UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

LUÍSA CEDIN

**Efeito do Exercício Concorrente no Consumo
de Oxigênio e no Sinal Eletromiográfico dos
Músculos Vasto Lateral, Vasto Medial e Reto
Femoral Analisados Durante o Exercício
Aeróbico no Cicloergômetro**

São Carlos,

2015

LUÍSA CEDIN

**Efeito do Exercício Concorrente no Consumo
de Oxigênio e no Sinal Eletromiográfico dos
Músculos Vasto Lateral, Vasto Medial e Reto
Femoral Analisados Durante o Exercício
Aeróbico no Cicloergômetro**

VERSÃO CORRIGIDA

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Interunidades Bioengenharia - Escola de Engenharia de São Carlos / Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto / Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo como parte dos requisitos para a obtenção do título de mestre em Ciências.

Área de Concentração: Bioengenharia

Orientador: Prof. Dr. Vilmar Baldissera

São Carlos,

2015

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

C389e Cedin, Luísa
Efeito do Exercício Concorrente no Consumo de
Oxigênio e no Sinal Eletromiográfico dos Músculos Vasto
Lateral, Vasto Medial e Reto Femoral Analisados Durante
o Exercício Aeróbio no Cicloergômetro / Luísa Cedin;
orientador Vilmar Baldissera. São Carlos, 2015.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação
Interunidades Bioengenharia e Área de Concentração em
Bioengenharia -- Escola de Engenharia de São Carlos;
Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto; Instituto de
Química de São Carlos, da Universidade de São Paulo,
2015.

1. Eletromiografia. 2. Consumo de oxigênio. 3.
Treinamento concorrente. 4. Exercício concorrente. 5.
Exercício aeróbio. 6. Exercício resistido. I. Título.

Programa de Pós-Graduação
Interunidades Bioengenharia
EESC / FMRP / IQSC

Luísa Cedin

Título: *"Efeito do exercício concorrente no consumo de oxigênio e no sinal eletromiográfico dos músculos vasto lateral, vasto medial e reto femoral analisados durante o exercício aeróbio no cicloergômetro"*.

DISSERTAÇÃO APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS - GRADUAÇÃO INTERUNIDADES BIOENGENHARIA - EESC/FMRP/IQSC DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM CIÊNCIAS NA ÁREA DE BIOENGENHARIA.

Aprovado em: 31 / 08 / 2015

Prof. Dr. Vilmar Baldissera (Orientador)

Universidade Federal de São Carlos

Resultado: APROVADA

Assinatura: Vilmar Baldissera

Prof. Dr. Gilberto Eiji Shiguemoto

Universidade Federal de São Carlos

Resultado: Aprovada

Assinatura: Gilberto Eiji Shiguemoto

Dr. Orivaldo Lopes da Silva

Escola de Engenharia de São Carlos - USP

Resultado: aprovada

Assinatura: Orivaldo Lopes da Silva

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais Susette Látaro Santinão e Rodolfo Cedin com admiração e amor pelo apoio, confiança, suporte e carinho que eles me proporcionaram ao longo da minha vida e, em especial, nesse período de formação superior. Agradeço a vocês pelas nossas lutas e vitórias, além também dos fracassos, pois foram eles que nos tornaram mais fortes a cada dia. Amo vocês!

Dedico também à minha avó, Bárbara Látaro Santinão (in memoriam), que, pela sua história de vida, dedicação e carinho me fez hoje ser a pessoa que sou, sempre em busca do conhecimento. Seu grande sonho era me ver formada e tenho certeza que ela sabe onde estou hoje.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Dr. Vilmar Baldissera que abriu as portas do laboratório da UFSCar desde minha graduação, acreditando em meu potencial e que me despertou o interesse pelo conhecimento e o amor pelo ensino. Agradeço os ensinamentos, determinação, direcionamento e apoio que me foi dado até o momento. Obrigada por tudo e por mais que vai acontecer.

Agradeço a todos os meus amigos do laboratório que sempre estiveram dispostos a ajudar, especialmente meu companheiro de projeto, José Campanholi Neto e ao Danilo Bertucci que nos auxiliou ao longo dos testes. A Gabrielle Soares de Souza pelo ensinamento em relação à coleta e análise dos dados, em especial nos momentos de crise. Aos meus amigos externos ao laboratório que sempre me apoiaram e acreditaram no meu sonho, obrigada a todos pelo apoio e amizade nos diversos momentos.

A todos os envolvidos no trabalho, desde a ideia e delineamento até sua execução, e um agradecimento especial aos voluntários, sem vocês a realização deste projeto não seria possível.

Finalmente à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de mestrado, permitindo, assim, a realização deste trabalho.

EPÍGRAFE

“Desejo que você não tenha medo da vida,
tenha medo de não vivê-la. Não há céu sem
tempestades, nem caminhos sem acidentes.
Só é digno do pódio quem usa as derrotas
para alcançá-lo. Só é digno da sabedoria
quem usa as lágrimas para irrigá-la. Os
frágeis usam a força; os fortes, a
inteligência. Seja um sonhador, mas una
seus sonhos com disciplina, pois sonhos
sem disciplina produzem pessoas frustradas.
Seja um debatedor de ideias.
Lute pelo que você ama.”

Augusto Cury

RESUMO

CEDIN, L. **Efeito do Exercício Concorrente no Consumo de Oxigênio e no Sinal Eletromiográfico dos Músculos Vasto Lateral, Vasto Medial e Reto Femoral Analisados Durante o Exercício Aeróbio no Cicloergômetro.** 2015. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação Interunidades Bioengenharia EESC/FMRP/IQSC, Universidade de São Paulo (USP), São Carlos, 2015.

O exercício concorrente atualmente tem sido muito utilizado nas prescrições de treinamento físico para emagrecimento e condicionamento físico. No entanto, pouco ainda é conhecido sobre o efeito de uma das modalidades (exercício resistido ou aeróbio) sobre a outra quando realizadas em uma única sessão. Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi analisar o efeito de uma sessão de musculação de alta intensidade no consumo de oxigênio (VO_2) e nos valores da raiz quadrada média (RMS) da eletromiografia ao longo do exercício aeróbio na intensidade do limiar anaeróbio (AT). Oito voluntários do sexo masculino, saudáveis e treinados em academia compareceram ao laboratório no mínimo cinco vezes para realizar os seguintes procedimentos em dias distintos com intervalo mínimo de 48 horas: teste de uma repetição máxima (1RM) em oito exercícios de musculação (*leg press*, supino, agachamento, puxador frontal, cadeira flexora, tríceps *pulley*, cadeira extensora e bíceps na rosca 'W'); confirmação dos valores de 1RM; teste ergoespirométrico em cicloergômetro; Protocolo A (apenas 20 minutos pedalando no cicloergômetro na intensidade do AT) e, finalmente, Protocolo M+A (sessão de musculação nos oito exercícios, sendo três séries de dez repetições à 70% de 1RM com 2 minutos de intervalo entre eles, seguida do exercício em cicloergômetro durante 20 minutos na intensidade do AT, com 10 minutos de recuperação entre as duas modalidades). Foram obtidos os valores de VO_2 e de RMS dos músculos vasto lateral, vasto medial e reto femoral ao longo do exercício aeróbio. Não houve diferença estatisticamente significativa nos valores de RMS dos músculos avaliados entre os Protocolos A e M+A. Houve uma diferença significativa para os valores de VO_2 , sendo estes mais elevados no Protocolo M+A ao longo do exercício aeróbio. Notou-se uma diferença significativa na relação RMS/ VO_2 apenas para o músculo vasto medial, sendo estes menores no Protocolo M+A. Observou-se que o recrutamento das unidades motoras ocorreu independentemente da demanda metabólica promovida pelo exercício prévio. Assim, concluiu-se que o exercício resistido prévio não interferiu na atividade neuromuscular no exercício aeróbio para esta amostra, permitindo a realização deste após a sessão de musculação sem promover ajustes no recrutamento neuromuscular.

ABSTRACT

CEDIN, L. The Effect of Concurrent Training on Oxygen Uptake and on Vastus Lateralis, Vastus Medialis and Rectus Femoris Electromyography Analyzed During Aerobic Exercise on Cycle Ergometer. 2015. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação Interunidades Bioengenharia EESC/FMRP/IQSC, Universidade de São Paulo (USP), São Carlos, 2015.

Concurrent exercise has been used commonly in physical fitness training and weight loss programs. However, it is unclear what is the effect of one of the modalities (resistance or aerobic exercise) over the other when they are performed in a single session. Thus, the aim of this study was to analyze the effect of a high intensity resistance exercise on oxygen uptake (VO_2) and electromyography root mean square (RMS) during an aerobic exercise performed at anaerobic threshold (AT). Eight healthy and well-trained male subjects visited the laboratory at least six times to perform the tests in different days with 48-hours interval. The procedures consisted of one-repetition maximum test (1RM) in eight weight lifting exercises (leg press, bench press, squat, front pulldown, leg curl, triceps pushdown, leg extension machine and biceps curl); confirmation of the 1RM values; ergoespirometric test on cycle ergometer; Protocol A (only 20 minutes of cycling at AT intensity); and Protocol M+A (resistance exercise session consisted of eight exercises performed three sets of ten repetitions at 70% of 1RM with 2 minutes rest interval, followed by aerobic exercise during 20 minutes at AT intensity, with 10 minutes of interval between the two modalities). The VO_2 and RMS values from vastus lateralis, vastus medialis and rectus femoris were obtained during the aerobic exercise on cycle ergometer. There was no significant difference on RMS values from the analyzed muscles between the protocols. A significant difference was found on VO_2 values between the protocols, where these values were significantly more elevated on Protocol M+A. Only RMS/ VO_2 from vastus medialis presented a significant difference on its values, when the subjects were submitted on Protocol M+A, the RMS/ VO_2 values for this muscle were smaller compared to Protocol A. We could observe that the motor units recruitment was not dependent on the metabolic demand promoted by the previous exercise. Thus, the data presented indicated that the preceding resistance exercise did not alter the neuromuscular activity during aerobic exercise for this sample, which infers that performing a resistance exercise session will not promote adjustments on neuromuscular recruitment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Desenho experimental.....	43
Figura 2. Representação do corte realizado do sinal eletromiográfico durante o período de vinte minutos de exercício aeróbio no cicloergômetro para ambos os protocolos do estudo. Os momentos 't1' a 't7' são os períodos de 30 segundos de análise do registro eletromiográfico, considerando intervalos de dois minutos entre eles.....	50
Figura 3. Registro do traçado eletromiográfico “bruto” do vasto lateral para o voluntário III durante o exercício no cicloergômetro na intensidade do limiar anaeróbio sem realizar o exercício resistido de alta intensidade (Protocolo A).	55
Figura 4. Registro do traçado eletromiográfico “bruto” do vasto lateral para o voluntário III durante o exercício no cicloergômetro na intensidade do limiar anaeróbio após o exercício resistido de alta intensidade (Protocolo M+A).	56
Figura 5. Atividade eletromiográfica, expressa em RMS (μV), das bulhas nos sete períodos de análise ao longo do exercício no cicloergômetro (t1, t2, t3, t4, t5, t6 e t7) para o Protocolo A (a) e para o Protocolo M+A (b) do músculo vasto lateral dos oito participantes do estudo e a média dos valores representada pela linha tracejada.	57
Figura 6. Valores da relação RMS/ VO_2 obtidos no momento inicial ('t1') e final ('t7') do exercício aeróbio no cicloergômetro para os Protocolos A e M+A dos músculos reto femoral, vasto medial e vasto lateral. Valores apresentados para os oito voluntários e para a média do grupo.	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características antropométricas dos voluntários do estudo, para idade (anos); massa corporal (kg), estatura (cm); IMC (kg/m^2) e percentual de gordura. Valores apresentados em média $\pm$ desvio padrão (DP). 41

Tabela 2. Valores obtidos no teste ergoespirométrico realizado no cicloergômetro: $\text{VO}_{2\text{máx}}$ [$\text{ml}(\text{kg}.\text{min})^{-1}$]; VO_2 no AT [$\text{ml}(\text{kg}.\text{min})^{-1}$]; $\text{V}_{\text{emáx}}$ ($\text{L}.\text{min}^{-1}$); intensidade máxima atingida no cicloergômetro e intensidade referente ao AT (W). Valores apresentados em média $\pm$ desvio padrão. 53

Tabela 3. Média dos valores da RMS (em μV), do primeiro período de análise do traçado eletromiográfico ('t1') para os três músculos estudados (reto femoral, vasto medial e vasto lateral) dos oito voluntários obtidos nos protocolos A e M+A. 60

Tabela 4. Percentual de contribuição dos músculos reto femoral, vasto medial e vasto lateral durante o primeiro momento do exercício aeróbio (t1) para cada voluntário do estudo. 62

Tabela 5. Somatório (em μV) das áreas sob as curvas (integral) dos três músculos estudados (reto femoral, vasto medial e vasto lateral) para os oito voluntários nos Protocolos A e M+A.....63

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Fatores intrínsecos e extrínsecos que afetam o sinal eletromiográfico de acordo com De Luca, 1997.	33

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1. Predição do percentual de gordura de acordo com Faulkner, 1968.

TR: tríceps; SI: supra ilíaca; SB: subescapular; AB: abdome.....42

LISTA DE ABREVIATURAS

1RM – Uma Repetição Máxima

AB – Abdome

Ag/AgCl – Prata e cloreto de prata

AT – Limiar anaeróbio

ATP – Adenosina trifosfato

CK – Creatina quinase

CO₂ – Dióxido de carbono

CP – Creatina fosfato

DP – Desvio padrão

EIAS – Espinha ilíaca antero-superior

EMG – Eletromiografia

EPOC – Excesso de consumo de oxigênio pós-exercício

FC – Frequência cardíaca

FeO₂ – Fração expirada de oxigênio

FeCO₂ – Fração expirada de dióxido de carbono

GH – Hormônio do crescimento

IMC – Índice de massa corporal

QR – Quociente respiratório

RML – Resistência muscular localizada

RMS – Raiz quadrada média

SB – Subescapular

sEMG – Eletromiografia de superfície

SI – Supra ilíaca

TR – Tríceps

Ve – Ventilação

Ve_{máx} – Ventilação máxima

Ve/VCO₂ – Equivalente respiratório de dióxido de carbono

Ve/VO₂ – Equivalente de oxigênio

VCO₂ – Produção de dióxido de carbono

VO₂ – Consumo de oxigênio

VO_{2máx} – Consumo máximo de oxigênio

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
2. REVISÃO DA LITERATURA	19
2.1. EXERCÍCIO RESISTIDO	19
2.2. RESPOSTA AGUDA AO EXERCÍCIO RESISTIDO DE ALTA INTENSIDADE	21
2.3. EXERCÍCIO AERÓBIO	23
2.3.1. RESPOSTA AGUDA AO EXERCÍCIO AERÓBIO CONTÍNUO ...	23
2.4. EXERCÍCIOS CONCORRENTES	25
2.5. CONSIDERAÇÕES SOBRE A ERGOESPIROMETRIA	28
2.5.1. TRANSIÇÃO DO METABOLISMO AERÓBIO PARA ANAERÓBIO – LIMIAR ANAERÓBIO	28
2.6. CONSIDERAÇÕES SOBRE A EMG DE SUPERFÍCIE	30
2.6.1. RELAÇÃO DO VALOR DA RMS E DO VO_2	35
3. JUSTIFICATIVA DO TRABALHO	38
4. OBJETIVOS	39
5. MATERIAIS E MÉTODOS	40
5.1. CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA	40
5.2. AVALIAÇÃO ANTROPOMÉTRICA	41
5.3. DESENHO EXPERIMENTAL	42
5.4. TESTE DE UMA REPETIÇÃO MÁXIMA (1RM)	44
5.5. TESTE ERGOESPIROMÉTRICO EM CICLOERGÔMETRO	45
5.6. EXERCÍCIO RESISTIDO	46

5.7.	EXERCÍCIO AERÓBIO	47
5.8.	PARÂMETROS ANALISADOS	47
5.8.1.	PARÂMETROS ERGOESPIROMÉTRICOS	47
5.8.2.	SINAL ELETROMIOGRÁFICO.....	48
5.9.	PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS.....	51
6.	RESULTADOS.....	52
6.1.	AMOSTRA	52
6.2.	TESTE ERGOESPIROMÉTRICO	52
6.3.	TRAÇADO ELETROMIOGRÁFICO BRUTO	55
6.4.	VALORES DA RMS	56
6.5.	RELAÇÃO DE RMS/VO ₂	64
7.	DISCUSSÃO	67
7.1.	TESTE ERGOESPIROMÉTRICO	67
7.2.	TRAÇADO ELETROMIOGRÁFICO BRUTO	68
7.3.	VALORES DA RMS	69
7.4.	RELAÇÃO RMS/VO ₂	72
7.5.	LIMITAÇÕES DO ESTUDO	76
8.	CONCLUSÕES	77
	REFERÊNCIAS.....	78
	ANEXOS	87
	ANEXO A - Figuras	87
	ANEXO B - Aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa - CEP	89
	ANEXO C - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE	92

ANEXO D - PAR Q Physical Activity Readiness Questionnaire	94
ANEXO E - Média dos valores da RMS (em μV) dos momentos 't2', 't3', 't4', 't5', 't6' e 't7' de análise do traçado eletromiográfico para os três músculos estudados (reto femoral, vasto medial e vasto lateral) dos oito voluntários obtidos nos Protocolos A e M+A.....	95
ANEXO F - Valores de VO_2 , relativo ao peso [expressos em $\text{ml}(\text{kg}.\text{min})^{-1}$], ao longo do exercício aeróbio dos voluntários, apresentados em valores médios para cada momento analisado.	99
ANEXO G - Valores da relação RMS/VO_2 (expressos em $\mu\text{V}.\text{kg}.\text{min}.\text{ml}^{-1}$) para os momentos analisados do exercício aeróbio e para os três músculos estudados dos oito voluntários.....	100

1. INTRODUÇÃO

O exercício resistido e o exercício aeróbio são duas modalidades frequentemente empregadas em programas de treinamento, especialmente naqueles com objetivo de melhora do condicionamento físico e emagrecimento. O exercício resistido, também conhecido como musculação, quando incorporado a um programa de condicionamento físico adequado e planejado, pode reduzir os fatores de risco associados à doença coronária cardíaca, prevenir a osteoporose, melhorar a função cardiovascular e também promover perda ou manutenção da massa corporal (AMERICAN COLLEGE OF SPORTS, 2009). Por sua vez, o exercício aeróbio realizado regularmente apresenta a capacidade de reduzir os riscos de doenças cardiovasculares, os níveis de colesterol total, os níveis de triglicerídeos e a pressão arterial sistólica de forma moderada. O exercício aeróbio também é capaz de auxiliar o processo de perda de massa principalmente quando associado a outros métodos como, por exemplo, uma dieta balanceada (THOROGOOD et al., 2011).

