

---

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA MOTRICIDADE**


---

**EFEITOS DA PÓS ATIVAÇÃO NEUROMUSCULAR INDUZIDA POR  
SALTOS NA CAPACIDADE ANAERÓBIA EM CICLO ERGÔMETRO**

**RODRIGO DE ARAUJO BONETTI DE POLI**

**Agosto – 2018**

**Bauru - SP**



---

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA MOTRICIDADE**

---

**DISSERTAÇÃO**

**EFEITOS DA PÓS ATIVAÇÃO NEUROMUSCULAR INDUZIDA POR  
SALTOS NA CAPACIDADE ANAERÓBIA EM CICLO ERGÔMETRO**

**RODRIGO DE ARAUJO BONETTI DE POLI  
PROF. DR. ALESSANDRO MOURA ZAGATTO**

Dissertação apresentada a Faculdade de Ciências do Campus de Bauru, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências da Motricidade

**Agosto – 2018**

**Bauru - SP**

de Poli, Rodrigo de Araujo Bonetti.

Efeitos da pós ativação neuromuscular induzida por saltos na capacidade anaeróbia em ciclo ergômetro/  
Rodrigo de Araujo Bonetti de Poli, 2018  
94 f.: il.

Orientador: Alessandro Moura Zagatto

Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 2018

1. Potenciação pós ativação. 2. Desempenho. 3. Capacidade anaeróbia. 4. Fadiga. I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências. II. Título.

**ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE RODRIGO DE ARAUJO BONETTI DE POLI, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA MOTRICIDADE, DA FACULDADE DE CIÊNCIAS - CÂMPUS DE BAURU.**

Aos 20 dias do mês de agosto do ano de 2018, às 09:00 horas, no(a) Anfiteatro da Pós-Graduação da Faculdade de Ciências - UNESP/Bauru, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. ALESSANDRO MOURA ZAGATTO - Orientador(a) do(a) Departamento de Educação Física / Faculdade de Ciências de Bauru - SP, Prof. Dr. DANIEL ALEXANDRE BOULLOSA do(a) . / Universidade Católica de Brasília, Prof. Dr. CLAUDIO ALEXANDRE GOBATTO do(a) . / UNICAMP - Faculdade de Ciências Aplicadas de Limeira - SP, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de RODRIGO DE ARAUJO BONETTI DE POLI, intitulada **Efeitos da pós-ativação neuromuscular induzida por saltos na capacidade anaeróbia em cicloergômetro..** Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: \_\_\_

Aprovado \_\_\_ . Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.



Prof. Dr. ALESSANDRO MOURA ZAGATTO



Prof. Dr. DANIEL ALEXANDRE BOULLOSA



Prof. Dr. CLAUDIO ALEXANDRE GOBATTO

**A presente dissertação de mestrado foi realizada com o apoio financeiro da  
Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo**



**Processo 2016/17836-2**

## **Agradecimento**

Inicialmente gostaria de agradecer meus pais, Cristina e Alessandro, e avós Clélia e Raeder por toda a educação, amor, carinho e confiança que depositam em mim, sem eles com certeza seria impossível chegar até aqui. Até porque se não fosse a convivência com meu avô Raeder, provavelmente não teria esse amor ao esporte.

Ao orientador e parceiro, professor Alessandro Zagatto por ter confiado em mim durante esses 4 anos de parceria (2 anos de IC e 2 de mestrado) e também por ter agregado muito não só na minha “vida acadêmica”, mas também na “vida pessoal”. De todo coração, muito obrigado.

Aos meus “irmãos” de laboratório, Gabriel, Fábio, Claus, Yago, Vithor, Elvis, sem vocês esse projeto não teria saído do papel. Além disso, sempre nos piores momentos vocês estavam lá para me fazer rir. E aqueles que já saíram do laboratório também meu muito obrigado, principalmente ao Willian que me ensinou muito durante a minha IC.

Ao professor Fábio Barbieri que em todo o processo de mestrado foi um amigo e me ajudou muito a compreender melhor as variáveis biomecânicas.

A minha namorada Laura, que sempre está do meu lado nos melhores e piores momentos, você realmente faz muita diferença em minha vida.

A toda família Mauad, vocês são a minha segunda família e sempre estiveram do meu lado por todo esse tempo. Também aos amigos Luiz Taja, Luiz Paulo e GB pela força e amizade.

## RESUMO

O objetivo do presente estudo foi investigar os efeitos da potenciação pós ativação (PAP) induzida por *drop jumps* no tempo até a exaustão a 115% da intensidade associada ao consumo máximo de oxigênio ( $\dot{V}O_{2max}$ ) em ciclo ergômetro, em aspectos neuromusculares da fadiga (central e periférica) e sobre as vias metabólicas não oxidativas (capacidade anaeróbia, via glicolítica e dos fosfagênios). Para isso, o projeto foi dividido em dois estudos independentes. No Estudo A, 14 ciclistas recreacionais do sexo masculino ( $34 \pm 4$  anos) foram submetidos a 5 sessões de avaliações. Na primeira sessão realizaram teste incremental até exaustão (TInc), na segunda e terceira avaliações realizaram familiarização ao esforço supramáximo a 115% da  $\dot{V}O_{2max}$ , enquanto que na quarta e quinta sessões os participantes realizaram de maneira randomizada o esforço supramáximo a 115% da  $\dot{V}O_{2max}$  com e sem PAP (controle). Como esforço indutor da PAP, foram realizados 5 *drop jumps* (15s de intervalo entre eles) antes do esforço supramáximo. Nas sessões 4 e 5, a fadiga neuromuscular foi avaliada por meio de contrações voluntárias máximas (CVM) de extensão do joelho e estimulação elétrica periférica (PNS) realizadas antes e após o esforço supramáximo. Além disso, a eletromiografia de superfície foi realizada durante o esforço supramáximo para mensuração da *roots mean square* (EMG<sub>RMS</sub>) e a frequência mediana (EMG<sub>FM</sub>) e analisadas de forma estratificada a cada 25% de tempo total de esforço (0-25%, 25-50%, 50-75% e 75-100%). No Estudo B, 16 ciclistas recreacionais do sexo masculino ( $33 \pm 6$  anos) realizaram desenho experimental semelhante ao estudo A, entretanto na quarta e quinta sessões, as contribuições dos sistemas metabólicos foram mensuradas pelo componente rápido do excesso de consumo de oxigênio pós exercício (EPOC) (via dos fosfagênios) e pelo delta de lactato (via glicolítica), assumindo a soma das contribuições dessas vias como capacidade anaeróbia ( $AC_{[La-]+EPOCrápido}$ ), além disso a capacidade anaeróbia também foi mensurada pelo déficit máximo de oxigênio acumulado. Como resultados, no estudo A foi verificada uma melhora significativa de desempenho no esforço supramáximo após a realização da PAP ( $p=0,02$ ;  $\Delta\%=+9,85\%$ ). Ambas condições (controle e PAP) apresentaram quedas significativas na força pico medidas durante a CVM e na força evocada pelo estímulo elétrico duplo na musculatura em repouso ( $p<0,01$  e  $p<0,01$ , respectivamente) quando comparado o momento pré e pós esforço,

