	3997	\pm 399
VO ₂ LV (mL.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	47,6	\pm 4,6
VO ₂ LV (%)	83,7	\pm 2,0

VO₂ LV - consumo de oxigênio no limiar ventilatório.

Tabela 6. Valores médios \pm desvio-padrão do consumo alimentar na dieta dos atletas nos momentos pré e pós-experimento (n=10).

Momentos	Energia (kcal)	Carboidratos (g)	Proteínas (g)	Lipídios (g)
Pré	3117,9 \pm 239,2	404,0 \pm 42,3	125,5 \pm 15,9	112,7 \pm 16,4
Pós	3149,2 \pm 258,8	409,8 \pm 47,3	125,9 \pm 14,2	113,7 \pm 16,9

Nenhuma diferença significativa entre os momentos foi encontrada no consumo energético e na quantidade total de macronutrientes ingeridos ($P > 0,05$).

As proporções de macronutrientes relativas ao consumo alimentar total dos atletas nos momentos pré e pós-experimento, são apresentadas na Tabela 7. Nenhuma alteração significativa ocorreu entre os momentos pré e pós-experimento ($P > 0,05$).

Tabela 7. Valores médios \pm desvio-padrão das proporções de macronutrientes relativas ao consumo alimentar total dos atletas nos momentos pré e pós-experimento (n=10).

Momentos	Carboidratos (%)	Proteínas (%)	Lipídios (%)
Pré	49,8 \pm 3,6	16,5 \pm 1,5	33,7 \pm 4,6
Pós	50,0 \pm 3,7	16,4 \pm 1,4	33,6 \pm 4,1

Alteração significativa foi observada na quantidade de cafeína ingerida pelos atletas por meio da dieta entre os momentos pré e pós-experimento (1,1 \pm 0,2 vs 0,2 \pm 0,1 mg.kg⁻¹, $P < 0,05$; respectivamente).

Os valores de demanda de O₂ (DEO₂) obtida nos dois minutos finais dos testes retangulares submáximos utilizada para estimar a demanda acumulada de O₂ (DEAO₂) em esforços supramáximos são apresentados na tabela 8. As potências empregadas nos testes retangulares foram diferentes entre si ($P < 0,05$). Da mesma forma, os valores de DEO₂ ao término dos testes retangulares aumentaram com a elevação da intensidade ($P < 0,05$).

Tabela 8. Valores médios \pm desvio-padrão das potências empregadas e suas correspondentes DEO₂ nos dois minutos finais dos testes retangulares (n=10).

	60% VO ₂ pico	70% VO ₂ pico	80% VO ₂ pico	90% VO ₂ pico
Potência (W)	171,5	205,5	240,0	277,0
	\pm 19,3 ^a	\pm 24,3 ^a	\pm 27,5 ^a	\pm 31,0 ^a
DEO ₂ 8-10 min	2545	2812	3324	3668
(mL.min ⁻¹)	\pm 130 ^a	\pm 211 ^a	\pm 196 ^a	\pm 140,3 ^a

DEO₂ 8-10 min - demanda de O₂ obtida nos dois minutos finais dos testes retangulares;
^adiferença estatisticamente significativa entre todas as intensidades ($P < 0,05$)

Os valores dos parâmetros medidos na determinação do MAOD nas condições CAF e PL são descritos na tabela 9. O tempo de exaustão, a DEAO₂ e o MAOD foram significativamente maiores na condição CAF comparada a PL ($P < 0,05$). Contudo, não foi verificada diferença significativa no AVO₂ entre as condições CAF e PL ($P > 0,05$).

Tabela 9. Valores médios \pm desvio-padrão dos parâmetros medidos na determinação do déficit máximo acumulado de oxigênio (MAOD) nas condições cafeína (CAF) e placebo (PL) (n=10).

Condição	TE (s)	DEAO ₂ (l)	AVO ₂ (l)	MAOD (l)
CAF	133,3 \pm 8,6*	10,8 \pm 1,0*	3,9 \pm 0,3	7,0 \pm 0,9*
PL	117,2 \pm 9,9	9,5 \pm 1,2	3,8 \pm 0,3	5,7 \pm 1,1

TE – tempo de exaustão; DEAO₂ – demanda acumulada de oxigênio; AVO₂ - o consumo de oxigênio acumulado no teste supramáximo; * diferença estatisticamente significativa para condição PL ($P < 0,05$).

Na figura 14, são apresentados os valores da atividade EMG dos músculos VL, VM, RF e QF integrados normalizados pelo RMS inicial (5 s) e duração do exercício (% max), medidas durante o teste de MAOD nas condições CAF e PL. Não foram constatadas diferenças significantes na atividade EMG dos músculos VL, VM, RF e QF integrados entre as condições CAF e PL em todos os períodos de tempo analisados ($P > 0,05$).

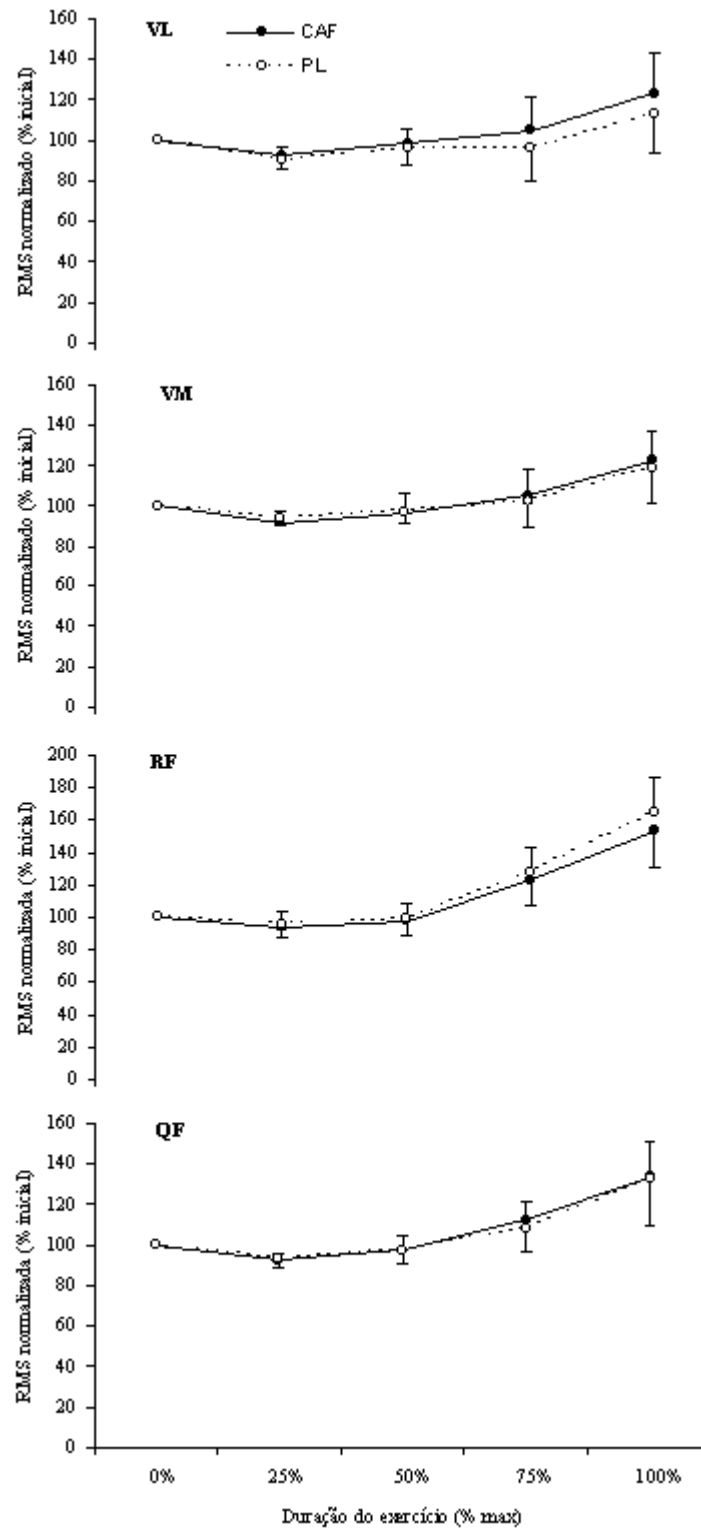


Figura 14. Valores (média \pm erro padrão) da atividade EMG dos músculos vasto lateral (VL), vasto medial (VM), reto femoral (RF) e quadríceps femoral (QF) integrados normalizados pelo

RMS inicial (5 s) e duração do exercício (% max) nas condições cafeína (CAF) e placebo (PL) (n=10).