O *American College of Sports Medicine* (ACSM) preconiza a inclusão de ambos os exercícios, resistido e aeróbio, para promover e manter a capacidade física e prevenir o declínio funcional associado ao envelhecimento, além de reduzir os riscos de diversas doenças (American College of Sports Medicine Position Stand. Exercise and physical activity for older adults, 1998). A realização destas duas modalidades de exercício físico quando aplicados em uma única sessão, é nomeado de exercício concorrente. Este modo de treinamento tem sido amplamente utilizado especialmente quando o objetivo principal é o aumento do gasto energético, entretanto, pouco é conhecido sobre sua melhor forma de aplicação (VILACA; BOTTARO; SANTOS, 2011). Muitos estudos apresentam efeitos positivos a curto (KANG et al., 2009;

PANISSA, 2009; DI BLASIO et al., 2012; VILACXA ALVES et al., 2012) e a longo prazo (DOLEZAL; POTTEIGER, 1998; WOOD et al., 2001; DAVIS et al., 2009; SILLANPAA et al., 2009) tanto no gasto energético como na composição corporal quando estas duas modalidades de exercício físico são associadas. Contudo, os estudos não chegam a um acordo sobre qual a melhor sequência de exercícios a ser realizada em uma mesma sessão e, além disso, qual o efeito de uma modalidade sobre a outra. Desta forma, compreender estes dois aspectos será o foco deste trabalho.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. EXERCÍCIO RESISTIDO

O treinamento resistido é uma modalidade de exercício físico que se tornou muito popular nas duas últimas décadas por auxiliar o praticante no aumento de força muscular, hipertrofia, resistência muscular localizada (RML), melhora no desempenho físico, equilíbrio e coordenação motora. Inicialmente, o exercício resistido, também conhecido como musculação, era utilizado apenas por aqueles que almejavam hipertrofia muscular e por fisiculturistas. Em função das diversas pesquisas na área, atualmente seus benefícios na saúde são melhor compreendidos, podendo este, ser aplicado na maioria da população, incluindo adolescentes, jovens saudáveis, idosos, obesos, cardiopatas e diabéticos (KRAEMER; RATAMESS, 2004). Os benefícios do treinamento resistido abrangem o aumento da massa magra, melhora do perfil lipídico, melhora na sinalização da insulina e redução do risco de doenças cardiovasculares (SILLANPAA et al., 2009).

Um programa de treinamento resistido é baseado principalmente no objetivo desejado e na avaliação periódica do indivíduo. Para prescrever o treinamento, alguns fatores podem ser manipulados, influenciando as respostas agudas e crônicas do praticante. Estes fatores são conhecidos como variáveis do treinamento, envolvendo: 1) ações musculares utilizadas; 2) intensidade; 3) volume, compreendendo número de repetições e séries; 4) exercícios selecionados; 5) sequência dos exercícios; 6) intervalos entre as séries; 7) velocidade de movimento e 8) frequência de treinamento. A alteração de uma ou mais destas variáveis afetará os estímulos do treino, portanto, sua manipulação deverá ser avaliada com cautela (KRAEMER; RATAMESS, 2004).

Existe, na musculação, uma vasta gama de exercícios que pode ser selecionada para compor a sessão e o treinamento. Os exercícios em musculação são realizados em máquinas ou com pesos livres e são separados em dois tipos: (1) exercícios que envolvem apenas uma articulação, (2) aqueles que envolvem múltiplas articulações. Os movimentos que envolvem uma única articulação, como, por exemplo, a mesa flexora e a rosca direta, são utilizadas para atingir grupos musculares específicos e oferecem menores riscos de lesão devido à facilidade de execução. Os exercícios de múltiplas articulações, tais como o *leg press* e o supino reto, englobam mais do que uma articulação em sua execução e, por isso, trabalham grupos musculares em maior número, além de envolver a coordenação motora e uma ativação neural mais complexa (KRAEMER; RATAMESS, 2004; AMERICAN COLLEGE OF SPORTS, 2009) Para ordenar a execução dos exercícios propostos, existem três estruturas básicas: 1) musculação do corpo todo; 2) alternada por segmento; 3) divisão por grupo muscular. A musculação realizada para o corpo todo, comum entre os praticantes de musculação para ganho de condicionamento físico geral, é a execução de exercícios que recrutam os principais grupos musculares em uma única sessão. No método alternado por segmento, muito comum entre atletas e fisiculturistas, envolve a realização de exercícios para membros superiores em uma sessão de treino e de exercícios para membros inferiores em outra sessão. Por fim, musculação separada por grupo muscular engloba o desempenho de exercícios para um grupo muscular específico durante a mesma sessão (KRAEMER; RATAMESS, 2004).

2.2. RESPOSTA AGUDA AO EXERCÍCIO RESISTIDO DE ALTA INTENSIDADE

Considerando a vasta dimensão de possibilidades na musculação, respostas variadas podem ocorrer em função do estímulo da sessão aguda. As alterações fisiológicas ao longo do treino podem envolver a elevação da concentração de lactato, da ventilação (V_e), do consumo de oxigênio (VO_2) e da frequência cardíaca (FC); a magnitude do aumento desses fatores dependerá do estresse fisiológico imposto pela sessão (THORNTON; POTTEIGER, 2002).

O treinamento resistido também apresenta a capacidade de elevar, de forma aguda, o gasto energético por meio do exercício físico por si próprio, e a longo prazo pelo aumento da massa magra. O gasto energético após o exercício é dependente do excesso de consumo de oxigênio pós-exercício (EPOC) que é determinado de acordo com o distúrbio metabólico gerado pela sessão. A atividade do sistema nervoso simpático elevada também contribui para o aumento da taxa metabólica maior pós-exercício uma vez que a epinefrina e a norepinefrina são fortes estimuladores do metabolismo energético. A liberação de catecolaminas no plasma aumenta exponencialmente com a intensidade do exercício, apresentando a mesma relação observada entre a intensidade e o EPOC (BORSHEIM et al., 1998; THORNTON; POTTEIGER, 2002).

O exercício resistido, quando realizado em intensidade elevada, apresenta a possibilidade de provocar lesões musculares importantes. As lesões musculares, evidenciadas pelo aumento da concentração de creatina quinase (CK) plasmática, estimulam a liberação de fatores de crescimento que influenciarão as células satélites a iniciar uma cascata de eventos regenerativos. Um dos hormônios secretados é o cortisol, hormônio por fornecer aminoácidos e aumentar a taxa de síntese proteica. O

hormônio do crescimento (GH) é outro hormônio metabólico secretado durante e após o exercício que está associado ao crescimento da massa muscular. Acredita-se que a liberação do GH é dependente das propriedades metabólicas do treino, ou seja, da taxa de trabalho (KRAEMER; RATAMESS, 2005; CREWETHER et al., 2006; UCHIDA et al., 2009). O estudo de Uchida *et al.* (2009) comparou quatro esquemas de exercício resistido de intensidades variadas, mas com volumes igualados, demonstrando que a intensidade que promoveu maior liberação de cortisol e CK no plasma foi a de 75% de 1 repetição máxima (1RM) - 5 séries máximas de aproximadamente 11 repetições. A intensidade que liberou maior quantidade de testosterona foi a de 50% de 1RM, no entanto, a concentração reduziu significativamente após 24 horas.

Adaptações neurais secundárias ocorrem como consequência do exercício resistido agudo. As adaptações podem incluir: 1) aumento da atividade da unidade motora relativa à força produzida; 2) aumento da sincronia do disparo de unidades motoras e/ou 3) recrutamento alterado. As modificações nos recrutamentos ao longo de um exercício posterior são baseadas no recrutamento adicional de unidades motoras e na dependência aumentada de outros tipos de fibras para executar o movimento (FALVO et al., 2009; LAYEC et al., 2009). Layec *et al.* (2009) estudaram o recrutamento das fibras musculares durante a extensão de joelho em alta intensidade após realizar uma sessão de exercício. Os autores encontraram que a sessão prévia de exercício resistido intenso promoveu um aumento no recrutamento das fibras no início da sessão de musculação subsequente.

2.3. EXERCÍCIO AERÓBIO

Compreende-se como exercício aeróbio aquele realizado na intensidade na qual há predomínio da via metabólica aeróbia durante sua execução. Em qualquer exercício realizado acima dessa intensidade ocorrerá uma suplementação metabólica pela via anaeróbia com aumento exponencial da produção de lactato, sendo esse momento considerado como limiar anaeróbio (AT) (WASSERMAN; MCILROY, 1964; POLLOCK, 1998).

2.3.1. RESPOSTA AGUDA AO EXERCÍCIO AERÓBIO CONTÍNUO

As alterações metabólicas provocadas pelo exercício aeróbio não ocorrem na mesma magnitude do exercício resistido, uma vez que o exercício resistido intenso elicitava uma resposta simpato-adrenal maior do que o exercício aeróbio. Durante o exercício aeróbio, a concentração de lactato (lactacidemia) se mantém em um nível constante, o que demonstra que este exercício demanda primariamente a via aeróbia. A liberação de GH e de cortisol é menos expressiva nesta modalidade de exercício do que após uma sessão de exercício resistido (KINDERMANN et al., 1982).

É conhecido que o exercício aeróbio induz alterações relevantes na mobilização de substrato do tecido adiposo para sua utilização pelos músculos ativos. Nos exercícios aeróbios de baixa intensidade e longa duração, ocorre o aumento da utilização de glicose como substrato energético, da atividade da lipase hormônio sensível, da lipólise do adipócito e da utilização de ácidos graxos pelos músculos. Embora o exercício aeróbio não seja o único responsável pela redução da massa gorda, alterações no metabolismo lipídico por meio dessa forma de exercício físico

podem promover uma diminuição dos riscos associados à obesidade (SAVARD et al., 1987; HOROWITZ, 2003; THOMPSON et al., 2012).

2.4. EXERCÍCIOS CONCORRENTES

A combinação do exercício aeróbio com o exercício resistido, denominado treinamento concorrente, é um método que vem sendo amplamente utilizado em programas de condicionamento físico devido às restrições de tempo nos dias atuais. Os estudos acerca desse assunto têm investigado os efeitos provindos da associação de ambos os tipos de exercício, focando especialmente no aumento do gasto energético total e no ganho de força muscular. As pesquisas que analisaram a demanda metabólica aguda dos exercícios concorrentes notaram aumentos expressivos no VO_2 e no gasto energético durante e após o exercício, observando a dependência das variáveis: 1) massa muscular envolvida; 2) número de séries; 3) número de repetições; 4) velocidade de execução; 5) carga de trabalho; 6) volume do treino; 7) tempo de recuperação e 8) sequência dos exercícios (VILACXA ALVES et al., 2012).

Uma das preocupações acerca dos exercícios concorrentes é o possível impacto negativo no desempenho da sessão aeróbia, o que prejudicaria o rendimento do treino subsequente como, por exemplo, um aumento na frequência cardíaca, na percepção subjetiva do esforço e na frequência respiratória. Em função desse questionamento, Vilacxa Alves *et al.* (2012) estudaram o efeito no VO_2 promovido pela sequência do exercício aeróbio e resistido quando realizados numa mesma sessão. Os autores do estudo encontraram que o treino concorrente não afetou o VO_2 total e também não limitou a demanda cardiovascular durante a sessão de exercício aeróbio. Dessa forma, jovens saudáveis podem incorporar ambas as modalidades sem interferência no exercício aeróbio implicando em otimização do tempo e maior gasto energético. A composição das modalidades dos exercícios em uma sessão, apesar

de ser conveniente em alguns casos, pode influenciar também de forma negativa na qualidade e na quantidade do exercício subsequente, interferindo especificamente no número de repetições executadas e na percepção subjetiva do esforço pós-treino (LEMOS et al., 2009). No entanto, no estudo de Vilacxa Alves *et al.* (2012) os voluntários foram capazes de completar os exercícios propostos sem alteração significativa na quantidade do exercício, ou seja, no número de repetições realizadas.

Ao combinar o exercício resistido com o aeróbio na mesma sessão de treinamento, os valores de VO_2 durante o exercício se apresentaram mais expressivos quando comparados à execução de uma sessão de musculação apenas, no entanto, os valores de VO_2 foram menores após o exercício (MONTEIRO et al., 2008). Adicionalmente, ao incluir uma sessão de exercício resistido previamente ao aeróbio, elevaram-se os valores médios de VO_2 ao longo do exercício quando comparado somente com o aeróbio (KANG et al., 2009), entretanto, os valores de EPOC foram inferiores quando contrapostos com a realização do exercício resistido no final da sessão (DRUMMOND et al., 2005).

Os estudos encontrados na literatura divergem muito entre os achados das pesquisas em relação à ordem dos exercícios que proporcionará maiores benefícios ao seu praticante. O estudo de Kang *et al.* (2009) recomenda realizar o exercício resistido inicialmente numa intensidade de moderada a alta, pois este auxiliaria no aumento do gasto energético e na utilização de gordura durante o exercício aeróbio subsequente de baixa intensidade. Os autores deste estudo explicam que a lipólise aumentada ocorre devido à elevação nos níveis plasmáticos de epinefrina e GH, em especial após o exercício resistido de alta intensidade. Em contrapartida, a pesquisa de Drummond *et al.* (2005) mostrou um EPOC maior ao realizar o exercício aeróbio previamente ao exercício resistido. Este achado pode ser explicado pela ressíntese

da creatina fosfato que foi deprimida pelo exercício resistido e que contribui para o EPOC ou possivelmente o exercício aeróbio na esteira tenha provocado um VO_2 mais elevado por este ter sido intenso. Outro estudo que analisou a ordem dos exercícios, não encontrou diferença significativa no gasto energético total, entretanto, o grupo notou aumento da lactacidemia durante o exercício aeróbio a 90% da intensidade do consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}) quando este foi realizado após a sessão de exercício resistido (PANISSA, 2009).

2.5. CONSIDERAÇÕES SOBRE A ERGOESPIROMETRIA

A ergoespirometria é um procedimento não invasivo que permite a avaliação da capacidade cardiorrespiratória do indivíduo. Concomitantemente à análise de gases, ocorre a realização de um esforço físico pré-determinado em um ergômetro para avaliar a condição física do voluntário. A ergoespirometria possibilita expandir e aprofundar o conhecimento das condições cardiorrespiratórias de indivíduos saudáveis, atletas, obesos, cardiopatas e pneumopatas, especialmente quando há a necessidade de avaliar com acurácia os parâmetros ventilatórios (SERRA, 1997; BALADY et al., 2010).

Dentre os parâmetros frequentemente analisados, o VO_2 se destaca como um dos mais importantes na clínica e na área esportiva. A habilidade de desempenhar um exercício físico está intimamente relacionada à capacidade do sistema cardiovascular em fornecer oxigênio aos músculos ativos e à habilidade do sistema pulmonar em eliminar o dióxido de carbono do sangue por meio dos pulmões. Ambos os sistemas trabalham em conjunto para prover o oxigênio e remover o dióxido de carbono do sistema. Sendo assim, o maior valor obtido de VO_2 no teste define o limite do trabalho dos sistemas cardiovascular e respiratório, ponto conhecido como $\text{VO}_{2\text{máx}}$.

2.5.1. TRANSIÇÃO DO METABOLISMO AERÓBIO PARA ANAERÓBIO – LIMAR ANAERÓBIO

Durante o exercício físico crescente, é conhecido que, a partir de uma determinada intensidade de esforço físico ocorre o acúmulo do lactato no plasma,

podendo provocar exaustão em altas concentrações. A intensidade na qual inicia seu acúmulo é denominada de limiar anaeróbio (AT), um parâmetro amplamente utilizado na prescrição de exercício físico. O AT reflete um ponto crítico, no qual exercícios de intensidades superiores levam ao acúmulo de lactato sanguíneo, enquanto que em intensidades inferiores, o exercício promove uma manutenção da lactacidemia em valores baixos, ou então, o tamponamento do ácido láctico presente no sangue (FAUDE; KINDERMANN; MEYER, 2009).

O termo AT foi introduzido pela primeira vez em 1964 por Wasserman e McIlroy, que definiram como a intensidade de exercício na qual a concentração sanguínea de lactato, a lactacidemia, começa a se elevar e a concentração de bicarbonato diminui (WASSERMAN; MCILROY, 1964). Wasserman (1967), ao propor a identificação do AT a partir de parâmetros ergoespirométricos, alterou o conceito do AT para a intensidade do esforço físico acima da qual a concentração plasmática de lactato se eleva de maneira progressiva e a produção de dióxido de carbono (VCO_2) aumenta mais intensamente do que o VO_2 .

A identificação do AT é extensivamente utilizada na prática de exercício físico dinâmico, especialmente em atletas para obter os melhores ganhos em esportes específicos. Ademais, os benefícios do conhecimento do AT são inúmeros, podendo ser usado não apenas como forma de avaliação, mas também como parâmetro de treinamento.

2.6. CONSIDERAÇÕES SOBRE A EMG DE SUPERFÍCIE

A eletromiografia (EMG) é o método de monitoramento e registro da atividade elétrica de membranas excitáveis, representando os potenciais de ação das fibras musculares ativas. A EMG pode ser registrada de forma invasiva, inserindo agulhas e eletrodos diretamente no músculo do avaliado, e de forma não invasiva, alocando eletrodos sobre a superfície cutânea logo acima da região muscular, método comumente conhecido como EMG de superfície (sEMG).

Na detecção da atividade elétrica de contrações musculares em exercícios dinâmicos, é preferível a utilização da sEMG, uma vez que o desconforto é mínimo, permite a reprodução do movimento mais próximo da realidade, além de fornecer informações sobre uma área muscular maior. A sEMG também não apresenta os inconvenientes da EMG invasiva, tais como esterilização, anestesia, e o perigo de quebra do eletrodo alocado no músculo (HUG; DOREL, 2009; CHOWDHURY et al., 2013).

Por meio da sEMG é possível identificar o início da ativação da musculatura, notar a intensidade do recrutamento motor e monitorar a ocorrência do processo de fadiga que ocorre no músculo. Dessa forma, a sEMG é amplamente difundida na área da biomecânica, reabilitação, fisioterapia, ergonomia e medicina do esporte (DE LUCA, 1997; HERMENS et al., 2000; PULLMAN et al., 2000).

A membrana celular, especialmente das fibras musculares e dos neurônios, possui a capacidade de responder à estímulos eficazes, os quais alteram a voltagem dessas células; essa capacidade é denominada excitabilidade celular. Dessa forma, quando essas células são excitadas eletricamente à um nível crítico (limiar), um potencial de ação é gerado, definido como uma rápida variação do potencial de

repouso da membrana. O potencial de repouso da membrana da fibra muscular é formado por uma diferença iônica entre os espaços intracelular e extracelular. Essa diferença é mantida por processos fisiológicos que concentram íons potássio predominantemente no meio intracelular e íons sódio, com carga positiva, em seu exterior, resultando em uma diferença de potencial negativo no meio intracelular em relação ao meio extracelular (KONRAD, 2006).

