

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

ALEXANDRE HIDEKI OKANO

**RESPOSTAS NEUROMUSCULARES,
METABÓLICAS E PERCEPÇÃO DE
ESFORÇO DURANTE EXERCÍCIOS
INTERMITENTES DE ALTA
INTENSIDADE**

Campinas
2008

ALEXANDRE HIDEKI OKANO

**RESPOSTAS NEUROMUSCULARES,
METABÓLICAS E PERCEÇÃO DE
ESFORÇO DURANTE EXERCÍCIOS
INTERMITENTES DE ALTA
INTENSIDADE**

Tese de Doutorado apresentada à Pós-Graduação da Faculdade de Educação Física da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de Doutor em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos de Moraes

Campinas
2008

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA FEF - UNICAMP

Ok1r	<p>Okano, Alexandre Hideki. Respostas neuromusculares, metabólicas e percepção de esforço durante exercícios intermitentes de alta intensidade / Alexandre Hideki Okano. – Campinas, SP: [s.n.], 2008.</p> <p>Orientador: Antonio Carlos de Moraes. Tese (doutorado) – Faculdade de Educação Física, Universidade Estadual de Campinas.</p> <p>1. Treinamento intervalado. 2. Fadiga. 3. Eletromiografia. 4. Lactato. 5. Percepção. I. Arruda, Miguel de. II. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação Física. III. Título.</p> <p>(dilsa/fef)</p>
------	--

Título em inglês: Metabolic and neuromuscular responses and rate of perceived exertion during high-intensity intermittent exercise.

Palavras-chave em inglês (Keywords): Interval training; Fatigue; Electromyography; Lactate; Perception.

Área de Concentração: Ciência do Desporto.

Titulação: Doutorado em Educação Física.

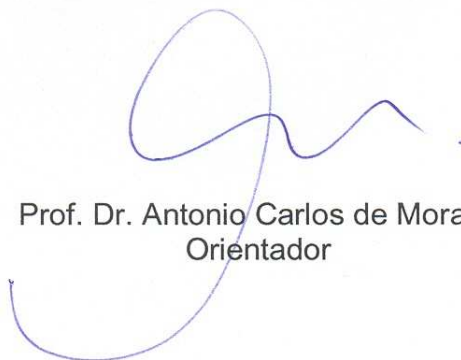
Banca Examinadora: Emerson Franchini, Fábio Yuzo Nakamura, Herbert Gustavo Simões, Luiz Eduardo Barreto Martins.

Data da defesa: 29/02/2008

ALEXANDRE HIDEKI OKANO

**RESPOSTAS NEUROMUSCULARES,
METABÓLICAS E PERCEPÇÃO DE
ESFORÇO DURANTE EXERCÍCIOS
INTERMITENTES DE ALTA INTENSIDADE**


Este exemplar corresponde à redação final da Tese de Doutorado defendida por Alexandre Hideki Okano e aprovada pela Comissão julgadora em: 29/02/2008.

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized initial 'A' followed by a series of loops and a final flourish.

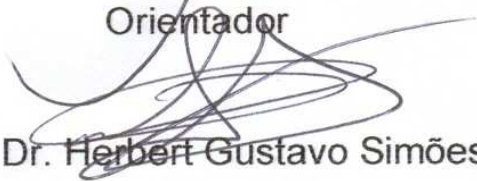
Prof. Dr. Antonio Carlos de Moraes
Orientador

Campinas
2008

COMISSÃO JULGADORA



Prof. Dr. Antonio Carlos de Moraes
Orientador



Prof. Dr. Herbert Gustavo Simões



Prof. Dr. Emerson Franchini



Prof. Dr. Fábio Yuzo Nakamura



Prof. Dr. Luiz Eduardo Barreto Martins

Dedicatória

Ao eterno amigo Cláudio Roberto Martinez Filho (in memorian);

Aos meus pais Yoshihiro Okano e Fukiko Okano, pelo amor, dedicação, pelos ensinamentos em todos os momentos da minha vida e pelos esforços realizados para que meus sonhos tornassem realidade;

Aos meus sobrinhos, Leonardo Tavares Okano (in memorian) e à Natália Tavares Okano.

Agradecimentos

Agradeço aos meus pais, Yoshihiro Okano e Fukiko Okano, e familiares pelo constante apoio durante a minha vida.

Agradeço o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pela concessão da bolsa durante o período do doutorado.

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela concessão da bolsa de doutorado sanduíche.

Ao Prof. Dr. Antonio Carlos De Moraes, pela orientação ao longo do processo.

À Prof^a. Dr^a. Mara Patrícia Traina Chacon-Mikahil por disponibilizar a estrutura para a realização das coletas.

Agradecimento especial ao Prof. Dr. Edilson Serpeloni Cyrino, pelo qual expressei minha admiração e profunda gratidão, grande incentivador que me despertou interesse pela pesquisa, vem nos acompanhando ao longo do processo, e que sem dúvida é um orientador não apenas para os aspectos acadêmicos mas também para a vida.

Aos Professores Alexandre Moreira, Herbert Gustavo Simões, Fábio Nakamura, Emerson Franchini, Enio Ricardo Vaz Ronque, que surpreenderam pela amizade e companheirismo cultivada durante a minha formação acadêmica.

A todos os colegas do Grupo de Estudo das Adaptações Fisiológicas ao Treinamento (GEAFIT) da Universidade Estadual de Londrina, que contribuíram e que têm contribuído para minha formação acadêmica em especial ao Nilo Okuno pela auxílio na análise dos resultados.

A todos os colegas do Laboratório de Estudos Eletromiográficos (LEE) da Universidade Estadual de Campinas, que contribuíram e que têm contribuído para minha formação acadêmica.

Aos colegas do Laboratório de Fisiologia do Exercício (FISEX), pela oportunidade do desenvolvimento do estudo, e também pelo auxílio durante as fases de coletas.

A todos os colegas do Grupo de Estudo e Pesquisa em Metabolismo, Nutrição e Exercício (GEPEMENE) da Universidade Estadual de Londrina, que contribuíram e que têm contribuído para minha formação acadêmica.

Aos funcionários da biblioteca, Dulce, Geraldo, Gonzaga por todo o auxílio nas buscas bibliográficas e pelas orientações no processo de comutação de artigos que foram fundamentais para o desenvolvimento da tese.

Aos companheiros da computação em especial ao Beeroth pela paciência e auxílio.

Agradeço os voluntários deste estudo pela paciência, seriedade e dedicação durante as fases das coletas.

Aos eternos amigos e companheiros de viagem Eduardo Fontes, Breno Bertazzoli, Felipe Bernardes, Ditão, Nicola, enfim, para todos os Malokeiros !!!

OKANO, Alexandre Hideki. **Respostas neuromusculares, metabólicas e percepção de esforço durante exercício intermitente de alta intensidade**. 2008. 49f. Tese (Doutorado em Educação Física)-Faculdade de Educação Física. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

RESUMO

O propósito do presente estudo foi verificar o efeito de diferentes tempos de esforço:pausa (E:P) no exercício intermitente de alta intensidade sobre as respostas neuromusculares, o lactato sanguíneo (LAC_S) e a percepção subjetiva de esforço (PSE). Doze ciclistas, do sexo masculino, foram submetidos a três protocolos de esforços intermitentes de alta intensidade. Os protocolos de exercício intermitente longo (EIL = 4 x 30 s, com intervalo de dois minutos entre cada teste), exercício intermitente médio (EIM = 8 x 15 s, com um minuto de intervalo) e exercício intermitente curto (EIC = 16 x 7,5 s, com intervalo de 30 s entre os testes) foram realizados aleatoriamente, com intervalo de 48 horas entre cada protocolo. Os índices de decréscimo da potência de pico e do trabalho foram mais elevados ($P < 0,05$) nos protocolos de EIL (12 e 15%) e EIM (11 e 13%) quando comparado ao EIC (4 e 7%), respectivamente. O trabalho total realizado nos protocolos EIM (70143 J) e EIC (67071) foram superiores ($P < 0,05$) em relação ao EIL (62011). Houve redução ($P < 0,05$) da amplitude dos sinais eletromiográficos (EMG-RMS) com o decorrer dos esforços nos protocolos de EIL e EIM, porém, sem alterações no EIC. Com relação à frequência mediana, houve redução somente no protocolo de EIL. O LAC_S e a PSE foram superiores nos EIL e EIM quando comparados ao protocolo de EIC. De acordo com os resultados podemos concluir que os protocolos EIL e EIM acarretam em maiores níveis de fadiga neuromuscular, LAC_S e PSE.

Palavras-Chaves: Treinamento intervalado, fadiga, eletromiografia, lactato, percepção.

OKANO, Alexandre Hideki. **Metabolic and neuromuscular responses and rate of perceived exertion during high-intensity intermittent exercise.** 2008. 49f. Tese de Doutorado em Educação Física)-Faculdade de Educação Física. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the effects of different work:rest time relation during high-intensity intermittent exercise on the neuromuscular responses, blood lactate levels (LAC) and rate of perceived exertion (RPE). Twelve male cyclists performed three protocols of high-intensity intermittent exercise. The protocols of long intermittent exercise tests (IEL = 4 x 30 s, with two minutes rest between each test), medium intermittent exercise (IEM = 8 x 15 s, with one minute rest between the tests) and short intermittent exercise (IES = 16 x 7,5 s, with 30 s rest between tests) were conducted randomly, separated by 48 hours. The rates of decline in peak power and total work were higher ($P<0,05$) on the protocols IEL (12 and 15%) and IEM (11 and 13%) when compare to IES (4 and 7%), respectively. The total work done during protocols IEM (70143 J) and IES (67071 J) were higher ($P<0,05$) when compare to IEL (62011 J). There was a reduction ($P<0,05$) in electromyography activity (*root-mean-square* RMS) during the protocols of IEL and IEM, however, no significant changes in IES were found. Considering the median frequency from the electromyography signals, there was only significant reduction in IEL. The LAC and RPE were higher in IEL and IEM when compared to IES. According to the results is possible to conclude that the IEL and IEM protocols cause higher neuromuscular fatigue, LAC and RPE.

Keywords: Interval training, fatigue, electromyography, lactate, rate of perceived exertion.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Valores de eletromiografia integrada referentes aos músculos vasto lateral (VL) e reto femoral (RF) em cicloergômetro em diferentes condições (adaptada de JORGE & HULL, 1986).....	25
Figura 2 -	Ângulo e recrutamento dos músculos vasto lateral (VL) e reto femoral (RF) em cicloergômetro (adaptada de GREGOR & RUGG, 1986).....	27
Figura 3 -	Protocolo de exercício intermitente com tempo esforço:pausa longo.....	31
Figura 4 -	Protocolo de exercício intermitente com tempo esforço:pausa médio.....	31
Figura 5 -	Protocolo de exercício intermitente com tempo esforço:pausa curto.....	32
Figura 6 -	Localização anatômica para a colocação de eletrodos no músculo vasto lateral.....	33
Figura 7 -	Localização anatômica para a colocação de eletrodos no músculo reto femoral.....	34

Figura 8 -	Comportamento da potência de pico relativa e potência média relativa durante exercícios intermitentes (EI, exercício intermitente).....	36
Figura 9 -	Índice de decréscimo de potência de pico relativa e de trabalho durante exercícios intermitentes (EIL, exercício intermitente longo; EIM, exercício intermitente médio; EIC, exercício intermitente curto).....	37
Figura 10 -	Trabalho total (TT) realizado durante exercícios intermitentes (EIL, exercício intermitente longo; EIM, exercício intermitente médio; EIC, exercício intermitente curto).....	38
Figura 11 -	Atividade eletromiográfica (RMS, mV) dos músculos vasto lateral (VL) e reto femoral (RF) durante exercícios intermitentes (EI, exercício intermitente).....	39
Figura 12 -	Coefficiente angular ($\% \cdot \text{tiros}^{-1}$) da atividade eletromiográfica (RMS normalizado) dos músculos vasto lateral (VL) e reto femoral (RF) durante exercícios intermitentes (EIL, exercício intermitente longo; EIM, exercício intermitente médio; EIC, exercício intermitente curto).....	41
Figura 13 -	Frequência mediana dos segundo e terceiro ciclos iniciais de pedalada de cada tiro durante exercícios intermitentes (EI, exercício intermitente). VL, vasto lateral; RF, reto femoral.....	42
Figura 14 -	Concentração de lactato sanguíneo durante exercícios intermitentes (EIL, exercício intermitente longo; EIM, exercício intermitente médio; EIC, exercício intermitente curto).....	43

Figura 15 -	Percepção subjetiva de esforço durante exercícios intermitentes (EIL, exercício intermitente longo; EIM, exercício intermitente médio; EIC, exercício intermitente curto).....	44
--------------------	--	----

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

E:P	Esforço:pausa
EIL	Exercício Intermitente Longo
EIM	Exercício Intermitente Médio
EIC	Exercício Intermitente Curto
EMG	Eletromiografia
EMG-RMS	Amplitude dos Sinais Eletromiográficos
FMD	Frequência Mediana
IDEC-PP	Índice de Decréscimo de Potência de Pico
IDEC-T	Índice de Decréscimo de Trabalho
LAC_s	Lactato Sangüíneo
PSE	Percepção Subjetiva de Esforço
RF	Reto Femoral
RPM	Rotações por Minuto
TT	Trabalho Total
VL	Vasto Lateral
VO₂max	Consumo Máximo de Oxigênio
VO₂	Consumo de Oxigênio

SUMÁRIO

1 Introdução	14
2 Objetivo.....	16
2.1 Objetivo geral.....	16
2.2 Objetivos específicos.....	16
3 Referencial teórico.....	17
3.1 Características do exercício intermitente.....	17
3.2 Respostas neuromusculares frente ao exercício intermitente.....	20
3.3 Influência do tempo e da relação de E:P no exercício intermitente sobre as respostas metabólicas e percepção de esforço.....	23
3.4 Ativação muscular no cicloergômetro.....	24
4 Material e métodos.....	29
4.1 Seleção da amostra.....	29
4.2 Delineamento experimental.....	29
4.3 Antropometria e composição corporal.....	30
4.4 Protocolos de exercícios intermitentes de alta intensidade.....	31
4.5 Lactato sanguíneo.....	33
4.6 Percepção subjetiva de esforço.....	33
4.7 Coleta dos sinais eletromiográficos.....	34
4.6 Tratamento estatístico.....	35
5 Resultados.....	36
6 Discussão.....	47
7 Conclusão.....	52
Referência bibliográfica.....	53
Anexos	57
Apêndices	60

1 Introdução

Diversas modalidades desportivas apresentam como característica a intermitência, ou seja, esforços de alta intensidade e curta duração, intervalados com breves períodos de recuperação. Esse fato tem estimulado os pesquisadores da área a investigarem os diferentes aspectos que possam contribuir na melhoria desempenho físico bem como os fatores envolvidos no processo de instauração da fadiga durante o exercício intermitente.