indicando uma fadiga periférica causada pelo esforço. Entretanto não houve interação entre as condições ( $F=4,19$ ;  $p=0,06$  e  $F=3,03$ ;  $p=0,09$ , respectivamente). A  $EMG_{RMS}$  e a  $EMG_{FM}$  do último quarto de esforço (75-100%) foi significativamente maior que os momentos 0-25%, 25-50%, 50-75%, para ambas as condições ( $p<0,02$ ), entretanto não houve interação entre grupos ( $p<0,05$ ). No Estudo B o desempenho no esforço supramáximo foi significativamente maior na condição PAP ( $p=0,05$ ;  $\Delta\%=+7,44\%$ ). A contribuição glicolítica e a capacidade anaeróbia mensurada pelo  $AC_{[La-]+EPOCrápido}$  foram maiores após a PAP ( $p=0,002$ ;  $\Delta\%= +9,09\%$  e  $p=0,04$ ;  $\Delta\%= +7,75\%$ , respectivamente), entretanto, a contribuição dos fosfagênios não apresentou diferenças significativas entre condições ( $p=0,35$ ). Portanto, a PAP foi efetiva em melhorar o desempenho em um esforço supramáximo em ciclo ergômetro, tendo sua melhora acompanhada por um aumento da participação glicolítica e da capacidade anaeróbia, além de causar uma “preservação” do aparato neuromuscular durante o esforço para o vasto lateral e o glúteo máximo.

**Palavras chave:** Potenciação Pós Ativação; Desempenho; Fadiga; Capacidade Anaeróbia.



## ABSTRACT

The aim of the present study was investigating the effects of post activation potentiation (PAP) induced by drop jumps in performance during a supramaximal effort at 115% of the intensity associated with maximal oxygen uptake ( $\dot{V}O_{2max}$ ) on a cycle ergometer, also investigating the influence of PAP on neuromuscular fatigue (central and peripheral) and, on the non-oxidative metabolic pathways (anaerobic capacity, glycolytic pathway and phosphagen). Therefore, the project was divided in two independent studies. In Study A, 14 recreational male cyclists ( $34 \pm 4$  years) underwent 5 sessions of evaluations, in the first session they performed a graded exercise test (GXT), in the second and third evaluations they performed familiarization to the supramaximal effort to 115% of the  $\dot{V}O_{2max}$ . In the fourth and fifth sessions, the participants randomly performed the supramaximal effort at 115% of the  $\dot{V}O_{2max}$  with PAP and without PAP (control). To induce PAP, the volunteers performed 5 drop jumps (15s interval between them) 2 minutes before the supramaximal effort. In sessions 4 and 5, neuromuscular fatigue was assessed by maximal voluntary contractions (CVM) of knee extension with peripheral electrical stimulation (SNP) performed before and after the supramaximal effort. In addition, surface electromyography was performed during the supramaximal effort to measure root mean square ( $EMG_{RMS}$ ) and the median frequency ( $EMG_{FM}$ ) for every 25% of total effort time (0-25%, 25-50%, 50-75% and 75-100% %). In Study B, 14 male recreational cyclists ( $33 \pm 6$  years) performed experimental design similar to study A, however in the fourth and fifth session, the contributions of the non-oxidative metabolic systems were measured by the fast component of the excess post-exercise oxygen consumption (EPOC) and the lactate delta (glycolytic pathway), assuming the sum of the contributions of these pathways as anaerobic capacity ( $AC_{[La^-]} + EPOC_{fast}$ ). In addition, the anaerobic capacity was also measured by the maximum accumulated oxygen deficit (MAOD). In study A, an improvement in the supramaximal effort was observed after PAP ( $p=0.02$ ,  $\Delta\%=+9.85\%$ ). Both conditions (control and PAP) showed significant decrease in the peak force measured during the CVM and in the force evoked by the double electric stimulus in the resting muscles ( $p<0.01$  and  $p <0.01$ , respectively) when compared to the pre and post moments, indicating peripheral fatigue caused by the supramaximal effort. However, there was no interaction between the conditions ( $F=4.19$ ,  $p=0.06$  and

F=3.03,  $p=0.09$ , respectively). The  $EMG_{RMS}$  and  $EMG_{FM}$  of the last quarter of effort (75-100%) was significantly higher than the 0-25%, 25-50%, 50-75%, moments for both conditions ( $p < 0.02$ ), however there was no interaction between groups ( $p < 0.05$ ). In Study B, performance on supramaximal effort was significantly higher in the PAP condition ( $p=0.05$ ,  $\Delta\%=+7.44\%$ ). The glycolytic contribution and the anaerobic capacity measured by  $AC_{[La^-] + EPOC_{fast}}$  was higher after PAP ( $p=0,002$ ;  $\Delta\%= +9,09\%$  e  $p=0,04$ ;  $\Delta\%= +7,75\%$ , respectively), however, the contribution of the phosphagen pathway did not show significant differences between conditions ( $p = 0.35$ ). Therefore, the PAP was effective in improving the performance in a supramáximo effort in cycle ergometer, having its improvement accompanied by an increase in the glycolytic participation and in anaerobic capacity, in addition to causing a "preservation" of the neuromuscular apparatus during the effort for the vastus lateralis and gluteus maximus.

**Key words:** Post activation potentiation; Performance; Fatigue; Anaerobic Capacity.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Representação esquemática do mecanismo proposto para o efeito da fosforilação da cadeia leve reguladora de miosina em músculo estriado de mamífero. (Adaptado de Sweeney; Bowman; Stull, 1993) .....	24
<b>Figura 2</b> – Modelo hipotético da relação entre potenciação, fadiga e desempenho (adaptado de Sale, 2002).....	28
<b>Figura 3</b> – Fluxograma do recrutamento de participantes e progressão de cada estágio do estudo. ....	411
<b>Figura 4</b> - Desenho experimental do estudo A. Ergo = Ergoespirometria.; CSV= Coleta sanguínea venosa; PNS = estimulação elétrica neural (do inglês Peripheral Neural Stimulation); EMG = eletromiografia de superfície .....	43
<b>Figura 5</b> - Desenho experimental estudo B. EPOC =Consumo em excesso de oxigênio após exercício (do inglês, Excess post-oxygen consumption); DJ = Drop Jump .....	45
<b>Figura 6</b> – Cadeira para realização das CVMs.....	49
<b>Figura 7</b> - Resposta de força obtidas em uma contração isométrica máxima de extensão de joelho e durante a aplicação dos estímulos elétricos.....	51
<b>Figura 8</b> – Determinação do $E_{PCr}$ pelo ajuste bi exponencial na fase rápida do EPOC. $\dot{V}O_2$ – consumo de oxigênio captado; t – tempo; $\dot{V}O_{2basal}$ - oxigênio captado após 10 minutos de repouso; A - amplitude; $\delta$ - é o atraso do tempo; $\tau$ é a constante de tempo.....	54
<b>Figura 9</b> – (A) Comparação entre o tempo até a exaustão ( $t_{lim}$ ) da situação controle e potenciação pós ativação (PAP). (B) Resposta individual da menor alteração relevante (SWC; do inglês small worthwhile change) da condição PAP em relação ao controle. (C) Percentual de alteração do $t_{lim}$ da condição PAP em relação ao controle.....	57
<b>Figura 10</b> – Comportamento da ativação muscular pelo dado de Roots Mean Square ( $EMG_{RMS}$ ) durante o esforço supramáximo para ambas as condições. a= diferente ao momento 0-25%; b= diferente ao momento 25-50%; c= diferente ao momento 50-75%.....	63
<b>Figura 11</b> – Comportamento da taxa de despolarização das unidades motoras recrutadas pelo dado da Frequência Mediana ( $EMG_{FM}$ ) durante o esforço supramáximo para ambas as condições. a= diferente ao momento 0-25%; b= diferente ao momento 25-50%; c= diferente ao momento 50-75%.....	64
<b>Figura 12</b> – (A) Comparação entre o tempo até a exaustão ( $t_{lim}$ ) da situação controle e potenciação pós ativação (PAP). (B) Resposta individual da menor alteração relevante (SWC; do inglês small worthwhile change) da condição PAP em relação ao controle. (C) Percentual de alteração do $t_{lim}$ da condição PAP em relação ao controle.....	68