Ao receber um estímulo eficaz, a membrana da célula torna-se permeável ao íon sódio, permitindo um influxo deste para a célula. O influxo de sódio aumenta a positividade do potencial, despolarizando, assim, a membrana celular. Após a abertura destes canais de sódio e a entrada dos íons para o interior da célula, estes canais se fecham e os de potássio se abrem, proporcionando rápida difusão de íons potássio para o exterior. O efluxo de íons potássio reestabelece o potencial de repouso da membrana, processo denominado repolarização (KONRAD, 2006).

Ao chegar na junção neuromuscular, o potencial de ação se propaga ao longo da fibra muscular para o interior da mesma através do sistema tubular em ambas as direções. A despolarização da membrana pós-sináptica pelo potencial de ação promove uma diferença de potencial entre as faces interna e externa da membrana celular. O sinal da sEMG é baseado neste potencial de ação em decorrência dos processos de despolarização e repolarização; essa atividade elétrica promove um campo elétrico e, quanto maior for a atividade muscular (número de unidades motoras recrutadas e taxa de disparo) durante uma contração muscular, maior será a densidade do sinal eletromiográfico (DE LUCA et al., 2006; KONRAD, 2006).

O posicionamento de dois eletrodos, quando colocados paralelamente à fibra, detectará a diferença de potencial existente intereletrodo. No entanto, a unidade motora consiste de muitas fibras musculares, sendo que cada fibra muscular contribui

para a formação do sinal obtido nessa região. Essa soma da atividade elétrica das fibras é conhecida como o potencial de ação da unidade motora (MUAP). Dessa forma, o sinal da sEMG será resultante da superposição elétrica espaço-temporal dos MUAP de todas as unidades motoras ativas detectáveis sob o local dos eletrodos (DE LUCA, 1997).

De Luca, (1997) afirma que o sinal eletromiográfico pode sofrer influência de propriedades musculares, anatômicas, do controle do Sistema Nervoso Periférico, bem como pela instrumentação utilizada durante a aquisição do sinal. Assim, o autor relata que o sinal pode ser afetado tanto por fatores intrínsecos como fatores extrínsecos (Quadro 1). Os fatores intrínsecos são aqueles que não podem ser modificados, portanto, se referem às características anatômicas, fisiológicas e bioquímicas. No caso dos fatores extrínsecos, são fatores modificáveis, como, por exemplo, os eletrodos (posicionamento, formato, orientação e característica) e a pele (camada lipídica, assepsia e tricotomia). Dessa forma, tornam-se indispensáveis os procedimentos que visam reduzir as interferências na aquisição do sinal eletromiográfico para que os dados sejam fidedignos.

Fatores Intrínsecos

Fatores Extrínsecos

Número de unidades motoras ativas	Área e formato do eletrodo
Composição do tipo de fibra muscular no músculo	Distância intereletrodo
Fluxo sanguíneo	Localização do eletrodo em relação ao ponto motor
Profundidade e localização da fibra muscular ativa em relação à superfície de detecção do eletrodo	Localização do eletrodo em relação à borda do músculo
Quantidade de tecido não contrátil entre o eletrodo e o músculo	Orientação do eletrodo em relação à fibra muscular

Quadro 1. Fatores intrínsecos e extrínsecos que afetam o sinal eletromiográfico de acordo com De Luca, 1997.

Para minimizar a interferência promovida pelos fatores extrínsecos, recomenda-se a escolha de um eletrodo de prata e cloreto de prata (Ag/AgCl) circular com diâmetro de 10 mm, utilizando uma configuração bipolar com uma distância intereletrodo de 20 mm. Amplificadores diferenciais são acoplados próximos aos eletrodos de captação com o intuito de reduzir o ruído no sinal. Além disso, De Luca (1997) propôs utilizar a estimulação elétrica para posicionar o eletrodo entre o ponto motor e a junção miotendínea. Outro fator extrínseco importante é a preparação adequada da superfície cutânea onde os eletrodos serão posicionados. Inicialmente são realizadas a tricotomia e a abrasão e, por fim, a limpeza para posterior fixação do eletrodo com fita adesiva ou faixa elástica com o intuito de diminuir a impedância que é imposta pelos resíduos encontrados na pele (pelos, sujeira, oleosidade e células mortas) (HERMENS et al., 2000; KONRAD, 2006).

Com o intuito de evitar grandes variações nas intensidades do sinal quando o músculo se movimentar sob a pele, deve-se posicionar os eletrodos distantes da zona de inervação ou da junção miotendínea. De acordo com a SENIAM (*Surface EMG for a Non-Invasive Assessment of Muscles*), sugere-se fixar os eletrodos na região do

ventre muscular, próximo ao ponto motor para evitar o *crosstalk*, ou seja, a captação de outros sinais além do desejado tais como um músculo próximo (DE LUCA, 1997; HERMENS et al., 2000).

O sinal eletromiográfico, uma vez captado, precisa ser tratado e analisado para posterior interpretação das contrações musculares. A análise deste sinal pode ser realizada no domínio da frequência ou no domínio do tempo. A análise no domínio do tempo, que será utilizada nesse estudo, permite, entre outros, a comparação entre consumo de oxigênio e a atividade elétrica muscular verificando o valor da raiz quadrada média (*Root Mean Square* – RMS), dessa forma, permite-se a avaliação destes parâmetros durante a execução de um exercício físico. Na análise do domínio da frequência é possível observar a alteração nas altas e baixas frequências durante a atividade muscular (MORITANI; YOSHITAKE, 1998).

Portanto, visto que o sinal foi captado e tratado, então passará pelo processo de quantificação da densidade do espectro. Para tal procedimento, existem dois métodos comumente utilizados nos estudos: a integral do sinal eletromiográfico (iEMG), a qual calcula a integral no espectro da frequência, e o valor da RMS, a forma mais adequada para “limpar” o sinal e que demonstra dados mais consistentes quando avaliados em condições de fadiga (KONRAD, 2006; ARABADZHIEV et al., 2010)

Ball & Scurr (2010) mencionam em seu trabalho que o sinal eletromiográfico, quando coletado de diferentes sujeitos, apresenta grande variabilidade, mesmo considerando um grupo homogêneo, o que torna necessária a realização de uma normalização do sinal. A normalização possibilita minimizar as diferenças, transformando os valores coletados em percentual, tomando como base uma coleta de referência do mesmo sujeito.

A EMG é uma ferramenta de avaliação importante para a pesquisa aplicada, reabilitação, treinamento esportivo e para as interações do corpo humano, em especial de seus mecanismos fisiológicos e biomecânicos envolvidos no exercício físico. Assim, a EMG é uma ferramenta de grande valia para a análise da performance muscular.

2.6.1. RELAÇÃO DO VALOR DA RMS E DO VO_2

No processamento do sinal eletromiográfico, um dos parâmetros comumente utilizados é o valor da RMS, o qual representa a atividade elétrica muscular. O valor da RMS é um parâmetro que fornece medidas úteis da amplitude do sinal e do nível de atividade muscular; para sinais eletromiográficos detectados em contrações voluntárias, é o mais adequado por representar o poder do sinal (DE LUCA, 1997).

Bigland-Ritchie & Woods (1974) foram os primeiros a reportar que a iEMG (integral da EMG) se eleva em proporção ao VO_2 e à carga de trabalho durante contrações dinâmicas, confirmado posteriormente por Jammes *et al.* (1998). Todavia, Bigland-Ritchie & Woods (1974) não analisaram as alterações na razão da atividade elétrica muscular e do VO_2 correspondente durante o exercício dinâmico de carga constante. Estudos posteriores notaram que o valor da RMS é intimamente ajustado com o VO_2 no exercício dinâmico, ou seja, à medida que a carga do exercício é elevada, ocorrerá um aumento proporcional tanto do VO_2 como dos valores da RMS (ARNAUD *et al.*, 1997; JAMMES *et al.*, 1997). Também foi demonstrado que, durante o exercício cíclico de carga constante, a razão do valor da RMS e do VO_2 inicia com um aumento imediato seguido por uma queda progressiva, atingindo valores similares aos medidos durante o exercício cíclico sem carga, isto é, exercício realizado com

carga zero Watts. Estes achados sugerem a existência de mecanismos adaptativos originados nos músculos ativos, os quais reduzem o recrutamento das unidades motoras para um dado VO_2 ao longo do exercício dinâmico (JAMMES; CAQUELARD; BADIER, 1998; HUG et al., 2004).

Hug *et al.* (2004) explicaram que a queda progressiva da razão RMS/VO_2 nos primeiros dois minutos do início do exercício de carga constante, logo após o aumento imediato, ocorreu em função do aumento repentino da carga, o que provocou um recrutamento súbito quase máximo de muitas unidades motoras, elevando assim, a RMS de forma abrupta. Enquanto que, em paralelo, o VO_2 se elevou progressivamente. O resultado final foi o aumento do valor da razão RMS/VO_2 no início do exercício, uma vez que o denominador nesse momento apresenta um valor menor que o numerador. A queda subsequente na razão sucede-se quando o nível constante dos parâmetros é atingido e se mantém em valores constantes em consequência da mesma taxa de crescimento ou manutenção do RMS e do VO_2 .

Jammes *et al.* (1998) explicaram essas variações na razão entre a sEMG e o VO_2 em razão da possível presença de um atraso entre a produção de força e o fornecimento de energia, a qual é ajustada para suportar a geração de força. Outra explicação para a redução dos valores da relação RMS/VO_2 ao longo do exercício dinâmico de intensidade constante pode ter sido o ajuste da atividade mioelétrica à demanda de oxigênio, conhecido como fenômeno da sabedoria muscular. Esse fenômeno envolve mecanismos que possuem a capacidade de detectar as alterações do metabolismo muscular e do controle do drive motor em músculos ativos. Os metabólitos produzidos durante o exercício excitam as terminações nervosas livres e reduzem o disparo dos fusos musculares. Como consequência, o drive motor é diminuído, reduzindo o sinal eletromiográfico (ARABADZHIEV et al., 2010).

Além desse fenômeno, as mudanças metabólicas podem também reduzir a excitabilidade da membrana muscular e, por conseguinte, a magnitude do RMS se altera através do efluxo de potássio aumentado .(ENOKA; STUART, 1992). No entanto, o trabalho de Jammes *et al.* (1998) não demonstrou que o potássio provoca alterações nos valores da RMS, pois não foi observado mudanças na propagação do potencial de ação na membrana muscular.

3. JUSTIFICATIVA DO TRABALHO

A literatura acerca do treinamento concorrente é vasta, mas controversa em diversos pontos, especialmente em relação à sequência dos exercícios empregados durante a sessão de treinamento e os efeitos de cada um deles sobre o outro.

Para determinar a melhor aplicação do treinamento concorrente para uma única sessão, é necessário conhecer a ação fisiológica do primeiro exercício sobre o organismo e compreender qual efeito que este promoverá sobre o exercício subsequente. Esse efeito gerado ao longo da sessão poderá trazer benefícios ou não para o indivíduo de acordo com o objetivo final estabelecido. Dessa forma, se torna essencial o estudo do exercício concorrente realizado de maneira aguda para compreender seus efeitos em uma única sessão.

4. OBJETIVOS

Os objetivos do presente estudo são:

- a) Determinar a presença de ajustes no sinal eletromiográfico, por meio dos valores de RMS, coletado ao longo do exercício aeróbio após realizar uma sessão de exercício resistido de alta intensidade.
- b) Analisar os ajustes dos parâmetros ergoespirométricos, por meio do VO_2 , obtidos ao longo do exercício aeróbio após realizar uma sessão de musculação de alta intensidade.
- c) Por fim, relacionar os ajustes eletromiográficos e ergoespirométricos pelos valores da RMS e do VO_2 obtidos durante o exercício aeróbio em cicloergômetro na intensidade do AT precedido ou não de uma sessão de exercício resistido de alta intensidade contendo oito exercícios tradicionais em um ambiente de musculação.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

Os procedimentos experimentais propostos por este estudo foram conduzidos no Laboratório de Fisiologia do Exercício da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) do Departamento de Ciências Fisiológicas. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da UFSCar, sob parecer nº 370.614 (Anexo B).

5.1. CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

A amostra foi constituída por oito voluntários do sexo masculino, sendo todos saudáveis, dessa forma, foi utilizada estatística para pequenas amostras. Foram selecionados apenas voluntários que eram praticantes de musculação por no mínimo seis meses e que estavam familiarizados com os exercícios propostos pelo estudo. As características antropométricas dos oito voluntários estão apresentadas na Tabela 1 abaixo.

Foram excluídos deste projeto voluntários que estavam fazendo uso de esteroides anabólicos ou algum suplemento alimentar, ou que não estavam aptos a realizar o exercício físico, avaliados por meio do Questionário de Prontidão para Atividade Física – PAR-Q (Anexo D).

Os voluntários receberam informações sobre os procedimentos realizados bem como o funcionamento dos aparelhos e todos assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido sobre o conhecimento prévio, os benefícios e os possíveis riscos do projeto (Anexo C).

Tabela 1. Características antropométricas dos voluntários do estudo, para idade (anos); massa corporal (kg), estatura (cm); IMC (kg/m^2) e percentual de gordura. Valores apresentados em média $\pm$ desvio padrão (DP).

Voluntários	Idade (anos)	Massa Corporal (kg)	Altura (cm)	IMC (kg/m^2)	% Gordura
I	21,4	102,0	192	27,67	19,0
II	22,3	84,1	181	25,67	17,0
III	18,8	77,1	169	26,99	20,0
IV	32,6	95,5	181	29,15	24,5
V	35,1	86,7	175	28,31	19,0
VI	31,3	94,0	191	25,76	12,9
VII	30,8	92,6	177	29,55	23,1
VIII	28,1	77,8	175	25,40	17,0
Média $\pm$ DP	27,5 $\pm$ 5,9	88,7 $\pm$ 8,8	180,1 $\pm$ 7,9	27,31 $\pm$ 1,6	19,1 $\pm$ 3,6

IMC: índice de massa corporal; DP: desvio padrão.

5.2. AVALIAÇÃO ANTROPOMÉTRICA

Na primeira visita ao Laboratório de Fisiologia do Exercício da UFSCar, os voluntários foram informados sobre o objetivo do projeto de pesquisa, bem como os procedimentos experimentais com seus riscos e benefícios. Nessa mesma visita, foram mensurados os dados antropométricos dos voluntários juntamente com uma avaliação da composição corporal para caracterização da amostra.

Para estes procedimentos foram utilizados os seguintes materiais:

- Medida da estatura por meio do estadiômetro Seca®;
- Medida da massa corporal por meio da balança digital da marca iPlenna®

- Medida das dobras cutâneas por meio do adipômetro Sanny® Escala até 87 mm.

A mensuração das dobras cutâneas foi realizada para estimar o percentual da gordura corporal dos voluntários do estudo. Foram avaliadas as dobras do tríceps (TR), subescapular (SB), da região supra ilíaca (SI) e do abdome (AB). Após a obtenção de três valores para cada dobra, foi realizada a média entre elas e então utilizou-se a fórmula de Faulkner para calcular o percentual de gordura (FAULKNER, 1968).

$$\% \text{ Gordura} = [(TR + SI + SB + AB) \times 0,153 + 5,783].$$

Equação 1. Predição do percentual de gordura de acordo com Faulkner, 1968. TR: tríceps; SI: supra ilíaca; SB: subescapular; AB: abdome.

5.3. DESENHO EXPERIMENTAL

Após a avaliação antropométrica, os voluntários compareceram ao laboratório, no mínimo, mais cinco dias para realizar os seguintes procedimentos determinados pelo estudo:

- Testes de uma repetição máxima (1RM) (Item 5.4 de Materiais e Métodos)
- Confirmação dos valores dos testes de 1RM
- Teste ergoespirométrico (Item 5.5 de Materiais e Métodos)
- Protocolo Exercício Aeróbio, considerado como Protocolo A, sendo este consistido apenas da realização do exercício no cicloergômetro, na intensidade do AT durante 20 minutos (Item 5.7 de Materiais e Métodos)
- Protocolo Musculação mais Exercício Aeróbio, considerado como Protocolo M+A, o qual compreende realizar uma sessão de exercício

resistido (Item 5.6 de Materiais e Métodos) seguida de uma sessão de exercício aeróbio (Item 5.7 de Materiais e Métodos), com 10 minutos de intervalo entre as sessões.

No primeiro dia, os voluntários realizaram os testes de 1RM e, no segundo dia, com intervalo de no mínimo 48 horas e no máximo de 120 horas, os valores obtidos nos testes de 1RM foram confirmados em um segundo teste. Após no mínimo 24 horas e no máximo 120 horas, o VO_{2max} foi determinado por meio do teste ergoespirométrico feito em cicloergômetro. No quarto e quinto dia, com intervalo de, no mínimo 48 horas e, no máximo 120 horas, os voluntários compareceram ao laboratório para desempenhar os Protocolos A e M+A de forma randômica, sendo apenas um destes realizado em um dia. Todas as sessões de exercício e testes foram conduzidas sempre pelo mesmo avaliador e no mesmo horário. Em ambos os Protocolos A e M+A sempre estavam presentes os mesmos dois avaliadores para possibilitar a execução dos procedimentos e o controle do voluntário ao longo dos exercícios.

Figura 1. Desenho experimental.

5.4. TESTE DE UMA REPETIÇÃO MÁXIMA (1RM)

Os voluntários inicialmente realizaram um aquecimento no cicloergômetro durante três minutos na intensidade de 75W com 60 a 65 rpm. Após o aquecimento, dirigiram-se ao primeiro aparelho da musculação para executar repetições únicas com cargas pré-determinadas. Foi inicialmente estimada uma carga de acordo com a massa corporal do voluntário e conhecimento prévio dele na musculação. Após a primeira tentativa, as cargas foram ajustadas de acordo com a última tentativa até determinar o peso de 1RM em cada exercício. Os exercícios foram testados no primeiro dia na seguinte sequência: *leg press* a 45°, supino reto na barra guiada, agachamento na barra guiada, puxador frontal, mesa flexora, tríceps *pulley*, cadeira extensora e rosca direta na barra 'W'. O intervalo de descanso entre cada tentativa permitido foi de cinco minutos e o número de tentativas para determinação da carga máxima foi de cinco vezes para cada aparelho (BROWN; WEIR, 2001).

Após, no mínimo 48 horas e máximo de 120 horas, o teste de 1RM foi realizado novamente para a confirmação do peso total deslocado, no entanto, a ordem dos exercícios foi alterada para a ordem inversa com a finalidade de determinar o valor real do peso máximo em cada exercício, uma vez que a fadiga poderia prejudicar a execução do exercício seguinte. A ordem dos exercícios no segundo dia foi a seguinte: rosca direta na barra 'W', cadeira extensora, tríceps *pulley*, mesa flexora, puxador frontal, agachamento, supino reto e *leg press* (CAMPANHOLI NETO et al., 2015).

Foram válidos os valores de 1RM quando os valores obtidos no primeiro teste e no segundo diferiram em no máximo 5%. Caso esse percentual tivesse sido maior, um terceiro dia de teste de 1RM foi realizado.