Na tabela 10, são apresentados o valores da taxa de fadiga muscular dos músculos VL, VM e RF obtidos por meio da inclinação da reta (*slope*), determinado por procedimento de regressão linear, a partir de dados normalizados pela duração do exercício (% max) e frequência mediana inicial (5 s), medidas durante o teste de MAOD nas condições CAF e PL.

Inicialmente foi observado que o *slope* da FM do músculo VM foi significativamente menor que os encontrados para os músculos VL e RF nas condições CAF e PL ($P < 0,05$). Quando comparado os *slopes* de FM dos músculos VL, VM e RF entre as condições CAF e PL estes se mostraram significativamente menores para todos os músculos na condição CAF ($P < 0,05$).

Tabela 10. Valores médios \pm desvio-padrão da taxa de fadiga muscular (*slope*) dos músculos vasto lateral (VL), vasto medial (VM) e reto femoral (RF) nas condições cafeína (CAF) e placebo (PL) (n=10).

Condição	VL (<i>Slope</i>)	VM (<i>Slope</i>)	RF (<i>Slope</i>)
CAF	$-1,94 \pm 0,70^{\dagger*}$	$-1,35 \pm 0,37^*$	$-2,56 \pm 0,68^{\dagger*}$
PL	$-2,61 \pm 0,62^{\dagger}$	$-1,81 \pm 0,56$	$-3,13 \pm 0,52^{\dagger}$

[†]diferença estatisticamente significativa em relação ao músculo VM ($P < 0,05$).

* diferença estatisticamente significativa para condição PL ($P < 0,05$).

Também foram encontradas diferenças significantes dos *slopes* de FM dos músculos do QF integrados entre as condições CAF e PL ($-1,95 \pm 0,54$ vs $-2,51 \pm 0,56$, respectivamente; $P < 0,05$) (Figura 15).

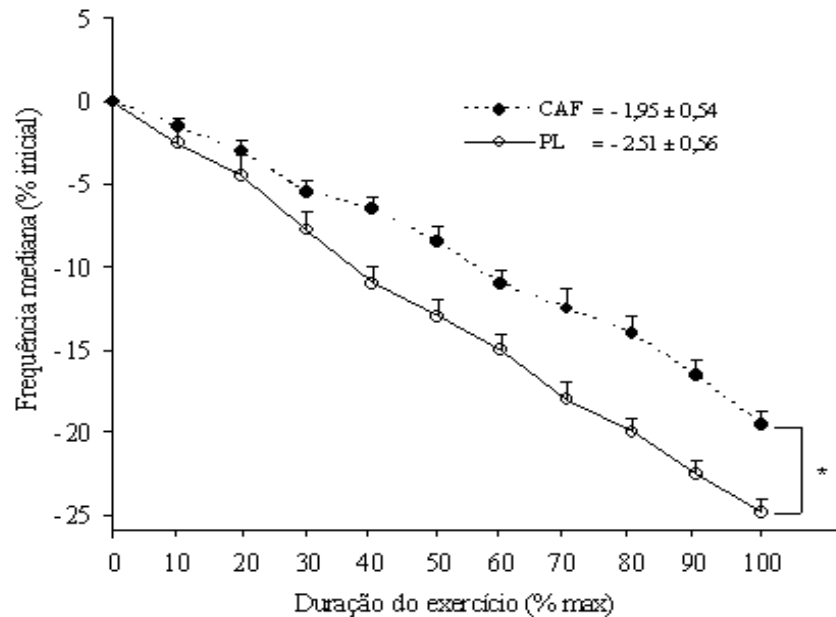


Figura 15. Valores (média \pm erro padrão) de frequência mediana dos músculos do QF integrados nas condições CAF e PL. O *slope* (% inicial/10% da duração do exercício) foi determinado por procedimento de regressão linear. * diferença estatisticamente significativa entre os *slopes* nas condições CAF e PL ($P < 0,05$).

Na tabela 11 são apresentados os valores correspondentes a inclinação da reta (*slope*), intercepto no eixo y (y-intercepto) e coeficiente de determinação (R^2), obtidos por meio de procedimento de regressão linear entre duração do exercício e percepção subjetiva de esforço (PSE) medida durante o teste de MAOD nas condições CAF e PL. Na figura 16 é apresentado exemplo para um indivíduo.

O *slope* da PSE foi significativamente maior na condição CAF comparado a PL ($P < 0,05$). Entretanto, o y-intercepto apresentou valor significativamente menor na condição CAF comparado a PL ($P < 0,05$). Quanto ao R^2 não foi observada diferença significativa entre as condições CAF e PL ($P > 0,05$).

Tabela 11. Valores médios \pm desvio-padrão da inclinação da reta (*slope*), intercepto no eixo y (y-intercepto) e coeficiente de determinação (R^2), nas condições cafeína (CAF) e placebo (PL) (n=10).

Condição	<i>Slope</i>	y-intercepto	R^2
CAF	$0,14 \pm 0,04^*$	$4,3 \pm 2,8^*$	$0,96 \pm 0,03$
PL	$0,10 \pm 0,02$	$7,7 \pm 2,0$	$0,96 \pm 0,02$

*diferença estatisticamente significativa para condição PL ($P < 0,05$).

Vale ressaltar que o valor de PSE inicial (30 s) medido durante o teste de MAOD na condição CAF foi significativamente menor comparado a PL ($8,5 \pm 1,5$ vs $11,5 \pm 1,5$, respectivamente; $P < 0,05$).

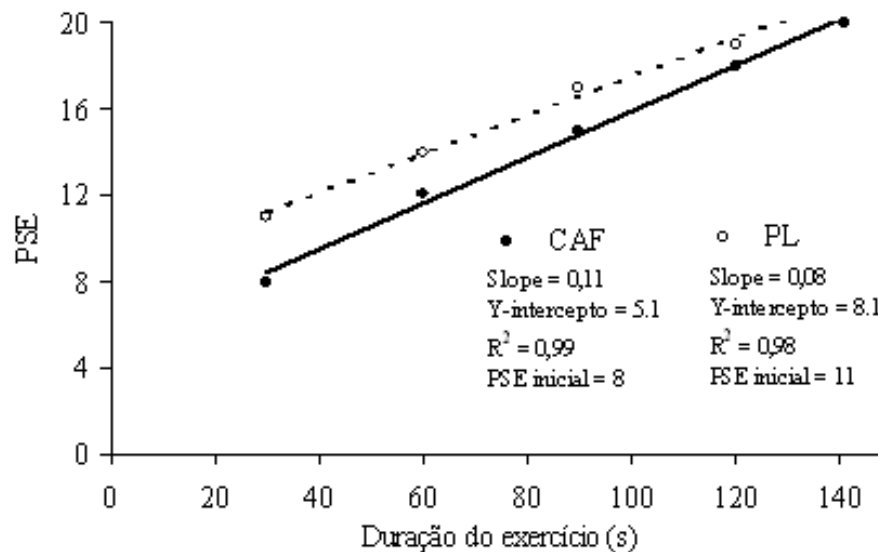


Figura 16. Regressão linear entre duração do exercício e percepção subjetiva de esforço (PSE) durante o teste de MAOD nas condições CAF e PL, exemplo para um indivíduo.