**Figura 13** – Comparação entre as variáveis metabólicas obtidas durante o esforço supramáximo na situação controle e potenciação pós ativação (PAP). Todas as variáveis estão expressas em valores absolutos.....69

**Figura 13** – Comparação e SWC da AC[La-]+EPOCrápido e MAOD obtidas durante o esforço supramáximo na situação controle e potenciação pós ativação (PAP). Todas as variáveis estão expressas em valores absolutos.....70

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Percentual de melhora da PAP em esforços de alta intensidade. ....	34
<b>Tabela 2</b> – Parâmetros do teste incremental e esforço retangular do estudo “A” .....	56
<b>Tabela 3</b> – Parâmetros neuromusculares obtidos pelo protocolo de PNS.....	61
<b>Tabela 4</b> - Valores da gasometria obtidos antes e após a situação controle e potenciação pós ativação .....	62
<b>Tabela 5</b> – Parâmetros do teste incremental e esforço retangular do estudo “B”. ....	65
<b>Tabela 6</b> – Teste de reprodutibilidade da condição controle.....	66

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

$\Delta\%$  – Percentual de alteração

$\Delta[\text{La}^-]$  – Diferença entre a concentração pico e basal de lactato

%AV – Percentual de ativação voluntária

$[\text{La}^-]_{\text{basal}}$  – Concentração basal de lactato

$[\text{La}^-]_{\text{pico}}$  – Concentração pico de lactato

A1 – Amplitude da fase rápida da cinética do EPOC

$AC_{[\text{La}^-]+\text{EPOC}_{\text{rápido}}}$  – Capacidade anaeróbia mensura pela soma das contribuições das vias de fosfogênio e glicolítica

$A_{\text{DJ}}$  – Altura do salto

$\text{Ca}^{2+}$  – Cálcio

$\text{Ca}^{2+}$ -CAM – Complexo cálcio/calmodulina

CMJ – Salto contramovimento

CRLM – Cadeia regulatória leve de miosina

CSV – Coleta sanguínea venosa

CV% – Coeficiente de variação

CVM – Contração voluntária máxima

Db10 – Estímulo elétrico de pulso duplo com uma frequência de 10Hz aplicado quando o músculo está relaxado

Db10/Db100 – Relação entre a força evocada durante Db10 e Db100

Db100 – Estímulo elétrico de pulso duplo com uma frequência de 100Hz aplicado quando o músculo está relaxado

Db100<sub>sup</sub> – Estímulo elétrico de pulso duplo com uma frequência de 100Hz aplicado durante o pico de força

DJ – *Drop jump*

$E_{[\text{La}^-]}$  – Equivalente de oxigênio da via glicolítica

EMG – Eletromiografia de superfície

EMG<sub>FM</sub> – Frequência mediana

EMG<sub>RMS</sub> – *Roots mean square*

$E_{\text{OXID}}$  – Via de fosforilação oxidativa

$E_{\text{PCr}}$  – Equivalente de oxigênio da via dos fosfogênios

EPOC – Consumo em excesso de oxigênio após exercício

EPOC<sub>rápido</sub> – Fase rápida da cinética do EPOC

EQCLM – Enzima quinase da cadeia leve da miosina

HCO<sub>3</sub> – Bicarbonato

$\dot{V}O_{2max}$  – Intensidade associada ao consumo máximo de oxigênio

K<sup>+</sup> – Potássio

MAOD – Déficit máximo de oxigênio acumulado

PAP – Potenciação pós ativação (do inglês *Post activation potentiation*)

PNS – Estimulação elétrica neural (do inglês *Peripheral Neural Stimulation*)

PSE – Percepção subjetiva de esforço

reflexo-H – Reflexo Hoffman

RSA – Habilidade de *sprints* repetidos

SENIAM – *Surface ElectroMyoGraphy for Non-Invasive Assessment of Muscles*

SJ – *Squat jump*

Tconf – Teste de confirmação do  $\dot{V}O_{2max}$

T<sub>DJ</sub> – Tempo de contato com o solo

TInc – Teste incremental máximo

t<sub>lim</sub> – Tempo até a exaustão

Tw – Estímulo elétrico de pulso simples com uma frequência de 100Hz aplicado quando o músculo está relaxado

$\dot{V}O_2$  – Consumo de oxigênio

$\dot{V}O_{2basal}$  – Consumo de oxigênio basal

$\dot{V}O_{2max}$  – Consumo máximo de oxigênio

$\tau_1$  – Tempo de decaimento de 63% da fase rápida da cinética do EPOC

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	18
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	20
2.1. Potenciação pós ativação .....	20
2.1.1. Definição e breve contextualização.....	20
2.1.2. Possíveis mecanismos .....	21
2.1.2.1 Alterações no padrão de ativação neuromuscular.....	21
2.1.2.2. Fosforilação das cadeias regulatórias da cabeça leve de miosina .....	23
2.1.2.3 Alteração do ângulo de penação do músculo.....	26
2.1.2.4 Considerações sobre os possíveis mecanismos da PAP.....	27
2.2 Efeitos da PAP no esforço subsequente .....	27
2.2.1 PAP e fadiga .....	27
2.2.2 Escolha do tipo do esforço condicionante .....	29
2.2.3 Tempo “ótimo” de intervalo .....	32
2.2.4 PAP e desempenho .....	33
2.2.4.1 PAP e ciclismo .....	35
3. OBJETIVOS .....	37
3.1 Objetivos gerais .....	37
3.2 Objetivos específicos .....	37
4. HIPÓTESE .....	38
5. METODOLOGIA.....	39
5.1 Delineamento experimental.....	39
5.2 Participantes.....	39
5.3 Procedimentos experimentais gerais .....	42
5.4 Desenho experimental.....	42
5.4.1 Desenho experimental Estudo “A” .....	42
5.4.2 Desenho experimental Estudo “B” .....	44
5.5 Mensuração das variáveis fisiológicas e respiratórias .....	45
5.6 Teste incremental máximo para determinação do VO <sub>2</sub> max e iVO <sub>2</sub> max .....	46
5.7 Esforço supramáximo .....	47
5.8 Potenciação pós ativação muscular (PAP) .....	48
5.9 Avaliação da neuromuscular .....	48
5.9.1 Força Isométrica .....	48
5.9.2 Estimulação elétrica neuromuscular .....	50
5.9.2.1 Determinação do limiar de estimulação.....	50



5.9.2.2 Protocolo de estimulação elétrica periférica .....	51
5.9.3 Eletromiografia de superfície (EMG) .....	52
5.10 Contribuição energética e avaliação da capacidade anaeróbia .....	53
5.10.1 Determinação das contribuições energéticas e da capacidade anaeróbia .....	53
5.10.2 Determinação do Máximo Déficit de Oxigênio Acumulado .....	54
5.11 Análise Estatística .....	55
6. Resultados .....	56
6.1. Estudo A .....	56
6.2 Estudo B .....	65
7. Discussão .....	71
8. Conclusões .....	76
9. Referências .....	77
Anexo I – Termo de consentimento .....	85
Anexo II – Parecer do CEP .....	93

## 1. INTRODUÇÃO

A potenciação pós ativação [do inglês *post activation potentiation* (PAP)] é um fenômeno caracterizado por uma melhora da função muscular de forma aguda, podendo alterar de maneira positiva o desempenho muscular de alta intensidade, geralmente induzida por uma contração voluntária realizada previamente ao exercício “alvo” (TILLIN; BISHOP, 2009).