5.5. TESTE ERGOESPIROMÉTRICO EM CICLOERGÔMETRO

No teste ergoespirométrico, o voluntário realizou um protocolo incremental conforme o protocolo de Balke em cicloergômetro. Foi solicitado aos voluntários manter uma rotação dos pedais de aproximadamente 60 a 65 rpm com intensidade inicial de 25 Watts, com incrementos de 25 Watts a cada dois minutos até que o voluntário atingisse a sua exaustão (NAGLE; BALKE; NAUGHTON, 1965; SHIMIZU et al., 1991).

Durante o teste, o voluntário foi encorajado verbalmente e os parâmetros respiratórios foram obtidos por meio dos valores médios a cada 20 segundos, entre eles a V_e , VO_2 , produção de dióxido de carbono (VCO_2), equivalentes respiratórios de oxigênio (V_e/VO_2) e dióxido de carbono (V_e/VCO_2), quociente respiratório (QR), fração expirada de oxigênio (F_{EO_2}) e fração expirada de dióxido de carbono (F_{ECO_2}). A intensidade do AT foi determinada por inspeção visual de dois avaliadores por meio dos seguintes dados ventilatórios: VCO_2 , V_e e V_e/VO_2 (WASSERMAN; MCILROY, 1964; BHAMBHANI; SINGH, 1985).

Nas fases iniciais do exercício físico com intensidade crescente, o VCO_2 se eleva de modo relativamente semelhante ao aumento do VO_2 . No entanto, em um dado momento do exercício, a VCO_2 se exacerba mais acentuadamente do que o VO_2 em consequência do tamponamento do ácido láctico pelo bicarbonato resultando na liberação de água e CO_2 . Simultaneamente ao incremento do VCO_2 , a V_e se eleva para eliminar o CO_2 produzido sem aumento proporcional do VO_2 , consequentemente aumenta o V_e/VO_2 . Nesse ponto, no qual visualmente pode ser observado por meio de um gráfico, estima-se o AT (WASSERMAN; MCILROY, 1964; SERRA, 1997).

Os dados foram coletados com auxílio de um analisador de gases portátil (VO2000, Medgraphics® - Anexo A), e gravados em um computador com a utilização do *software Aerografic*. O analisador de gases foi calibrado imediatamente antes de cada teste com uma amostra de ar local, como indicado pelo manual de instruções do fabricante do produto. Antes do início do registro de cada teste, o voluntário foi instruído a respirar normalmente até que os valores se apresentassem dentro da normalidade, ou seja, valores de VO_2 , VCO_2 , Ve e QR próximos aos esperados no repouso. Esse período prévio ao teste também teve como objetivo a lavagem do espaço morto das vias de condução do aparelho. No começo do teste, após a estabilização dos parâmetros ergoespirométricos, foram aguardados dois minutos antes da primeira carga no cicloergômetro com o intuito de obter os valores ergoespirométricos de repouso do voluntário. Em todos os testes, foi utilizado o pneumotacógrafo de fluxo médio.

5.6. EXERCÍCIO RESISTIDO

Foi solicitado aos voluntários efetuar três séries de dez repetições com carga na intensidade de 70% de 1RM, previamente determinada (Item 3.1 de Materiais e Métodos), em cada um dos seguintes exercícios e nesta ordem: *leg press* a 45°, supino reto na barra guiada, agachamento a 90° na barra guiada, puxador frontal, mesa flexora, tríceps *pulley*, cadeira extensora e rosca direta na barra 'W' (Anexo A). Foi estipulado aos voluntários um intervalo entre séries e exercícios de dois minutos e um tempo de execução de cada movimento de dois segundos, ou seja, um minuto para a fase concêntrica do movimento e um minuto para a fase excêntrica, sendo os tempos e movimentos controlados por um avaliador.

5.7. EXERCÍCIO AERÓBIO

O exercício aeróbio foi realizado no cicloergômetro durante um período de 20 minutos com intensidade constante no AT, determinado previamente no teste ergoespirométrico. Foi solicitado aos voluntários manter a rotação dos pedais entre 60 e 65 rpm aproximadamente em ambos os protocolos experimentais, para evitar que os voluntários adotassem diferentes rotações, o que poderia influenciar os resultados.

No Protocolo M+A, no qual o voluntário realizou a sessão de musculação previamente ao exercício aeróbio, foi estipulado um intervalo de descanso de 10 minutos entre a musculação e o exercício aeróbio para possibilitar aos avaliadores a colocação os eletrodos e aparatos de fixação dos mesmos na coxa direita dos voluntários.

5.8. PARÂMETROS ANALISADOS

5.8.1. PARÂMETROS ERGOESPIROMÉTRICOS

Foram mensurados os valores ergoespirométricos, em especial o VO_2 , durante toda a sessão de musculação e durante a sessão de exercício aeróbio. No entanto, para este trabalho, foram utilizados apenas os valores obtidos durante a sessão de exercício aeróbio em ambos os protocolos. Os valores coletados ao longo da sessão de exercício resistido foram utilizados em outra dissertação de Mestrado.

Os parâmetros ergoespirométricos foram coletados, para ambos os protocolos, a cada três ciclos respiratórios, uma vez que o tempo de execução de cada movimento

e recuperação durante o exercício resistido é muito curto, havendo a necessidade de coletas em tempos curtos. A coleta a cada três ciclos respiratórios também foi realizada para o exercício aeróbio, uma vez que o tempo entre os exercícios foi apenas de 10 minutos no Protocolo M+A e o aparelho de análise não permite a alteração dos ciclos enquanto as coletas estão sendo realizadas. Os dados de VO_2 foram utilizados para posterior análise, com auxílio do *software Aerographic*, para compará-los com os dados de RMS da sEMG. (HUG et al., 2004).

5.8.2. SINAL ELETROMIOGRÁFICO

Durante o exercício aeróbio, foi mensurada a atividade eletromiográfica dos músculos do quadríceps: vasto medial, vasto lateral e reto femoral da coxa direita dos voluntários. Os eletrodos de superfície foram posicionados com uma distância intereletrodo de 20 mm, de acordo com as recomendações da SENIAM e fixados com fita adesiva e atadura. A SENIAM indica posicionar os eletrodos para melhor detecção do sinal eletromiográfico do vasto medial a 80% na linha entre a espinha ilíaca antero-superior (EIAS) e o espaço articular do joelho em frente à borda anterior do ligamento medial. Para o vasto lateral, recomenda-se posicionar os eletrodos a dois terços na linha entre a EIAS e o lado lateral da patela. Por fim, para o reto femoral, indica-se posicionar os eletrodos a 50% na linha entre a EIAS e a borda superior da patela. O eletrodo de referência foi posicionado na região mediana da testa. Tricotomia com lâmpada descartável, abrasão com uma lixa fina e limpeza da área com álcool etílico hidratado e algodão foram realizados previamente à colocação do eletrodo com a finalidade de reduzir a impedância da pele (HERMENS et al., 2000).

A aquisição do sinal elétrico dos músculos ocorreu por meio de um módulo de registro eletromiográfico de oito canais da marca *EMG System Brasil*® modelo EMG800C (Anexo A) composto por um condicionador de sinais com filtro passa banda com cortes de frequência de 20 a 500 Hz, um amplificador com ganho de 1000 vezes, um módulo comum de rejeição de ruídos > 120 dB e nível de referência de entrada de ruído na ordem dos 3 μ V RMS. Os dados adquiridos nos protocolos experimentais foram processados por um conversor analógico para digital (A/D) de 16-bits com uma frequência de amostragem de 1 kHz e para posterior análise dos dados, utilizou-se um *software* específico *DATAQ Instruments Hardware Manager*. O sinal foi quantificado em valores de RMS com janelamento móvel de 300 ms e *overlapping* de 100 ms e normalização feita pelo somatório do valor de RMS dos músculos avaliados.

Com o auxílio do programa WINDAQ, desenvolvido pela *EMG System Brasil*®, calculou-se o valor da RMS. A análise do sinal da EMG foi dividida em sete momentos ao longo dos 20 minutos de exercício aeróbio no cicloergômetro, sendo estes referidos como 't1', 't2', 't3', 't4', 't5', 't6' e 't7'. Primeiramente, foram excluídas as primeiras bulhas dentro de um período de dois minutos do início do sinal eletromiográfico com a finalidade de eliminar o período de tempo no qual a carga ainda estava sendo ajustada no aparelho até atingir a intensidade do AT para cada voluntário. Além disso, essa exclusão evita a análise do recrutamento motor à uma imposição abrupta da carga do exercício. Em seguida, os próximos 30 segundos do sinal foram analisados, contendo aproximadamente 30 bulhas neste intervalo de tempo, devido à rotação no cicloergômetro solicitada aos voluntários em torno de 65 rpm. Este primeiro período foi considerado como momento 't1', conforme demonstrado na Figura 2. Para a análise dos outros seis momentos de 30 segundos do registro eletromiográfico, foi considerado um intervalo de dois minutos entre cada um dos momentos.

Figura 2. Representação do corte realizado do sinal eletromiográfico durante o período de vinte minutos de exercício aeróbico no cicloergômetro para ambos os protocolos do estudo. Os momentos 't1' a 't7' são os períodos de 30 segundos de análise do registro eletromiográfico, considerando intervalos de dois minutos entre eles.

Para cada um destes sete momentos, calculou-se o RMS para as fases concêntrica e excêntrica para cada movimento (excluindo-se as primeiras 2 bulhas a fim de evitar ruídos espúrios) para os três músculos estudados e, então, as fases de cada movimento foram somadas para obter o valor da RMS total de uma bulha. Dessa forma, obteve-se o valor da RMS total de cada bulha dentro de um momento, por exemplo o momento 't2', e foi realizada a média desses valores para chegar ao valor médio da RMS para o momento 't2'. Este procedimento foi repetido para todos os sete momentos.

Para a análise da relação RMS/VO_2 , os valores médios de RMS obtidos em cada um dos sete momentos foram divididos pelos valores médios de VO_2 analisados dentro dos mesmos períodos de análise do sinal eletromiográfico (sete momentos de 30 segundos, espaçados por intervalos de dois minutos).

5.9. PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS

Os parâmetros estudados e as características dos voluntários foram expressos em medidas de tendência central: média e desvio padrão (DP). Os cálculos de média, desvio padrão e percentual foram realizados por meio do programa *Excel*® do *Microsoft Office Professional Plus 2013*. O somatório da área sob a curva (integral) do RMS para os músculos reto femoral, vasto medial e vasto lateral foi desempenhado com o auxílio do programa *OriginPro 8*®.

Aplicou-se um teste “t-Student” para média de populações independentes (pareado) para análise dos valores de RMS e quando estes foram relacionados aos parâmetros ergoespirométricos, no caso, os valores de VO_2 . O nível de significância aceito foi de 5% ($p \leq 0,05$).

Finalmente, os sinais eletromiográficos dos músculos avaliados foram quantificados em valores de RMS (*Root Mean Square*).

6. RESULTADOS

6.1. AMOSTRA

Conforme mostrado na tabela 1, apresentada no item 5.1 de Materiais e Métodos, é possível observar as características antropométricas dos oito voluntários do estudo. Nota-se uma grande variação na idade da amostra, contendo um voluntário com 18 anos e outro com 35 anos, com média $\pm$ desvio padrão de $27,5 \pm 5,9$ anos. No entanto, houve pouca variação para a massa corporal e altura dessa amostra, com média $\pm$ desvio padrão de $88,7 \pm 8,8$ kg e $180,1 \pm 7,9$ cm, respectivamente. Tais valores mostram uma similaridade entre os voluntários em relação às características antropométricas, exceto para a idade. No entanto, esse último parâmetro não interferiu no objetivo da seleção da amostra, uma vez que não era um critério de exclusão do estudo.

6.2. TESTE ERGOESPIROMÉTRICO

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados do teste ergoespirométrico dos voluntários do estudo para o $VO_{2máx}$ [$ml(kg.min)^{-1}$], VO_2 atingido no AT [$ml(kg.min)^{-1}$], ventilação máxima ($Ve_{máx}$) ($L.min^{-1}$), intensidade máxima atingida no teste em cicloergômetro (W) e intensidade referente ao AT (W), expressos em média $\pm$ desvio padrão na última linha.

Tabela 2. Valores obtidos no teste ergoespirométrico realizado no cicloergômetro: $VO_{2\text{máx}}$ [$\text{ml}(\text{kg}.\text{min})^{-1}$]; VO_2 no AT [$\text{ml}(\text{kg}.\text{min})^{-1}$]; $Ve_{\text{máx}}$ ($\text{L}.\text{min}^{-1}$); intensidade máxima atingida no cicloergômetro e intensidade referente ao AT (W). Valores apresentados em média $\pm$ desvio padrão.

Voluntários	$VO_{2\text{máx}}$ [$\text{ml}(\text{kg}.\text{min})^{-1}$]	VO_2 no AT [$\text{ml}(\text{kg}.\text{min})^{-1}$]	$Ve_{\text{máx}}$ ($\text{L}.\text{min}^{-1}$)	Intensidade Máxima (W)	Intensidade do AT (W)
I	53,78	24,50	79,7	300	200
II	46,50	37,21	121,8	325	225
III	55,61	22,44	67,8	225	150
IV	39,47	24,19	121,0	300	200
V	45,23	27,40	95,2	300	175
VI	47,67	26,00	96,4	300	200
VII	48,28	13,40	76,2	225	100
VIII	49,51	21,20	103,1	225	125
Média $\pm$ DP	48,25 $\pm$ 5,0	24,54 $\pm$ 6,6	95,1 $\pm$ 19,9	275 $\pm$ 42,2	171 $\pm$ 43,1

DP: desvio padrão; $VO_{2\text{máx}}$: consumo máximo de oxigênio; VO_2 : consumo de oxigênio; $Ve_{\text{máx}}$: ventilação máxima; AT: limiar anaeróbio.

Conforme exposto na Tabela 2, o valor médio $\pm$ DP para o $VO_{2\text{máx}}$ foi de 48,25 $\pm$ 5,0 $\text{ml}(\text{kg}.\text{min})^{-1}$, o VO_2 atingido no AT foi de 24,54 $\pm$ 6,6 $\text{ml}(\text{kg}.\text{min})^{-1}$ e a $Ve_{\text{máx}}$ foi de 95,1 $\pm$ 19,9 $\text{L}.\text{min}^{-1}$. Pode ser observado que todos os voluntários individualmente apresentaram um valor elevado de $VO_{2\text{máx}}$ e de VO_2 obtido no momento do AT, exceto os voluntários IV e VII. Esses dados inferem que os voluntários possuem uma boa capacidade metabólica aeróbia, pois estes obtiveram valores de VO_2 no AT entre 43% e 80% do $VO_{2\text{máx}}$ e valores de $VO_{2\text{máx}}$ entre a faixa de 39,47 e 55,61 $\text{ml}(\text{kg}.\text{min})^{-1}$, que, de acordo com as recomendações de Fletcher *et al.* (1995), os voluntários são caracterizados como jovens saudáveis moderadamente ativos.

Os valores ergoespirométricos de dois voluntários se encontraram abaixo dos valores obtidos para a maioria da amostra. O voluntário IV, o qual atingiu um $VO_{2m\acute{a}x}$ de $39,47 \text{ ml}(\text{kg}.\text{min})^{-1}$, é praticante de musculação há muitos anos e treinou artes marciais também por anos, porém, não é adaptado ao gesto motor da pedalada, (FLETCHER et al., 1995). O valor baixo de $VO_{2m\acute{a}x}$ para este voluntário IV também pode ser explicado pelo fato do teste em cicloergômetro apresentar valores de VO_2 de 5 a 11% menores do que os obtidos em esteira (HERDY; UHLENDORF, 2011). Pode-se observar que este voluntário é bem treinado observando a carga máxima (300W) e a $V_{em\acute{a}x}$ ($121,0 \text{ L}.\text{min}^{-1}$) atingidas no teste ergoespirométrico.

Já o voluntário VII, atingiu seu AT com um valor de VO_2 de $13,4 \text{ ml}(\text{kg}.\text{min})^{-1}$, o que representa apenas 27% do $VO_{2m\acute{a}x}$ alcançado por este voluntário no teste ergoespirométrico. Além disso, a carga no cicloergômetro no momento do AT foi de 100W, valor abaixo do esperado, considerando os outros voluntários da amostra. Esse voluntário relatou, ao longo do estudo, que também era praticante de musculação há muitos anos, mas que nunca havia se interessado em praticar atividades aeróbias. Possivelmente, esse fato explica a diferença entre o voluntário VII e os demais em relação ao teste ergoespirométrico, pois todos os outros voluntários realizavam alguma modalidade aeróbia, como por exemplo, corrida e futebol, mas sem finalidade de treinamento físico. Nota-se que este voluntário não possui boa capacidade metabólica aeróbia, mas sua capacidade metabólica anaeróbia é alta, uma vez que ele atingiu um bom valor de $VO_{2m\acute{a}x}$ [$48,28 \text{ ml}(\text{kg}.\text{min})^{-1}$], possivelmente devido ao treinamento de musculação realizado por muitos anos.

Em relação à carga do teste ergoespirométrico, a máxima obtida foi de $275 \pm 42,2 \text{ W}$ e a carga no AT foi de $171 \pm 43,1 \text{ W}$, ou seja, 62,2% da carga máxima. Este achado corrobora com os resultados ergoespirométricos, mostrando a boa

capacidade metabólica aeróbia da amostra. No entanto, neste parâmetro, é possível notar que os voluntários III, VII e VIII chegaram apenas até 225 W, enquanto os outros voluntários atingiram no mínimo 300 W. O voluntário VII novamente permaneceu abaixo da carga no AT esperada, uma vez que este atingiu 100 W no AT, representando 44% da carga máxima. Enquanto que o menor valor encontrado para esta relação foi de 55% para o voluntário VIII que atingiu a carga de 125 W no seu AT da carga máxima de 225 W.

6.3. TRAÇADO ELETROMIOGRÁFICO BRUTO

A figura 3 representa o traçado eletromiográfico “bruto” do músculo vasto lateral para o voluntário III obtido durante o exercício no cicloergômetro na intensidade do AT sem realizar o exercício resistido previamente, ou seja, na condição do Protocolo A. A figura 4 também representa o traçado eletromiográfico “bruto” do músculo vasto lateral para o mesmo voluntário (III), no entanto, o voluntário havia realizado o exercício resistido anteriormente (Protocolo M+A).

Figura 3. Registro do traçado eletromiográfico “bruto” do vasto lateral para o voluntário III durante o exercício no cicloergômetro na intensidade do limiar anaeróbio sem realizar o exercício resistido de alta intensidade (Protocolo A).

Figura 4. Registro do traçado eletromiográfico “bruto” do vasto lateral para o voluntário III durante o exercício no cicloergômetro na intensidade do limiar anaeróbio após o exercício resistido de alta intensidade (Protocolo M+A).