As concentrações de lactato sanguíneo, em repouso (-60 min), imediatamente antes (0 min) e após (1, 3, 5, 7 e 10 min) o teste de MAOD nas condições CAF e PL são apresentadas na figura 17. Não foram constatadas diferenças significantes nas concentrações de lactato sanguíneo entre as condições CAF e PL em todos os períodos de tempo analisados ($P>0,05$).

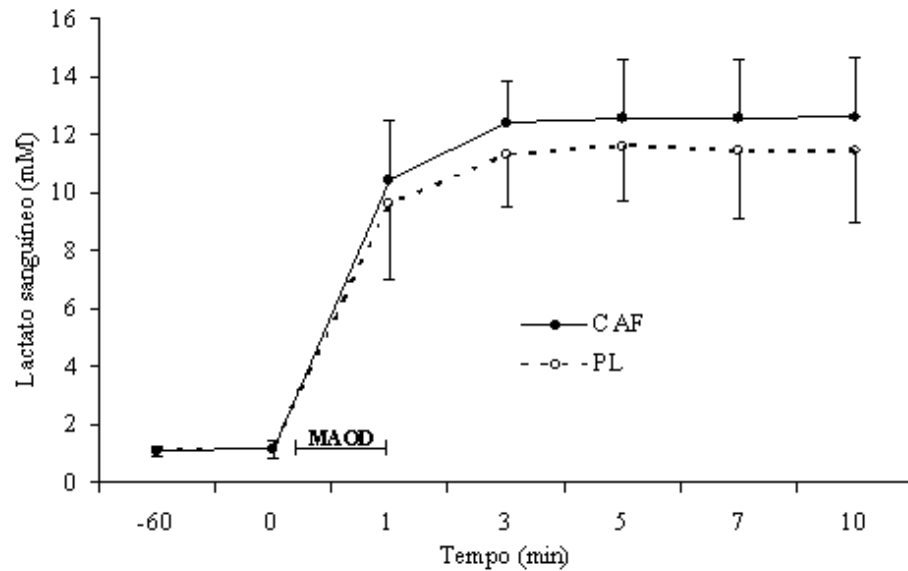


Figura 17. Valores (médias \pm desvios-padrão) das concentrações de lactato sanguíneo, em repouso (-60 min), imediatamente antes (0 min) e após (1, 3, 5, 7 e 10 min) o teste de MAOD nas condições CAF e PL (n=8).

6 Discussão

Considerando que a fadiga é apontada como fator limitante do desempenho físico independente da natureza do exercício físico (ABBISS & LAURSEN, 2005), a CAF tem sido utilizada de forma aguda, previamente à realização de exercícios aeróbios e anaeróbios, com o intuito de protelar a fadiga melhorando assim o desempenho físico (GRAHAM, 2001; ALTIMARI *et al.*, 2005; ALTIMARI *et al.*, 2006).

Desse modo, o objetivo deste estudo foi analisar a influência da ingestão de CAF sobre o desempenho anaeróbio em ciclistas, que constatou melhoras significantes em diferentes aspectos de desempenho anaeróbio, atenuação da taxa de fadiga muscular dos músculos VL, VM, RF e QF integrados, bem como influência sobre a PSE reduzindo-a nos instantes iniciais do exercício.

A proposta de controle prévio dos hábitos alimentares objetivou a manutenção destes ao longo do período experimental, o que foi constatado, uma vez que o consumo energético e as proporções de macronutrientes não apresentaram diferenças estatisticamente significantes entre os momentos pré e pós-experimento. O controle prévio dos hábitos alimentares tem se mostrado relevante, pois modificações acentuadas na proporção de macronutrientes, particularmente de carboidratos, podem influenciar negativamente o desempenho físico, especialmente durante exercícios anaeróbios onde há maior solicitação da glicólise anaeróbia (COSTILL, 1988; COYLE, 2000).

Além disso, a quantidade de CAF ingerida entre os momentos pré e pós-experimento foi significativamente reduzida, o que indica menor ingestão de alimentos contendo CAF durante o experimento, conforme foi orientado aos sujeitos. A habituação à CAF demonstrou ser de

grande relevância quando da utilização desta substância como meio de melhorar o desempenho físico (FISHER *et al.*, 1986). Porém, a habituação é atingida a partir da ingestão diária superior a 100 mg (FISHER *et al.*, 1986), valor maior ao mantido pelos indivíduos que fizeram parte da nossa amostra. Essa quantidade ingerida diariamente pode agir de forma decisiva nas alterações do metabolismo da CAF modificando a auto-regulação dos receptores β -adrenergético, da fixação-tradução, mediadas por receptores, ou inibindo a fosfodiesterase e a resposta da adrenalina durante o exercício (GRAHAM *et al.*, 1994). Constatou-se que, indivíduos habituados ao uso de CAF, após interromperem o seu uso, exibem alterações significativas no metabolismo e no desempenho físico. Tais modificações não têm sido observadas em indivíduos habituados e que mantêm ininterruptamente o seu uso (FISHER *et al.*, 1986; GRAHAM *et al.*, 1994).

Com relação ao desempenho anaeróbio, avaliado pelo teste de MAOD que é considerado por alguns pesquisadores (MEDBØ *et al.*, 1988; GASTIN, 1994; GARDNER *et al.*, 2003), mas não todos (GREEN e DAWSON, 1995; BANGSBO, 1996), como sendo o teste indireto não invasivo mais adequado para determinação da produção de ATP pelo metabolismo anaeróbio, a CAF aumentou significativamente o TE, DEAO₂ e o MAOD.

Estudos que utilizaram teste de MAOD para investigar o efeito da ingestão de CAF sobre o desempenho anaeróbio em corrida constataram melhora significativa no TE e MAOD (DOHERTY, 1998; DOHERTY *et al.*, 2002). Resultados semelhantes foram encontrados por Bell *et al.*, (2001), que constataram melhora significativa no MAOD e TE em cicloergômetro após ingestão de CAF. Esses autores sugerem que o maior TE está relacionado ao maior estímulo da CAF sobre o metabolismo do músculo esquelético, em vez de estimulação do SNC. Esta hipótese é suportada pelo fato do aumento no MAOD ter sido acompanhado do aumento da concentração de lactato e adrenalina no sangue, o que é reforçado pelo resultado de outros estudos que

verificaram aumento nos níveis de adrenalina no sangue após a ingestão CAF (COLLOMP *et al.*, 1991; DOHERTY *et al.*, 2002).

No entanto, ao contrário da investigação de Bell *et al.* (2001), o presente estudo e, os estudos de Doherty (1998) e Doherty *et al.* (2002), não encontraram elevação significativa de lactato sanguíneo mesmo com melhora no desempenho anaeróbio (MAOD) após ingestão de CAF. Doherty (1998) sugere que o aumento na taxa do fluxo glicolítico anaeróbio que leva a maior produção e acúmulo de lactato, não é mecanismo de ação principal para explicar os efeitos ergogênicos da CAF e que existem outros mecanismos centrais e periféricos envolvidos. Um motivo provável para estas ambigüidades parece estar relacionada com o nível de condição física dos sujeitos. Enquanto o presente estudo e, os estudos de Doherty (1998) e Doherty *et al.* (2002) utilizaram-se de indivíduos treinados, Bell *et al.* (2001), utilizaram em seu estudo indivíduos não treinados.