A eficácia da PAP é atribuída principalmente a facilitação contrátil causada pela fosforilação da cadeia leve de miosina (i.e., maior sensibilidade ao cálcio) (GRANGE; VANDENBOOM; HOUSTON, 1993). Apesar disso, alguns estudos também atribuem a eficácia da PAP a alterações no padrão de ativação neural central (i.e., maior excitabilidade do *pool* de motoneurônios e conseqüentemente uma maior participação de unidade motoras envolvidas) (GÜLLICH; SHMIDTBLEICHER, 1996; HOUGH; ROSS; HOWATSON, 2009; TRIMBLE; HARP, 1998) e periférico (i.e., maior capacidade de excitação/condução do potencial de ação pelo sarcolema do músculo) (FUKUTANI et al., 2013; SEITZ et al., 2015).

Uma vez que esses possíveis mecanismos podem gerar uma facilitação contrátil e maior excitabilidade neural, a PAP vem sendo utilizada como recurso ergogênico para obtenção de um melhor desempenho em provas de alta intensidade e curta duração no ciclismo (CHORLEY; LAMB, 2017; DOMA et al., 2018; MUNRO et al., 2017).

Munro et al. (2017) investigaram os efeitos da PAP sobre um esforço máximo de aproximadamente 10 segundos em cicloergometro de alta inercia, encontrando efeitos positivos (3,9%) com a PAP induzida por *sprints* curtos sobre o tempo até a velocidade máxima atingida (i.e., inércia até maior velocidade atingida). Chorley e Lamb (2017) investigaram os efeitos da PAP induzida por *sprints* no desempenho em uma prova de 4000 m do ciclismo e verificaram melhora no desempenho nos primeiros 1500 metros da prova (1,7%) e adaptações oxidativas mais eficientes durante o esforço (alcançando mais rapidamente o estado estável do consumo de oxigênio). Além desses trabalhos, Doma et al. (2018) também verificaram uma melhora no desempenho em um esforço de alta intensidade e curta duração no ciclismo (Wingate de 30 segundos), além de verificarem uma maior participação metabólica glicolítica,

evidenciada por um aumento na concentração de lactato pico após a indução da PAP, provavelmente acarretada por uma facilitação contrátil.

Entretanto, apesar desses estudos verificarem alterações no desempenho em esforços de alta intensidade e curta duração no ciclismo, nenhum procurou investigar as possíveis alterações causadas pela PAP tanto na participação no metabolismo energético não oxidativo, quanto no aparato neural, uma vez que em esforços de alta intensidade e curta duração no ciclismo, há uma alta exigência do metabolismo não oxidativo e do aparato neuromuscular, tornando essas duas variáveis determinantes para o desempenho (FOSTER et al., 2003, 2004; PARKER; FARIA, 2005).

Dessa maneira, levando em consideração que os mecanismos da PAP seriam capazes de facilitar o processo contrátil e causar alterações benéficas em aspectos neuromusculares e o desempenho em esforços de alta intensidade e curta duração (HILFIKER et al., 2007), além de poder causar algumas alterações metabólicas (CHORLEY; LAMB, 2017; DOMA et al., 2018), esse estudo se propôs a investigar os efeitos da PAP induzida por *drop jumps* nas possíveis alterações na capacidade de produção de energia da via não oxidativa e no aparato neuromuscular, além do desempenho em intensidade supramáximo no ciclismo.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Potenciação pós ativação

#### 2.1.1. Definição e breve contextualização

A maximização aguda do desempenho muscular (contrátil e/ou neural) gerada após um estímulo contrátil (potenciação pós ativação; PAP) vem sendo amplamente utilizada como forma de melhorar o desempenho esportivo (HODGSON; DOCHERTY; ROBBINS, 2016). Apesar de não sabermos ao certo quando este fenômeno foi descoberto, os indícios de sua existência foram contextualizados no final da década de 30, onde Brown e von Euler (1938) verificaram que após contrações tetânicas causadas por estímulos elétricos em músculos isolados de gatos (gastrocnêmio, sóleo e tibial anterior), houve aumento da resposta contrátil (aumento da tensão da contração). Apesar disso, a transferência desse achado para humanos ainda era considerada meramente hipotética.

Posteriormente, Garnett et al. (1979) com o objetivo de verificar se respostas musculares e neuromusculares encontradas anteriormente em modelo animal (gatos) também ocorriam em humanos, aplicaram repetidas estimulações elétricas em gastrocnêmio humano. Em seus resultados, esses autores encontraram aumento agudo do torque produzido pelo gastrocnêmio após as estimulações. Esse resultado corroborou com os achados em modelo animal de Brown e von Euler (1938). Entretanto, apesar dos resultados de Brown e von Euler (1938) com modelo animal e os de Garnett et al. (1979) com humanos mostrarem que o desempenho muscular é melhorado após contrações induzidas involuntariamente por estímulos elétricos, a aplicação prática do método ainda seria inviável, uma vez que as estimulações elétricas são extremamente incômodas, tornando conveniente a investigação da ocorrência desse fenômeno através de contrações voluntárias.

Dessa forma, interessados em descobrir se esse fenômeno poderia ocorrer através do exercício sem a necessidade de estimulações elétricas, Vandervoort, Quinlan e McComas (1983) investigaram a ocorrência da PAP causada por uma contração voluntária máxima (CVM). Vandervoort, Quinlan e McComas (1983) verificaram um aumento temporário da produção de torque nos músculos tibial anterior ( $17 \pm 10$  para  $35 \pm 13$  N·m) e flexor plantar ( $17,8 \pm 5,5$  para  $25,5 \pm 7,2$  N·m), demonstrando que a

melhora no desempenho muscular também poderia ser induzido por contrações voluntárias.

Desde então, a utilização dessa estratégia é relatada principalmente como forma de potencializar o desempenho subsequente em esportes (GÜLLICH; SHMIDTBLEICHER, 1996). Apesar disso, a compreensão dos mecanismos e fatores que podem modular a forma pela qual a PAP é induzida de maneira eficiente e a sua relação com o desempenho esportivo vem sendo muito estudadas na área da ciência do esporte, e dessa forma serão abordadas com maior profundidade nos próximos tópicos.