Os registros eletromiográficos das figuras 3 e 4 para o mesmo grupo muscular (vasto lateral), na mesma intensidade relativa de exercício físico (AT) e para o mesmo voluntário (III) evidenciam que a amplitude média no Protocolo A oscilou na faixa de 0,5 mV, enquanto que no Protocolo M+A oscilou em torno de 0,3 mV. Este padrão é semelhante para os demais voluntários do estudo, exceto para os voluntários II, IV e V, os quais apresentaram maior oscilação no traçado eletromiográfico do Protocolo M+A. Este achado sugere uma menor amplitude eletromiográfica quando os voluntários são submetidos ao Protocolos M+A. Ainda, esse resultado evidencia uma possível interferência dos fatores extrínsecos no sinal eletromiográfico, tais como a diferença no posicionamento dos eletrodos entre os diferentes dias e sua localização em relação ao ponto motor.

6.4. VALORES DA RMS

Posteriormente, isolaram-se as fases concêntrica e excêntrica dos movimentos pelo traçado eletromiográfico em cada um dos sete períodos, conforme explicado no item 4.2 de Materiais e Métodos. Calculou-se, então o valor da RMS para cada fase

ao longo do movimento dos três músculos e estas fases foram somadas para obter o valor da RMS total da bulha.

A figura 5 mostra a variação dos valores da RMS ao longo do exercício aeróbio para o músculo vasto lateral dos oito voluntários quando o exercício foi realizado isoladamente, no Protocolo A (figura 5a) e quando este foi precedido de uma sessão de musculação, no Protocolo M+A (figura 5b).

Figura 5. Atividade eletromiográfica, expressa em RMS (μV), das bulhas nos sete períodos de análise ao longo do exercício no cicloergômetro (t1, t2, t3, t4, t5, t6 e t7) para o Protocolo A (a) e para o Protocolo M+A (b) do músculo vasto lateral dos oito participantes do estudo e a média dos valores representada pela linha tracejada.

Ao observar a linha dos valores médios (linha tracejada) na figura 5, nota-se uma atividade eletromiográfica constante do músculo vasto lateral ao longo da execução do exercício, mostrando um recrutamento motor adequado deste músculo para um exercício de carga constante (AT) para esta amostra. Ao analisar os três músculos por meio do teste t-Student, notou-se que não houve diferença estatisticamente significativa entre os valores de RMS dos momentos 't1' e 't7' para esta amostra, confirmando a manutenção dos valores de RMS durante o exercício na pedalada na intensidade do AT.

No entanto, também é possível observar uma certa variação no recrutamento motor do músculo vasto lateral ao longo do exercício aeróbio para dois voluntários, o II e o V. Essa oscilação nos valores pode refletir uma adaptação ao gesto motor do exercício e recrutamento de outros grupos musculares não analisados neste estudo ou uma alteração no posicionamento dos eletrodos em função do suor produzido durante o exercício, por exemplo o voluntário V no Protocolo M+A, uma vez que este já havia realizado a musculação previamente e produzido uma quantidade excessiva de suor. Dessa forma, o eletrodo pode ter se aproximado do local de melhor registro da atividade mioelétrica. Para o voluntário V, possivelmente houve a necessidade de recrutar mais fibras musculares do vasto lateral devido à um processo de fadiga em outros músculos promovido pela musculação (HUG; DOREL, 2009). Outras interferências como, por exemplo, os fatores extrínsecos, podem ter influenciado também no registro eletromiográfico deste voluntário (BALL; SCURR, 2010).

A Tabela 3 apresenta a média dos valores da RMS das bulhas analisadas no momento 't1', expressos em μV , para os três músculos estudados (reto femoral, vasto medial e vasto lateral) para os Protocolos A e M+A. Foi priorizado o estudo do momento 't1' neste trabalho, uma vez que se acredita que ele seja mais fidedigno para

a análise das alterações neuromusculares geradas pela musculação. Os resultados de RMS para os outros momentos analisados neste estudo ('t2', 't3', 't4', 't5', 't6' e 't7') encontram-se no Anexo E.

Pode-se observar, então, por meio da figura 5 e pela Tabela 3 que, para o músculo vasto lateral, houve uma redução do valor de RMS no início do exercício do Protocolo M+A para quatro voluntários quando comparado aos valores iniciais de RMS do Protocolo A, sendo estes os voluntários I, VI, VII e VIII. Além disso, houve aumento no valor da RMS do músculo vasto lateral para dois voluntários (IV e V) e manutenção para dois voluntários (II e III), no Protocolo M+A quando comparado com o Protocolo A. No entanto, quando observamos a média dos valores da RMS do período 't1' para ambos os protocolos (Protocolo A: $117,23 \pm 37,5 \mu V$; Protocolo M+A: $121,30 \pm 42,9 \mu V$), pode-se notar que não houve diferença estatisticamente significativa para esta amostra, mesmo com a realização prévia do exercício resistido. O mesmo pode ser observado para os outros momentos analisados (Anexo E), nos quais não houveram diferenças estatisticamente significativas para os valores de RMS do vasto lateral entre os protocolos A e M+A.

Tabela 3. Média dos valores da RMS (em μV), do primeiro período de análise do traçado eletromiográfico ('t1') para os três músculos estudados (reto femoral, vasto medial e vasto lateral) dos oito voluntários obtidos nos protocolos A e M+A.

Voluntários	RF		VM		VL	
	A	M+A	A	M+A	A	M+A
I	65,37	67,88	180,45	174,30	152,15	131,98
II	95,00	75,73	140,37	126,57	140,03	141,12
III	57,95	70,03	140,87	123,30	108,10	111,94
IV	44,49	71,97	114,19	102,42	107,02	141,08
V	92,80	69,29	127,07	127,50	162,34	188,35
VI	40,70	58,18	202,03	189,10	136,88	132,72
VII	58,00	44,59	115,29	116,97	56,27	52,14
VIII	24,69	30,02	80,24	95,30	75,08	71,07
Média $\pm$ DP	59,87 $\pm$	60,96 $\pm$	137,56 $\pm$	131,90 $\pm$	117,23 $\pm$	121,30 $\pm$
	24,4	15,9	38,6	33,0	37,5	42,9

RF: reto femoral; VM: vasto medial; VL: vasto lateral; DP: desvio padrão. Sem diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$) entre os protocolos.

Na tabela 3 também é possível observar que, para o músculo vasto medial, houve redução do valor de RMS no início do exercício no Protocolo M+A para cinco voluntários, sendo estes I, II, III, IV e VI. Para os voluntários V e VII, houve manutenção do valor da RMS para o vasto medial e para o voluntário VIII ocorreu um aumento do valor quando comparado com o Protocolo M+A. Em relação à média (Protocolo A: $137,56 \pm 38,6 \mu\text{V}$; Protocolo M+A: $131,90 \pm 33,0 \mu\text{V}$), não houve diferença estatisticamente significativa para esta amostra. Pode se notar para os outros momentos analisados (Anexo E), que não houve diferença estatisticamente significativa para os valores de RMS do vasto medial entre os protocolos A e M+A. Apenas foi observada uma diferença entre as médias dos valores da RMS para o músculo vasto medial nos momentos 't5' e 't6' ($p = 0,04$ e $0,03$, respectivamente), os quais tiveram redução em seus valores no Protocolo M+A quando comparado com o Protocolo A. Essa redução pode ter ocorrido em função de uma adaptação do gesto

motor da pedalada que ocorreu ao longo do exercício, recrutando outros grupos musculares que não foram avaliados neste estudo para executar o mesmo movimento.

Já para o músculo reto femoral, houve diminuição do valor da RMS no Protocolo M+A apenas para três voluntários, sendo estes o II, V e VII. Todos os outros voluntários tiveram um aumento do valor de RMS quando comparado com o Protocolo A. Em relação à média dos valores para o reto femoral, houve a manutenção dos valores (Protocolo A: $59,87 \pm 24,4 \mu V$; Protocolo M+A: $60,96 \pm 15,9 \mu V$), não havendo diferença estatisticamente significativa para nenhum dos momentos analisados no estudo.

Quando realizada uma análise em conjunto dos músculos para o momento 't1', nota-se que não ocorreu o mesmo padrão para dos três músculos de um indivíduo, ou seja, se houve redução do recrutamento motor de um dos músculos no Protocolo M+A, houve aumento do recrutamento motor de outro músculo no mesmo protocolo. Esse achado sugere uma possível compensação do recrutamento motor para o músculo quadríceps; enquanto uma de suas porções está sendo menos recrutada em função do exercício prévio, outra porção está sendo mais recrutada para realizar o mesmo exercício físico na mesma intensidade. Para evidenciar melhor este comportamento no início do exercício, a tabela 4 apresenta os valores da RMS em percentual de contribuição para cada um dos três músculos estudados, a partir do somatório da atividade eletromiográfica dos mesmos.

Tabela 4. Percentual de contribuição dos músculos reto femoral, vasto medial e vasto lateral durante o primeiro momento do exercício aeróbio (t1) para cada voluntário do estudo.

Voluntários	%RF		%VM		%VL	
	A	M+A	A	M+A	A	M+A
I	16,43	18,14	45,34	46,58	38,23	35,27
II	25,31	22,05	37,39	36,86	37,30	41,09
III	18,88	22,94	45,90	40,39	35,22	36,67
IV	16,74	22,81	42,98	32,47	40,28	44,72
V	24,28	17,99	33,25	33,10	42,47	48,90
VI	10,72	15,31	53,22	49,76	36,06	34,93
VII	25,27	20,87	50,22	54,74	24,51	24,40
VIII	13,72	15,29	44,58	48,53	41,71	36,19
Média ± DP	18,92 ± 5,5	19,43 ± 3,2	44,11 ± 6,4	42,80 ± 8,3	36,97 ± 5,7	37,77 ± 7,4

%RF: percentual de contribuição do reto femoral; %VM: percentual de contribuição do vasto medial; %VL: percentual de contribuição do vasto lateral; DP: desvio padrão.

Nota-se, na tabela 4, que o padrão de recrutamento motor foi alterado quando o exercício resistido foi realizado previamente ao exercício aeróbio. Por exemplo, o indivíduo VI, ao realizar o exercício resistido, o vasto medial e o vasto lateral reduziram seu recrutamento motor em 3,5% e 1,1%, respectivamente, enquanto que o reto femoral aumentou em 4,6%, provavelmente por um mecanismo de compensação. Para o voluntário VIII, houve uma redução da atividade eletromiográfica do vasto lateral de 5,5% e um aumento das atividades dos músculos reto femoral e vasto medial em 1,6% e 3,9%, respectivamente.

A tabela 5 expõe o somatório (Σ) das áreas sob as curvas da RMS dos músculos reto femoral, vasto medial e vasto lateral, em outras palavras, o somatório da integral do recrutamento motor dos três músculos estudados para ambos protocolos da pesquisa.

Tabela 5. Somatório (em μV) das áreas sob as curvas (integral) dos três músculos estudados (reto femoral, vasto medial e vasto lateral) para os oito voluntários nos Protocolos A e M+A.

	Σ Protocolo A	Σ Protocolo M+A
I	2480,12	2237,10
II	1954,82	1954,89
III	2232,84	1865,64
IV	1762,18	1606,01
V	2360,74	2516,46
VI	2251,48	2097,54
VII	1341,78	1180,89
VIII	1105,57	1251,64
Média $\pm$ DP	1936,20 $\pm$ 498,2	1838,78 $\pm$ 467,6

Σ : somatório; DP: desvio padrão. Sem diferença estatisticamente significativa ($p > 0,05$) entre os protocolos.

De acordo com a tabela 5, pode-se observar que, para cinco voluntários (I, III, IV, VI e VII) o somatório da integral dos três músculos foi aparentemente menor no Protocolo M+A, quando comparado ao Protocolo A. Apenas dois voluntários, o V e o VIII apresentaram aumento no valor do somatório no Protocolo M+A, quando comparado ao protocolo A e um voluntário, o II, apresentou valores muito semelhantes entre os protocolos. Em relação aos valores médios (Σ Protocolo A: 1936,20 $\pm$ 498,2 μV ; Σ Protocolo M+A: 1838,78 $\pm$ 467,6 μV), nota-se que não houve uma diferença estatisticamente significativa ($p > 0,05$) no somatório da integral para os protocolos estudados. Portanto, o recrutamento motor das três porções do músculo quadríceps não apresentou ajustes no exercício aeróbio quando uma sessão de musculação foi realizada. Sugerindo, assim, que o exercício resistido não promoveu fadiga nem facilitação no recrutamento motor do músculo quadríceps durante a pedalada.

6.5. RELAÇÃO DE RMS/VO₂

Ao observar os valores médios de VO₂ (Anexo F) para cada momento do exercício aeróbio em cada um dos protocolos [Protocolo A: $26,97 \pm 7,6 \text{ ml(kg.min)}^{-1}$ e Protocolo M+A: $28,80 \pm 7,4 \text{ ml(kg.min)}^{-1}$ obtidos no momento 't1'], analisa-se que estes valores foram significativamente maiores ($p < 0,05$) em todos os momentos ('t1', 't2', 't4', 't5', 't6' e 't7') quando o exercício resistido foi realizado previamente ao cicloergômetro, exceto para o momento 't3' [Protocolo A: $29,79 \pm 8,5 \text{ ml(kg.min)}^{-1}$ e Protocolo M+A: $32,91 \pm 8,9 \text{ ml(kg.min)}^{-1}$] mesmo que matematicamente tenha ocorrido uma elevação neste valor.

A figura 6 mostra os valores da relação RMS/VO₂ obtidos no momento inicial (figuras 6a, 6c, 6e) e no momento final (figuras 6b, 6d, 6f) do exercício aeróbio nos Protocolos A e M+A divididos por grupo muscular (reto femoral, vasto medial e vasto lateral) para cada indivíduo do estudo, além da média dos valores do grupo (última coluna de dados). A relação RMS/VO₂ (Anexo G), calculada com base nos valores médios da RMS (Anexo E) dos três músculos e de VO₂ (Anexo F) para cada um dos sete períodos, analisa o ajuste da atividade mioelétrica ao metabolismo muscular que ocorre durante um exercício físico, ou seja, à demanda de oxigênio pelos músculos.

Figura 6. Valores da relação RMS/VO_2 obtidos no momento inicial ('t1') e final ('t7') do exercício aeróbio no cicloergômetro para os Protocolos A e M+A dos músculos reto femoral, vasto medial e vasto lateral. Valores apresentados para os oito voluntários e para a média do grupo.

Foi utilizado o teste 't-Student' para analisar os valores da relação RMS/VO_2 ao longo do exercício aeróbio, comparando todos os sete momentos do Protocolo A com os sete momentos do Protocolo M+A para cada um dos três músculos de toda a amostra. Este teste demonstrou que houve apenas alteração estatisticamente significativa ($p > 0,05$) entre a média dos valores da relação RMS/VO_2 para o músculo vasto medial (Anexo G), quando foi realizada a comparação entre os protocolos.

Para o músculo vasto medial, os valores da relação RMS/VO_2 ao longo do exercício foram significativamente reduzidos no Protocolo M+A quando comparado ao Protocolo A, exceto no momento 't2', mesmo observando uma diminuição aparente

dos valores. Esse achado sugere que o músculo vasto medial foi influenciado pela sessão de exercício resistido, uma vez que seu recrutamento neuromuscular diminuiu para um dado VO_2 .

Notou-se uma redução aparente nos valores da relação RMS/VO_2 do músculo reto femoral, no entanto, apenas ocorreu uma diferença estatisticamente significativa em dois momentos, no 't5' e no 't7' ($p = 0,02$ e $p = 0,03$, respectivamente). Esses resultados mostram que para este músculo, semelhante ao vasto lateral, o fato de realizar uma sessão de exercício resistido anteriormente ao exercício aeróbio não interferiu no recrutamento de unidades motoras nessa amostra, mesmo frente à um aumento da demanda metabólica gerada por este exercício prévio.

Para o músculo vasto lateral, não foi possível notar uma diferença significativa nos valores da relação RMS/VO_2 entre os protocolos em nenhum dos momentos analisados no exercício aeróbio. Dessa forma, a atividade eletromiográfica do vasto lateral em relação à demanda de oxigênio pelos músculos foi a mesma para os Protocolos A e M+A, independente da execução do exercício resistido e do aumento significativo do VO_2 após este exercício.

Os achados da relação RMS/VO_2 inferem que, ao relacionar a atividade eletromiográfica do vasto medial à demanda de oxigênio durante o exercício aeróbio, o recrutamento motor para um dado consumo de oxigênio é reduzido quando uma sessão de exercício resistido é desempenhada anteriormente. O mesmo não ocorreu para os músculos vasto lateral e reto femoral, mantendo os valores da relação RMS/VO_2 próximos, independente da demanda metabólica que antecedeu o exercício aeróbio. Isso sugere que, mesmo com uma demanda metabólica aumentada devido à um exercício prévio, o recrutamento motor durante a pedalada está relacionado com a intensidade do limiar anaeróbio estabelecida no aparelho.

7. DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo principal analisar a presença de ajustes neuromusculares e ergoespirométricos durante um exercício aeróbio, quando este foi precedido de uma sessão de exercício resistido. Tais ajustes foram observados por meio dos valores da RMS, obtidos pela sEMG, e dos valores de VO_2 , captados pelo analisador de gases.

Os principais achados sugerem que o recrutamento das unidades motoras ocorrerá em decorrência da intensidade imposta pelo exercício físico, independente da demanda metabólica promovida por um exercício prévio. Ainda mais, uma sessão de exercício resistido pode proporcionar um fenômeno de compensação, no qual uma porção muscular apresenta uma atividade mioelétrica maior do que outra porção.

7.1. TESTE ERGOESPIROMÉTRICO

Conforme explicado no item 2 da seção Resultados e exposto na Tabela 2, a amostra apresentou boa capacidade metabólica aeróbia, com $\text{VO}_{2\text{máx}}$ em média $\pm$ DP de $48,25 \pm 5,0 \text{ ml}(\text{kg}.\text{min})^{-1}$ de acordo com Fletcher *et al.* (1995), os quais preveem um valor de $\text{VO}_{2\text{máx}}$ na faixa de 37 a $50 \text{ ml}(\text{kg}.\text{min})^{-1}$ para indivíduos homens, saudáveis, jovens e ativos.

Em relação ao valor de VO_2 mensurado no momento determinado como AT, a amostra apresentou um valor de $24,54 \pm 6,6 \text{ ml}(\text{kg}.\text{min})^{-1}$, ou seja, aproximadamente 51% do $\text{VO}_{2\text{máx}}$ médio da amostra. Este percentual encontrado está muito próximo do previsto por Koch *et al.* (2009), que observaram valores de VO_2 entre 52% e 60% do $\text{VO}_{2\text{máx}}$ para uma amostra de homens saudáveis de 25 a 34 anos de idade.

7.2. TRAÇADO ELETROMIOGRÁFICO BRUTO

Foi escolhido para este estudo o músculo vasto lateral como referência para as análises, especialmente devido à sua atuação como um dos três músculos mais ativos durante o gesto motor da pedalada (HUG et al., 2004). O vasto lateral é um dos músculos mais comumente utilizados nas pesquisas e também é o maior contribuinte para o exercício de agachamento a 90° (CATERISANO et al., 2002) e para o *leg press* (PENG; KERNOZEK; SONG, 2013), dois dos exercícios pertencentes à sessão de musculação deste estudo.