Vale ressaltar que o presente estudo corrobora com os resultados de outros que mostraram que a ingestão de CAF melhora o desempenho em exercícios máximos e supramáximos de curta duração (<5 minutos) em diferentes tipos de exercício (ex: ciclismo, corrida, natação) (GRAHAM, 2001; DOHERTY e SMIT, 2004; ALTIMARI *et al.*, 2006b), o mesmo não se pode dizer com relação a tais exercícios quando o tempo de duração desses são inferiores a 60 segundos, ou ainda quando os esforços são intermitentes (CROWE *et al.*, 2006; LORINO *et al.*, 2006), quando o desempenho físico parece não sofrer qualquer alteração.

A melhora no desempenho anaeróbio constatada neste estudo a partir da ingestão de CAF é acompanhada por manutenção dos níveis de atividade EMG (RMS) dos músculos VL, VM, RF e QF integrados. Este comportamento pode ser explicado pelo fato do exercício realizado ser supramáximo, o que requer recrutamento de maior número de unidades motoras

para manutenção do trabalho muscular (GANDEVIA, 2001; FARINA *et al.*, 2004), e que possivelmente aconteceu em ambas condições, CAF e PL. O aumento na atividade EMG (*RMS*) tem sido observada em estudos máximos e supramáximos (KRUK *et al.*, 1999; HUNTER *et al.*, 2002; PINCIVERO *et al.*, 2006) sem diferenças nas condições CAF e PL (GREER *et al.*, 2006; ALTIMARI *et al.*, 2008).

Em contra partida, verificou-se que a queda na taxa de fadiga dos músculos VL, VM, RF e QF integrados na condição CAF foi atenuada, apesar dos níveis de lactato sanguíneo semelhantes entre as condições CAF e PL, indicando que a concentração de lactato parece não ter sido determinante na fadiga muscular. Alguns fatores como acúmulo de lactato, redução no pH, aumento de H⁺ e potássio tem sido associado com a redução na FM e, conseqüentemente FNM (BOUISSOU *et al.* 1989; HUG *et al.* 2003). Assim, sugere-se que a melhora no desempenho anaeróbio esteja relacionada a redução da queda na taxa de fadiga muscular em conseqüência de maior velocidade de condução do impulso nervoso para as fibras musculares após ingestão de CAF.

Tem-se sugerido que um dos mecanismos de ação da CAF que contribui na melhoria do desempenho em exercícios anaeróbios parece estar relacionado à sua ação no SNC, aumentando a propagação dos sinais neurais entre o córtex cerebral e a junção neuromuscular (DAVIS *et al.*, 2003). A ação da CAF no SNC tem sido explicada pelo efeito antagônico desta nos receptores de adenosina, melhorando assim a transmissão dopaminérgica pré-sináptica e pós-sináptica e, conseqüentemente, aumentando a taxa de sinapse entre os motoneurônios (KALMAR e CAFARELLI, 2004). Assim, sugere-se que a maior taxa de sinapse entre os motoneurônios, pode refletir em maior velocidade da condução do impulso nervoso para as fibras musculares, menor duração dos potenciais de ação das unidades motoras e, conseqüentemente, aumento dos componentes de alta freqüência do sinal EMG e redução dos de baixa freqüência.

Embora alguns estudos tenham utilizado exercícios isométricos em seu delineamento, as possibilidades levantadas anteriormente têm sido confirmadas mais recentemente em estudo de Plaskett e Cafarelli (2001) e Walton *et al.* (2002). De acordo com Kalmar e Cafarelli (1999) que constataram aumento significativo nas contrações voluntárias máximas (3,5%) e no tempo de execução das contrações até a instalação da fadiga muscular (25,8%), a CAF aumentou a ativação voluntária máxima pela sua ação direta sobre o SNC, indicando que o mecanismo de ação periférica da CAF atua em menor intensidade, o que poderia explicar pelo menos em parte os resultados encontrados na presente investigação. Em adição, Kalmar e Cafarelli (2004), estudando o efeito da ingestão de CAF sobre a excitabilidade central mensurada por meio da estimulação magnética transcraniana (EMT), e sobre a fadiga induzida por contração voluntária do primeiro inter-ósseo dorsal analisada através de EMG de superfície, observaram uma redução significativa na fadiga induzida após ingestão de CAF. Além disso, foi verificado declínio na transmissão periférica e estimativa de fadiga central consideravelmente reduzida. Diante desses achados os pesquisadores sugerem que a fadiga central parece contribuir diretamente para a FNM.

Em relação à PSE foi observado no presente estudo, que apesar de maiores *slopes*, o valor de PSE inicial (30 s) medido durante o teste de MAOD na condição CAF foi significativamente menor comparado ao PL. Assim, é possível inferir que os indivíduos iniciaram o exercício com PSE menor na condição CAF, o que poderia contribuir para maior tempo de exaustão. Esses achados indicam que a CAF atua mascarando a PSE, e que isso se dá por meio de pré-alimentação (*feed forward*) (CAFARELLI, 1982; NOBLE e ROBERTSON, 1996).

Estudos recentes têm mostrado que a ingestão de CAF pode melhorar o desempenho atlético a partir da redução da PSE. Esta melhora pode chegar a aproximadamente 11% em

sujeitos treinados, uma vez que esses sujeitos respondem melhor ao efeitos da CAF do que os não treinados (DOHERTY e SMITH, 2004; LEBLANC *et al.*, 1985). Adicionalmente, esta melhora é acompanhada por redução de 6% na PSE exercício de intensidade constante, particularmente em exercício anaeróbio (DOHERTY e SMITH, 2004; DOHERTY *et al.*, 2004).

6 Conclusões

De acordo com os resultados do presente estudo, é possível concluir que:

- A ingestão de CAF (6 mg.kg^{-1} de peso corporal) aumentou o TE, DEAO_2 e o MAOD;
- A melhora no desempenho não foi acompanhada por modificação dos níveis de atividade EMG (*RMS*) dos músculos VL, VM, RF e QF integrados;
- A taxa de fadiga dos músculos VL, VM, RF e QF integrados foi atenuada com a ingestão de CAF;
- As concentrações de lactato sanguíneo foram semelhantes entre as condições CAF e PL;
- A ingestão de CAF aumentou o *slope* da regressão linear entre duração do exercício e PSE medida durante o teste de MAOD, contudo a PSE inicial (30 s) foi menor que a PL.

Referências

ABBISS, C.R.; LAURSEN, P.B. Models to explain fatigue during prolonged endurance cycling. *Sports Med*, v.35, n.10, p.865-98. 2005.

ALTIMARI, L.R.; CYRINO, E.S.; ZUCAS, S.M.; BURINI, R.C. Efeitos ergogênicos da cafeína sobre o desempenho físico. *Rev Paul de Edu Físi*, v.14, n.2, p.141-58. 2000.

ALTIMARI, L.R.; CYRINO, E.S.; ZUCAS, S.M.; OKANO, A.H.; BURINI, R.C. Cafeína: Ergogênico nutricional no esporte. *Rev Bras de Ciên e Mov*, v.9, n.3, p.57-64. 2001.

ALTIMARI, L.R.; MELO, J.C.; TRINDADE, M.C.C.; TIRAPEGUI, J.O.; CYRINO, E.S. Ergogenic effect of caffeine on performance in middle- and long- term exercise. *Portug J Sport Sci*, v.5, n.1, p.87-101. 2005.

ALTIMARI, L.R.; MELO, J.C.; TRINDADE, M.C.C.; CYRINO, E.S.; TIRAPEGUI, J.O. Cafeína e exercício físico aeróbio. *Nutrire*, v.31, n.1, p.79-96. 2006a.

ALTIMARI, L.R.; MORAES, A.C.; TIRAPEGUI, J.O.; MOREAU, R.L.M. Caffeine and performance in anaerobic exercise. *Braz J Pharm Sci*, v.42, n.1, p.17-27. 2006b.