### **2.1.2. Possíveis mecanismos**

Existem três possíveis mecanismos responsáveis pela ocorrência da PAP após a realização de um esforço condicionante. O primeiro mecanismo considera um aumento no recrutamento de unidades motoras. O segundo leva em consideração uma possível facilitação contrátil nas cadeias regulatórias leve de miosina (CRLM). O terceiro considera que há uma alteração na orientação das fibras musculares em relação ao tendão (ângulo de penação). Cada um desses possíveis mecanismos serão abordados nos próximos tópicos.

#### **2.1.2.1 Alterações no padrão de ativação neuromuscular**

A ativação do motoneurônio- $\alpha$  é influenciada pela a atividade do sistema nervoso central e também de vias aferentes (respostas provindas da periferia), tal qual o grupo de fibras aferentes tipo Ia (GANDEVIA, 2001). Essa ativação do motoneurônio- $\alpha$  tem característica “tudo ou nada”, ou seja, é apenas ativada quando há uma magnitude adequada de estímulo elétrico, sendo influenciada também pela sensibilidade dos receptores presentes no nervo motor (GOSSARD et al., 1994). Quando há prejuízos nessas interações, observasse falha na atividade do motoneurônio- $\alpha$ .

Nesse sentido, estudos realizados em felinos com objetivo de investigar a importância de mecanismos pré e pós-sináptico em algumas respostas neurais após uma contração tetânica induzida por estímulos elétricos em fibras neurais aferentes,

verificaram um aumento da eficiência de transmissão sinápticas entre neurônios à nível da coluna vertebral, além de manter essa resposta elevada por vários minutos após a contração tetânica, podendo assim facilitar a contração subsequente (GOSSARD et al., 1994; LÜSCHER; RUENZEL; HENNEMAN, 1983). Lüscher, Ruenzel e Henneman (1983) atribuem essa resposta ao aumento na quantidade de neurotransmissores liberados e/ou ao aumento da sensibilidade dos receptores do motoneurônio (necessidade de uma menor quantidade de neurotransmissores para ativar o neurônio pós-sináptico).

Ainda, Lüscher, Ruenzel e Henneman (1983) observaram uma correlação negativa entre a magnitude do potencial excitatório pós-sináptico e a resistência de ativação motoneurônio pré-sináptico à estímulos, indicando uma diminuição na falha da transmissão do sinal. Essa correlação fica ainda mais evidente em motoneurônios de maior calibre (responsáveis pela inervação de fibras de contração rápida), o que significa que alterações na atividade do neurônio pré-sináptico afetam principalmente motoneurônios de calibre maior.

Além disso, Güllich e Shmidtbleicher (1996), entendendo que essas alterações no padrão da atividade neural poderia ser um possível mecanismo atribuído a PAP, investigaram se realmente esse efeito neural poderia ser desencadeado em humanos após uma contração condicionante e se existe conexões desses efeitos com um possível aumento na *performance*. Para investigar as possíveis alterações no padrão neural, analisaram o comportamento do reflexo Hoffman (reflexo-H), reflexo artificial promovido por uma estimulação elétrica submáxima em um nervo periférico, de maneira que quanto maior sua amplitude, maior seria a excitabilidade do motoneurônio- $\alpha$  (PALMIERI; INGERSOLL; HOFFMAN, 2004).

Güllich e Shmidtbleicher (1996) verificaram uma maior amplitude do reflexo-H após ~13 minutos de uma CVM de 5 segundos quando comparado ao reflexo-H obtido na situação controle, o que evidencia uma maior excitabilidade do *pool* de motoneurônios e uma maior participação de unidade motoras envolvidas. Além disso, no mesmo estudo foi encontrado uma correlação significativa entre a amplitude do reflexo-H e uma melhora do desempenho da CVM, o que indica que a PAP pode ter sido consequência desse mecanismo.

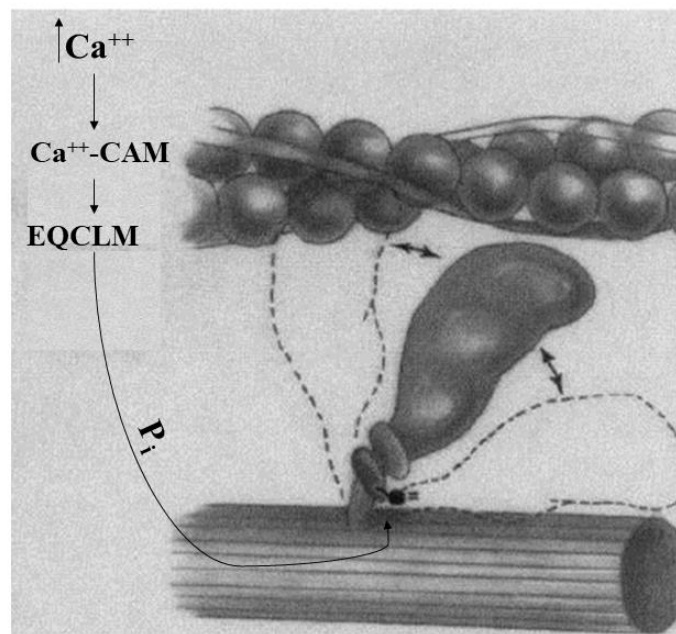
Ainda, sobre aspectos relacionados à etiologia da fadiga neuromuscular, como já citado anteriormente, os mecanismos da PAP são capazes de causar alterações no padrão de ativação central, causando maior excitabilidade do *pool* de motoneurônios e consequente uma maior participação de unidade motoras envolvidas (GÜLLICH; SHMIDTBLEICHER, 1996) e aumento da atividade muscular, evidenciado por um aumento da atividade eletromiográfica (HOUGH; ROSS; HOWATSON, 2009).

Entretanto, recentemente Seitz et al. (2015) demonstraram que após um esforço condicionante houve um aumento na produção de força involuntária, porém não em variáveis que indicariam alterações centrais nos processos de fadiga, como por exemplo, a atividade eletromiográfica normalizada pela amplitude da onda-M. Sendo assim, apesar de alguns estudos mostrarem que a PAP pode causar alterações tanto no padrão de ativação central quanto no periférico (GÜLLICH; SHMIDTBLEICHER, 1996; HOUGH; ROSS; HOWATSON, 2009; SEITZ et al., 2015), mais estudos precisam ser realizados para elucidar como a PAP conseguiria alterar os processos de fadiga e consequentemente postergar o esforço.

#### **2.1.2.2. Fosforilação das cadeias regulatórias da cabeça leve de miosina**

A miosina é uma proteína de filamento espessos que juntamente à actina exerce função essencial nos processos de contração muscular e consequentemente na produção de força (SZCZESNA, 2003). A molécula de miosina é um hexâmero composto por duas cadeias pesadas, onde na sua extremidade se encontra a cabeça da miosina, contendo quatro cadeias leves (duas cadeias essenciais e duas cadeias regulatórias leve da miosina) (LOWEY; WALLER; TRYBUS, 1993). A importância das CRLM e seu papel durante os processos contráteis no músculo esquelético foi demonstrada por Lowey, Waller e Trybus (1993) e Szczesna, Zhao e Potter (1996). Nesses estudos foram verificados uma diminuição na velocidade da migração entre filamentos (actina e miosina) (LOWEY; WALLER; TRYBUS, 1993) e diminuição da taxa de desenvolvimento de força (SZCZESNA; ZHAO; POTTER, 1996) ao extraírem as CRLM de uma fibra muscular isolada de mamífero (*in vitro*), sugerindo assim que a CRLM exerce papel fundamental na regulação da contração muscular.