De modo geral, os estudos têm adotado tempo de esforço:pausa (E:P) que variam entre 6 e 30 segundos e 25 e 360 segundos (BILLAUT *et al.*, 2006; BOGDANIS *et al.*, 1996; GAITANOS *et al.*, 1993; GIACOMONI *et al.*, 2006; HARGREAVES *et al.*, 1998; HAUTIER *et al.*, 2000; MATSUSHIGUE *et al.*, 2007; MCCARTNEY *et al.*, 1986; MENDEZ-VILLANEUVA *et al.*, 2007; OKANO *et al.*, 2005; RACINAIS *et al.*, 2007; SPRIET *et al.*, 1989), respectivamente. Independentemente do tempo de E:P adotado, em todos os estudos supracitados existe uma decréscimo do desempenho físico. Aparentemente, a redução da potência mecânica é mais evidente nos protocolos que adotam tempo de esforço maiores (30 segundos de esforço). Dessa forma, podemos especular que a sobrecarga fisiológica sobre o sistema orgânico e, conseqüentemente, sobre a fadiga, é influenciada pelo tempo de E:P adotado durante o exercício intermitente.

Neste sentido, Price e Moss (2007) investigaram o efeito da manipulação do tempo de E:P durante esforços intermitentes na corrida. Foram investigados protocolos de exercícios intermitentes com tempo de E:P de 6:9 e 24:36 segundos. A relação E:P (1:1,5), a velocidade de corrida (120%VO₂max) e o trabalho total (TT) realizado foram semelhantes nos dois protocolos. Os resultados indicaram maiores valores de VO₂, de concentração de lactato sanguíneo (LAC_s) e de percepção subjetiva de esforço (PSE) e maior queda do pH no protocolo de exercício intermitente longo (EIL) quando comparado ao protocolo de exercício intermitente curto (EIC). Assim, parece sensato considerar que um maior estresse metabólico é imposto sobre o sistema orgânico durante o EIL. Esses achados são confirmados em outros estudos (CHRISTMASS *et al.*, 1999; PRICE e HALABI, 2005). Entretanto, nesses estudos, não foi possível analisar a queda do desempenho físico uma vez que a velocidade de corrida e o TT

realizado foram equivalentes em todos os protocolos. Além disso, embora a intensidade de esforço adotada nesses estudos fosse supramáxima, a característica do esforço é distinta ao solicitado nas modalidades desportivas em que são necessárias contrações máximas desde o início do esforço.

Recentemente, Mendez-Villanueva *et al.*, (2007), evidenciaram reduções na amplitude dos sinais EMG (EMG-RMS) do músculo vasto lateral (VL) durante um protocolo intermitente que consistiu de 10 tiros de seis segundos com intervalo de pausa de 30 segundos. A fadiga neuromuscular verificada neste tipo de protocolo, aparentemente, está relacionada com os mecanismos integrativos de *feedback* periférico e modulação do sistema nervoso central. Basicamente, os metabólitos acumulados ativam os metaborreceptores que enviam informações ao sistema nervoso central, que por sua vez, controla a quantidade de unidades motoras a serem recrutadas. Embora as variáveis metabólicas não tenham sido medidas diretamente nesse estudo, existem evidências de que esse tipo de protocolo ocasiona o aumento do LAC_S e a redução do pH sanguíneo (GAITANOS *et al.*, 1993). Considerando que a modificação do tempo de E:P no exercício intermitente acarreta em maior estresse metabólico no EIL quando comparado ao EIC (PRICE e MOSS, 2007), supostamente, teríamos uma maior redução da EMG-RMS em protocolos intermitentes com durações de E:P maior que a adotada por Mendez-Villanueva *et al.* (2007).

A melhoria do desempenho físico nesse tipo de esforço se constitui num grande desafio para os treinadores e técnicos de diferentes modalidades desportivas. De modo geral, o treinamento físico é realizado por meio de esforços intermitentes, manipulando o tempo e a relação E:P. Portanto, o conhecimento do estresse orgânico causado por protocolos intermitentes que empregam diferentes durações de E:P é fundamental para uma melhor organização e orientação do treinamento. Até o momento, não se encontra na literatura nenhum estudo que investiga o efeito de diferentes durações de E:P no exercício intermitente sobre as respostas neuromusculares.

2 Objetivos

2.1 Objetivo geral

O objetivo do presente estudo foi verificar o efeito de três protocolos de exercícios intermitentes anaeróbios (EIL, EIM e EIC) com diferentes durações de E:P sobre as respostas neuromusculares, o LAC_S e a PSE.

2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos do presente estudo foram:

Analisar e comparar as respostas da EMG-RMS e da FMD dos músculos VL e RF nos diferentes protocolos de exercícios intermitentes;

Analisar o comportamento da potência de pico relativa e da potência média relativa durante os protocolos intermitentes;

Estabelecer comparações entre o índice de decréscimo de potência de pico (IDEC-PP) e o índice de decréscimo de trabalho (IDEC-T) obtidos nos exercícios intermitentes;

Estabelecer comparações entre o trabalho total (TT) realizado em cada protocolo de exercício intermitente;

Estabelecer comparações entre o LAC_S obtidos nos diferentes protocolos intermitentes e;

Estabelecer comparações entre a PSE obtidas nos diferentes protocolos intermitentes.

3 Referencial Teórico

3.1 Característica do exercício intermitente

O exercício intermitente é caracterizado por esforços de alta intensidade e curta duração, intervalados com breves períodos de recuperação. De modo geral, os estudos têm adotado tempo que variam entre cinco e 30 segundos de esforço e 25 e 240 segundos de pausa. A manipulação do tempo de E:P no exercício intermitente proporcionará diferentes níveis de estresse metabólico (CHRISTMASS *et al.*, 1999; PRICE e HALABI, 2005) e de PSE (PRICE e MOSS, 2007) induzindo a diferentes níveis de fadiga.

De acordo com os estudos encontrados na literatura, podemos distinguir os protocolos intermitentes conforme o intervalo de E:P utilizado. A maioria dos estudos que investigou protocolos intermitentes com durações mais curtas foi constituída por 10 tiros de 6 segundos com 30 segundos de pausa entre os tiros (BILLAUT *et al.*, 2006; GAITANOS *et al.*, 1993; GIACOMONI *et al.*, 2006; MENDEZ-VILLANEUVA *et al.*, 2007; RACINAIS *et al.*, 2007). Já Hautier *et al.* (2000) utilizaram um protocolo com pequena modificação (15 tiros de cinco segundos com 25 segundos de pausa entre cada tiro). Protocolos intermitentes com durações de E:P mais longas encontrados na literatura são constituídos por 10 tiros de 10 segundos com intervalo de 30 segundos (MATSUSHIGUE *et al.*, 2007) ou ainda, 2 a 4 esforços máximos de 30 segundos com intervalo de recuperação entre 90 a 240 s (BOGDANIS *et al.*, 1996; HARGREAVES *et al.*, 1998; MCCARTNEY *et al.*, 1986; OKANO *et al.*, 2005; SPRIET *et al.*, 1989).

Considerando os estudos que adotaram durações de E:P mais curtas, Gaitanos *et al.* (1993) submeteram oito universitários saudáveis, estudantes de Educação Física, do sexo masculino, a 10 tiros seis segundos com 30 segundos de intervalo entre cada tiro. Foi utilizado um cicloergômetro Monark® e a resistência externa de 6,5% da massa corporal do avaliado. Houve queda da potência de pico e da potência média na ordem de 33 e 27% do primeiro para o último tiro, respectivamente.

Hautier *et al.* (2000) submeteram 10 voluntários a um protocolo de 15 tiros de cinco segundos com intervalo de 25 segundos de intervalo. O cicloergômetro utilizado foi uma Monark® e a resistência externa era ajustada de maneira que os sujeitos atingissem 150 RPM (carga de ~5% da massa corporal do avaliado). Verificou-se queda de 11% da potência média.

Billaut *et al.* (2006), submeteram 12 sujeitos ativos fisicamente (em torno de 10 horas de atividade física por semana) a um protocolo intermitente semelhante ao adotado no estudo anterior (10 tiros de seis segundos com intervalo de 30 segundos entre cada tiro). Foi utilizado um cicloergômetro da marca SRM® que adota um sistema de célula de carga para a mensuração da potência. Os autores encontraram queda de 11% na potência de pico ao final do décimo tiro.

Na tentativa de verificar o efeito do período do dia sobre o desempenho físico em exercício intermitente, Giacomoni *et al.* (2006) aplicaram um protocolo semelhante aos estudos anteriores (10 tiros de seis segundos com intervalo de 30 segundos entre cada tiro) em 12 adultos ativos fisicamente, de sexo masculino. O cicloergômetro utilizado adotava o sistema de célula de carga para a mensuração da potência (SRM®). Os testes realizados no período matutino ocorreram entre 8:00 e 10:00 horas enquanto os teste do período vespertino entre 17:00 e 19:00 horas. No período matutino, o percentual de queda da potência de pico e do trabalho foi de 11 e 13%, respectivamente, do primeiro para o último teste. Da mesma forma, no período vespertino, a diminuição do desempenho físico do primeiro teste para o último teste foi de 9 e 15% para a potência de pico e o trabalho, respectivamente. Aparentemente, com base nesses resultados, o período do dia em que é realizado os esforços intermitentes não influencia nos níveis de fadiga.

Mendez-Villanueva *et al.* (2007) submeteram oito indivíduos ativos fisicamente (envolvidos em atividades intermitentes e artes marciais) a um protocolo intermitente que constituiu de 10 tiros de seis segundos com intervalo de 30 segundos entre cada tiro. Ao final do protocolo intermitente os autores encontraram queda de 24 e 27% para a potência de pico e o trabalho, respectivamente.

Protocolo semelhante ao estudo anterior foi adotado por Racinais *et al.* (2007) A amostra foi constituída por nove sujeitos, do sexo masculino, ativos fisicamente (seis horas de atividade física por semana). Foi utilizado um cicloergômetro da marca Monark® e a resistência externa estabelecida em 9% da massa corporal do avaliado. Os autores encontraram queda de 11% na potência média ao final do protocolo intermitente.

Recentemente, Matsushigue *et al.* (2007) investigaram o efeito de diferentes tipos de recuperação (ativa ou passiva) sobre o desempenho físico durante exercício intermitente. O protocolo consistiu de 10 tiros de 10 segundos com 30 segundos de pausa entre cada tiro, e foi administrado em 15 sujeitos ativos fisicamente (engajados em programa de atividade física com predominância para os membros inferiores no mínimo por seis meses), do sexo masculino. Foi utilizado um cicloergômetro (Cefise®) e a resistência externa adotada foi de 7,5% da massa corporal do avaliado. A queda da potência de pico foi de 29 e 27% para os protocolos com pausa ativa e passiva, respectivamente. Com relação à potência média, a redução foi de 34% tanto para a recuperação ativa quanto para a recuperação passiva. Dessa forma, o tipo de recuperação parece não influenciar nos níveis de fadiga neste tipo de protocolo. Vale ressaltar que neste estudo, o índice de fadiga foi calculado por meio da diferença entre os valores preditos para o décimo e para o primeiro tiro por meio da função exponencial.

Com relação aos protocolos intermitentes com intervalo de tempo E:P mais longos, os estudos adotaram de dois a quatro tiros de 30 segundos com intervalo de quatro minutos entre os tiros. Neste sentido, Bogdanis *et al.* (1996) submeteram oito universitários (atletas recreacionais) a um protocolo intermitente que consistiu de dois tiros de 30 segundos com quatro minutos de intervalo de recuperação entre os tiros. Foi utilizado um cicloergômetro da marca Monark® e a carga estabelecida foi de 7,5% da massa corporal do avaliado. A queda da potência de pico e da potência média foi de 18% em relação ao primeiro tiro.

Resultados semelhantes foram encontrados por Spriet *et al.* (1989) que submeteram oito sujeitos (sete homens e uma mulher) a três testes de 30 segundos em cicloergômetro isocinético com quatro minutos de intervalo entre cada teste. Os sujeitos, embora engajados num programa de exercício físico, não eram familiarizados com esforços de alta intensidade. A redução da potência média do primeiro teste para o segundo teste foi de 15-20%, mantendo o mesmo percentual de queda nos esforços subsequentes.

Hargreaves *et al.* (1998) aplicaram um protocolo semelhante ao estudo anteriores (três testes de 30 segundos em cicloergômetro isocinético com quatro minutos de intervalo entre cada teste) em seis adultos de sexo masculino. Os autores verificaram percentual de queda da potência de pico e do trabalho em torno de 15% do primeiro para o segundo teste e aproximadamente 35% do segundo para o terceiro teste.

Tal comportamento foi evidenciado por McCartney *et al.* (1986) que ao submeterem oito universitários saudáveis, do sexo masculino, a quatro tiros de 30 segundos em cicloergômetro isocinético, com quatro minutos de intervalo entre cada tiro, verificaram queda da potência de pico e da potência média na ordem de 20% do primeiro para o segundo tiro, e 21% do segundo tiro para o terceiro tiro. Já do terceiro para o quarto tiro não foram verificadas alterações no desempenho físico.

Analisando conjuntamente, os protocolos que adotam intervalo E:P mais curtos (5-6 segundos), excetuando os estudos de Gaitanos *et al.* (1993) e Mendez-Villanueva *et al.* (2007), a queda de desempenho físico é em torno de 11 a 15% (BILLAUT *et al.*, 2006; GIACOMONI *et al.*, 2006; HAUTIER *et al.*, 2000; RACINAIS *et al.*, 2007). No exercício intermitente que adotou intervalo de E:P de 10:30 segundos (MATSUSHIGUE *et al.*, 2007), a redução no desempenho físico foi de 27-34%. Nos exercícios intermitentes que adotaram o tempo de esforço de 30 segundos, com exceção do protocolo que adotou somente dois tiros (BOGDANIS *et al.*, 1996), a queda do primeiro para o último tiro foi de ~36% (HARGREAVES *et al.*, 1998; MCCARTNEY *et al.*, 1986; OKANO *et al.*, 2005; SPRIET *et al.*, 1989). Vale ressaltar que essas informações devem ser interpretadas com certa cautela devido aos diferentes ergômetros utilizados e da variabilidade da amostra nesses estudos.

3.2 Respostas neuromusculares frente ao exercício intermitente

Nas últimas décadas, a eletromiografia (EMG) tem sido amplamente utilizada nas investigações sobre fadiga. Nos estudos sobre fadiga muscular mediante sinais EMG, a análise pode ser realizada tanto pela amplitude quanto pela frequência (espectro de frequência) (VOLLESTAD, 1997). A amplitude dos sinais EMG é um indicador de recrutamento de unidades motoras, de frequência de disparo de unidades motoras e de sincronização das unidades motoras (DE LUCA, 1997).