ALTIMARI, L.R.; FONTES, E.B.; OKANO, A.H.; TRIANA, R.O.; BATISTA, A.R.; CHACON-MIKAHIL, M.P.T.; MACINTOSH, B.R.; MORAES, A.C. Caffeine increases time to

neuromuscular fatigue and performance during supramaximal cycling exercise. *Rev Bras de Ciên e Mov*, v.14, Supl 1, p.S57. 2006c.

BALLOR, D.L.; VOLOVSEK, A.J. Effect of exercise to rest ratio on plasma lactate concentration at work rates above and below maximum oxygen uptake. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, v.65, n.4, p.365-69. 1992.

BANGSBO, J. Oxygen deficit: a measure of the anaerobic energy production during intense exercise? *Can J Appl Physiol*, v.21, n.5, p.350-363. 1996.

BASMAJIAN, J.V.; DE LUCA, C.J. *Muscles alive - their functions revealed by electromyography*. Baltimore: Willians & Wilkins. 1985. 555 p.

BELL, D.G.; JACOBS, I.; ELLERINGTON, K. Effect of caffeine and ephedrine ingestion on anaerobic exercise performance. *Med Sci Sports Exerc*, v.33, n.11, p.1399-1403. 2001.

BILODEAU, M.; SCHINDLER-IVENS, S.; WILLIAMS, D.M.; CHANDRAN, R.; SHARMA, S.S. EMG frequency content changes with increasing force and during fatigue in the quadriceps femoris muscle of men and women. *J Electromyogr Kinesiol*, v.13, n.1, p.83-92. 2003.

BOND, V.; GRESHAM, K.; MCRAE, J.; TEARNEY, R.J. Caffeine ingestion and isokinetic strength. *Br J Sports Med*, v.20, n.3, p.135-7. 1986.

BOUISSOU, P.H.; ESTRADE, P.Y.; GOUBEL, F.; GUEZENNEC, C.Y.; SERRURIER, B. Surface EMG power spectrum and intramuscular pH in human vastus lateralis muscle during dynamic exercise. *J Appl Physiol*, v.67, n.3, p.1245-9, 1989.

BRAGA, L.C.; ALVES, M. P. A cafeína como recurso ergogênico nos exercícios de endurance. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*, v.8, n.3, p.33-7. 2000.

BROOKE, M.H.; ENGEL, W.K.. The histographic analysis of human muscle biopsies with regard to fiber types. 1. Adult male and female. *Neurology*, v.19, n.3, p.221-33, 1969.

BUCK, D.; MCNAUGHTON, L. Maximal accumulated oxygen deficit must be calculated using 10-min time periods. *Med Sci Sports Exerc*, v.31, n.9, p.1346-49. 1999.

CAMATA, T.V.; BORTOLOTTI, H.; ALTIMARI, L.R.; DANTAS, J.L.; ABRÃO, T.; MORAES, A.C. Determinação do limiar de fadiga eletromiográfica dos músculos superficiais do quadríceps femoral por inspeção visual dos sinais rms, calculados a partir de janelas de 2, 5 e 10 segundos. In: II Congresso Brasileiro de Metabolismo, Nutrição e Exercício, 2006. Anais do II Congresso Brasileiro de Metabolismo, Nutrição e Exercício Londrina, p.122, 2008.

CLARKSON, P.M. NUTRITIONAL ERGOGENIC AIDS: CAFFEINE. *INT J SPORTS NUTR*, V.3, N.1, P.103-11. 1993.

COLLOMP, K., et al. Effects of caffeine ingestion on performance and anaerobic metabolism during the Wingate Test. *Int J Sports Med*, v.12, n.5, p.439-43, 1991.

COSTILL, D. L. Carbohydrates for exercise: Dietary demands for optimal performance. *Int J Sports Med*, v.9, n.1, p.1-18, 1988.

COYLE, E. F. Carbohydrates for exercise: Dietary demands for optimal performance. *Sports Sci Exch*, v.1, n.7, p.01-05, 2000.

CRAM, J.R.; KASMAN, G. Introduction to surface electromyography. Gaithersburg: Aspen. 1998.

CRENSHAW, A.G.; GERDLE, B.; HEIDEN, M.; KARLSSON, S.; FRIDEN, J. Intramuscular pressure and electromyographic responses of the vastus lateralis muscle during repeated maximal isokinetic knee extensions. *Acta Physiol Scand*, v.170, n.2, p.119-26. 2000.

CROWE, M.J.; LEICHT, A.S.; SPINKS, W.L. Physiological and cognitive responses to caffeine during repeated high-intensity exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, v.16, n.5, p.528-44. 2006.

DAVIS, J.M.; ZHAO, Z.; STOCK, H.S.; MEHL, K.A.; BUGGY, J.; HAND, G.A. Central nervous system effects of caffeine and adenosine on fatigue. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, v.284, n.2, p.399-404. 2003.

DAVIS, J.M.; BAILEY, S.P. Possible mechanisms of central nervous system fatigue during

exercise. *Med Sci Sports Exerc*, v.29, n.1, p.45-57. 1997.

DELBEKE, F.T.; DEBACKERE, M. Caffeine: use and abuse in sports. *Int J Sports Med*, v.5, n.4, p.179-82. 1984.

DESPIRES, M. An electromyographic study of competitive road cycling conditions simulated on a treadmill. Baltimore: University Park Press, 1974.

DOHERTY, M.; SMITH, P.M. Effects of caffeine ingestion on rating of perceived exertion during and after exercise: a meta-analysis. *Scand J Med Sci Sports*, v.15, n.2, p.69-78. 2005.

DOHERTY, M.; SMITH, P.M. Effects of caffeine ingestion on exercise testing: a meta-analysis. *Int J Sports Nutr Exerc Metabolism*, v.14, n.6, p.626-646, 2004.

DOHERTY, M. The effects of caffeine on the maximal accumulated oxygen deficit and short-term running performance. *Int J Sports Nutr*, v.8, n.2, p.95-104. 1998.

DOHERTY, M.; SMITH, P.M.; DAVISON, R.C.; HUGHES, M.G. Caffeine is ergogenic after supplementation of oral creatine monohydrate. *Med Sci Sports Exerc*, v.34, n.11, p.1785-92. 2002.

DE LUCA, C. J. The use of surface electromyography in biomechanics. *J Appl Biomec*, v.13, n.2, p.135-63. 1997.

D'URZO, A.D.; JHIRAD, R.; JENNE, H., AVENDANO, M.A.; RUBINSTEIN, I.; D'COSTA, M.; GOLDSTEIN, R.S. Effect of caffeine on ventilatory responses to hypercapnia, hypoxia, and exercise in humans. *J Appl Physiol*, v.68, n.1, p.322–328, 1990.

ENOKA, R.M. Bases neuromecânicas da cinesiologia. São Paulo: Editora Manole. 2000. 450 p.

FARINA, D.; MERLETTI, R.; ENOKA, R.M. The extraction of neural strategies from the surface EMG. *J Appl Physiol*, v.96, n.4, p.1486-95, 2004.

FARIA, I.E.; CAVANAGH, P.R. The physiology and biomechanics of cycling. New York: John Wiley, 1978.

FISHER, S.M.; MCMURRAY, R.G.; BERRY, M.; MAR, M.H.; FORSYTHE, W.A. Influence of caffeine on exercise performance in habitual caffeine users. *Int J Sports Med*, v.7, n.5, p.276-280, 1986.

FITTS, R.H. Cellular mechanisms of fatigue muscle. *Physiol Rev*, v.74, n.1, p.49-93. 1994.

FREDHOLM, B.B.; BÄTTIG, K.; HOLMÉN, J.; NEHLIG, A.; ZVARTAU, E.E. Actions of caffeine in the brain with special reference to factors that contribute to its widespread use. *Pharmacol Rev*, v. 51, n.1, p.83–133, 1999.