O traçado eletromiográfico “bruto” mostrou diferentes oscilações em sua amplitude para os protocolos do estudo. Cinco voluntários apresentaram oscilação menor no traçado (I, III, VI, VII e VIII) no Protocolo M+A quando comparado ao Protocolo A, enquanto que os outros três voluntários (II, IV e V) tiveram oscilação maior. Essa análise sugere uma menor oscilação do sinal eletromiográfico para o Protocolo M+A, isto é, uma redução na atividade mioelétrica quando o voluntário é submetido à uma sessão de exercício resistido. O estudo deste traçado também evidencia uma possível influência de fatores extrínsecos no registro eletromiográfico (DE LUCA, 1997; BROWN; WEIR, 2001). O posicionamento dos eletrodos, bem como suas localizações em relação ao ponto motor nos diferentes dias podem interferir nessa análise por isso, faz-se necessário o cálculo do traçado eletromiográfico com processamentos padrões, como, por exemplo, o estudo dos valores de RMS, além, claro dos cuidados com a aquisição do sinal, conforme explicado no item 5.8.2 de Materiais e Métodos.

7.3. VALORES DA RMS

O principal achado em relação aos valores da RMS nos Protocolos A e M+A é uma tendência destes valores em se manterem próximos ao longo do exercício aeróbio constante, ou seja, se ajustarem de acordo com a carga imposta no exercício físico. Este achado corrobora alguns estudos (BIGLAND-RITCHIE; WOODS, 1974; TAYLOR; BRONKS, 1994; JAMMES et al., 1997; JAMMES; CAQUELARD; BADIER, 1998; BALL; SCURR, 2010) que relatam uma relação linear entre a RMS (ou a integral da EMG) e a intensidade do exercício realizado (HUG; DOREL, 2009). A escolha do parâmetro RMS se baseia em outros estudos da literatura que tradicionalmente utilizam os valores da RMS como base para avaliar a atividade muscular e a fadiga neuromuscular (CONCEIÇÃO et al., 2014).

Para esse trabalho, foi priorizado o estudo especialmente do primeiro momento ('t1') do registro eletromiográfico, apresentado na tabela 3, uma vez que o objetivo do estudo foi determinar os ajustes no sinal eletromiográfico e nos parâmetros ergoespirométricos no exercício aeróbio após realizar uma sessão de exercício resistido. Dessa forma, acredita-se que a análise dos ajustes baseada no momento 't1' irá refletir muito o estado prévio, ou seja, o repouso ou o exercício resistido.

Ao observar a tabela 3, que contém os valores da RMS no momento 't1' do exercício aeróbio para ambos os protocolos, nota-se uma falta de concordância entre os resultados. Os valores da RMS obtidos para os três músculos nos protocolos se elevaram, reduziram ou até mesmo foram semelhantes, não constatando um padrão nos resultados para a RMS. Na análise estatística, verificou-se que não houve diferença significativa nos valores de RMS dos três músculos estudados entre os Protocolos A e M+A. Dessa forma, a execução de uma sessão de musculação de alta

intensidade não promoveu ajustes na atividade elétrica muscular ao longo do exercício de pedalada na intensidade do AT.

Conceição *et al.* (2014) avaliaram 13 homens jovens após desempenharem um protocolo de hipertrofia (seis séries de oito repetições a 75% de 1RM no agachamento em máquina, com dois minutos de intervalo entre as séries) e outro de pliometria (seis séries de oito saltos com o peso do corpo). O estudo não observou alterações significativas nos valores da EMG após os protocolos, especialmente na RMS, corroborando com o presente estudo. Ao desempenharem um teste de contração voluntária máxima, os autores apenas notaram diferença na carga deste teste. O exercício no cicloergômetro também foi avaliado no estudo de Conceição *et al.* (2014) para analisar o tempo até a exaustão, entretanto, o exercício foi realizado no RCT e foi constatada diferença significativa no tempo até a exaustão quando comparado somente com a pedalada.

O estudo de Linnamo *et al.* (2000) investigou, em oito indivíduos, as respostas neuromusculares ao exercício explosivo (cinco séries de dez repetições no *leg press* à 40% de 1RM com um minuto de intervalo entre as séries) e ao exercício resistido de alta intensidade (mesmas variáveis, porém a 70% de 1RM). Os autores não observaram alterações significativas nos valores médios da amplitude eletromiográfica do vasto medial durante o teste de fadiga concêntrica, no entanto, o exercício explosivo pareceu facilitar a função do sistema neuromuscular ao invés de promover a fadiga.

Em contrapartida, Temfemo *et al.* (2006) analisaram o efeito de um exercício prévio (pedalada a 60% da carga máxima durante 10 minutos, seguida de um minuto de intervalo e então quatro séries de 30 segundos a 100% da carga máxima com 15 segundos de intervalo entre elas) sobre a performance no teste de força-velocidade e

na EMG do músculo quadríceps (vasto lateral, vasto medial e reto femoral). Os autores observaram uma melhora na performance nos primeiros *sprints* do teste de força-velocidade e valores de RMS significativamente menores quando o exercício prévio foi realizado. Estes autores atribuem os resultados encontrados ao aumento da temperatura muscular que promove uma vasodilatação local (aumento no fornecimento de oxigênio) e à elevação na concentração de ácido láctico promovidos pelo exercício antecedente.

Em função da ausência de um padrão nos resultados, com aumentos e reduções na RMS para os diferentes voluntários e músculos, mas sem alterações estatisticamente significativas, optou-se por realizar o somatório dos valores da RMS dos três músculos para, então, obter o percentual de contribuição de cada um deles para o momento 't1'.

Nota-se, por meio da tabela 4, que para todos os voluntários houve diminuição da participação de um ou dois dos músculos estudados, enquanto que, concomitantemente ocorreu uma intensificação na contribuição de outro músculo avaliado para realizar o mesmo exercício físico. Outros músculos que também auxiliam na pedalada tais como, o glúteo máximo, semimembranoso, bíceps femoral, gastrocnêmio, sóleo e tibial anterior, podem ter contribuído para o movimento, aumentando sua contribuição após o exercício resistido (HUG; DOREL, 2009). Os exercícios utilizados na sessão de musculação recrutam, em maior proporção, os músculos vasto medial e lateral (CATERISANO et al., 2002; PENG; KERNOZEK; SONG, 2013) e foi observado que, no percentual de participação, o reto femoral foi o músculo que teve sua participação aumentada para desempenhar o exercício aeróbio no Protocolo M+A. Possivelmente, devido ao fato do reto femoral, vasto medial e vasto lateral comporem o músculo quadríceps e trabalharem sinergicamente nos

movimentos do membro inferior, houve uma compensação da atividade destes. Ainda, o exercício resistido prévio pode ter promovido um incremento no recrutamento das fibras musculares do reto femoral ou de outro músculo não avaliado nesse estudo. Assim, especula-se que o reto femoral atue como contribuinte para o quadríceps em situações nas quais as fibras musculares das outras porções do músculo foram previamente recrutadas.

Quando o somatório da integral dos valores da RMS dos músculos foi realizado (tabela 5), pode-se analisar uma tendência de uma queda na atividade neuromuscular após o exercício resistido, no entanto, essa redução no recrutamento neuromuscular não foi significativa. Para essa amostra e para este resultado obtido, os resultados obtidos do somatório para ambos os protocolos podem sugerir que o músculo quadríceps não sofreu ajustes em decorrência da sessão de musculação de alta intensidade estipulada nesse estudo.

7.4.RELAÇÃO RMS/VO₂

Sabe-se que, durante um exercício dinâmico de carga constante abaixo do AT ou na intensidade do AT, o VO₂ sofrerá um rápido aumento exponencial e então irá atingir um estado estável (platô) dentro de dois a três minutos (WASSERMAN, 1967; HUG et al., 2004). Nesse estudo, foi possível notar que o VO₂ teve como resposta valores semelhantes ao longo do exercício no cicloergômetro no AT (Anexo F), uma vez que na análise foram excluídos os primeiros dois minutos do exercício, corroborando aos achados da literatura.

O exercício resistido também promove grandes elevações nos valores de VO₂ e também nos resultados de EPOC, sendo estes concomitantes aos aumentos na

intensidade do exercício. O valor de EPOC permanece elevado durante um longo tempo, atingindo altos níveis dentro de uma hora, especialmente após a musculação, pois o oxigênio é consumido para restaurar os estoques de ATP (adenosina trifosfato) e creatina fosfato (CP) e para remover o ácido láctico que foi produzido pelo exercício de alta intensidade (THORNTON; POTTEIGER, 2002; JONES; KOPPO; BURNLEY, 2003; SCOTT, 2011). Os valores significativamente mais elevados de VO_2 que foram encontrados no Protocolo M+A podem ser explicados pelo EPOC promovido pela sessão de musculação de alta intensidade, uma vez que estes indivíduos submetidos ao exercício prévio somente tiveram 10 minutos de recuperação entre os exercícios resistido e aeróbio.

Em relação aos valores da RMS na EMG, também aumentam em proporção à carga imposta no exercício, conforme estudos prévios observaram (ARNAUD et al., 1997; JAMMES et al., 1997; JAMMES; CAQUELARD; BADIER, 1998; HUG et al., 2004). Dessa forma, no caso de um exercício de carga constante, os valores da RMS se manterão semelhantes ao longo do exercício, sem alterações expressivas. Dessa forma, estudos notaram, durante exercícios de carga constante, um aumento no valor da relação RMS/ VO_2 inicial seguido de uma queda progressiva durante os primeiros dois minutos em função do aumento nos valores de VO_2 nesse período inicial (NAGLE; BALKE; NAUGHTON, 1965; ARNAUD et al., 1997).

Os estudos na literatura trazem a comparação dos valores da RMS e do VO_2 ao longo dos exercícios dinâmicos constante e de carga progressiva, no entanto, até o momento, não foi encontrado um estudo que relaciona estes valores a fim de verificar o efeito que uma sessão de exercício resistido poderia proporcionar em uma sessão de exercício aeróbio.

O principal resultado obtido por meio da análise da relação RMS/VO₂ nesse estudo foi uma redução no recrutamento motor somente do músculo vasto medial para um dado VO₂ quando foi realizado um exercício resistido prévio. Uma análise mais detalhada dos valores de RMS/VO₂ no Anexo G exibirá que para os três músculos houve uma diminuição destes valores no Protocolo M+A quando comparado ao Protocolo A, entretanto, para os músculos vasto lateral e reto femoral, esta redução não foi estatisticamente significativa. Acredita-se que, mesmo frente à uma demanda metabólica superior, a atividade elétrica muscular durante o exercício aeróbio se relaciona diretamente com a intensidade imposta, quando esta é realizada até a intensidade do AT.

Uma das explicações para a redução na relação RMS/VO₂ para o músculo vasto medial em todos os momentos (exceto no momento 't2') quando os indivíduos realizaram a musculação (Protocolo M+A) é o aumento no VO₂ gerado pelo exercício resistido e a redução significativa dos valores de RMS do vasto medial nos momentos 't5' e 't6'. Os valores de VO₂ se mantiveram elevados após o exercício (EPOC), durante o intervalo de dez minutos entre as sessões e, portanto, reduziu a relação RMS/VO₂ para o vasto medial. O VO₂ elevado após a musculação de alta intensidade ocorre em função de alguns fatores, tais como, a restauração dos estoques musculares de ATP e CP, aumento na atividade da bomba sódio-potássio para redistribuir os íons em seus devidos locais, aumento da temperatura corporal e da frequência cardíaca e a remoção do ácido láctico (THORNTON; POTTEIGER, 2002; SCOTT, 2011). Assim, o aumento no VO₂ implicará, consequentemente, em uma redução na relação RMS/VO₂, que foi observada ao longo do exercício aeróbio no Protocolo M+A para o músculo vasto medial.

O músculo vasto medial pode ter apresentado resultados mais expressivos na relação RMS/ VO_2 em função do seu recrutamento ao longo do exercício em cicloergômetro ser um pouco maior em relação aos outros músculos estudados (HUG; DOREL, 2009). Nesse estudo não foram observados valores de RMS mais elevados para o vasto medial, pois o corte do sinal eletromiográfico foi realizado com base no músculo vasto lateral, conforme estudos prévios (HUG et al., 2004).

Outra possível justificativa para os resultados da relação RMS/ VO_2 é o fenômeno de sabedoria muscular, descrita nos processos de fadiga muscular. A sabedoria muscular envolve mecanismos que detectam as alterações no metabolismo muscular e influenciam no controle do *'drive'* motor. O efluxo de diferentes metabólitos produzidos durante o exercício resistido, tais como o lactato, os íons hidrogênio, íons potássio e os radicais livres ativam as terminações nervosas livres (metaborreceptores) e reduz, em paralelo, o fuso muscular (ENOKA; STUART, 1992; JONES; KOPPO; BURNLEY, 2003) que detecta o comprimento das fibras musculares. Essas alterações sensoriais localizadas nos músculos ativos reduzem o *'drive'* motor à estes músculos, reduzindo, dessa forma, a atividade elétrica muscular e, portanto, o valor da RMS (JAMMES; CAQUELARD; BADIER, 1998).

Assim, presume-se, por meio dos resultados encontrados na relação RMS/ VO_2 , que o recrutamento das fibras musculares ocorrerá de acordo com a intensidade imposta pelo exercício físico, não sendo dependente da demanda metabólica prévia na qual o indivíduo se encontrava. A relação RMS/ VO_2 pode sofrer interferência se metabólitos, decorrentes de um exercício prévio, estiverem presentes no músculo que será avaliado.

7.5. LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Este estudo teve como principal limitação o tamanho da amostra, apenas oito voluntários, o que dificulta uma análise estatística mais confiável. Foram recrutados 17 voluntários no total e apenas 12 foram avaliados em ambos os protocolos em função de desistências. Na análise da EMG, quatro voluntários foram excluídos por problemas com a aquisição do sinal e por não completarem os 20 minutos de exercício aeróbio. Assim, restaram apenas oito voluntários para a análise completa.

Outra limitação do estudo foi na análise do sinal eletromiográfico, que poderia ter sido obtido no cicloergômetro com carga igual a 0 W, que serviria como padrão de normalização dos valores da RMS ou pela contração muscular obtida durante um exercício máximo.

8. CONCLUSÕES

O presente estudo permitiu adquirir novas informações acerca dos efeitos do treinamento concorrente, quando o exercício resistido é realizado anteriormente ao exercício aeróbio.

- a) Foi observado que os valores da RMS ao longo do exercício aeróbio foram proporcionais à intensidade do exercício, mantendo-se constantes, independentemente da realização prévia do exercício resistido.
- b) Os valores de VO_2 , de forma semelhante aos valores da RMS, elevaram-se de acordo com a intensidade determinada no exercício aeróbio, na intensidade do AT, no entanto, estes foram mais expressivos quando os voluntários foram submetidos ao protocolo contendo o exercício resistido.
- c) Na análise da relação RMS/VO_2 , foi possível assumir que, mesmo diante de uma demanda metabólica prévia maior, o recrutamento motor foi proporcional à intensidade do AT no exercício, podendo ser explicada pelo aumento mais expressivo do VO_2 e pela formação de metabólitos que podem interferir no sinal eletromiográfico.

Conclui-se que o exercício resistido prévio não interferiu significativamente na atividade neuromuscular no exercício aeróbio, permitindo, assim, a realização do exercício aeróbio após a musculação sem ajustes significativos no recrutamento neuromuscular do indivíduo. Entretanto, é necessário um aumento no tamanho da amostra para comprovar o efeito da musculação na pedalada.

REFERÊNCIAS¹

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS, M. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 41, n. 3, p. 687-708, Mar 2009.

American College of Sports Medicine Position Stand. Exercise and physical activity for older adults. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 30, n. 6, p. 992-1008, Jun 1998.

ARABADZHIEV, T. I.; DIMITROV, V. G.; DIMITROVA, N. A.; DIMITROV, G. V. Interpretation of EMG integral or RMS and estimates of "neuromuscular efficiency" can be misleading in fatiguing contraction. **Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology**, v. 20, n. 2, p. 223-32, Apr 2010.

ARNAUD, S.; ZATTARA-HARTMANN, M. C.; TOMEI, C.; JAMMES, Y. Correlation between muscle metabolism and changes in M-wave and surface electromyogram: dynamic constant load leg exercise in untrained subjects. **Muscle & nerve**, v. 20, n. 9, p. 1197-9, Sep 1997.

BALADY, G. J.; ARENA, R.; SIETSEMA, K.; MYERS, J.; COKE, L.; FLETCHER, G. F.; FORMAN, D.; FRANKLIN, B.; GUAZZI, M.; GULATI, M.; KETHEYAN, S. J.; LAVIE, C. J.; MACKO, R.; MANCINI, D.; MILANI, R. V.; AMERICAN HEART ASSOCIATION EXERCISE, C. R.; PREVENTION COMMITTEE OF THE COUNCIL ON CLINICAL, C.; COUNCIL ON, E.; PREVENTION; COUNCIL ON PERIPHERAL VASCULAR, D.; INTERDISCIPLINARY COUNCIL ON QUALITY OF, C.; OUTCOMES, R. Clinician's Guide to cardiopulmonary exercise testing in adults: a scientific statement from the American Heart Association. **Circulation**, v. 122, n. 2, p. 191-225, Jul 13 2010.

BALL, N.; SCURR, J. An assessment of the reliability and standardisation of tests used to elicit reference muscular actions for electromyographical normalisation. **Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology**, v. 20, n. 1, p. 81-8, Feb 2010.

---

¹ De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6023.

BHAMBHANI, Y.; SINGH, M. Ventilatory thresholds during a graded exercise test. **Respiration; international review of thoracic diseases**, v. 47, n. 2, p. 120-8, 1985.

BIGLAND-RITCHIE, B.; WOODS, J. J. Integrated EMG and oxygen uptake during dynamic contractions of human muscles. **J Appl Physiol**, v. 36, n. 4, p. 475-9, Apr 1974.

BORSHEIM, E.; KNARDAHL, S.; HOSTMARK, A. T.; BAHR, R. Adrenergic control of post-exercise metabolism. **Acta physiologica Scandinavica**, v. 162, n. 3, p. 313-23, Mar 1998.

BROWN, L. E.; WEIR, J. P. Asep Procedures Recommendation I: Accurate Assessment of Muscular Strength And Power. **Journal of Exercise Physiology online**, v. 4, n. 3, 2001.

CAMPANHOLI NETO, J.; CEDIN, L.; DATO, C. C.; BERTUCCI, D. R.; PEREZ, S. E. A.; BALDISSERA, V. A Single Session of Testing for One Repetition Maximum (1RM) with Eight Exercises is Trustworthy. **Journal of Exercise Physiology online**, v. 18, n. 3, p. 81-90, 2015.