Nas investigações de fadiga muscular empregando a EMG de superfície, a técnica usualmente empregada tem sido a análise do espectro da potência, que consiste na decomposição dos sinais EMG em vários componentes de frequência, empregando-se um modelo matemático denominado transformada de Fourier (DE LUCA, 1997). Essa técnica fornece alguns

indicadores como a frequência média e a frequência mediana (FMD). Tais índices estão relacionados com a velocidade de condução do estímulo pela fibra muscular e alterações na sincronização e na frequência de disparo das unidades motoras (DE LUCA, 1997). De acordo com Basmajian e De Luca (1985), durante uma contração sustentada a uma intensidade constante, os componentes de baixa frequência dos sinais eletromiográficos aumentam gradativamente. Essas alterações causam um achatamento ou compressão para a área das frequências mais baixas. Este deslocamento para a esquerda tem sido atribuído a uma redução na velocidade de condução do estímulo pela fibra muscular (pela queda do pH intramuscular e aumento nos níveis de potássio extracelular), e a alterações na sincronização e frequência de disparo das unidades motoras (DE LUCA, 1997). Este comportamento tem sido evidenciado em diversos estudos, sendo que nos músculos com maior proporção de fibra tipo II, a redução da FM é mais acentuada (KUPA *et al.*, 1995).

Embora existam na literatura diversos estudos referentes à EMG e cicloergômetro, a maioria das investigações tem se preocupado com o exercício de resistência de modo que, poucos estudos investigaram exercícios físicos de alta intensidade e curta duração. Comumente, os protocolos adotados nesses estudos envolvem durações de tempo de esforço que variam de seis a 30 segundos e pausas de 25 a 120 segundos.

Neste sentido, Okano *et al.* (2005) analisaram o comportamento dos sinais EMG dos músculos VL, VM e RF em esforço intermitente de alta intensidade realizado no cicloergômetro. O protocolo adotado envolveu três testes de Wingate para membros inferiores, com intervalo de dois minutos entre cada teste. Houve queda no desempenho físico (potência de pico e potência média) com o decorrer dos testes. Embora a EMG-RMS não tenha apresentado diferenças entre os músculos analisados, verificou-se uma maior redução da FMD (13%) no músculo RF quando comparado aos VL (6%) e VM (6%). Tal queda está relacionada com a redução da velocidade de condução do estímulo pela fibra muscular (pela queda do pH intramuscular e aumento nos níveis de potássio extracelular), e a alterações na sincronização e frequência de disparo das unidades motoras (DE LUCA, 1997). Esta dissociação nas respostas EMG dos músculos superficiais do quadríceps femoral está atrelada às diferenças nas propriedades biomecânicas, arquitetônicas e morfológicas dos mesmos.

Estudos com modelos de esforços intermitentes, porém, adotando tempo de esforço de 5-6 segundos com durações de 25-30 segundos, também, investigaram o

comportamento neuromuscular por meio da EMG de superfície (BILLAUT *et al.*, 2006; HAUTIER *et al.*, 2000; RACINAIS *et al.*, 2007). Hautier *et al.* (2000) submeteram 10 voluntários a um protocolo de 15 tiros de cinco segundos com intervalo de 25 segundos de intervalo no cicloergômetro. Além disso, era realizado um exercício submáximo no início e ao final das 15 repetições. Os autores verificaram uma redução no rendimento sem alteração dos valores de RMS medido durante contração isométrica realizada pré e pós-esforço, sendo a mesma atribuída à fadiga periférica.

Utilizando protocolo semelhante (dez tiros de seis segundos com intervalo de 30 segundos entre cada tiro), Billaut *et al.* (2006) verificaram queda de desempenho físico (potência de pico, 11%; contração voluntária máxima, 13%) ao final do décimo tiro. Quanto aos sinais EMG, não houve alteração significativa nos valores de EMG-RMS do músculo VL obtidos no final do protocolo quando comparado aos valores iniciais (pré-esforço). Isto indica que a queda do desempenho físico observado não ocorreu devido a um déficit do sistema nervoso central mas por falha nos mecanismos contráteis do sistema periférico. Com relação à FMD, houve redução nos músculos VL e VM indicando uma redução na condução do estímulo sobre a fibra muscular.

Recentemente, Racinais *et al.* (2007) adotaram o mesmo protocolo utilizado por Billaut *et al.* (2006) e da mesma forma verificaram queda de desempenho físico após o décimo tiro (potência de pico, 11%). No entanto, os autores verificaram redução da amplitude dos sinais EMG-RMS do músculo VL após o décimo tiro indicando um déficit do sistema nervoso central para recrutar os músculos.

Esses resultados inconsistentes encontrados por Billaut *et al.* (2006) e Racinais *et al.* (2007), possivelmente, estejam relacionados com o tipo de medida realizado. No estudo de Billaut *et al.* (2006), os valores de EMG-RMS foram obtidos por meio de contrações voluntárias máximas realizadas pré e pós-esforço, e não durante o exercício. Se considerarmos que a fadiga é tarefa-dependente (ENOKA e STUART, 1992), não seria adequado investigar os mecanismos de fadiga submetendo os indivíduos a um esforço dinâmico e analisar por numa condição estática. Possivelmente, as diferenças nos aspectos metodológicos adotados nesses estudos acarretaram nos resultados dicotômicos.

A redução na amplitude dos potenciais de ação pode ser explicada pela incapacidade de manter o recrutamento das unidades motoras e/ou diminuição na frequência de

disparos das unidades motoras (BIGLAND-RITCHIE, 1981). Possivelmente, a incapacidade de manutenção do recrutamento das unidades motoras esteja relacionada com o aumento do limiar de excitação da fibra muscular (BALOG *et al.*, 1994). A EMG de superfície não permite distinguir o recrutamento de unidades motoras da frequência de disparos, porém, certamente os mecanismos envolvidos para a redução da EMG-RMS durante o exercício intermitente, estejam relacionados com a incapacidade do sistema nervoso central em manter os mesmo níveis de estímulos para os músculos. Isso foi evidenciado recentemente por Racinais *et al.* (2007), que encontraram redução de 14,5% da relação RMS/onda-M e déficit de 3% na ativação voluntária (contração interpolada). O déficit de ativação voluntária também foi verificado na corrida, após 30 km (8%) (MILLET *et al.*, 2002) e 65 km (28%) (MILLET *et al.*, 2003). A atividade da unidade motora é modulada pelo mecanismo de inibição reflexa resultante de acúmulos de metabólitos nas fibras musculares, que por sua vez, ativam os metaborreceptores enviando informações ao sistema nervoso central por meio dos nervos aferentes do grupo III e IV para que reduza o recrutamento de unidades motoras (SINOWAY *et al.*, 1993). Com base nisso, a expectativa é de que o déficit de comando neural será maior nos protocolos intermitentes que adotam durações de E:P longas em que o acúmulo de metabólitos é mais elevado (CHRISTMASS *et al.*, 1999; PRICE e HALABI, 2005; PRICE e MOSS, 2007).

3.3 Influência do tempo e da relação de E:P no exercício intermitente sobre as respostas metabólicas e percepção de esforço

Ballor e Volovsek (1992) analisaram as respostas fisiológicas e metabólicas frente a diferentes intensidades e relações de E:P durante exercício intermitente. Os autores submeteram oito sujeitos saudáveis a seis protocolos de exercícios intermitentes em que foram manipuladas a intensidade de esforço (90 ou 110%VO₂max) e o tempo de esforço (20, 30 e 40 segundos). O tempo total dos protocolos foi de 15 minutos e as relações E:P utilizadas foram 2:1 (40:20s), 1:1 (30:30s) e 1:2 (20:40s). O VO₂, a frequência cardíaca, a ventilação pulmonar e a concentração de LAC₅ foram maiores nos protocolos que adotaram tempo de esforço (40s) e intensidade mais elevados (110%VO₂max).

Patterson *et al.* (1997) investigaram o efeito de diferentes tempos e relações de E:P no exercício intermitente sobre as respostas fisiológicas e metabólicas. Oito remadoras realizaram sete protocolos de exercícios intermitentes, de forma aleatória e com intervalo de 24 horas entre cada teste. As relações de E:P adotadas foram 1:1 e 2:1. As durações de tempo utilizadas foram um, dois e três minutos e 30 segundos, um, dois e três minutos, respectivamente. A intensidade de esforço estabelecida para os exercícios intermitentes foi 100%VO₂max. O teste era finalizado quando os sujeitos não conseguiam permanecer na intensidade de 90%VO₂max por mais de 15 segundos. O TT realizado foi maior nos esforços que adotaram durações menores, reduzindo de acordo com o aumento do tempo e da relação E:P. Os exercícios intermitentes realizados com durações maiores (três minutos), proporcionaram maiores valores de VO₂ e de tempo de permanência na intensidade correspondente ao VO₂max independentemente da relação E:P adotada. Da mesma forma, a concentração de LAC_S foi mais elevada nos exercícios intermitentes de três minutos de esforço, diminuindo conforme a redução do tempo e da relação E:P. Esses achados foram corroborados pelos resultados obtidos por Christmass *et al.* (1999) que também verificaram concentração de LAC_S mais elevada no protocolo de EIL (6:9 vs 24:36).

Com relação à PSE, poucos estudos envolvendo protocolos intermitentes são encontrados na literatura. Price e Moss (2007) investigaram o efeito da manipulação do tempo de E:P durante esforços intermitentes na corrida. Foram investigados protocolos de exercícios intermitentes com tempo de E:P de 6:9 e 24:36 segundos. A relação E:P (1:1,5), a velocidade de corrida (120%VO₂max) e o TT realizado foram semelhantes nos dois protocolos. A PSE foi mais elevada no EIL quando comparado ao EIC. Além disso, verificou-se maiores valores de VO₂, de concentração de LAC_S e maior queda do pH no protocolo de EIL quando comparado ao EIC.

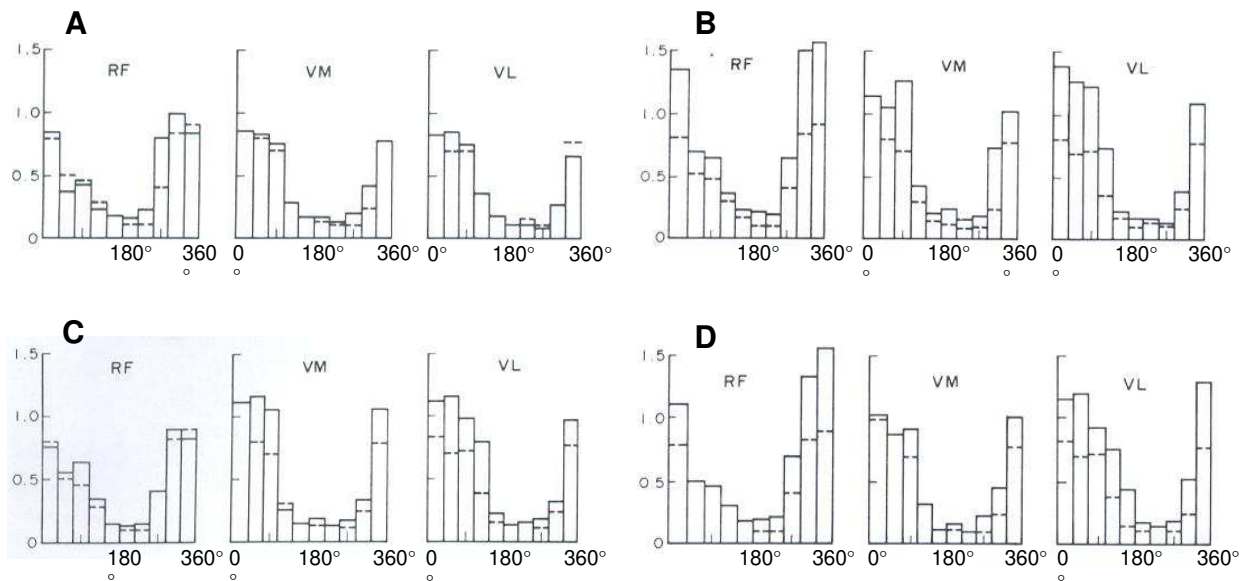
3.4 Ativação muscular no cicloergômetro

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 e RF.

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), investigou os efeitos de diferentes posições do selim e da resistência externa adotada sobre os sinais EMG 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, acarreta em diferentes solicitações musculares para um mesmo esforço físico. Tal fato é evidenciado por Jorge e Hull (1986) em seis ciclistas experientes. Nesse estudo, um dos objetivos foi investigar o efeito da manipulação da relação coroa-pinhão sobre os sinais EMG 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 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 e RF.



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 lateral (VL) e reto femoral (RF) em cicloergômetro em diferentes condições (adaptada de JORGE e HULL, 1986).

Analisando a figura 1, podemos observar que os músculos VL 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 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% na solicitação do músculo VL. Embora não

seja hábito dos ciclistas pedalam com ténis, 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.

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 EMG-RMS são decorrentes da condição de contração isométrica instaurada com a redução da altura do selim (JORGE e HULL, 1986), 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 ou com medidas repetidas 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.

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

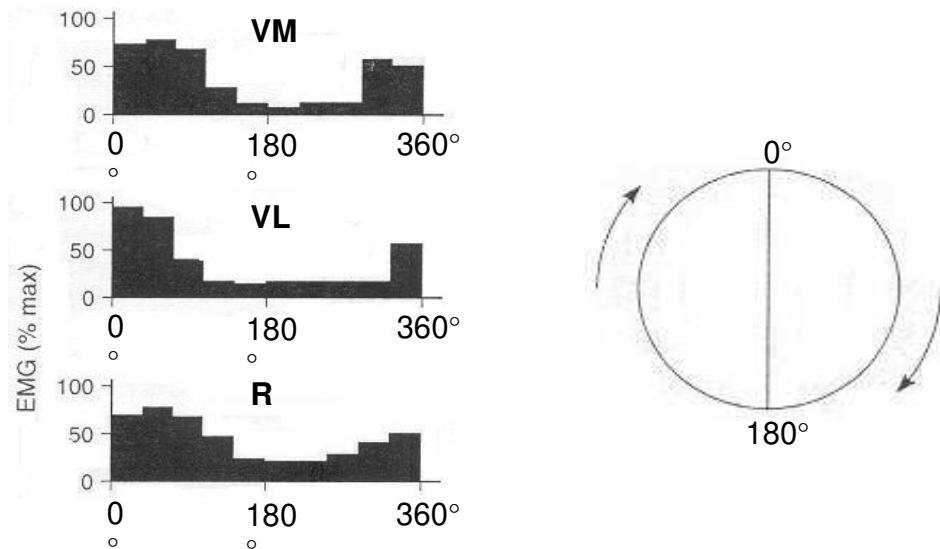


Figura 2. Ângulo e recrutamento dos músculos Vasto Medial (VM), Vasto Lateral (VL) e Reto Femoral (RF) em cicloergômetro (adaptada de Gregor e Rugg, 1986).(GREGOR e RUGG, 1986)

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 apresenta de maneira bastante consistente.

Considerando o topo do pedal como sendo 0° e a parte inferior 180° (figura 2), 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 40-50°, 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 o RF é o músculo de menor ativação.