Uma melhora na atividade reguladora das CRLM durante os processos de contração muscular vem sendo atribuída a um aumento da concentração de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) liberada do retículo sarcoplasmático durante uma contração muscular. Esse aumento na liberação de  $\text{Ca}^{2+}$  faz com que o complexo cálcio/calmodulina ( $\text{Ca}^{2+}$ -CAM) seja ativado e conseqüentemente ative uma enzima chamada de enzima quinase da cadeia leve da miosina (EQCLM). Essa enzima por sua vez é responsável pela fosforilação do sítio de fosfato das CRLM (Figura 1) (SWEENEY; BOWMAN; STULL, 1993; SZCZESNA et al., 2002).



**Figura 1** – Representação esquemática do mecanismo proposto para o efeito da fosforilação da cadeia leve reguladora de miosina em músculo estriado de mamífero. (Adaptado de Sweeney; Bowman; Stull, 1993).

A fosforilação das CRLM faz com que haja alterações estruturais na cabeça da miosina, afastando as pontes cruzadas de seu filamento espesso, fazendo com que se aproxime do filamento de actina, e dessa maneira, aumentando a taxa de transição do estado de ligação fraco para o forte (Figura 1) (SWEENEY; STULLT, 1990). Além disso, também foi demonstrado que a fosforilação das CRLM torna a interação acto-miosina mais sensível ao  $\text{Ca}^{2+}$  mioplasmático, facilitando o processo contrátil (SZCZESNA et al., 2002). Embora esse aumento agudo da fosforilação das CRLM em resposta a um estímulo contrátil tenha sido reportado por alguns estudos em modelo animal, em que a fosforilação da CRLM *in situ* foi aumentada após contrações induzidas por estímulos elétricos (MOORE; STULL, 1984; SZCZESNA et al., 2002;



TUBMAN; RASSIER; MACINTOSH, 1997), poucos estudos demonstraram o efeito do aumento da fosforilação da CRLM no desempenho muscular humano.

Houston et al. (1985) foram precursores ao investigarem os efeitos da PAP induzida por CVM de 90 segundos na fosforilação da CRLM em humanos. Nesse estudo, foi verificado um aumento significativo da fosforilação da CRLM do músculo vasto lateral em aproximadamente 75% mensurados 20 segundos após a realização da CVM, entretanto, esse valor diminuiu significativamente após 80 segundos (-23%). Ainda, estímulos elétricos máximos foram aplicados 20, 60 e 120 segundos após a CVM, de maneira que, foi observado uma cinética semelhante ao da fosforilação da CRLM, sendo verificado uma correlação significativa ( $r=0,85$ ) entre a maior força evocada pelo estímulo elétrico e a maior fosforilação da CRLM.

Posteriormente, Stuart et al. (1988) também investigaram os efeitos da PAP sobre a fosforilação da CRLM em humanos, verificando um aumento significativo da fosforilação da CRLM do músculo vasto lateral e dessa forma corroborando com os achados de Houston et al. (1985). Apesar disso, ao correlacionarem o grau de potenciação da contração com a quantidade de fosfato incorporado na CRLM, não obtiveram significância, apesar de constatarem que o valor da correlação foi positivo (valor não informado no artigo). Ainda, Grange et al. (1991) também verificaram uma maior fosforilação após uma CVM de 60 segundos, corroborando com os achados anteriores, entretanto não correlacionaram a fosforilação com a melhora no desempenho muscular.

Além disso, Smith e Fry (2007) também investigaram os efeitos da PAP induzida por uma CVM de 10 segundos na fosforilação da CRLM no músculo vasto lateral em pessoas treinadas em exercício resistido e no desempenho em exercício dinâmico de extensão de joelho. Os autores não encontraram alterações nem na fosforilação da CRLM e nem no desempenho. Ainda, ao dividirem os voluntários que tiveram uma responsividade positiva da fosforilação da CRLM após a PAP e aqueles que não tiveram, também não encontraram alteração no desempenho. Cabe ressaltar que essas discrepâncias em seus resultados quando comparado ao demais estudos em humanos (HOUSTON; GREEN; STULL, 1985; STUART et al., 1988) podem ter sofrido influência do volume e intervalo do esforço condicionante (SMITH; FRY, 2007), porém esses aspectos serão abordados posteriormente.

De maneira geral, parece plausível assumir que a fosforilação da CRLM possa explicar os efeitos da PAP sobre o desempenho, uma vez que existem mais evidências que embasam essa hipótese tanto em modelo animal (BROWN; VON EULER, 1938) como em humanos (HOUSTON; GREEN; STULL, 1985; STUART et al., 1988). Entretanto ainda são necessários estudos que possam investigar e relacionar o aumento da fosforilação da CRLM com a melhora do desempenho dinâmico.

### **2.1.2.3 Alteração do ângulo de penação do músculo**

O ângulo de penação do músculo é a angulação entre fascículo muscular e aponeurose (FUKUNAGA et al., 1997). Ele reflete a maneira em que as fibras musculares estão disponibilizadas de forma geométrica e angular em relação ao seu tendão (FUKUNAGA et al., 1997; LIEBER; FRIDEN, 2000). Para mensurar a força gerada pelas fibras musculares em seu tendão, utiliza-se a cosseno do ângulo de penação (angulação entre fascículo muscular e aponeurose), de maneira que quanto maior o ângulo de penação menos eficiente é a transmissão da tensão do músculo para o tendão (KAWAKAMI; ABE; FUKUNAGA, 1993; LIEBER; FRIDEN, 2000).

Uma contração de alta intensidade, como por exemplo um esforço condicionante da PAP, teria a capacidade alterar essa propriedade mecânica do músculo, fazendo com que o ângulo de penação diminuísse, o que causaria uma maior vantagem mecânica na transmissão de tensão ao tendão e possivelmente alterando a performance (FUKUNAGA et al., 1997; ISHIKAWA; FINNI; KOMI, 2003). Essa hipótese foi testada por Mahlfeld, Franke e Awiszus (2004), que mensuraram o ângulo de penação do músculo vasto lateral em humanos utilizando ultrassonografia após CVM isométrica de 3 segundos. O ângulo de penação mensurado imediatamente após a contração muscular não foi significativamente diferente ao mensurado com o voluntário em repouso, entretanto ao mensurarem 6 minutos após a realização da CVM, houve uma pequena diminuição significativa no ângulo de penação, representando uma melhora de 0,9% na eficiência de transmissão de tensão ao tendão.

Além disso, Rodriguez-Falces et al. (2015) também investigaram os efeitos de um esforço condicionante utilizando CVMs com durações de 1, 3, 6, 10, 30 e 60 segundos em parâmetros neuromusculares e em possíveis alterações do ângulo de penação no

músculo tibial anterior e não foi verificado nenhuma alteração significativa no ângulo de penação imediatamente após a realização das CVMs, Entretanto observam um aumento da condutibilidade elétrica neuromuscular nas CMVs com duração 1 a 10s. Apesar disso, cabe ressaltar que Rodriguez-Falces et al. (2015) só mensuraram o ângulo de penação imediatamente após a contração condicionante, o que pode explicar esse resultado, uma vez que Mahlfeld, Franke e Awiszus (2004) só encontraram alterações no ângulo de penação 6 minutos após o esforço condicionante.