GANDEVIA, S.C. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiol Ver*, v.81, n.4, p.1725-89, 2001.

GARDNER, A.; OSBORNE, M.; D'AURIA, S.; JENKINS, D.A. A comparison of two methods for the calculation of accumulated oxygen deficit. *J Sports Sci*, v.21, n.3, p.155-62. 2003.

GASTIN, P.B.; LAWSON, D.L. Influence of training status on maximal accumulated oxygen deficit during all-out cycle exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, v.69, n.4, p.321-30. 1994.

GEORGE, A.J. Central nervous system stimulants. *Baillieres Best Pract Res Clin Endocrinol Metab*, v.14, n.1, p.79-88. 2000.

GOLLNICK, P.D.; MATOBA, H. The muscle fiber composition of skeletal muscle as predictor of athletic success. An overview. *The American Journal of Sports Medicine*, v.12, n.3, p.212-7, 1984.

GORDON, C.C.; CHUMLEA, W.C.; ROCHE, A.F. Stature, recumbent length, weight. In: LOHMAN, T.G.; ROCHE, A.F.; MARTORELL, R. (Ed.) *Anthropometric standardizing reference manual*. Champaign, Illinois: Human Kinetics Books, 1988. p.3-8.

GRAHAM, T.E.; RUSH, J.W.; VAN SOEREN, M.H. Caffeine and exercise: metabolism and performance. *Can J Appl Physiol*, v.19, n.2, p.111-138, 1994.

GRAHAM, T.E. Caffeine and exercise: metabolism, endurance and performance. *Sports Med*, v.31, n.11, p.785-807. 2001.

GRAY, H. *Gray anatomia*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988.

GREER, F.; MORALES, J.; COLES, M. Wingate performance and surface EMG frequency variables are not affected by caffeine ingestion. *Appl Physiol Nutr Metab*, v.31, n.5, p597-603. 2006.

GREEN, S.; DAWSON, B.T. The oxygen power-uptake regression in cyclist and untrained men: Implications for accumulated oxygen deficit. *Eur J App. Physiol*, v.70, n.4, p.351-359, 1995.

GREGOR, R.J.; GREEN, D.; GARHAMMER, J.J. *An electromyographic analysis of selected muscle activity in elite competitive cyclists*. Baltimore: Univeversity Park Press, 1982.

GREGOR, R.J.; RUGG, S.G. Effects of saddle height and pedaling cadence o power output and efficiency. In: BURKE, R.E. ed. *Science of cycling*. Champaign: Human Kinetics, 1986.

HAKKINEN, K. Neuromuscular fatigue and recovery in male and female athletes during heavy resistance exercise. *Int J Sports Med*, v.14, n.2, p.53-9. 1993.

HAKKINEN, K.; PAKARINEN, A.; ALEN, M.; KAUKHANEN, H.; KOMI, P.V. Neuromuscular and hormonal responses in elite athletes to two successive strength training sessions in one day. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, v.57, n.2, p.133-9. 1988.

HAUTIER, C.A.; ARSAC, L.M.; DEGHDEGH, K.; SOUQUET, J.; BELLI, A.; LACOUR, J.R. Influence of fatigue on emg/force ratio and cocontraction in cycling. *Med Sci Sports Exerc*, v.32, n.4, p.839-43. 2000.

HESPEL, P.; OPT EIJNDE, B.; VAN LEEMPUTTE, M. Opposite actions of caffeine and creatine on muscle relaxation time in humans. *J Appl Physiol*, v.92, n.2, p.513-18. 2002.

HOUTZ, S.J.; FISCHER, F.J. An analysis of muscle action and joint excursion during exercise on a stationary bicycle. *J Bone Joint Surg Am*, v.41, n.1, p.123-31, 1959.

HUG, F.; FAUCHER, M.; KIPSON, N.; JAMMES, Y. EMG signs of neuromuscular fatigue related to the ventilatory threshold during cycling exercise. *Clin Physiol Funct Imaging*, v.23, n.4, p.208-14, 2003.

HUNTER, A.M.; ST CLAIR GIBSON, A.; LAMBERT, M.; NOAKES, T.D. Electromyographic (EMG) normalization method for cycle fatigue protocols. *Med Sci Sports Exerc*, v.34, n.5, p.857-61. 2002.

HUNTER, A.M.; ST CLAIR GIBSON, A.; LAMBERT, M.I.; NOBBS, L.; NOAKES, T.D. Effects of supramaximal exercise on the electromyographic signal. *Br J Sports Med*, v.37, n.4, p.296-9. 2003.

HERMENS, H.J.; FRERIKS, B.; DISSELHORST-KLUG, C.; RAU G. Development of recommendations for semg sensors and sensor placement procedures. *J Electromyogr Kinesiol*,

v.10, n.5, p.361-74. 2000.

JACOBS, I.; BLEUE, S.; GOODMAN, J. Creatine ingestion increases anaerobic capacity and maximum accumulated oxygen deficit. *Can J Appl Physiol*, v.22, n.3, p.231-43. 1997.

JENNEKENS, F.G.; TOMLINSON, B.E.; WALTON, J.N. Data on the distribution of fibre types in five human limb muscles. An autopsy study. *J Neurol Sci*, v.14, n.3, p.245-57, 1971.

JOHNSON, M.A.; POLGAR, J.; WEIGHTMAN, D.; APPLETON, D. Data on the distribution of fibre types in thirty-six human muscles. An autopsy study. *J Neurol Sci*, v.18, n.1, p.111-129, 1973.

JORGE, M.; HULL, M.L. Analysis of EMG measurements during bicycle pedaling. *J Biomech*, v.19, n.9, p.683-94, 1986.

JUHN, M.S. Popular sports supplements and ergogenic aids. *Sports Med*, v.33, n.12, p.921-39. 2003.

LIEBER, R.L. *Skeletal muscle structure and function*. Baltimore: Williams & Wilkins, 1992.

KALMAR, J.M.; CAFARELLI, E. Effects of caffeine on neuromuscular function. *J Appl Physiol*, v.87, n.2, p.801-8. 1999.

KALMAR, J.M.; CAFARELLI, E. Caffeine: A valuable tool to study central fatigue in humans? *Exerc Sport Sci Rev*, v.32, n.4, p.143–147, 2004.

KOUZAKI, M.; SHINOHARA, M.; FUKUNAGA, T. Non-uniform mechanical activity of quadriceps muscle during fatigue by repeated maximal voluntary contraction in humans. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, v.80, n.1, p.9-15. 1999.

KRUK, B.; PEKKARINEN, H.; HANNIEN, O. Effect of caffeine during repeated explosive vertical jumping. *Biol Sport*, v.16, n.3, p217-24. 1999.

LEBLANC, J.; JOBIN, M.; CÔTÉ, J.; SAMSON, P.; LABRIE, A. Enhanced metabolic response to caffeine in exercise-trained human subjects. *J. Appl Physiol*, v.59, p.832–837, 1985.

LORINO, A.J.; LLOYD, L.K.; CRIXELL, S.H.; WALKER, J.L. The effects of caffeine on athletic agility. *J Strength Cond Res*, v.20, n.4, p.851-54. 2006.

LOPES, J.M.; AUBIER, M.; JARDIM, J.; ARANDA, J.V.; MACKLEM, P.T. Effect of caffeine on skeletal muscle function before and after fatigue. *J Appl Physiol*, v.54, n.5, p.1303-05. 1983.

MÄESTU, J.; CICHHELLA, A.; PURGE, P.; RUOSI, S.; JÜRIMÄE, J.; JÜRIMÄE, T. Electromyographic and neuromuscular fatigue thresholds as concepts of fatigue. *J Strength Cond Res*, v.20, n.6, p.824-6. 2006.