4 Material e Métodos

4.1 Seleção da amostra

Fizeram parte deste estudo 12 ciclistas recreativos, do sexo masculino, que competiam em provas de estrada que foram selecionados voluntariamente. Os sujeitos possuíam $27,7 \pm 6,8$ anos, $176,7 \pm 8,3$ cm, $74,5 \pm 11,5$ kg e $15,3 \pm 3,3$ de gordura corporal relativa. Como critério inicial de inclusão no experimento, os atletas deveriam ter experiência mínima de dois anos em competições regionais ou estaduais. Os ciclistas possuíam em média tempo de prática de $9,4 \pm 4,5$ anos, frequência de treino de $4,7 \pm 1,3$ vezes por semana e volume de treino por semana de $349,3 \pm 159,1$ km.

Os indivíduos foram informados sobre a proposta do estudo e sobre os procedimentos aos quais seriam submetidos, e posteriormente, assinaram declaração 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 245/2005), de acordo com as normas da Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde sobre pesquisa envolvendo seres humanos (Anexo A).

4.2 Delineamento experimental

Este estudo foi realizado em parceria entre o Laboratório de Estudos Eletromiográficos (LEE) e o Laboratório de Fisiologia do Exercício (FISEX) ambos da Faculdade de Educação Física – UNICAMP. Por se tratar de um estudo com humanos, no qual o controle de diversas variáveis é reconhecidamente limitado, o intuito do delineamento experimental adotado foi controlar algumas variáveis que podiam exercer influência relevante no processo de investigação, possibilitando assim uma análise mais criteriosa dos achados. Dessa

forma, para todas as coletas realizadas no presente estudo, as variáveis temperatura ambiente e umidade relativa do ar mantiveram-se entre 21 e 24°C e 40 e 60%, respectivamente.

Na primeira etapa do experimento os atletas compareceram ao laboratório para tomarem conhecimento da proposta do estudo e os procedimentos aos quais seriam submetidos e assinaram declaração de consentimento livre e esclarecido. Em seguida, foram agendados os horários nos quais cada atleta deveria comparecer ao laboratório na etapa seguinte. Posteriormente, foram realizadas medidas antropométricas e de composição corporal para caracterização da amostra. Os ciclistas participavam de outros estudos conduzidos pelo laboratório, portanto, já eram familiarizados com os protocolos e os equipamentos utilizados. Todos os testes foram realizados com intervalo mínimo de 48 horas entre os mesmos.

Na segunda etapa do experimento, os voluntários compareceram ao laboratório nos horários pré-definidos e foram submetidos ao teste para determinação do VO_2 pico e do limiar ventilatório.

Na etapa seguinte, os sujeitos compareceram ao laboratório em três sessões distintas, em que foram submetidos aos protocolos de exercícios intermitentes (EIL, EIM e EIC). Durante todo o experimento, os sujeitos foram orientados a não realizarem atividades físicas vigorosas, não ingerirem substâncias cafeinadas (café, chocolate, mate, pó-de-guaraná, coca-cola e guaraná) ou alcoólicas nas quarenta e oito horas precedentes ao teste para evitar o surgimento de qualquer possível interferência.

4.3 Antropometria e composição corporal

A massa corporal (MC) foi medida em uma balança da marca Filizola, modelo ID-1500, com precisão de 0,1 kg ao passo que a estatura (E) foi obtida em um 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 um calção. O índice de massa corporal (IMC) foi determinado pelo quociente MC/E^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, e posteriormente, estimar os parâmetros de massa corporal magra, massa corporal gorda e gordura corporal relativa. As medidas foram realizadas na posição de decúbito dorsal, em uma maca isolada de condutores elétricos. Após a assepsia 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 horas precedentes ao início das coletas, não consumir bebidas alcoólicas e cafeinadas por no mínimo 48 horas, e finalmente, evitarem o uso de diuréticos ao longo dos últimos sete dias. Vale ressaltar que todos os testes foram realizados no período matutino.

4.4 Protocolos de exercícios intermitentes de alta intensidade

Todos os testes físicos foram realizados em um ciclossimulador modelo CompuTrainer DYNAFIT™ (RacerMate®, Seattle, WA, USA) com capacidade de carga de até 1500 Watts. O mesmo foi calibrado antes da realização de cada teste conforme orientação do fabricante. Os índices de desempenho produzidos (potência de pico, potência média e índice de fadiga) foram determinados (ANEXO B) a partir do programa CompuTrainer 3D (RacerMate®, Seattle, WA, USA).

Os ajustes das medidas do ciclossimulador correspondente a cada avaliado (altura e distância do selim; altura e distância da mesa e a posição das mãos) foram padronizadas em todos os testes, para assim evitar alterações na postura do avaliado e, conseqüentemente, possíveis diferenças na solicitação do músculo avaliado.

Os sujeitos foram submetidos a três protocolos de exercícios intermitentes de alta intensidade (EIL, EIM e EIC), com intervalo de 48 horas entre os mesmos. Os protocolos foram aplicados aleatoriamente.

O EIL (figura 3) consistiu de um aquecimento de quatro minutos com carga de 70 W, cadência entre 70 e 80 revoluções por minuto. Após o aquecimento houve um intervalo de dois minutos para medida da massa corporal, ajustes da alturas e distâncias dos selim e mesa. Em seguida. Os sujeitos realizaram quatro testes de 30 segundos, com intervalo de dois minutos entre

cada teste, sendo que todos foram orientados a permanecerem sentados no selim durante as pausas.

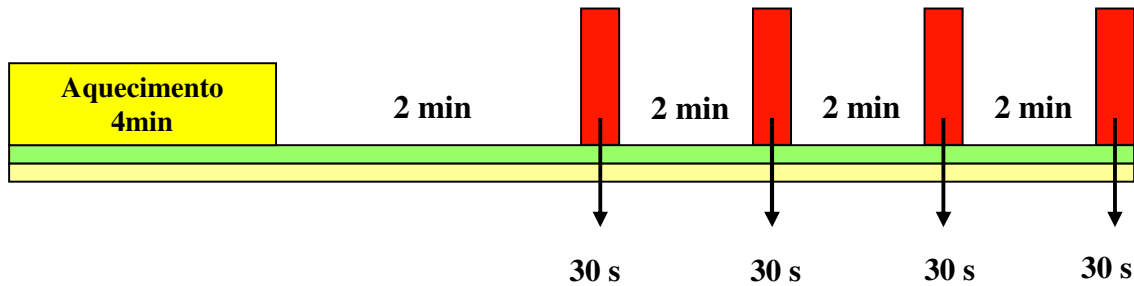


Figura 3. Protocolo de exercício intermitente com tempo de esforço:pausa longo.

Com relação ao EIM, os mesmos procedimentos foram adotados quanto ao aquecimento, aos ajustes das medidas do ciclossimulador e a intensidade de esforço. No entanto, os ciclistas realizaram oito testes de 15 segundos, com intervalo de um minuto entre cada tiro (figura 4).

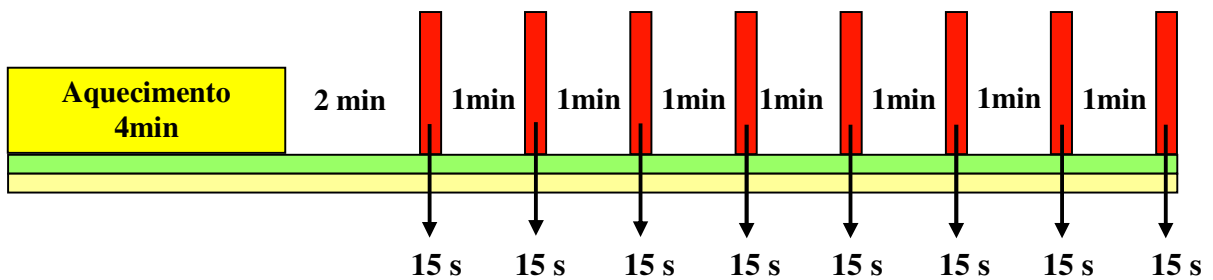


Figura 4. Protocolo de exercício intermitente com tempo de esforço:pausa médio.

No que se refere ao EIC, os mesmos procedimentos foram adotados quanto ao aquecimento, aos ajustes das medidas do ciclossimulador e a intensidade de esforço em relação

aos protocolos anteriores. No entanto, os ciclistas realizaram 16 tiros de 7,5 segundos, com intervalo de 30 segundos entre cada tiro (figura 5).

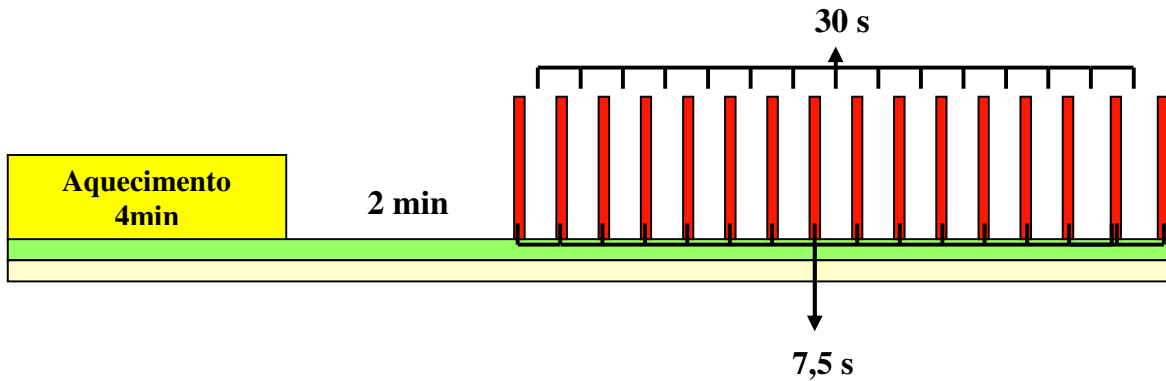


Figura 5. Protocolo de exercício intermitente com tempo esforço:pausa curto.

4.5 Lactato sangüíneo

As coletas de sangue foram realizadas após 30, 60, 90 e 120 segundos de esforço. Foram coletados 25 μ l de sangue do lóbulo da orelha através de capilares de vidro heparinizados, previamente calibrados, sendo, imediatamente transferidos para microtúbulos de polietileno tipo “Ependorf” de 1,5ml, contendo 50 μ l de solução de fluoreto de sódio 1%. Em seguida, as amostras foram armazenadas a -20°C. A análise do lactato foi realizada através de analisador eletroenzimático (YSL 1500, Yellow Spring Co., EUA), sendo os valores expressos em mmol.L⁻¹. Houve perda de dados em quatro sujeitos, portanto, os resultados de LAC_S são apresentados de oito ciclistas.

4.6 Percepção subjetiva de esforço

A PSE foi mensurada após 30, 60, 90 e 120 segundos de esforço, por meio da escala subjetiva de 15 pontos de Borg.

4.7 Coleta dos sinais EMG

Para a coleta dos sinais EMG e processamentos dos sinais foram utilizados eletrodos de superfície. A frequência de amostragem estabelecida para a aquisição dos registros EMG foi de 2000 Hz. O filtro passa banda foi estabelecido entre 20 e 500 Hz e os limites de entrada dos sinais foi de ± 5 mV. A relação de rejeição de modo comum (CMRR) foi > 90 dB. Para cada registro, foram utilizados os valores expressos em RMS para o processamento dos sinais obtidos em cada teste. Em todos os protocolos, foram calculados a FMD do segundo e do terceiro ciclo de pedalada de cada tiro, empregando-se a transformada de Fourier. Foram analisados os músculos VL e RF do lado dominante. Inicialmente, foi realizada uma assepsia dos locais utilizando álcool seguido de curetagem para reduzir a impedância da pele. Posteriormente, foi realizada uma tricotomia no local de colocação dos eletrodos. A localização dos pontos anatômicos dos músculos analisados obedeceu a padronização proposta por (HERMENS *et al.*, 2000). Para o VL foi utilizado como referência o ponto localizado a dois terço da distância entre a espinha íliaca ântero-superior e a borda lateral da patela (vide figura 6). Com relação ao RF, foi adotado como referência o ponto mediano da distância entre a espinha íliaca ântero-superior e a borda superior da patela (vide figura 7).

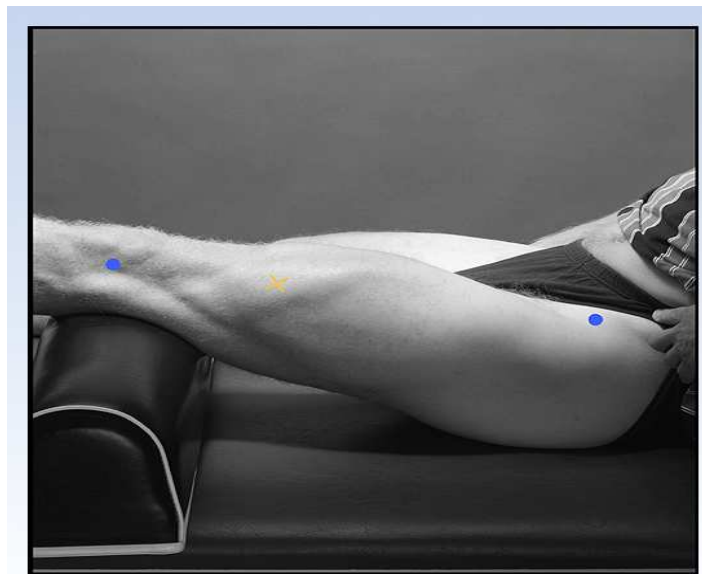


Figura 6. Localização anatômica para a colocação de eletrodos no músculo vasto lateral.

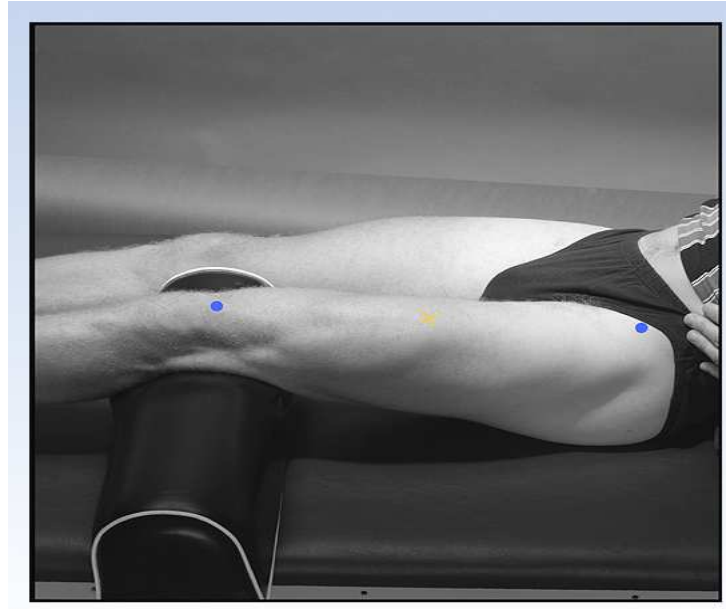


Figura 7. Localização anatômica para a colocação de eletrodos no músculo reto femoral.