Dessa maneira, maiores investigações relacionando a diminuição no ângulo de penação causada por um esforço condicionante com o desempenho são necessários para que possamos obter conclusões mais concretas sobre a influência desse mecanismo na PAP.

#### **2.1.2.4 Considerações sobre os possíveis mecanismos da PAP**

Considerando as três hipóteses de mecanismos pela qual a PAP atuaria na melhora do desempenho, as evidências sugerem que a PAP está mais relacionada a uma maior fosforilação das CRLM e aumento da participação de unidades motoras envolvidas no esforço. Apesar disso, maiores estudos são necessários para consolidar esses mecanismos de funcionamento da PAP, uma vez que ainda existem lacunas que podem consolidar esses mecanismos.

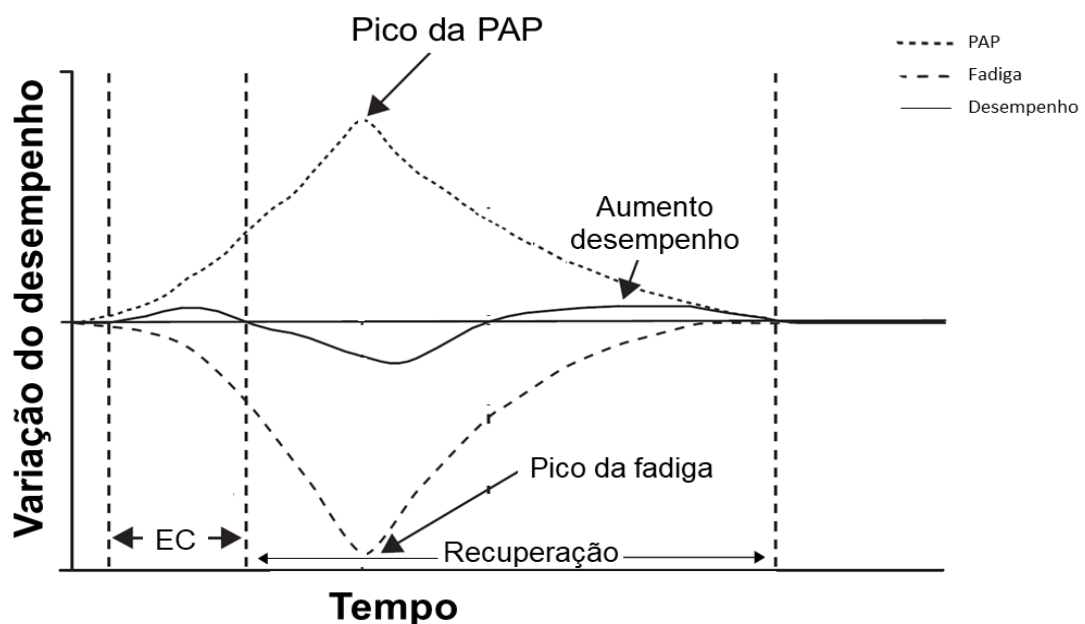
## **2.2 Efeitos da PAP no esforço subsequente**

### **2.2.1 PAP e fadiga**

Após a realização de um esforço de alta intensidade, o efeito agudo esperado é a fadiga muscular (queda imediata do desempenho), prejudicando o desempenho subsequente (SALE, 2002). Entretanto, considerando que a PAP ocorre após um esforço condicionante de alta intensidade, sugere-se que exista um “balanço” entre PAP e a ocorrência da fadiga (SALE, 2002).

Esse “balanço” foi demonstrado experimentalmente por Güllich e Shmidtbleicher (1996) e também por Gilbert e Lees (2005). Em ambos os experimentos foram verificados efeitos da PAP na taxa de desenvolvimento de força em uma CVM isométrica, de forma que somente foi observado uma diminuição/nenhuma alteração do desempenho imediatamente após a realização do esforço condicionante. Entretanto após 12-15 minutos, uma melhora significativa na performance foi verificada.

Esses resultados demonstram a existência de um domínio da fadiga nos estágios iniciais após a PAP, e como consequência uma diminuição ou a não alteração do desempenho subsequente. No entanto ao longo do tempo de recuperação, a taxa fadiga começa a diminuir de maneira mais atenuada que a PAP gerada pelo o esforço condicionante, resultando em um predomínio da PAP em relação da fadiga e consequente aumento do desempenho (Figura 2) (TILLIN; BISHOP, 2009).



**Figura 2** – Modelo hipotético da relação entre potenciação, fadiga e desempenho (adaptado de Sale, 2002).

Apesar dessa relação entre melhora do desempenho e fadiga existir, Güllich e Shmidtbleicher (1996) e Gilbert e Lees (2005) também demonstram que para os mecanismos da PAP sejam “ativados” de forma efetiva e consequentemente aumente o desempenho em um esforço subsequente (esforço “alvo”), algumas variáveis, como por exemplo, o tempo de recuperação entre o esforço condicionante e o esforço subsequente devem ser moduladas. Além disso, outras variáveis podem afetar

diretamente essa relação, como por exemplo o controle do volume e intensidade do esforço condicionante (TILLIN; BISHOP, 2009).

### **2.2.2 Escolha do tipo do esforço condicionante**

Como já reportado anteriormente, não existe apenas um tipo de esforço condicionante capaz de induzir a PAP, e sua escolha pode influenciar diretamente “eficácia” da PAP (TILLIN; BISHOP, 2009). Em seus primórdios, quando o fenômeno da PAP foi contextualizado em modelo animal (vide tópico 2.1.1), o esforço condicionante, ou seja, o esforço que causava PAP, era evocado por um estímulo elétrico de alta frequência aplicados em nervos motores de animais, e posteriormente em seres humanos (BROWN; VON EULER, 1938; GARNETT et al., 1979). Entretanto, a aplicação prática dessa técnica é limitada para obtenção de um melhor desempenho em esportes, uma vez que além da necessidade de um aparato específico para a aplicação das descargas elétricas, essa técnica gera extremo desconforto aos atletas.

Logo, após os achados de Vandervoort, Quinlan e McComas (1983) que verificaram que a PAP poderia ocorrer após uma CVM isométrica (i.e., esforço voluntário), a utilização de CVMs prévias a esforços “alvos” para indução da PAP foi muito difundida no esporte de alto rendimento principalmente durante a década de 90 (GÜLLICH; SHMIDTBLEICHER, 1996). Dessa maneira, alguns pesquisadores começaram a investigar os efeitos desse tipo de esforço no desempenho (FRENCH; KRAEMER; COOKE, 2003; GOSEN; SALE, 2000; GÜLLICH; SHMIDTBLEICHER, 1996).