CATERISANO, A.; MOSS, R. F.; PELLINGER, T. K.; WOODRUFF, K.; LEWIS, V. C.; BOOTH, W.; KHADRA, T. The effect of back squat depth on the EMG activity of 4 superficial hip and thigh muscles. **Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association**, v. 16, n. 3, p. 428-32, Aug 2002.

CHOWDHURY, R. H.; REAZ, M. B.; ALI, M. A.; BAKAR, A. A.; CHELLAPPAN, K.; CHANG, T. G. Surface electromyography signal processing and classification techniques. **Sensors**, v. 13, n. 9, p. 12431-66, 2013.

CONCEIÇÃO, M.; CADORE, E. L.; GONZALEZ-IZAL, M.; IZQUIERDO, M.; LIEDTKE, G. V.; WILHELM, E. N.; PINTO, R. S.; GOLTZ, F. R.; SCHNEIDER, C. D.; FERRARI, R.; BOTTARO, M.; KRUEL, L. F. Strength training prior to endurance exercise: impact on the neuromuscular system, endurance performance and cardiorespiratory responses. **Journal of human kinetics**, v. 44, p. 171-81, Dec 9 2014.

CREWETHER, B.; KEOGH, J.; CRONIN, J.; COOK, C. Possible stimuli for strength and power adaptation: acute hormonal responses. **Sports medicine**, v. 36, n. 3, p. 215-38, 2006.

DAVIS, J. N.; TUNG, A.; CHAK, S. S.; VENTURA, E. E.; BYRD-WILLIAMS, C. E.; ALEXANDER, K. E.; LANE, C. J.; WEIGENSBERG, M. J.; SPRUIJT-METZ, D.; GORAN, M. I. Aerobic and strength training reduces adiposity in overweight Latina adolescents. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 41, n. 7, p. 1494-503, Jul 2009.

DE LUCA. The use of Surface Electromyography in Biomechanics. **Journal of Applied Biomechanics**, v. 13, p. 135-163, 1997.

DE LUCA; ADAM, A.; WOTIZ, R.; GILMORE, L. D.; NAWAB, S. H. Decomposition of surface EMG signals. **Journal of neurophysiology**, v. 96, n. 3, p. 1646-57, Sep 2006.

DI BLASIO, A.; GEMELLO, E.; DI IORIO, A.; DI GIACINTO, G.; CELSO, T.; DI RENZO, D.; SABLONE, A.; RIPARI, P. Order effects of concurrent endurance and resistance training on post-exercise response of non-trained women. **Journal of sports science & medicine**, v. 11, n. 3, p. 393-9, 2012.

DOLEZAL, B. A.; POTTEIGER, J. A. Concurrent resistance and endurance training influence basal metabolic rate in nondieting individuals. **Journal of applied physiology**, v. 85, n. 2, p. 695-700, Aug 1998.

DRUMMOND, M. J.; VEHR, P. R.; SCHAALJE, G. B.; PARCELL, A. C. Aerobic and resistance exercise sequence affects excess postexercise oxygen consumption. **Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association**, v. 19, n. 2, p. 332-7, May 2005.

ENOKA, R. M.; STUART, D. G. Neurobiology of muscle fatigue. **Journal of applied physiology**, v. 72, n. 5, p. 1631-48, May 1992.

FALVO, M. J.; SCHILLING, B. K.; BLOOMER, R. J.; SMITH, W. A. Repeated bout effect is absent in resistance trained men: an electromyographic analysis. **Journal of**

electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology, v. 19, n. 6, p. e529-35, Dec 2009.

FAUDE, O.; KINDERMANN, W.; MEYER, T. Lactate threshold concepts: how valid are they? **Sports medicine**, v. 39, n. 6, p. 469-90, 2009.

FAULKNER, J. A. Physiology of swimming and diving. In: FALLS, H. (Ed.). **Exercise Physiology**. Baltimore: Academic Press, 1968. p.415-46.

FLETCHER, G. F.; BALADY, G.; FROELICHER, V. F.; HARTLEY, L. H.; HASKELL, W. L.; POLLOCK, M. L. Exercise standards. A statement for healthcare professionals from the American Heart Association. Writing Group. **Circulation**, v. 91, n. 2, p. 580-615, Jan 15 1995.

HERDY, A. H.; UHLENDORF, D. Valores de Referência para o Teste Cardiopulmonar para Homens e Mulheres Sedentários e Ativos. **Arquivo Brasileiro de Cardiologia**, v. 96, n. 7, p. 54-59, 2011.

HERMENS, H. J.; FRERIKS, B.; DISSELHORST-KLUG, C.; RAU, G. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. **Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology**, v. 10, n. 5, p. 361-74, Oct 2000.

HOROWITZ, J. F. Fatty acid mobilization from adipose tissue during exercise. **Trends in endocrinology and metabolism: TEM**, v. 14, n. 8, p. 386-92, Oct 2003.

HUG, F.; DECHERCHI, P.; MARQUESTE, T.; JAMMES, Y. EMG versus oxygen uptake during cycling exercise in trained and untrained subjects. **Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology**, v. 14, n. 2, p. 187-95, Apr 2004.

HUG, F.; DOREL, S. Electromyographic analysis of pedaling: a review. **Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology**, v. 19, n. 2, p. 182-98, Apr 2009.

JAMMES, Y.; CAQUELARD, F.; BADIER, M. Correlation between surface electromyogram, oxygen uptake and blood lactate concentration during dynamic leg exercises. **Respiration physiology**, v. 112, n. 2, p. 167-74, May 1998.

JAMMES, Y.; ZATTARA-HARTMANN, M. C.; CAQUELARD, F.; ARNAUD, S.; TOMEI, C. Electromyographic changes in vastus lateralis during dynamic exercise. **Muscle & nerve**, v. 20, n. 2, p. 247-9, Feb 1997.

JONES, A. M.; KOPPO, K.; BURNLEY, M. Effects of prior exercise on metabolic and gas exchange responses to exercise. **Sports medicine**, v. 33, n. 13, p. 949-71, 2003.

KANG, J.; RASHTI, S. L.; TRANCHINA, C. P.; RATAMESS, N. A.; FAIGENBAUM, A. D.; HOFFMAN, J. R. Effect of preceding resistance exercise on metabolism during subsequent aerobic session. **European journal of applied physiology**, v. 107, n. 1, p. 43-50, Sep 2009.

KINDERMANN, W.; SCHNABEL, A.; SCHMITT, W. M.; BIRO, G.; CASSENS, J.; WEBER, F. Catecholamines, growth hormone, cortisol, insulin, and sex hormones in anaerobic and aerobic exercise. **European journal of applied physiology and occupational physiology**, v. 49, n. 3, p. 389-99, 1982.

KOCH, B.; SCHAPER, C.; ITTERMANN, T.; SPIELHAGEN, T.; DORR, M.; VOLZKE, H.; OPITZ, C. F.; EWERT, R.; GLASER, S. Reference values for cardiopulmonary exercise testing in healthy volunteers: the SHIP study. **The European respiratory journal**, v. 33, n. 2, p. 389-97, Feb 2009.

KONRAD, P. **The ABC of EMG: A Practical Introduction to Kinesiological Electromyography**. Scottsdale, Arizona: Noraxon U.S.A., Inc., 2006. ISBN 0-9771622-1-4.

KRAEMER, W. J.; RATAMESS, N. A. Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 36, n. 4, p. 674-88, Apr 2004.

KRAEMER, W. J.; RATAMESS, N. A. Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. **Sports medicine**, v. 35, n. 4, p. 339-61, 2005.

LAYEC, G.; BRINGARD, A.; LE FUR, Y.; VILMEN, C.; MICALLEF, J. P.; PERREY, S.; COZZONE, P. J.; BENDAHAN, D. Effects of a prior high-intensity knee-extension exercise on muscle recruitment and energy cost: a combined local and global investigation in humans. **Journal of applied physiology**, v. 94, n. 6, p. 704-19, Jun 2009.

LEMOES, A.; SIMAO, R.; POLITO, M.; SALLES, B.; RHEA, M. R.; ALEXANDER, J. The acute influence of two intensities of aerobic exercise on strength training performance in elderly women. **Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association**, v. 23, n. 4, p. 1252-7, Jul 2009.

LINNAMO, V.; NEWTON, R. U.; HAKKINEN, K.; KOMI, P. V.; DAVIE, A.; MCGUIGAN, M.; TRIPLETT-MCBRIDE, T. Neuromuscular responses to explosive and heavy resistance loading. **Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology**, v. 10, n. 6, p. 417-24, Dec 2000.

MONTEIRO, A. G.; ALVENO, D. A.; PRADO, M.; MONTEIRO, G. A.; UGRINOWITSCH, C.; AOKI, M. S.; PICARRO, I. C. Acute physiological responses to different circuit training protocols. **The Journal of sports medicine and physical fitness**, v. 48, n. 4, p. 438-42, Dec 2008.

MORITANI, T.; YOSHITAKE, Y. 1998 ISEK Congress Keynote Lecture: The use of electromyography in applied physiology. International Society of Electrophysiology and Kinesiology. **Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology**, v. 8, n. 6, p. 363-81, Dec 1998.

NAGLE, F. J.; BALKE, B.; NAUGHTON, J. P. Gradational step tests for assessing work capacity. **J Appl Physiol**, v. 20, n. 4, p. 745-8, Jul 1965.

PANISSA, V. L. G. E. A. Exercício Concorrente: Análise do Efeito Agudo da Ordem de Execução Sobre o Gasto Energético Total. **Rev Bras Med Esporte**, v. 15, n. 2, p. 127-131, 2009.

PENG, H. T.; KERNOZEK, T. W.; SONG, C. Y. Muscle activation of vastus medialis obliquus and vastus lateralis during a dynamic leg press exercise with and without isometric hip adduction. **Phys Ther Sport**, v. 14, n. 1, p. 44-9, Feb 2013.

POLLOCK, M. L. E. A. American College of Sports Medicine Position Stand. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 30, n. 6, p. 975-91, Jun 1998.

PULLMAN, S. L.; GOODIN, D. S.; MARQUINEZ, A. I.; TABBAL, S.; RUBIN, M. Clinical utility of surface EMG: report of the therapeutics and technology assessment subcommittee of the American Academy of Neurology. **Neurology**, v. 55, n. 2, p. 171-7, Jul 25 2000.

SAVARD, R.; DESPRES, J. P.; MARCOTTE, M.; THERIAULT, G.; TREMBLAY, A.; BOUCHARD, C. Acute effects of endurance exercise on human adipose tissue metabolism. **Metabolism: clinical and experimental**, v. 36, n. 5, p. 480-5, May 1987.

SCOTT, C. B. Quantifying the immediate recovery energy expenditure of resistance training. **Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association**, v. 25, n. 4, p. 1159-63, Apr 2011.

SERRA, S. [Ergospirometry]. **Arquivos brasileiros de cardiologia**, v. 68, n. 4, p. 301-4, Apr 1997.

SHIMIZU, M.; MYERS, J.; BUCHANAN, N.; WALSH, D.; KRAEMER, M.; MCAULEY, P.; FROELICHER, V. F. The ventilatory threshold: method, protocol, and evaluator agreement. **American heart journal**, v. 122, n. 2, p. 509-16, Aug 1991.

SILLANPAA, E.; LAAKSONEN, D. E.; HAKKINEN, A.; KARAVIRTA, L.; JENSEN, B.; KRAEMER, W. J.; NYMAN, K.; HAKKINEN, K. Body composition, fitness, and metabolic health during strength and endurance training and their combination in middle-aged and older women. **European journal of applied physiology**, v. 106, n. 2, p. 285-96, May 2009.

TAYLOR, A. D.; BRONKS, R. Electromyographic correlates of the transition from aerobic to anaerobic metabolism in treadmill running. **European journal of applied physiology and occupational physiology**, v. 69, n. 6, p. 508-15, 1994.

TEMFEMO, A.; BISHOP, D.; MERZOUK, A.; GAYDA, M.; AHMAIDI, S. Effects of prior exercise on force-velocity test performance and quadriceps EMG. **International journal of sports medicine**, v. 27, n. 3, p. 212-9, Mar 2006.

THOMPSON, D.; KARPE, F.; LAFONTAN, M.; FRAYN, K. Physical activity and exercise in the regulation of human adipose tissue physiology. **Physiological reviews**, v. 92, n. 1, p. 157-91, Jan 2012.

THORNTON, M. K.; POTTEIGER, J. A. Effects of resistance exercise bouts of different intensities but equal work on EPOC. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 34, n. 4, p. 715-22, Apr 2002.

THOROGOOD, A.; MOTTILLO, S.; SHIMONY, A.; FILION, K. B.; JOSEPH, L.; GENEST, J.; PILOTE, L.; POIRIER, P.; SCHIFFRIN, E. L.; EISENBERG, M. J. Isolated aerobic exercise and weight loss: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. **The American journal of medicine**, v. 124, n. 8, p. 747-55, Aug 2011.

UCHIDA, M. C.; CREWETHER, B. T.; UGRINOWITSCH, C.; BACURAU, R. F.; MORISCOT, A. S.; AOKI, M. S. Hormonal responses to different resistance exercise schemes of similar total volume. **Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association**, v. 23, n. 7, p. 2003-8, Oct 2009.

VILACA, J.; BOTTARO, M.; SANTOS, C. Energy expenditure combining strength and aerobic training. **Journal of human kinetics**, v. 29A, p. 21-5, Sep 2011.

VILACXA ALVES, J.; SAAVEDRA, F.; SIMAO, R.; NOVAES, J.; RHEA, M. R.; GREEN, D.; MACHADO REIS, V. Does aerobic and strength exercise sequence in the same session affect the oxygen uptake during and postexercise? **Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association**, v. 26, n. 7, p. 1872-8, Jul 2012.

WASSERMAN, K. Lactate and related acid base and blood gas changes during constant load and graded exercise. **Canadian Medical Association journal**, v. 96, n. 12, p. 775-83, Mar 25 1967.

WASSERMAN, K.; MCILROY, M. B. Detecting the Threshold of Anaerobic Metabolism in Cardiac Patients during Exercise. **The American journal of cardiology**, v. 14, p. 844-52, Dec 1964.

WOOD, R. H.; REYES, R.; WELSCH, M. A.; FAVALORO-SABATIER, J.; SABATIER, M.; MATTHEW LEE, C.; JOHNSON, L. G.; HOOPER, P. F. Concurrent cardiovascular and resistance training in healthy older adults. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 33, n. 10, p. 1751-8, Oct 2001.

ANEXOS

ANEXO A - Figuras

Figura 1. Exercícios *leg press* e puxador frontal da sessão de musculação de alta intensidade

Figura 2. Disposição dos equipamentos de eletromiografia e de análise de gases durante o exercício aeróbio em cicloergômetro.

Figura 3. Analisador de gases VO2000 *Medic Graphics* utilizado durante os testes ergoespiométricos e durante as sessões de exercício resistido e aeróbio.

Figura 4. Eletromiógrafo de superfície de seis canais da EMG System do Brasil® modelo EMG800C.

Figura 5. Eletrodo de superfície bipolares de Ag/AgCl (prata/cloreto de prata) *Miotec*®.

ANEXO B - Aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa - CEP

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SÃO CARLOS/UFSCAR

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

Título da Pesquisa: ANÁLISE DOS PARÂMETROS VENTILATÓRIOS, METABÓLICOS E DEMANDA ENERGÉTICA NO EXERCÍCIO RESISTIDO COM CARACTERÍSTICAS DE HIPERTROFIA E RESISTÊNCIA MUSCULAR COM EXERCÍCIO AERÓBIO

Pesquisador: Vilmar Baldissera

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 20419013.1.0000.5504

Instituição Proponente: Centro de Ciências Biológicas e da Saúde

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DA NOTIFICAÇÃO

Tipo de Notificação: Nova versão TCLE

Detalhe:

Justificativa: Nova versão do TCLE conforme recomendado no parecer 370.614.

Data do Envio: 01/10/2013

Situação da Notificação: Parecer Consubstanciado Emitido

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 434.096

Data da Relatoria: 15/10/2013

Apresentação da Notificação:

Como resumo, podemos pegar o desenho do projeto: O presente estudo tem como objetivo investigar a demanda energética entre duas sessões de treinamento resistido (musculação) com características de hipertrofia e resistência muscular com exercício aeróbico subsequente. Identificar a influência da intensidade sobre o programa de treinamento que tem como intuito proporcionar maior gasto energético e consequentemente redução de peso gordo, que será fundamental na manutenção da saúde e rendimento físico de praticantes de atividades físicas. A mensuração da demanda energética será realizada por análise da troca de gases, sinais eletromiográficos, hormonal e pela lactacidemia durante duas sessões de musculação. Contará com 20 indivíduos do sexo masculino com mais de três meses de prática em

Endereço: WASHINGTON LUIZ KM 235

Bairro: JARDIM GUANABARA

UF: SP

Município: SÃO CARLOS

CEP: 13.565-905

Telefone: (16)3351-9683

E-mail: cephumanos@ufscar.br

Continuação do Parecer: 434.096

musculação, familiarizados com os exercícios convencionais de academias. Idade de 18 a 35 anos, saudáveis sem diagnósticos de doenças que impossibilitem a prática de atividade física. O estudo será realizado no Laboratório de Fisiologia do Exercício do Departamento de Ciências Fisiológicas da Universidade Federal de São Carlos - UFSCar. Espera-se encontrar uma intensidade de exercício resistido de musculação que possa promover maior demanda energética, explicada pelas respostas ventilatórias, metabólicas, hormonais e alterações sobre os sinais eletromiográficos no exercício aeróbio subsequente.

Objetivo da Notificação:

Inicialmente, serão coletados dados antropométricos: massa corporal, estatura, dobras cutâneas e circunferências caracterizarão a amostra. No decorrer dos protocolos a medida da pressão arterial (PA) e frequência cardíaca constituirão a avaliação cardiovascular. Os testes de VO₂max e lactacidemia fornecerão os dados para discussão e conclusão do trabalho.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

2. Riscos e desconfortos inerentes

Os voluntários, por possuírem experiência na execução dos exercícios convencionais de academia e em esteira rolante reduzem a possibilidade de riscos. Os possíveis desconfortos podem surgir na coleta do teste de lactacidemia de amostras sanguíneas do lóbulo da orelha, previamente descrita ao voluntário.

4. Benefícios a serem esperados

Os resultados obtidos nos testes podem colaborar na orientação dos profissionais envolvidos na elaboração dos programas de treinamento em busca de resultados específicos relacionados à demanda energética, ordem dos exercícios e forma de métodos a serem aplicados.

Comentários e Considerações sobre a Notificação:

Projeto adequado para execução.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Corretos.

Recomendações:

Denecessárias.

Endereço: WASHINGTON LUIZ KM 235

Bairro: JARDIM GUANABARA

UF: SP

Município: SAO CARLOS

CEP: 13.565-905

Telefone: (16)3351-9683

E-mail: cephumanos@ufscar.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SÃO CARLOS/UFSCAR

Continuação do Parecer: 434.096

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Aprovado.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

SAO CARLOS, 23 de Outubro de 2013

Assinador por:
Roquelaine Batista dos Santos
(Coordenador)

ANEXO C - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE

Você está sendo convidado para participar da pesquisa ANÁLISE DOS PARÂMETROS VENTILATÓRIOS, METABÓLICOS E DEMANDA ENERGÉTICA NO EXERCÍCIO RESISTIDO COM CARACTERÍSTICAS DE HIPERTROFIA E RESISTÊNCIA MUSCULAR COM EXERCÍCIO AERÓBIO SUBSEQUENTE.