4.8 Tratamento estatístico

Os resultados obtidos foram agrupados em valores de média e desvio padrão. Para verificar a normalidade dos dados quanto à distribuição foi utilizado o teste de Kolmogorov-Sminorv. A esfericidade foi verificada por meio do teste de Mauchly. Para comparar os resultados referentes ao desempenho físico e aos sinais eletromiográficos (intra-protocolo), foi utilizado a ANOVA para medidas repetidas seguida pelo teste de Bonferroni para a localização das diferenças quando constatadas. Para a comparação da concentração do LAC_S e da PSE, foi empregada ANOVA two-way (protocolo intermitente X momento de coleta) com medidas repetidas. Nas variáveis que não atendiam aos critérios de normalidade e de esfericidade, empregou-se o teste de Friedman e, quando constatada diferenças, empregou-se o teste de Wilcoxon. Todos os procedimentos estatísticos foram realizados no pacote computadorizado Statistical Package for the Social Science (SPSS), versão 13.0.

5 Resultados

A figura 8 apresenta os valores de potência de pico relativa e de potência média relativa obtidos nos protocolos de EIL, EIM e EIC. No protocolo de EIL, houve decréscimo significativo ($P<0,01$) e progressivo tanto da potência de pico relativa quanto da potência média relativa com o decorrer dos tiros. No EIM, a potência de pico relativa nos T1 e T2 apresentou diferença estatisticamente significativa ($P<0,01$) em relação aos demais tiros. O T3 diferiu-se do T5 e dos testes subsequentes ($P<0,01$). A partir do T4, não houve diferenças entre os testes subsequentes indicando uma estabilização da potência de pico relativa a partir da metade do protocolo. Considerando a potência média relativa, o T1 foi superior aos tiros posteriores ($P<0,01$). Da mesma forma, a potência média relativa no T2 foi mais elevada quando comparada aos tiros subsequentes. Este comportamento foi verificado nos T3 e T4. Já o T5 foi superior somente ao T8, não apresentando diferenças em relação aos T6 e T7 ($P<0,01$). A partir do T6, não foram verificadas diferenças significantes entre os tiros subsequentes indicando manutenção da potência média relativa. Já no EIC, não houve redução significativa da potência de pico relativa com o decorrer dos testes. Quanto à potência média relativa, houve diferença estatisticamente significativa somente entre o primeiro tiro e os T7, T8 e T10 ($P<0,01$). Não foram verificadas diferenças significantes entre os esforços iniciais e os finais indicando maior capacidade de manutenção da potência média relativa no EIC.

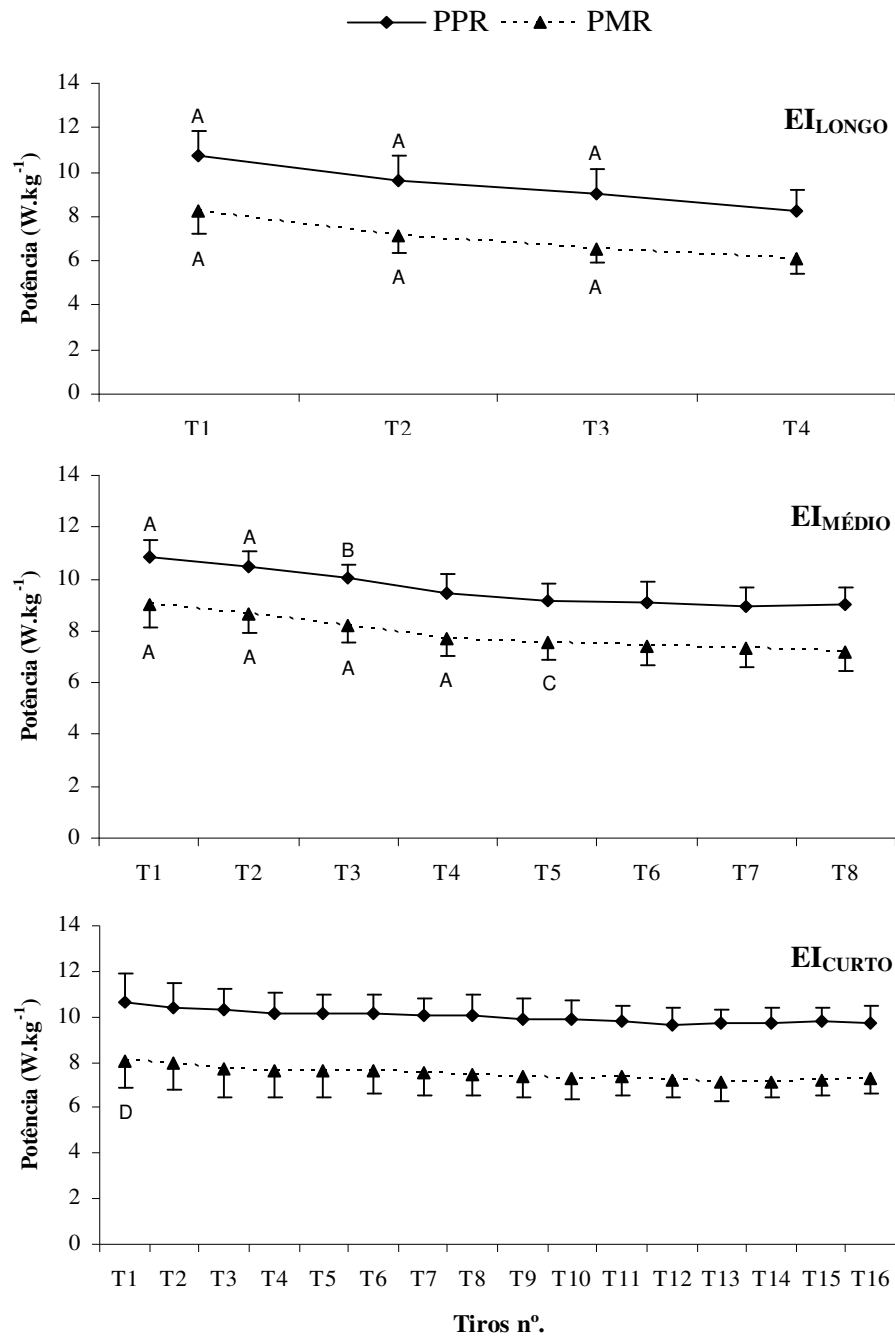


Figura 8. Comportamento da potência de pico relativa e potência média relativa durante exercícios intermitentes (EI, exercício intermitente). Valores expressos em média e desvio-padrão (n=12). ^A Diferença significativa em relação aos tiros subseqüentes ($P < 0,01$); ^B Diferença significativa em relação aos tiros 5, 6, 7 e 8 ($P < 0,01$); ^C Diferença significativa em relação ao último tiro ($P < 0,01$); ^D Diferença significativa em relação aos tiros 7, 8 e 10 ($P < 0,01$).

A figura 9 apresenta os resultados de IDEC-PP e de IDEC-T nos protocolos intermitentes. Em ambos os índices, verificou-se maior queda de desempenho nos protocolos de EIL (IDEC-PP = $12,09 \pm 5,83\%$; IDEC-T = $15,19 \pm 6,68\%$) e EIM (IDEC-PP = $10,86 \pm 5,69\%$; IDEC-T = $12,55 \pm 6,68\%$) quando comparado ao EIC (IDEC-PP = $3,73 \pm 3,55\%$; IDEC-T = $6,88 \pm 3,87\%$) ($P < 0,01$).

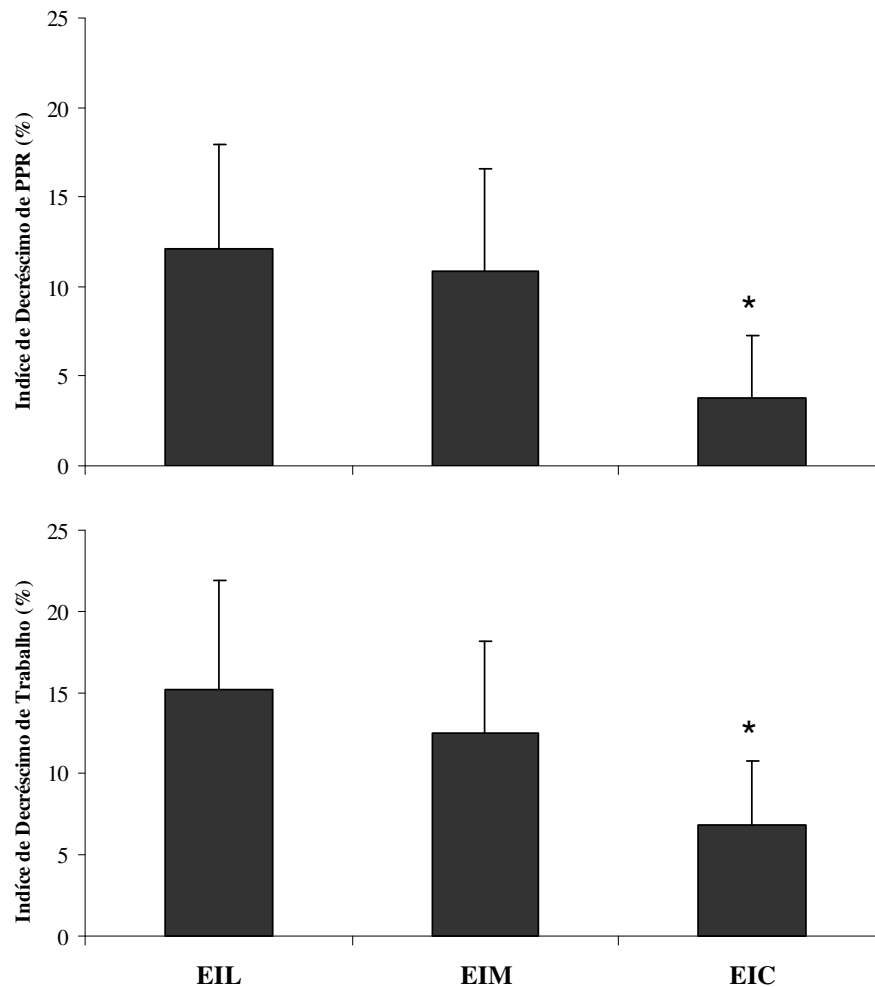


Figura 9. Índice de decréscimo de potência de pico relativa e de trabalho durante exercícios intermitentes (EIL, exercício intermitente longo; EIM, exercício intermitente médio; EIC, exercício intermitente curto). Valores expressos em média e desvio-padrão (n=12). *Diferença significativa em relação aos EIL e EIM ($P < 0,01$).

O T_{TOTAL} realizado nos protocolos intermitentes EIL, EIM e EIC são apresentados na figura 10. Em relação ao EIL ($T_{TOTAL} = 62011 \pm 8334$ J), os protocolos de EIM ($T_{TOTAL} = 70143 \pm 9602$ J) e EIC ($T_{TOTAL} = 67071 \pm 13339$ J) proporcionaram maior capacidade de realização de T_{TOTAL} ($P < 0,05$). Não houve diferença estatisticamente significativa entre os protocolos EIM e EIC.

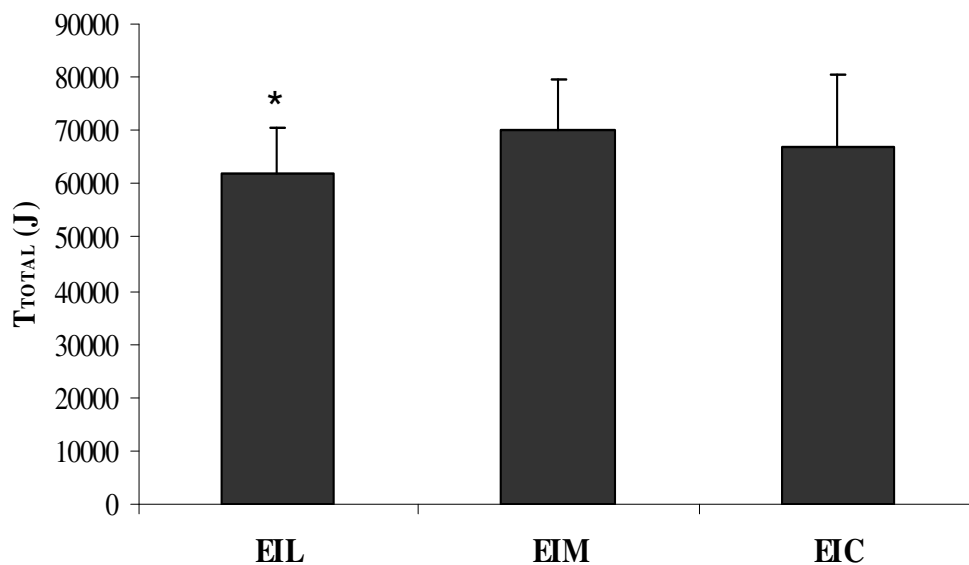


Figura 10. Trabalho total (T_{TOTAL}) realizado durante exercícios intermitentes (EIL, exercício intermitente longo; EIM, exercício intermitente médio; EIC, exercício intermitente curto). Valores expressos em média e desvio-padrão ($n=12$). *Diferença significativa em relação aos EIM e EIC ($P < 0,05$)

A figura 11 apresenta o comportamento da EMG-RMS (RMS, mV) dos músculos VL e RF durante os protocolos de EIL, EIM e EIC.