MAGKOS, F.; KAVOURAS, S.A. Caffeine and ephedrine: physiological, metabolic and performance-enhancing effects. *Sports Med*, v.34, n.13, p.871-89. 2004.

MASUDA, K.; MASUDA, T.; SADOYAMA, T.; INAKI, M.; KATSUTA, S. Changes in surface emg parameters during static and dynamic fatiguing contractions. *J Electromyogr Kinesiol*, v.9, n.1, p.39-46. 1999.

MAUGHAN, R.J. Nutritional ergogenic aids and exercise performance. *Nutr Res Rev* v.12, n.1, p.255-80. 1999.

MAUGHAN, R.J.; KING, D.S.; LEA, T. Dietary supplements. *J Sports Sci*, v.22, n.1, p.95-113. 2004.

McLELLAN, T.M. Ventilatory and plasma lactate response with different exercise protocols: a comparison of methods. *Int J Sports Med*, v.6, n.1, p.30-5. 1985.

MEDBØ, J.I.; TABATA, I. Anaerobic energy release in working muscle during 30 s to 3 min of exhausting bicycling. *J Appl Physiol*, v.75, n.4, p.1654-60. 1993.

MEDBØ, J.I.; BURGERS, S. Effect of training on the anaerobic capacity. *Med Sci Sports Exerc*, v.22, n.4, p.501-07. 1990.

MEDBØ, J.I.; MOHN, A.C.; TABATA, I.; BAHR, R.; VAAGE, O.; SEJERSTED, O.M. Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O₂ deficit. *J Appl Physiol*, v.64, n.1,

p.50-60. 1988.

MERLETTI, R. Standards for reporting EMG data (ISEK/1999). *J Electromyogr Kinesiol*, v.9, n.1, p.III-IV. 1999.

MERLETTI, R.; KNAFLITZ, M.; DELUCA, C.J. Electrically evoked myoelectric signals. *Crit Rev Biomed Eng*, v.19, n.4, p.293-340. 1992.

MOORE, K.L. *Anatomia orientada para a clínica*. 3 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1992.

MORITANI, T.; MURO, M.; NAGATA, A. Intramuscular and surface electromyogram changes during muscle fatigue. *J Appl Physiol*, v.60, n.4, p.1179-85. 1986.

NAKAMURA, F.Y.; FRANCHINI, E. Máximo déficit acumulado de oxigênio como preditor de capacidade anaeróbia. *Rev Bras de Cineantropom e Desempenho Hum*, v.8, n.1, p.88-95. 2006.

NG, J.K.; RICHARDSON, C.A.; KIPPERS V.; PARNIANPOUR, M; BUI, B.H. Clinical applications of power spectral analysis of electromyographic investigations in muscle function. *Man Ther*, v.1, n.2, p.99-103. 1996.

NOBLE, R.J.; ROBERTSON, J. *Perceived exertion*. Champaign, Illinois: Human Kinetics, 1996.

PALUSKA, S.A. Caffeine and exercise. *Curr Sports Med Rep*, v.2, n.4, p.213-19. 2003.

PAGALA, M.K.; TAYLOR, S.R. Imaging caffeine induced Ca^{2+} transients in individual fast-twitch and slow-twitch rat skeletal muscle fibers. *Am J Physiol*, v.274, n.3, p.623-32. 1998.

PÁSCOA, M.R.S.; ALVIM, C.R.; RODRIGUES, L.O.C. Efeitos da cafeína sobre a força muscular. *Min J Phys Educ*, v.2, n.1, p.S56, 1994.

PINCIVERO, D.M.; GANDHI, V.; TIMMONS, M.K.; COELHO, A.J. Quadriceps femoris electromyogram during concentric, isometric and eccentric phases of fatiguing dynamic knee extensions. *J Biomech*, v.39, n.2, p.246-54, 2006.

PINTO, S.; TARNOPOLSKY, M. Neuromuscular effects of caffeine in males and females. *Can J Appl Physiol*, v.22, n.1, p.S48. 1997.

PLASKETT, C.J.; CAFARELLI, E. Caffeine increases endurance and attenuates force sensation during submaximal isometric contractions. *J Appl Physiol*, v.91, n.4, p.1535-44. 2001.

POWERS, S.K.; DODD, S.; WOODYARD, J.; MANGUM, M. Caffeine alters ventilatory and gas exchange kinetics during exercise. *Med Sci Sports Med*, v.18, n.1, p.101–106, 1985.

ROGERS, C.C. Caffeine. *Sports Med*, v.13, n.1, p.38-40. 1985.

ROY, B.; TARNOPOLSKY, M.; MACDOUGALL, J.D.; HICKS, A. Caffeine and neuromuscular fatigue in endurance athletes. *Can J Appl Physiol*, v.19, n.1, p.S41. 1994.

SARDINHA, L.B.; LOHMAN, T.G.; TEIXEIRA, P.J., GUEDES, D.P., GOING, S.B. Comparison of air displacement plethysmography with dual-energy X-ray absorptiometry and 3 field methods for estimating body composition in middle-aged men. *Am J Clin Nutr*, v.68, n.5, p.786-93. 1998.

SINCLAIR, C.J. D.; GEIGER, J.D. caffeine use in sports. a pharmacological review. *J SPORTS Med Phys Fitness*, v.40, n.1, p.71-9. 2000.

SCOTT, C.B.; ROBY, F.B.; LOHMAN, T.G.; BUNT, J.C. The maximally accumulated oxygen deficit as an indicator of anaerobic capacity. *Med Sci Sports Exerc*, v.23, n.5, p.618-624, 1991.

SPRIET, L.L.; GIBALA, M.J. Nutritional strategies to influence adaptations to training. *Sports Sci*, v.22, n.1, p.127-41. 2004.

SPRIET, L.S. Caffeine and performance. *Int J Sports Nutr*, v.5, n.1, p.s84-99. 1995.

STARON, R.S.; HAGERMAN, F.C.; HIKIDA, R.S.; MURRAY, T.F.; HOSTLER, D.P.; CRILL, M.T.; RAGG, K.E.; TOMA, K. Fiber type composition of the vastus lateralis muscle of young men and women. *J Histochem Cytochem*, v.48, n.5, p.623-9, 2000.

ST CLAIR GIBSON, A.; LAMBERT, M.L.; NOAKES, T.D. Neural control of force output

during maximal and submaximal exercise. *Sports Med*, v.31, n.9, p.637-50. 2001.

ST CLAIR GIBSON, A.; BADEN, D.A.; LAMBERT, M.I.; LAMBERT, E.V.; HARLEY, Y.X.; HAMPSON, D.; RUSSELL, V.A.; NOAKES, T.D. The conscious perception of the sensation of fatigue. *Sports Med*, v.33, n.3, p.167–176, 2003.

STULEN, F.B.; DELUCA, C.J. Frequency parameters of the myoelectric signal as a measure of muscle conduction velocity. *IEEE Trans Biomed Eng*, v.28, n.7, p.515-23. 1981.

SUPINSKI, G.S.; LEVIN, S.; KELSEN, S.G. Caffeine effect on respiratory muscle endurance and sense of effort during loaded breathing. *J Appl Physiol*, v.60, n.6, p.2040–2047, 1986.

SUZUKI, S.; WATANABE, S.; HOMMA, S. EMG activity and kinematics of human cycling movements at different constant velocities. *Brain Res*, v.240, n.2, p.245-58, 1982.

TABATA, I.; IRISAWA, K.; KOUZAKI, M.; NISHIMURA, K.; OGITA, F.; MIYACHI, M. Metabolic profile of high intensity intermittent exercises. *Med Sci Sports Exerc*, v.29, n.3, p.390-5. 1997.