1. Finalidade e execução do teste

Inicialmente, serão coletados dados antropométricos: massa corporal, estatura, dobras cutâneas e circunferências caracterizarão a amostra. No decorrer dos protocolos a medida da pressão arterial (PA) e frequência cardíaca constituirão a avaliação cardiovascular. Os testes de VO_{2max} e lactacidemia fornecerão os dados para discussão e conclusão do trabalho.

2. Riscos e desconfortos inerentes

Os voluntários, por possuírem experiência na execução dos exercícios convencionais de academia e em esteira rolante reduzem a possibilidade de riscos. Os possíveis desconfortos podem surgir na coleta do teste de lactacidemia de amostras sanguíneas do lóbulo da orelha, previamente descrita ao voluntário.

3. Responsabilidades do participante

A informação que o voluntário possui sobre a forma correta de execução do teste é suficiente para assegurar o voluntário quanto aos possíveis desconfortos.

4. Benefícios a serem esperados

Os resultados obtidos nos testes podem colaborar na orientação dos profissionais envolvidos na elaboração dos programas de treinamento em busca de resultados específicos relacionados à demanda energética, ordem dos exercícios e forma de métodos a serem aplicados.

5. Indagações

São encorajadas todas as perguntas acerca dos procedimentos usados nos protocolos ou dos resultados para que o voluntário esteja totalmente ciente e livre de quaisquer preocupações ou dúvidas.

6. Uso dos dados coletados

Os resultados obtidos durante os protocolos serão tratados como privilegiados e confidenciais. Não serão liberados e nem revelados a qualquer pessoa. A informação obtida, porém, pode ser usado para a análise estatística ou com finalidades científicas com o devido respeito pela privacidade do voluntário.

7. Liberdade do consentimento

Concordo voluntariamente em participar dos protocolos a fim de colaborar com a sociedade científica. Minha permissão em realizar este protocolo de treinamento é dada voluntariamente. Compreendo que tenho o direito de interromper minha participação em qualquer ponto, se assim o desejar.

8. Você receberá uma cópia deste termo onde consta o telefone e o endereço do pesquisador principal, podendo tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento.

DECLARAÇÃO

Li este formulário e compreendo os procedimentos do teste a que irei me submeter e os riscos e desconfortos inerentes. Conhecendo esses riscos e desconfortos tendo tido a oportunidade de formular questões que me foram respondidas satisfatoriamente, consinto em participar deste teste.

O pesquisador me informou que o projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da UFSCar, sob parecer nº 370.614, que funciona na Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade Federal de São Carlos, localizada na Rodovia Washington Luiz, Km. 235 - Caixa Postal 676 - CEP 13.565-905 - São Carlos - SP – Brasil. Fone (16) 3351-8110. Endereço eletrônico: cephumanos@power.ufscar.br.

São Carlos, ____/____/____

_____
Assinatura do avaliado

_____
Assinatura do administrador do teste

_____
Assinatura do professor responsável

Pesquisador Responsável: Prof. Dr. Vilmar Baldissera, Rua Bernardino Fernandes Nunes, 1707, Cidade Jardim, São Carlos/SP, (16) 3361-2814.

ANEXO D - PAR Q* Physical Activity Readiness Questionnaire

Este questionário tem objetivo de identificar a necessidade de avaliação clínica antes do início da atividade física. Caso você marque mais de um sim, é aconselhável a realização da avaliação clínica. Contudo, qualquer pessoa pode participar de uma atividade física de esforço moderado, respeitando as restrições médicas. Por favor, assinale “sim” ou “não” as seguintes perguntas:

- 1) Alguma vez seu médico disse que você possui algum problema de coração e recomendou que você só praticasse atividade física sob prescrição médica?
☐ sim   ☐ não
- 2) Você sente dor no peito causada pela prática de atividade física?
☐ sim   ☐ não
- 3) Você sentiu dor no peito no último mês?   ☐ sim   ☐ não
- 4) Você tende a perder a consciência ou cair como resultado do treinamento?
☐ sim   ☐ não
- 5) Você tem algum problema ósseo ou muscular que poderia ser agravado com a prática de atividades físicas?
☐ sim   ☐ não
- 6) Seu médico já recomendou o uso de medicamentos para controle de sua pressão arterial ou condição cardiovascular?
☐ sim   ☐ não
- 7) Você tem consciência, através de sua própria experiência e/ou de aconselhamento médico, de alguma outra razão física que impeça a realização de atividades físicas?
☐ sim   ☐ não

Gostaria de comentar algum outro problema de saúde seja de ordem física ou psicológica que impeça a sua participação na atividade proposta?

Declaração de Responsabilidade

Estou ciente das propostas do Projeto Gasto Calórico e assumo a veracidade das informações prestadas no questionário “PAR Q” e afirmo estar liberado pelo meu médico para participação na atividade citada acima.

Nome: _____

_____
Data

_____
Assinatura

ANEXO E - Média dos valores da RMS (em μV) dos momentos 't2', 't3', 't4', 't5', 't6' e 't7' de análise do traçado eletromiográfico para os três músculos estudados (reto femoral, vasto medial e vasto lateral) dos oito voluntários obtidos nos Protocolos A e M+A.

Momento 't2'						
Voluntários	RF		VM		VL	
	A	M+A	A	M+A	A	M+A
I	75,28	73,44	178,69	191,76	150,17	130,72
II	91,42	68,83	128,41	118,57	135,62	135,16
III	61,27	73,20	169,66	116,56	132,47	118,90
IV	42,80	56,35	123,60	96,34	109,84	124,27
V	82,92	65,58	117,10	112,38	151,35	172,49
VI	44,24	43,11	188,54	177,22	135,79	124,89
VII	50,66	41,13	113,69	112,95	55,14	50,68
VIII	24,44	31,57	70,94	96,95	73,94	82,85
Média $\pm$ DP	59,13 $\pm$	56,65 $\pm$	136,33 $\pm$	127,84 $\pm$	118,04 $\pm$	117,50 $\pm$
	22,8	16,2	39,7	36,14	35,7	36,41

RF: reto femoral; VM: vasto medial; VL: vasto lateral; DP: desvio padrão. Sem diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$) entre os protocolos.

Momento 't3'

Voluntários	RF		VM		VL	
	A	M+A	A	M+A	A	M+A
I	68,12	69,22	185,77	184,85	148,79	124,50
II	93,95	59,43	132,02	109,84	132,39	125,48
III	74,43	82,78	167,44	129,11	144,87	132,35
IV	41,08	50,02	121,02	95,35	114,03	127,73
V	69,90	68,37	128,91	137,45	156,23	202,88
VI	43,86	50,41	191,41	140,69	144,64	119,22
VII	51,94	43,85	121,27	114,29	56,94	50,68
VIII	25,23	33,66	81,02	93,07	80,82	81,20
Média ± DP	58,56 ±	57,22 ±	141,11 ±	125,58 ±	122,34 ±	120,51 ±
	22,0	15,8	37,5	29,9	35,9	43,8

RF: reto femoral; VM: vasto medial; VL: vasto lateral; DP: desvio padrão. Sem diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$) entre os protocolos.

Momento 't4'

Voluntários	RF		VM		VL	
	A	M+A	A	M+A	A	M+A
I	42,75	75,37	174,90	197,30	139,21	143,96
II	89,53	67,61	140,30	129,73	91,03	143,88
III	52,28	82,78	157,53	129,11	128,98	132,35
IV	38,33	47,52	136,12	89,29	119,37	123,60
V	76,01	68,71	141,44	136,37	190,05	212,28
VI	49,23	47,46	190,77	182,08	143,47	143,89
VII	53,88	42,40	117,77	112,08	58,35	47,94
VIII	24,89	30,88	72,86	99,00	70,13	83,38
Média ± DP	53,36 ±	57,84 ±	141,46 ±	134,37 ±	117,57 ±	128,91 ±
	20,7	18,2	36,1	37,9	43,1	48,2

RF: reto femoral; VM: vasto medial; VL: vasto lateral; DP: desvio padrão. Sem diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$) entre os protocolos.

Momento 't5'

Voluntários	RF		VM		VL	
	A	M+A	A	M+A	A	M+A
I	54,45	55,74	191,89	183,29	159,89	104,60
II	80,36	67,08	132,35	121,45	92,98	143,94
III	87,48	64,52	176,15	112,19	160,50	114,17
IV	47,61	47,52	132,19	89,29	117,35	123,60
V	88,91	70,74	144,20	136,17	189,42	221,12
VI	48,65	49,69	182,53	169,60	139,66	149,92
VII	48,58	43,61	112,73	91,43	55,85	47,96
VIII	25,03	29,65	85,08	92,91	85,40	77,66
Média ± DP	60,14 ± 22,9	53,57 ± 13,8	144,64* ± 36,9	124,54 ± 36,1	125,13 ± 45,2	122,87 ± 51,9

RF: reto femoral; VM: vasto medial; VL: vasto lateral; DP: desvio padrão. *Diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre os protocolos.

Momento 't6'

Voluntários	RF		VM		VL	
	A	M+A	A	M+A	A	M+A
I	46,55	64,36	199,35	182,03	155,69	100,83
II	73,10	72,11	130,36	121,41	80,72	134,74
III	77,95	71,89	161,41	111,53	141,26	113,24
IV	48,46	44,64	147,41	85,24	131,49	113,93
V	90,51	87,93	151,58	145,20	196,19	260,67
VI	50,22	51,13	186,59	160,14	142,85	125,55
VII	50,72	43,80	114,35	90,23	53,68	49,51
VIII	25,80	30,58	85,43	98,58	87,84	81,28
Média ± DP	57,91 ± 20,9	58,30 ± 18,9	147,06* ± 37,2	124,29 ± 35,0	123,71 ± 46,4	122,47 ± 62,0

RF: reto femoral; VM: vasto medial; VL: vasto lateral; DP: desvio padrão. *Diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre os protocolos.

Momento 't7'

Voluntários	RF		VM		VL	
	A	M+A	A	M+A	A	M+A
I	62,21	58,55	202,92	182,31	166,77	95,31
II	75,09	70,71	128,90	119,75	81,19	137,37
III	83,22	66,49	167,29	114,23	144,77	117,34
IV	47,40	52,60	141,29	101,33	128,59	132,59
V	104,56	72,16	135,01	140,67	150,26	238,30
VI	46,52	52,59	175,98	155,93	135,94	136,57
VII	51,58	43,96	115,78	90,46	55,83	48,59
VIII	24,74	31,46	84,53	101,21	85,27	87,80
Média ± DP	61,91 ±	56,06 ±	143,96 ±	125,74 ±	118,58 ±	124,23 ±
	25,0	14,0	37,2	31,5	39,4	55,2

RF: reto femoral; VM: vasto medial; VL: vasto lateral; DP: desvio padrão. Sem diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$) entre os protocolos.

ANEXO F - Valores de VO₂, relativo ao peso [expressos em ml(kg.min)⁻¹], ao longo do exercício aeróbio dos voluntários, apresentados em valores médios para cada momento analisado.

	t1		t2		t3		t4		t5		t6		t7	
	A	M+A	A	M+A	A	M+A	A	M+A	A	M+A	A	M+A	A	M+A
I	30,26	33,36	31,88	37,83	33,32	38,47	33,26	39,57	36,47	39,44	34,83	41,98	36,68	41,29
II	40,88	40,65	42,46	44,74	44,78	43,13	43,32	46,63	45,11	47,60	44,96	45,73	43,17	50,46
III	28,58	31,23	30,23	33,61	31,73	37,05	31,75	37,41	31,78	38,10	31,94	39,05	33,28	38,85
IV	28,10	28,62	27,37	36,48	30,01	39,85	31,28	39,10	32,04	37,83	32,88	36,04	30,53	37,09
V	26,42	27,87	27,85	28,74	29,34	29,99	28,17	29,31	28,61	31,50	30,34	29,22	28,97	31,02
VI	27,24	29,68	31,00	32,41	32,29	33,52	31,87	33,56	32,23	36,34	34,08	37,82	32,04	36,20
VII	15,10	14,73	16,10	15,23	16,89	15,73	16,03	16,49	16,92	16,16	16,78	15,02	16,14	15,78
VIII	19,22	24,26	20,02	24,28	19,99	25,55	19,97	25,03	20,44	27,30	19,95	26,83	20,08	27,11
Mé-														
dia	26,97	28,80*	28,36	31,66*	29,79	32,91	29,45	33,39**	30,45	34,28**	30,72	33,96*	30,11	34,72**
±	± 7,6	± 7,4	± 7,9	± 9,0	± 8,5	± 8,9	± 8,4	± 9,5	± 8,8	± 9,4	± 8,8	± 9,8	± 8,6	± 10,3
DP														

DP: Desvio padrão; A: Protocolo A; M+A: Protocolo M+A. Diferença estatisticamente significativa (* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$) entre os protocolos.

ANEXO G - Valores da relação RMS/VO₂ (expressos em $\mu\text{V.kg.min.ml}^{-1}$) para os momentos analisados do exercício aeróbio e para os três músculos estudados dos oito voluntários.

Reto Femoral

	t1		t2		t3		t4		t5		t6		t7	
	A	M+A	A	M+A	A	M+A	A	M+A	A	M+A	A	M+A	A	M+A
I	2,16	2,03	2,36	1,94	2,04	1,79	1,28	1,90	1,49	1,41	1,33	1,53	1,69	1,41
II	2,32	1,86	2,15	1,54	2,10	1,38	2,07	1,45	1,78	1,41	1,62	1,58	1,74	1,40
III	2,03	2,24	2,03	2,18	2,34	2,23	1,65	2,27	2,75	1,69	2,44	1,84	2,50	1,71
IV	1,58	2,51	1,56	1,54	1,37	1,25	1,22	1,21	1,48	1,22	1,47	1,24	1,55	1,42
V	3,51	2,48	2,98	2,28	2,38	2,28	2,90	2,34	3,11	2,25	2,98	3,01	3,61	2,32
VI	1,49	1,96	1,42	1,33	1,35	1,50	1,54	1,41	1,51	1,37	1,47	1,35	1,45	1,45
VII	3,84	3,02	3,15	2,70	3,07	2,79	3,36	2,57	2,87	2,70	3,02	2,91	3,18	2,78
VIII	1,28	1,24	1,22	1,30	1,26	1,31	1,25	1,23	1,22	1,09	1,29	1,14	1,23	1,16
Mé-														
dia	2,27	2,16	2,10	1,85	1,99	1,82	1,91	1,80	2,03	1,64*	1,95	1,82	2,12	1,71*
±	± 0,9	± 0,5	± 0,7	± 0,5	± 0,6	± 0,6	± 0,8	± 0,5	± 0,7	± 0,5	± 0,7	± 0,7	± 0,9	± 0,5
DP														

DP: Desvio padrão, A: Protocolo A; M+A: Protocolo M+A. Diferença estatisticamente significativa (* $p < 0,05$) entre os protocolos.

Vasto Medial

	t1		t2		t3		t4		t5		t6		t7	
	A	M+A	A	M+A	A	M+A	A	M+A	A	M+A	A	M+A	A	M+A
I	5,96	5,22	5,6	5,07	5,57	4,8	5,25	4,99	5,26	4,65	5,72	4,34	5,53	4,41
II	3,43	3,11	3,02	2,65	2,95	2,55	3,24	2,78	2,93	2,55	2,90	2,65	2,95	2,37
III	4,93	3,95	5,61	3,47	5,28	3,48	4,96	3,12	4,54	2,94	5,05	2,85	5,03	2,94
IV	4,06	3,58	4,51	2,64	4,03	2,39	4,35	2,28	4,12	2,39	4,48	2,36	4,62	2,73
V	4,81	4,57	4,20	3,91	4,39	4,58	5,02	4,65	5,04	4,32	5,00	4,97	4,66	4,53
VI	7,42	6,37	6,08	5,47	5,93	4,20	5,98	5,42	5,66	4,67	5,47	4,23	5,49	4,30
VII	7,64	7,94	7,06	7,41	7,18	7,26	7,34	6,80	6,67	5,65	6,81	6,00	7,17	5,73
VIII	4,17	3,93	2,54	3,99	4,05	3,64	3,65	3,95	4,16	3,40	4,28	3,67	4,21	3,73
Mé-														
dia	5,30 ±	4,83* ±	4,83 ±	4,33 ±	4,92 ±	4,11* ±	4,97 ±	4,25* ±	4,80 ±	3,82**	4,96 ±	3,88**	4,96 ±	3,84**
±	1,6	1,6	1,5	1,6	1,3	1,5	1,3	1,5	1,1	± 1,2	1,1	± 1,2	1,2	± 1,1
DP														

DP: Desvio padrão, A: Protocolo A; M+A: Protocolo M+A. Diferença estatisticamente significativa (* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$) entre os protocolos.

Vasto Lateral

	t1		t2		t3		t4		t5		t6		t7	
	A	M+A	A	M+A	A	M+A	A	M+A	A	M+A	A	M+A	A	M+A
I	5,03	3,95	4,71	3,45	4,46	3,24	4,18	3,64	4,38	2,65	4,47	2,4	4,55	2,31
II	3,42	3,47	3,19	3,02	2,96	2,9	2,1	3,08	2,06	3,02	1,79	2,95	1,88	2,72
III	3,78	3,59	4,38	3,53	4,56	3,57	4,06	3,26	5,05	2,99	4,42	2,9	4,35	3,02
IV	3,81	4,93	4,01	3,4	3,8	3,2	3,81	3,16	3,66	3,02	4	3,16	4,21	3,57
V	6,14	6,76	5,43	6	5,32	6,76	6,74	7,24	6,62	7,02	6,46	8,92	5,19	7,68
VI	5,02	4,47	4,38	3,85	4,48	3,56	4,5	4,29	4,33	4,12	4,19	3,32	4,24	3,77
VII	3,73	3,54	3,42	3,33	3,37	3,22	3,64	2,91	3,3	2,97	3,2	3,29	3,46	3,08
VIII	3,91	2,93	3,67	3,41	4,04	3,18	3,51	3,33	4,18	2,84	4,4	3,03	4,24	3,24
Mé-														
dia	4,35 ±	4,20 ±	4,15 ±	3,75 ±	4,12 ±	3,70 ±	4,07 ±	3,86 ±	4,20 ±	3,58 ±	4,12 ±	3,75 ±	4,01 ±	3,67 ±
±	0,9	1,2	0,7	0,9	0,7	1,2	1,3	1,4	1,3	1,4	1,3	2,1	1,0	1,7
DP														

DP: Desvio padrão, A: Protocolo A; M+A: Protocolo M+A. Sem diferença estatisticamente significativa ($p > 0,05$) entre os protocolos.