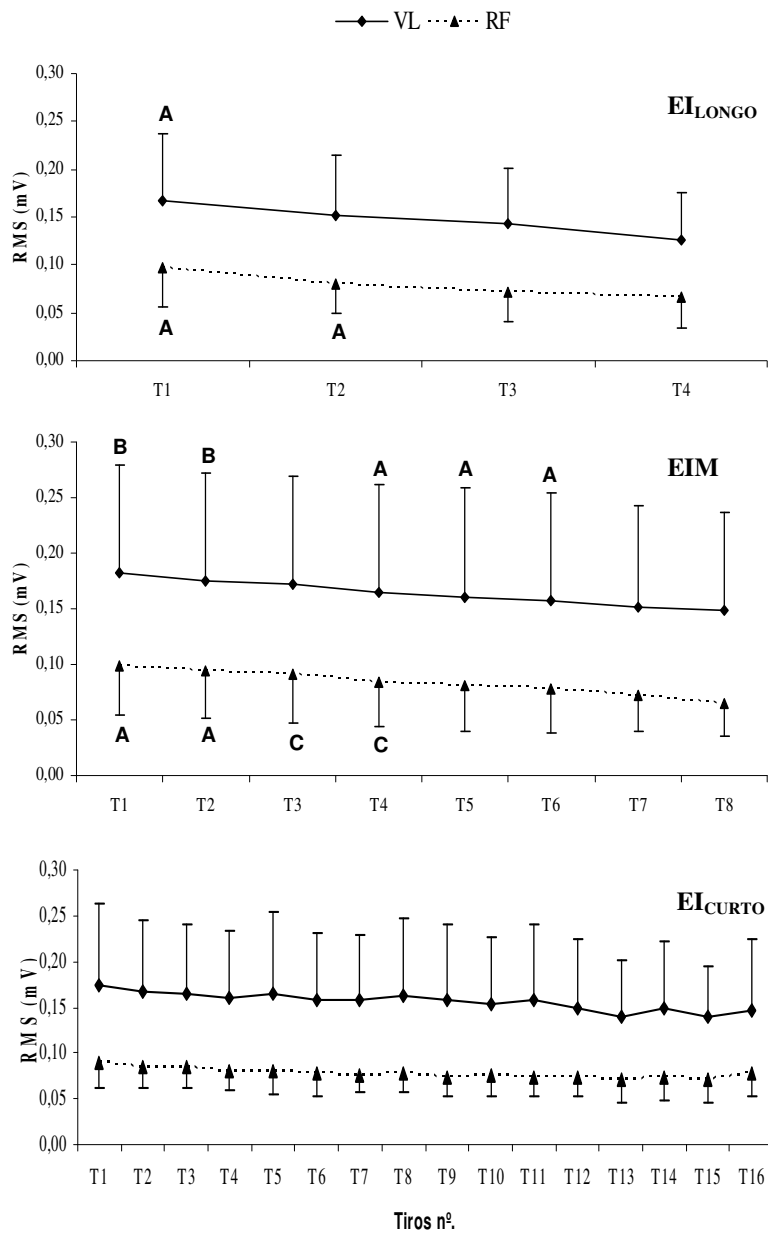


Figura 11. Atividade eletromiográfica (RMS, mV) dos músculos vasto lateral (VL) e reto femoral (RF) durante exercícios intermitentes (EI, exercício intermitente). Valores expressos em média e desvio-padrão (n=12). ^A Diferença significativa em relação ao penúltimo e ao último tiro ($P<0,05$); ^B Diferença significativa em relação a todos os tiros com exceção do tiro imediatamente adjacente ($P<0,05$); ^C Diferença significativa em relação ao último tiro ($P<0,05$).

No protocolo de EIL, houve diferença significativa entre o primeiro tiro e os dois últimos tiros ($P < 0,05$) para ambos os músculos. Além disso, para o músculo RF, o segundo tiro também foi superior aos tiros três e quatro ($P < 0,05$). No EIM, considerando o músculo VL, os dois primeiros tiros apresentaram diferenças estatisticamente significantes ($P < 0,05$) em relação aos demais tiros, com exceção do tiro imediatamente adjacente. O T4, T5 e T6 foram superiores ($P < 0,05$) aos dois últimos tiros (T7 e T8). Com relação ao músculo RF, os valores de RMS obtidos nos T1 e T2 foram superiores ($P < 0,05$) aos encontrados nos dois últimos tiros (T7 e T8) enquanto que o terceiro e quarto tiro foram superiores aos T7 e T8 ($P < 0,05$). Já no EIC, não houve redução estatisticamente significativa dos valores de RMS de ambos os músculos com o decorrer dos testes ($P > 0,05$).

A partir do comportamento individual da atividade EMG durante os esforços, foram calculados os coeficientes angulares para cada exercício intermitente (figura 12). Houve diferenças estatisticamente significantes entre todos os protocolos intermitentes investigados (EIL > EIM > EIC; $P < 0,05$), independentemente do músculo analisado. Os coeficientes angulares dos VL e RF nos EIL, EIM e EIC foram $-6,84 \pm 3,29$, $-3,78 \pm 1,60$, $-0,87 \pm 0,50$ e $-10,48 \pm 6,04$, $-4,88 \pm 2,44$, $-1,36 \pm 1,21$, respectivamente. No EIL, a taxa de redução da atividade eletromiográfica do músculo RF foi maior que o apresentado pelo VL ($P < 0,05$).

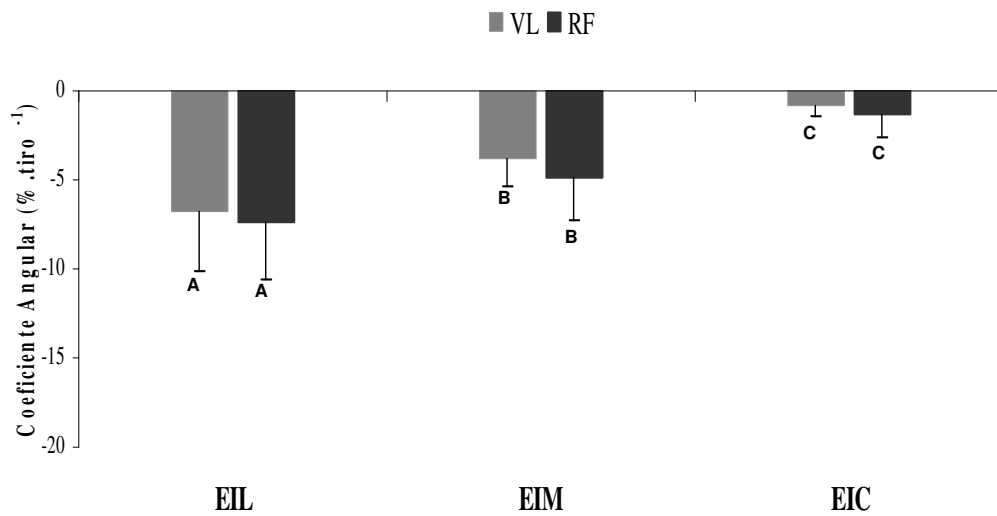


Figura 12. Coeficiente angular (% .tiros⁻¹) da atividade eletromiográfica (RMS normalizado) dos músculos vasto lateral (VL) e reto femoral (RF) durante exercícios intermitentes (EIL, exercício intermitente longo; EIM, exercício intermitente médio; EIC, exercício intermitente curto). Valores expressos em média e desvio-padrão (n=12). Letras diferentes, diferença significativa em relação aos demais protocolos ($P < 0,05$).

A figura 13 apresenta os valores de FMD referente aos segundo e terceiro ciclos iniciais de pedalada de cada tiro, em cada protocolo intermitente. Durante o protocolo de EIL, houve diferença significativa entre o primeiro tiro e os tiros dois e quatro ($P < 0,05$) para o músculo VL. No que se refere ao músculo RF, o T1 diferiu-se de todos os tiros subsequentes ($P < 0,05$). Já no EIM e EIC, em ambos os músculos, não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes entre os tiros ($P > 0,05$).

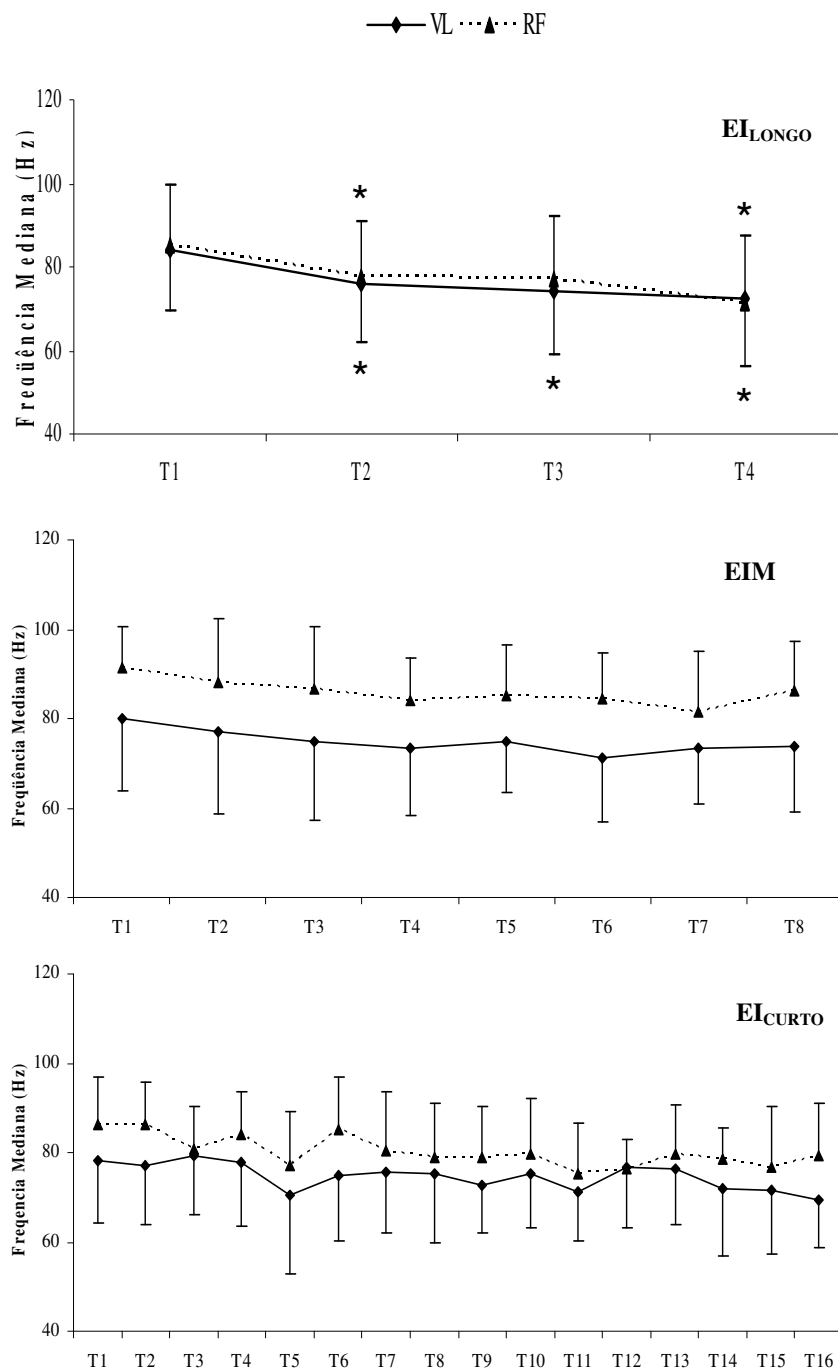


Figura 13. Frequência mediana dos segundo e terceiro ciclos iniciais de pedalada de cada tiro durante exercícios intermitentes (EI, exercício intermitente). VL, vasto lateral; RF, reto femoral. Valores absolutos de frequência mediana (Hz) expressos em média e desvio-padrão (n=12). *Diferença significativa em relação ao primeiro tiro ($P < 0,05$).

A figura 14 apresenta a concentração de LAC_S durante exercícios intermitentes. Considerando a análise intra-protocolos, a concentração do LAC_S no EIL aumentou de forma progressiva com o decorrer do tempo de esforço, até o final do protocolo ($P<0,05$). Comportamentos semelhantes foram verificados nos protocolos de EIM e EIC, porém, após 90 segundos de esforço, houve estabilização da concentração do LAC_S ($P>0,05$).

No que se refere à comparação interprotocolos, após 60 segundos de esforço e nas coletas subsequentes, a concentração de LAC_S foi mais elevada nos EIL e EIM quando comparada ao EIC ($P<0,05$).

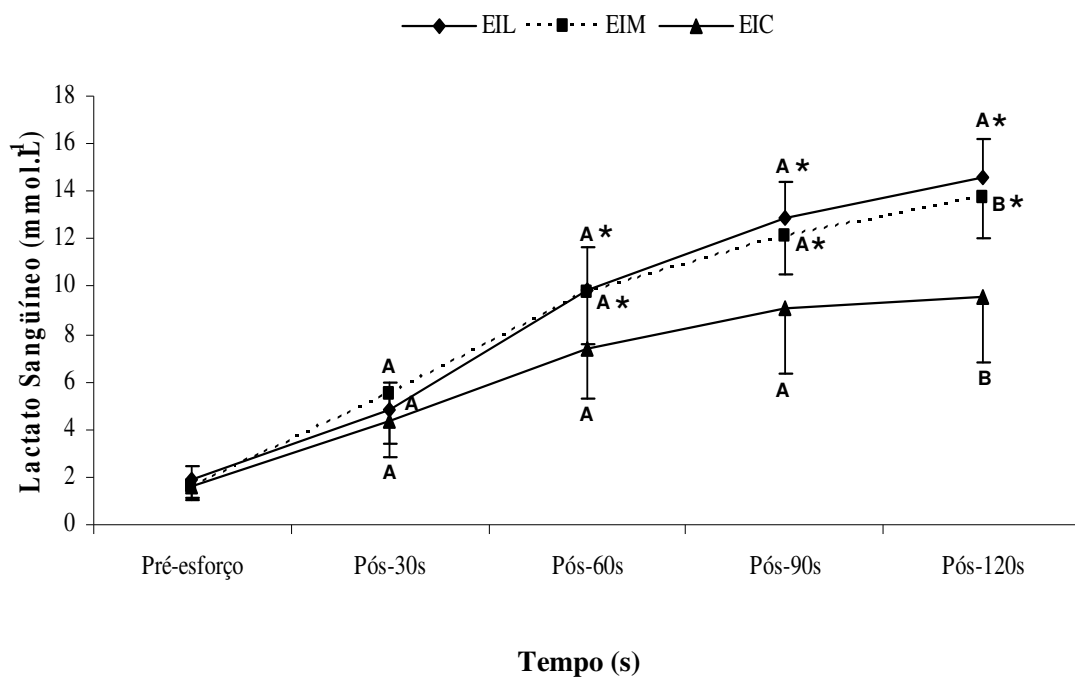


Figura 14. Concentração de lactato sanguíneo durante exercícios intermitentes (EIL, exercício intermitente longo; EIM, exercício intermitente médio; EIC, exercício intermitente curto). Valores expressos em média e desvio-padrão ($n=8$). ^A Diferença significativa em relação à todas as coletas anteriores ($P<0,01$); ^B Diferença significativa em relação à todas as coletas anteriores com exceção da coleta imediatamente adjacente ($P<0,05$); *Diferença significativa em relação ao EIC ($P<0,05$).

A PSE durante exercícios intermitentes é apresentada na figura 15. Com relação à comparação intraprotocolos, os valores obtidos após 30 segundos de esforço no EIL diferiram dos períodos de coletas subsequentes ($P<0,05$). A partir dos 60 segundos de exercício, a PSE não se modificou mantendo o mesmo nível até o final do protocolo ($P>0,05$). Com relação aos EIM e EIC, a PSE obtida após 30 segundos diferiu-se de todos os períodos de coletas subsequentes ($P<0,05$). Comportamento semelhante foi observado para a coleta realizada após 60 segundos de esforço ($P<0,05$). Não houve diferença entre os momentos de coletas após 90 e 120 segundos pós-esforço ($P>0,05$).