TRIANA, R.O.; FONTES, E.B.; ALTIMARI, L.R.; OKANO, A.H.; BATISTA, A.R.; CHACON-MIKAHIL, M.P.T.; MORAES, A.C. Behavior of EMG signal in supramaximal rectangular loads of the rectus femoris, vastus medialis and vastus lateralis muscles. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*, v.14, Supl 1, p.S53. 2006.

ULMER, H.V. Concept of an extracellular regulation of muscular metabolic rate during heavy exercise in humans by psychophysiological feedback. *Experientia*, v.52, n.5, p.416-20. 1996.

VAN THUYNE, W.; ROELS, K.; DELBEKE, F. T. Distribution of caffeine levels in urine in different sports in relation to doping control. *Int J Sports Med*, v.26, n.9, p.714–18. 2005.

VAN THUYNE, W.; DELBEKE, F.T. Distribution of caffeine levels in urine in different sports in relation to doping control before and after the removal of caffeine from the WADA doping list. *Int J Sports Med*, v.27, n.9, p.745–50. 2006.

VANDEWALLE, H.; MATON, B.; LE BOZEC, S.; GUERENBOURG, G. An electromyographic study of an all-out exercise on a cycle ergometer. *Arch Int Physiol Biochim Biophys*, v.99, n.1, p.89-93. 1991.

VAZ, M.A.; ZHANG, Y.T.; HERZOG, W.; GUIMARAES, A.C.; MACINTOSH, B.R. The behavior of rectus femoris and vastus lateralis during fatigue and recovery: an electromyographic and vibromyographic study. *Electromyogr Clin Neurophysiol*, v.36, n.4, p.221-30. 1996.

VOLLESTAD, N.K. Measurement of human muscle fatigue. *J Neurosci Methods*, v.74, n.2, p.219-27. 1997.

WADA. World Anti Doping Agency. The 2004 prohibited list international standard. Disponível em: <http://www.wada-ama.org/en/t1.asp>. Acesso em: 30 outubro 2007.

WALTON C.; KALMAR J.M.; CAFARELLI E. Effect of caffeine on self-sustained firing in human motor units. *J Physiol*, v.545, p.671-9. 2002.

WEINECK, J. Anatomia aplicada ao esporte. 3 ed. São Paulo: Manole, 1990.

WILES, J.D.; BIRD, S.R.; HOPKINS, J.; RILEY, M. The effects of caffeine ingestion on performance time, speed and power during a laboratory-based 1 km cycling time-trial. *J Sports Sci*, v.24, n.11, p.1165-71. 2006.

WILLIAMS, J.H. Caffeine, neuromuscular function and high-intensity exercise performance. *J Sports Med Phys Fitness*, v.31, n.3, p.481-89. 1991.

WILLIAMS, J.H.; BARNES, W.S.; GADBERRY, W.L. Influence of caffeine on force and EMG in rested and fatigued muscle. *Am J Phys Med*, v.66, n.4, p.169-83. 1987.

WRETLING, M.L.; HENRIKSSON-LARSEN, K.; GERDLE, B. Inter-relationship between muscle morphology, mechanical output and electromyographic activity during fatiguing dynamic knee-extensions in untrained females. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, v.76, n.6, p.483-90. 1997.

ANEXOS

ANEXO A: Carta de aprovação do comitê de ética em pesquisa.

Carta de aprovação do comitê de ética em pesquisa

V - PARECER DO CEP

O Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências Médicas da UNICAMP, após acatar os pareceres dos membros-relatores previamente designados para o presente caso e atendendo todos os dispositivos das Resoluções 196/96 e complementares, bem como ter aprovado o Termo do Consentimento Livre e Esclarecido, assim como todos os anexos incluídos na Pesquisa, resolve aprovar sem restrições o Protocolo de Pesquisa supracitado.

O conteúdo e as conclusões aqui apresentados são de responsabilidade exclusiva do CEP/FCM/UNICAMP e não representam a opinião da Universidade Estadual de Campinas nem a comprometem.

VI - INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

O sujeito da pesquisa tem a liberdade de recusar-se a participar ou de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado (Res. CNS 196/96 – Item IV.1.f) e deve receber uma cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, na íntegra, por ele assinado (Item IV.2.d).

Pesquisador deve desenvolver a pesquisa conforme delineada no protocolo aprovado e descontinuar o estudo somente após análise das razões da descontinuidade pelo CEP que o aprovou (Res. CNS Item III.1.z), exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao sujeito participante ou quando constatar a superioridade do regime oferecido a um dos grupos de pesquisa (Item V.3.).

O CEP deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo (Res. CNS Item V.4.). É papel do pesquisador assegurar medidas imediatas adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e enviar notificação ao CEP e à Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA – junto com seu posicionamento.

Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas. Em caso de projeto do Grupo I ou II apresentados anteriormente à ANVISA, o pesquisador ou patrocinador deve enviá-las também à mesma junto com o parecer aprovatório do CEP, para serem juntadas ao protocolo inicial (Res. 251/97, Item III.2.e)

Relatórios parciais e final devem ser apresentados ao CEP, de acordo com os prazos estabelecidos na Resolução CNS-MS 196/96.

VII - DATA DA REUNIÃO

Homologado na V Reunião Ordinária do CEP/FCM, em 24 de maio de 2005.


Prof. Dra. Carmen Silya Bertuzzo
 PRESIDENTE DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA
 FCM / UNICAMP

Carta de aprovação do comitê de ética em pesquisa



CEP, 24/05/05.
(Grupo III)

COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

Caixa Postal 6111, 13083-970 Campinas, SP

(0_19) 3788-8936

FAX (0_19) 3788-8925

www.fcm.unicamp.br/pesquisa/etica/index.html

cep@fcm.unicamp.br

PARECER PROJETO: Nº 228/2005

CAAE: 0072.0.146.000-05

I-IDENTIFICAÇÃO:

PROJETO: “EFEITO DA INGESTÃO DE CAFEÍNA SOBRE OS SINAIS ELETROMIOGRÁFICOS E O DESEMPENHO FÍSICO EM EXERCÍCIO ANAERÓBIO NO CICLOERGÔMETRO”

PESQUISADOR RESPONSÁVEL: Leandro Ricardo Altimari

INSTITUIÇÃO: Faculdade de Educação Física/UNICAMP

APRESENTAÇÃO AO CEP: 11/05/2005

APRESENTAR RELATÓRIO EM: 24/05/06

II - OBJETIVOS

Investigar o efeito da ingestão de cafeína sobre os sinais eletromiográficos dos músculos Vasto Lateral, Vasto Medial e Reto Femural e o desempenho físico em exercício anaeróbico no cicloergômetro.

III - SUMÁRIO

Serão convidados para participar deste projeto 15 ciclistas do sexo masculino, nível nacional e estadual, com experiência mínima de dois anos, entre 18 e 30 anos. A avaliação incluirá antropometria através do índice de massa corpórea (IMC). Controle nutricional para evitar ingestão de cafeína em alimentos. Os sujeitos serão submetidos a teste para determinação do Volume de O₂ máximo e limiar ventilatório. Os dados gasométricos serão determinados por espirometria e atividade muscular por eletromiografia. Na etapa seguinte comparecerão ao laboratório em três sessões distintas, onde serão submetidos ao teste para determinação do consumo de O₂ durante testes submáximos. Posteriormente, os indivíduos comparecerão em duas sessões distintas onde serão submetidos ao teste exaustivo para quantificação do máximo déficit acumulado de O₂, (que reflete a capacidade anaeróbia) após ingestão de cafeína e com estes dados verificar a possível proteção da cafeína na fadiga muscular.

IV - COMENTÁRIOS DOS RELATORES

O estudo experimental com dados pareados propostos atende as determinações da ética em pesquisa, atualmente, em vigor no país.