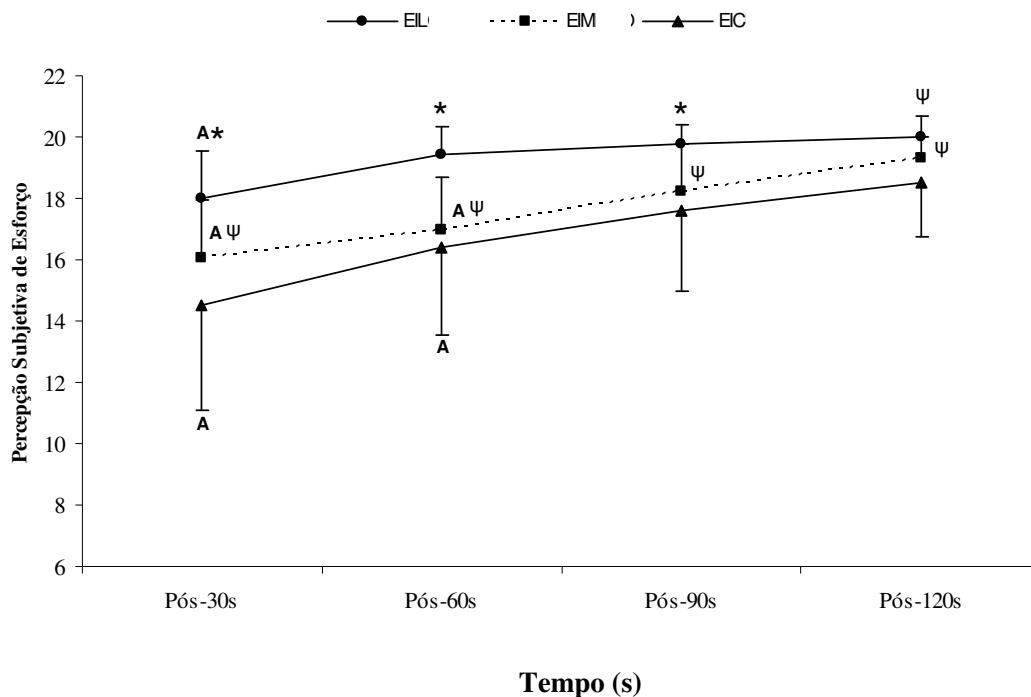


Figura 15. Percepção subjetiva de esforço durante exercícios intermitentes (EIL, exercício intermitente longo; EIM, exercício intermitente médio; EIC, exercício intermitente curto). Valores expressos em média e desvio-padrão ($n=12$). ^A Diferença significativa em relação à todas as coletas subsequentes ($P<0,05$); *Diferença significativa em relação aos EIM e EIC ($P<0,01$). ^ΨDiferença significativa em relação ao EIC ($P<0,01$).

Com relação à comparação interprotocolos, nos momentos Pós-30s à Pós-90s de esforço, a PSE obtida no EIL foi superior ao obtido no protocolo EIM que por sua vez, foi maior do que a encontrada no EIC ($P < 0,05$). Ao final dos protocolos, a PSE foi mais elevada nos EIL e EIM em relação ao EIC ($P < 0,05$).

5 Discussão

O presente estudo investigou o efeito de diferentes tempos de esforços e pausas durante exercícios intermitentes sobre as respostas neuromusculares, metabólicas e a PSE. O principal achado desta investigação foi de que a alteração do tempo de E:P durante os exercícios intermitentes influencia nas respostas neuromusculares. Além disso, o desempenho físico, as concentrações de LAC_s e a PSE também sofreram influência da modificação do tempo de E:P.

No nosso conhecimento, este é o primeiro estudo que investigou as respostas neuromusculares frente ao exercício intermitente realizado com diferentes durações de E:P. Os protocolos tiveram a relação E:P mantida em 1:4 e os esforços eram máximos. Nossos achados indicaram que a fadiga neuromuscular (diminuição do EMG-RMS) é mais evidente nos protocolos intermitentes que utilizaram durações de E:P mais longos (EIL: VL, $7\% \cdot \text{ tiro}^{-1}$; RF, $7\% \cdot \text{ tiro}^{-1}$. EIM: VL, $4\% \cdot \text{ tiro}^{-1}$; RF, $5\% \cdot \text{ tiro}^{-1}$. EIC: VL, $1\% \cdot \text{ tiro}^{-1}$; RF, $1\% \cdot \text{ tiro}^{-1}$). A redução na amplitude dos potenciais de ação pode ser explicada pela incapacidade de manter o recrutamento das unidades motoras e/ou diminuição na frequência de disparos das unidades motoras (BIGLAND-RITCHIE, 1981). Possivelmente, a incapacidade de manutenção do recrutamento das unidades motoras esteja relacionada com o aumento do limiar de excitação da fibra muscular (BALOG et al., 1994). A EMG de superfície não permite distinguir o recrutamento de unidades motoras da frequência de disparos, porém, certamente os mecanismos envolvidos para a redução da EMG-RMS durante o exercício intermitente, estejam relacionados com a incapacidade do sistema nervoso central em manter os mesmo níveis de estímulos para os músculos. Isso foi evidenciado recentemente por Racinais *et al.* (2007), que encontraram redução de 14,5% da relação RMS/onda-M e déficit de 3% na ativação voluntária (contração interpolada). O déficit de ativação voluntária também foi verificado na corrida, após 30 km (8%) (MILLET *et al.*, 2002) e 65 km (28%) (MILLET *et al.*, 2003). A atividade da unidade motora é modulada pelo mecanismo de inibição reflexa resultante de acúmulos de metabólitos nas fibras musculares, que por sua vez, ativam os metaborreceptores enviando informações ao sistema nervoso central por meio dos nervos aferentes do grupo III e IV para que reduza o recrutamento de unidades motoras (SINOWAY *et al.*, 1993). Com base nisso, podemos assumir que, o déficit de comando neural foi

mais acentuado nos protocolos intermitentes que adotam durações de E:P longas nos quais o acúmulo de metabólitos foi mais elevado, o que explicaria as maiores reduções da EMG-RMS nos EIL e EIC. No presente estudo, os resultados referentes à concentração de LAC_s corroboram com esses pressupostos.

Recentemente, Mendez-Villanueva *et al.* (2007) encontraram 15% de redução da ativação muscular do VL (RMS) durante um protocolo intermitente máximo (10 x 6 segundos com 30 segundos de pausa). No presente estudo, se considerarmos a redução de 1% por tiro na EMG-RMS durante o protocolo de EIC, a queda total seria de 16% em relação aos valores iniciais. Curiosamente, o protocolo adotado em nosso estudo possuiu um tempo total de esforço maior (> 24 segundos) que o obtido por Mendez-Villanueva *et al.* (2007), porém, apresentou os mesmos níveis de queda de EMG-RMS (15% vs 16%). A inconsistência nas informações pode estar relacionada com a condição física dos sujeitos que compuseram a amostra. Mendez-Villanueva *et al.* (2007) investigaram indivíduos que eram praticantes de modalidades intermitentes e de artes marciais, enquanto na presente investigação, os sujeitos eram envolvidos em atividade de resistência. Podemos especular que a composição de fibras musculares desses sujeitos era diferente o que induziria a menores reduções na atividade muscular nos sujeitos do nosso estudo (KOMI e TESCH, 1979). Com relação aos protocolos que adotaram durações de E:P maiores, se assumirmos a taxa de queda de $7\% \cdot \text{tiro}^{-1}$ para os músculos VL e RF, teríamos uma redução de 28% na EMG-RMS após o EIL. Okano *et al.* (2005) investigaram as respostas neuromusculares num protocolo intermitente que consistiu em três tiros de 30 segundos com intervalo de dois minutos entre cada tiro. A queda na ativação muscular foi de 6 e 13% (sem diferenças estatísticas) para os músculos VL e RF, respectivamente. Provavelmente, a origem dessas diferenças esteja atrelada ao protocolo (três tiros vs quatro tiros de 30 segundos) e ao equipamento (Monark® vs ciclossimulador) utilizado nos estudos. O ciclossimulador utilizado no presente estudo permitia ajustes do guidom e do selim, de modo que, os ciclistas permaneciam na posição que usualmente adotavam para os treinos potencializando o recrutamento muscular. Além disso, os ciclistas pedalavam com sua própria sapatilha enquanto no estudo do Okano *et al.* (2005) foi utilizado presilhas e os ciclistas realizavam os testes com calçado comum. Embora nossos resultados indiquem reduções no recrutamento de unidades motoras, alguns pesquisadores encontraram manutenção da EMG-RMS (BILLAUT *et al.*, 2006; GIACOMONI *et al.*, 2006). Nesses estudos, os valores de EMG-RMS são obtidos por meio de contrações voluntárias

máximas realizadas pré e pós-esforço, e não durante o exercício. Se considerarmos que a fadiga é tarefa-dependente (ENOKA e STUART, 1992), não seria adequado investigar os mecanismos de fadiga submetendo os indivíduos a um esforço dinâmico e analisar por numa condição estática. Possivelmente, as diferenças nos aspectos metodológicos adotados nesses estudos acarretaram na dissociação dos resultados. Com relação à FMD, reduções significativas foram encontradas somente no protocolo de EIL. A FMD é um indicador de velocidade de condução do estímulo sobre a fibra muscular e é influenciada pelas alterações do lactato e pH intramuscular.

Uma importante característica do exercício intermitente quando comparado ao exercício contínuo, é a maior capacidade de realização de trabalho para uma dada intensidade. O presente estudo investigou protocolos intermitentes mantendo a mesma relação E:P (1:4), manipulando somente o tempo de esforço e o intervalo de recuperação. O TT realizado nos protocolos de EIM (70143 J) e EIC (67071 J) foi superior ao desenvolvido no EIL (62011 J). Possivelmente, um maior número de pausas durante o EIM e EIC proporcionou restaurações parciais dos estoques de ATP e de creatina fosfato, além de uma maior remoção dos metabólitos acumulados. Assim, um maior número de esforços foi realizado nos protocolos de EIM e EIC utilizando as reservas intramusculares de fosfagênios e de oximioglobina, protelando a contribuição do sistema aeróbio. Por outro lado, durante o EIL, o suporte de energia por meio da glicólise (aeróbia e anaeróbia) é aumentado causando elevações nos níveis dos íons H^+ e reduções nos estoques de glicogênio intramuscular. Dessa forma, as perturbações metabólicas e hemodinâmicas, que são mais acentuadas no EIL, são identificadas pelo sistema nervoso central, de maneira que diminua o recrutamento de unidades motoras com o decorrer dos esforços, e conseqüentemente, diminuindo o TT do exercício.

O índice de decréscimo da potência de pico nos EIL (12%) e EIM (11%) foram superiores ao EIC (4%). Da mesma forma, o IDEC-T nos EIL (15%) e EIM (13%) foram maiores do que no EIC (7%). Confrontando os achados obtidos no TT com os encontrados nos índices de decréscimo de potência de pico e do trabalho, parece ocorrer uma dissociação na informação. Considerando que o TT realizado no EIL foi menor que os desenvolvidos nos protocolos de EIM e EIC, a expectativa era de que a queda no desempenho físico, sobretudo, no índice de decréscimo do trabalho, fosse mais acentuada somente no protocolo longo quando comparado aos EIM e EIC. No entanto, a redução do desempenho verificado no EIL foi semelhante ao obtido no EIM. A explicação para esses resultados dicotômicos está relacionada com o tipo de protocolo

utilizado no presente estudo, que teve o número de tiros limitados. Embora o TT realizado nos protocolos de EIC e no EIM tenha sido semelhantes, certamente, o EIC proporcionaria a continuidade do esforço por um período maior, caso o exercício fosse realizado até a exaustão voluntária dos indivíduos. Os estudos que adotam protocolos intermitentes com esta característica têm evidenciado maior tempo de permanência no exercício, ou seja, maior capacidade de realização de TT quando se utiliza um intervalo de E:P menor (PATTERSON *et al.*, 1997).

A concentração de LAC_S foi maior nos EIL e EIM quando comparado ao EIC. Esses achados são consistentes com os encontrados na literatura que evidenciam maiores concentrações de LAC_S nos exercícios intermitentes com durações de E:P mais elevadas (CHRISTMASS *et al.*, 1999; PRICE e HALABI, 2005; PRICE e MOSS, 2007). Nos protocolos mais longos, existe uma maior participação da glicólise anaeróbia o que acarreta numa concentração de LAC_S mais elevada quando comparado ao EIC. Por outro lado, no protocolo de EIC, a energia é advinda, predominantemente, da creatina fosfato e do sistema aeróbio. Desse modo, a participação da glicólise anaeróbia é mais discreta do que nos protocolos com tempo de esforço e pausa maiores justificando a menor concentração de LAC_S no protocolo de EIC.

Com relação à PSE, encontramos poucos estudos na literatura que investigaram o exercício intermitente de alta intensidade manipulando o intervalo E:P. No presente estudo, o aumento da PSE durante o exercício intermitente foi de dois, três e quatro pontos na escala de Borg para os protocolos de EIL, EIM e EIC, respectivamente. No EIL, a PSE elevou-se abruptamente para 18 pontos na escala de Borg após 30 segundos de esforço, aumentando gradativamente até o nível máximo após o último esforço. Por outro lado, nos protocolos EIM e EIC, a PSE aumentou para 16 e 14,5, e posteriormente, elevou-se progressivamente para os níveis de 19 e 18,5, respectivamente. Consistentemente, a PSE foi mais elevada durante todo o protocolo nos EIL e EIM quando comparado ao EIC. A menor PSE encontrada no EIC ao final do exercício intermitente sustenta a hipótese de que a capacidade de realização de TT seria maior neste protocolo, caso os esforços fossem realizados até a exaustão. Recentemente, Price e Moss (2007) compararam a PSE em dois protocolos intermitentes (6:9 e 24:36 segundos) de mesma relação E:P, e assim como no presente estudo, encontraram valores mais elevados durante e após o exercício no protocolo que adotou o intervalo de E:P maior. No entanto, os autores verificaram aumentos de três pontos na escala subjetiva de esforço (escala de Borg) com o avançar dos exercícios intermitentes independentemente do protocolo analisado. Embora a PSE tenha sido

mais elevada durante e após o exercício no protocolo de intervalo E:P longo, a taxa de aumento com o decorrer dos tiros foi semelhante nos dois protocolos (6:9 e 24:36 segundos). Esses resultados conflitam com os nossos achados que evidenciou amplitude de aumento da PSE maiores em protocolos com durações de E:P menores. Possivelmente, isso pode estar atrelado ao tipo de protocolo adotado. No presente estudo, a intensidade de esforço empregada foi máxima enquanto que no estudo de Price e Moss (2007) o esforço foi de alta intensidade e velocidade constante durante todos os tiros (120%VO₂max). Dessa forma, devido ao esforço máximo exigido neste estudo, a PSE se elevou para níveis próximos do máximo após o primeiro esforço do EIL, reduzindo o espectro de aumento da PSE para os tiros subseqüentes. Por outro lado, no estudo de Price e Moss (2007), devido à menor sobrecarga fisiológica imposta sobre o sistema orgânico, a PSE teve um aumento mais discreto nos instantes iniciais do esforço em ambos os protocolos (12 pontos na escala de Borg). Nos tiros subseqüentes, como a intensidade de esforço permaneceu constante, o TT realizado (tempo de permanência no exercício) não se diferiu e a taxa de aumento da PSE com o decorrer dos tiros foi semelhante entre os protocolos. Outros pesquisadores investigaram o efeito de diferentes durações de E:P (1:1) sobre a PSE, porém, os protocolos adotavam tempos de esforços maiores (um, dois, quatro e seis minutos). A PSE foi mais elevada nos protocolos de 4 e 6 minutos de esforço. Independentemente do tempo de esforço, fica evidente o efeito de diferentes durações de E:P no exercício intermitente sobre a PSE.

Embora seja reconhecida a importância dos aspectos metabólicos na instauração da fadiga, não existem dúvidas do envolvimento de outros fatores neste processo (RACINAIS et al., 2007). Uma possível hipótese é a 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 um esforço máximo voluntário, o que faz com que as fibras nervosas sensoriais (aférentes) enviem informações ao cérebro indicando que tal nível de intensidade, caso seja repetida novamente, tem potencial para acarretar lesões do tecido muscular. Dessa forma, parece existir um mecanismo de proteção do organismo, com os esforços subseqüentes sendo regulados por processos neurais eferentes causando uma queda no desempenho e menor solicitação metabólica (ST CLAIR GIBSON e NOAKES, 2004).

6 Conclusões

Com base nos resultados obtidos no presente estudo podemos concluir que a fadiga neuromuscular é mais evidente conforme o aumento da duração do E:P do exercício intermitente. A queda do desempenho físico é maior no EIL quando comparado aos EIM e EIC. O TT foi maior nos protocolos EIM e EIC. Além disso, o LAC_s e a PSE foram mais elevadas nos protocolos de EIL e EIM.

Referências

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.365-9, 1992.

BALOG, E.M.; THOMPSON, L.V.; FITTS, R.H. Role of sarcolemma action potentials and excitability in muscle fatigue. *J Appl Physiol*, v.76, n.5, p.2157-62, 1994.

BASMAJIAN, J.V.; DE LUCA, C.J. *Muscles alive - their functions revealed by electromyography*. 5 ed. Baltimore: Willians & Wilkins, 1985. 555 p.

BIGLAND-RITCHIE, B. EMG/force relations and fatigue of human voluntary contractions. *Exerc Sport Sci Rev*, v.9, p.75-117., 1981.

BILLAUT, F.; BASSET, F.A.; GIACOMONI, M.; LEMAITRE, F.; TRICOT, V.; FALGAIRETTE, G. Effect of high-intensity intermittent cycling sprints on neuromuscular activity. *Int J Sports Med*, v.27, n.1, p.25-30, 2006.

BOGDANIS, G.C.; NEVILL, M.E.; BOOBIS, L.H.; LAKOMY, H.K. Contribution of phosphocreatine and aerobic metabolism to energy supply during repeated sprint exercise. *J Appl Physiol*, v.80, n.3, p.876-84, 1996.

CHRISTMASS, M.A.; DAWSON, B.; ARTHUR, P.G. Effect of work and recovery duration on skeletal muscle oxygenation and fuel use during sustained intermittent exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, v.80, n.5, p.436-47, 1999.

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

DESPIRES, M. *An electromyographic study of competitive road cycling conditions simulated on a treadmill* Baltimore: University Park Press, 1974. 349-55 p.

ENOKA, R.M.; STUART, D.G. Neurobiology of muscle fatigue. *J Appl Physiol*, v.72, n.5, p.1631-48, 1992.

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

GAITANOS, G.C.; WILLIAMS, C.; BOOBIS, L.H.; BROOKS, S. Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. *J Appl Physiol*, v.75, n.2, p.712-9, 1993.

GIACOMONI, M.; BILLAUT, F.; FALGAIRETTE, G. Effects of the time of day on repeated all-out cycle performance and short-term recovery patterns. *Int J Sports Med*, v.27, n.6, p.468-74, 2006.

GORDON, C.C.; CHUMLEA, W.C.; ROCHE, A.F. Stature, recumbent length, weight. In: T. G. E. A. LOHMAN, ed. Anthropometric standardizing reference manual. Champaign, Illinois: Human Kinetics Books; 1988:3-8.

GREGOR, R.J.; GREEN, D.; GARHAMMER, J.J. An electromyographic analysis os selected muscle activity in elite competitive cyclists Baltimore: Univeversity Park Press, 1982. 537-41 p.

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

HARGREAVES, M.; MCKENNA, M.J.; JENKINS, D.G.; WARMINGTON, S.A.; LI, J.L.; SNOW, R.J.; FEBBRAIO, M.A. Muscle metabolites and performance during high-intensity, intermittent exercise. *J Appl Physiol*, v.84, n.5, p.1687-91., 1998.

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.

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.

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-A, n.1, p.123-31, 1959.

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

KOMI, P.V.; TESCH, P. EMG frequency spectrum, muscle structure, and fatigue during dynamic contractions in man. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, v.42, n.1, p.41-50, 1979.

KUPA, E.J.; ROY, S.H.; KANDARIAN, S.C.; DE LUCA, C.J. Effects of muscle fiber type and size on EMG median frequency and conduction velocity. *J Appl Physiol*, v.79, n.1, p.23-32, 1995.

MATSUSHIGUE, K.A.; SCHNECK, H.C.; HOIANASKI, L.F.; FRANCHINI, E. Desempenho em exercício intermitente máximo de curta duração: recuperação ativa vs passiva. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, v.9, n.1, p.37-43, 2007.

MCCARTNEY, N.; SPRIET, L.L.; HEIGENHAUSER, G.J.; KOWALCHUK, J.M.; SUTTON, J.R.; JONES, N.L. Muscle power and metabolism in maximal intermittent exercise. *J Appl Physiol*, v.60, n.4, p.1164-9, 1986.

MENDEZ-VILLANEUVA, A.; HAMER, P.; BISHOP, D. Fatigue responses during repeated sprints matched for initial mechanical outpu. *Med Sci Sports Exerc*, v.39, n.12, p.2219-25, 2007.

- MILLET, G.Y.; LEPERS, R.; MAFFIULETTI, N.A.; BABAUT, N.; MARTIN, V.; LATTIER, G. Alterations of neuromuscular function after an ultramarathon. *J Appl Physiol*, v.92, n.2, p.486-92, 2002.
- MILLET, G.Y.; MARTIN, V.; LATTIER, G.; BALLAY, Y. Mechanisms contributing to knee extensor strength loss after prolonged running exercise. *J Appl Physiol*, v.94, n.1, p.193-8, 2003.
- OKANO, A.H.; MORAES, A.C.; BANKOFF, A.D.; CYRINO, E.S. Respostas eletromiográficas dos músculos vasto lateral, vasto medial e reto femoral durante esforço intermitente anaeróbio em ciclistas. *Motriz*, v.11, n.1, p.11-24, 2005.
- PATTERSON, C.R.M.; NEARY, J.P.; WENGER, H.A. Effect of different exercise intervals and work:recovery ratios on oxygen uptake. *Sports Medicine, Training and Rehabilitation*, v.7, p.185-92, 1997.
- PRICE, M.; HALABI, K. The effects of work-rest duration on intermittent exercise and subsequent performance. *J Sports Sci*, v.23, n.8, p.835-42, 2005.
- PRICE, M.; MOSS, P. The effects of work:rest duration on physiological and perceptual responses during intermittent exercise and performance. *J Sports Sci*, v.25, n.14, p.1613-21, 2007.
- RACINAIS, S.; BISHOP, D.; DENIS, R.; LATTIER, G.; MENDEZ-VILLANEUVA, A.; PERREY, S. Muscle deoxygenation and neural drive to the muscle during repeated sprint cycling. *Med Sci Sports Exerc*, v.39, n.2, p.268-74, 2007.
- 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.4, p.786-93, 1998.
- SINOWAY, L.I.; HILL, J.M.; PICKAR, J.G.; KAUFMAN, M.P. Effects of contraction and lactic acid on the discharge of group III muscle afferents in cats. *J Neurophysiol*, v.69, n.4, p.1053-9, 1993.
- SPRIET, L.L.; LINDINGER, M.I.; MCKELVIE, R.S.; HEIGENHAUSER, G.J.; JONES, N.L. Muscle glycogenolysis and H⁺ concentration during maximal intermittent cycling. *J Appl Physiol*, v.66, n.1, p.8-13, 1989.
- ST CLAIR GIBSON, A.; NOAKES, T.D. Evidence for complex system integration and dynamic neural regulation of skeletal muscle recruitment during exercise in humans. *Br J Sports Med*, v.38, n.6, p.797-806, 2004.
- 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.

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

APÊNDICES

APÊNDICE A: Termo de consentimento livre e esclarecido.

CONSENTIMENTO FORMAL

PROJETO DE PESQUISA: TEMPO DE ESFORÇO E INTERVALO DE RECUPERAÇÃO DURANTE ESFORÇOS INTERMITENTES DE ALTA INTENSIDADE: IMPLICAÇÕES SOBRE OS SINAIS ELETROMIOGRÁFICOS, O CONSUMO DE OXIGÊNIO E O DÉFICIT DE OXIGÊNIO

RESPONSÁVEL PELO PROJETO: Prof. Dr. Antonio Carlos de Moraes

PÓS-GRADUANDO: Alexandre Hideki Okano

LOCAL DO DESENVOLVIMENTO DO PROJETO: Laboratório de Estudos Eletromiográficos - Faculdade de Educação Física - Departamento de Ciências do Esporte - Unicamp

Eu, _____,
 _____anos de idade, RG _____, residente na Rua
 (Av.) _____,

_____, voluntariamente concordo em participar do projeto de pesquisa acima mencionado, como será detalhado a seguir, sabendo que para sua realização as despesas monetárias serão responsabilidades desta Instituição de Ensino.

É de meu conhecimento que este projeto será desenvolvido em caráter de pesquisa científica e objetiva analisar o desempenho físico e o comportamento dos músculos vasto lateral e reto femoral durante a realização de exercício intermitente anaeróbio no cicloergômetro.

Estou ciente de que antes do início dos testes eletromiográficos, a serem realizados no Laboratório de Estudos Eletromiográficos, serei submetido a uma avaliação antropométrica e a um protocolo de exercício intermitente com intensidade máxima. Os benefícios que obterei participando como voluntário do

projeto serão de grande importância para o conhecimento de minhas atuais condições metabólicas e neuromusculares. Estou ainda ciente de que as informações obtidas durante as avaliações laboratoriais serão mantidas em sigilo e, não poderão ser consultadas por pessoas leigas, sem a minha devida autorização. Essas informações, no entanto, poderão ser utilizadas para fins de pesquisa científica, desde que minha privacidade seja resguardada.

Li e entendi as informações precedentes, bem como, eu e os responsáveis pelo projeto já discutimos todos os riscos e benefícios decorrentes deste, sendo que as dúvidas futuras, que possam vir a ocorrer, poderão ser prontamente esclarecidas, bem como o acompanhamento dos resultados obtidos durante a coleta de dados.

Campinas, ____ de _____ de 2007.

Sr. Voluntário

Alexandre Hideki Okano

Prof. Dr. Antonio Carlos de Moraes

ANEXOS

ANEXO A: Carta de aprovação do Comitê de Ética da Universidade Estadual de Campinas.

FACULDADE DE CIÊNCIAS MÉDICAS
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

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

PARECER PROJETO: Nº 245/2005
CAAE: 0486.0.146.000-05

I-IDENTIFICAÇÃO:

PROJETO: “TEMPO DE ESFORÇO E INTERVALO DE RECUPERAÇÃO DURANTE ESFORÇOS INTERMITENTES DE ALTA INTENSIDADE: IMPLICAÇÕES SOBRE OS SINAIS ELETROMIOGRÁFICOS, CONSUMO DE O² E O DEFICIT DE O²”

PESQUISADOR RESPONSÁVEL: Alexandre Hideki Okano

INSTITUIÇÃO: Faculdade de Educação Física/UNICAMP

APRESENTAÇÃO AO CEP: 16/05/2005

APRESENTAR RELATÓRIO EM: 24/05/06

II - OBJETIVOS

Verificar o efeito de dois protocolos de esforços intermitentes anaeróbios realizados em cicloergômetro sobre os sinais eletromiográficos, o consumo O₂ e o déficit de O₂. Específicos: 1- Analisar o comportamento da ativação do Vasto Lateral, Vasto Medial e Reto Femural em cada protocolo empregado, 2- estabelecer correlações entre a ativação do Vasto Lateral, Vasto Medial e Reto Femural e o desempenho físico nos dois protocolos aplicados. 3- Verificar possíveis contribuições relativas dos potenciais de ação de cada músculo sobre o desempenho físico nos dois protocolos empregados. 4- Analisar o comportamento do consumo de O₂ e o déficit de O₂ acarretado pelos dois protocolos.

III - SUMÁRIO

Serão inclusos 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). Os sujeitos serão submetidos a dois protocolos de esforços intermitentes anaeróbios (PEIA- 1 e PEIA-2). A avaliação muscular ocorrerá por Eletromiografia e o consumo de O₂ por espirometria.

IV - COMENTÁRIOS DOS RELATORES

O estudo observacional proposto atende as determinações da ética em pesquisa, atualmente, em vigor no país.

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 Sílvia Bertuzzo
PRESIDENTE DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA
FCM / UNICAMP

ANEXO B: Procedimento de cálculo da potência obtida no ciclossimulador.

Drag Factor in Formula

The force resisting the motion of the bicycle F_{total} consists of the sum of rolling friction F_{roll} , aerodynamic drag F_{wind} , the force needed to accelerate F_{accel} , the upward slope resistance F_{slope} , the bearing friction resistance and the drive efficiency h . Unlike the other quantities, acceleration and upward slope resistance can also be negative - usually a positive thing for the cyclist - thus propelling rather than retarding the bicycle. Naturally the drive losses h apply only if the bicycle rider really pedals the bicycle and does not just let it roll. Bearing friction, such as friction in the hubs, is usually added to rolling friction; accordingly the bearing friction forces in the drive train are added to the drive efficiency h , specifically, pedals, bottom bracket, freewheel and partially also the hubs (the additional forces on the hub due to chain tension). Thus one arrives at the formula:

$$F_{total} = (F_{roll} + F_{slope} + F_{accel} + F_{wind})/h$$

where h : drivetrain efficiency, dimensionless.

The individual retarding forces are described as follows:

$$F_{roll} = c_r m g$$

where c_r : coefficient of rolling resistance, dimensionless
 m : total mass of the vehicle with driver in kg
 g : acceleration due to gravity » 9.81 m/s²

Values for c_r for typical bicycle tires and surfaces range between 0.0015 and 0.015.

$$F_{slope} = s m g$$

where s : upward slope, dimensionless

$$F_{accel} = a m$$

where a : acceleration in m/s [m/s² ?]

$$F_{wind} = r c_w A v_{wind}^2 / 2$$

where r : density of air in kg/m³
 c_w : coefficient of wind resistance, dimensionless
 A : frontal area in m²
 v_{wind} : wind velocity in m/s

The power required to overcome the total drag is:

$$P = F_{total} v$$

where v : velocity in m/s