Nesse sentido, Güllich e Shmidtbleicher (1996) e French, Kraemer e Cooke (2003) testaram se realmente a utilização de CVMs de extensão de joelho e CVM isométrica no supino (membros superiores) seriam efetivas em evocar a PAP. Nesses estudos foram verificadas um aumento de força e potência após a indução da PAP por CVM isométricas, tanto em esforços de membros superiores (supino) quanto em esforços de membros inferiores (saltos). Apesar desses resultados, alguns estudos não conseguiram evocar a PAP ao tentar induzi-la por CVM de extensão de joelho, não observando melhoras no desempenho contrátil (mensurado de 15 a 60 segundos após a realização do esforço condicionante), levantando a hipótese que esse tipo de

exercício causaria uma fadiga aguda muito grande, necessitando de um intervalo maior entre o esforço condicionante e o esforço “alvo” (BEHM; BUTTON; YOUNG, 2004; GOSSEN; SALE, 2000).

Outro tipo de esforço utilizado para induzir a PAP de maneira efetiva, é o esforço dinâmico de alta intensidade, nos quais podem ser compostos de exercícios resistidos como por exemplo agachamentos (CHATZOPOULOS et al., 2007; KILDUFF et al., 2013a), corrida tracionada com trenós (SEITZ; MINA; HAFF, 2017; WINWOOD et al., 2016), *sprints* com cargas inerciais no ciclo ergômetro (CHORLEY; LAMB, 2017; MUNRO et al., 2017) e exercícios pliométricos (CHEN et al., 2013; HILFIKER et al., 2007).

Apesar de ambos esforços (resistidos e pliométricos) serem eficazes em induzir a PAP, os esforços pliométricos tem se destacado, dado que Hilfiker et al (2007) identificaram uma melhora no esforço subsequente após indução a potenciação com exercício pliométricos (i.e, *drop jump*) em um período de intervalo mais curto quando comparado a um esforço com pesos (resistido).

Dessa forma, a principal vantagem do esforço condicionante pliométricos em relação ao esforço condicionante resistido é o tempo de intervalo entre o esforço condicionante e o esforço subsequente (esforço “alvo”), dado que esforço condicionante resistido causa uma fadiga aguda muito maior devido a uma maior utilização do metabolismo glicolítico durante o esforço condicionante, necessitando de um intervalo maior para manifestação da PAP (HILFIKER et al., 2007; TOBIN; DELAHUNT, 2014). Ainda, outra possível vantagem da PAP induzida por esforços pliométricos (saltos) seria a característica excêntrica do esforço, visto que, após a realização de saltos parece que há um aumento do disparo do fuso muscular, aumentando o *volley* neural aferente la podendo alterar aspectos neuromusculares relacionados a fadiga (i.e., diminuição da falha de transmissão e consequente aumento da ativação neural) e dessa forma podendo prolongar o esforço (HILFIKER et al., 2007; TAYLOR; BUTLER; GANDEVIA, 2000).

Porém, também existem estudos que não verificaram alteração do desempenho após a realização de um esforço condicionante dinâmico (HANSON et al., 2007; MAGNUS et al., 2006; WHELAN; O'REGAN; HARRISON, 2014). Esses resultados conflitantes não evidenciam uma clara relação entre a escolha do tipo de esforço

condicionante (i.e., isométrico e dinâmico) e uma “melhor” resposta da PAP no exercício subsequente.

Poucos estudos compararam diretamente a resposta de um esforço condicionante isométrico e dinâmico sobre desempenho em esforços de alta intensidade. Rixon, Lamont e Bemben (2007) compararam a indução da PAP por esforço isométrico (agachamento isométrico; 3s de realização de força concêntrica) e por esforço dinâmico (agachamento; 3RM) sobre o desempenho em salto contramovimento (CMJ), reportando uma melhora significativa tanto na altura do salto como na potência pico gerada após a indução a PAP pelo esforço condicionante isométrica. A PAP induzida pelo esforço condicionante dinâmico apenas apresentou uma melhora significativa na potência gerada durante o salto, dessa forma os autores concluíram que esforço condicionante isométrica seria uma melhor opção para indução a PAP quando comparada à esforço condicionante dinâmica.

Posteriormente, Tsolakis et al. (2011) também compararam os efeitos do esforço condicionante isométrico (*leg press* isométrico máximo para membros inferiores; supino estático em 90° para membros superiores) e dinâmico (*truck jumps* para membros inferiores; flexões “explosivas” para membro superiores) no desempenho em CMJ e no arremesso de peso no supino em esgrimistas de elite. O estudo não demonstrou nenhum efeito significativo tanto da PAP induzida por esforço condicionante isométrico quanto dinâmico para o desempenho de membros superiores. Para os membros inferiores, o esforço condicionante isométrico causou um efeito de fadiga, fazendo com que o desempenho no esforço “alvo” fosse significativamente prejudicado, enquanto o esforço condicionante dinâmico não causou o efeito da PAP. Entretanto, em nenhum dos estudos citados (RIXON; LAMONT; BEMBEN, 2007; TSOLAKIS et al., 2011) houve uma equalização do volume e intensidade dos esforço condicionante, o que torna essa comparação entre os diferentes esforço condicionante esforço condicionante injusta e inconclusivas.

Apesar dos estudos que compararam a indução da PAP por esforço condicionante isométricos e dinâmicos serem inconclusivos, a utilização de esforços dinâmicos, principalmente pliométricos, parecem levar uma vantagem quando comparado aos outros métodos, uma vez que o esforço dinâmico pliométricos seria capaz de induzir a PAP gerando uma fadiga aguda menor e dessa maneira necessitando de um intervalo de recuperação menor (HILFIKER et al., 2007; MASAMOTO et al., 2003;

TERZIS et al., 2009), além de poder melhorar o desempenho por um aumento do disparo do fuso muscular (HILFIKER et al., 2007; TOBIN; DELAHUNT, 2014) sem a necessidade de utilização de pesos ou equipamentos pesados (MALONEY; TURNER; FLETCHER, 2014).

Dessa forma, ainda são necessários mais estudos que comparem esforço condicionante isométrico e dinâmico de maneira mais equalizada, levando em consideração a intensidade, tempo de intervalo e característica do esforço subsequente o que pode influenciar diretamente na relação entre PAP e fadiga.

### **2.2.3 Tempo “ótimo” de intervalo**

Além da escolha do esforço condicionante ser fundamental para induzir a PAP, o tempo de intervalo entre o esforço condicionante e esforço “alvo” é de extrema importância para que uma fadiga aguda seja induzida (SALE, 2002). Kilduff et al. (2013b) investigaram qual seria o tempo “ótimo” de recuperação para obtenção da PAP tanto em membros superiores, quanto em membros inferiores após a realização de esforços resistidos utilizando 3RM no supino (membros superiores) e de 3R no agachamento (membros inferiores) em jogadores de rugby. Após a indução da PAP, os voluntários tiveram seu desempenho avaliado em arremessos de pesos no supino (membros superiores) e em salto contra movimento (membros inferiores) nos períodos imediatamente após a indução, 4, 8, 12, 16 e 20 minutos após a realização do esforço condicionante, comparando os valores de potência com um valor pré estímulo. Para membros superiores e também inferiores, uma houve uma queda significativa do desempenho no momento imediatamente após. Além disso, somente apresentaram melhoras no desempenho em membros superiores nos momentos 8, 12 e 16 minutos após a indução, tendo o pico de melhora aos 12 minutos. Já para os membros inferiores, uma “janela” de recuperação “ótima” semelhante foi encontrada, uma vez que o melhoras desempenho foi observado nos minutos 8 e 12 após a indução, tendo também seu pico do desempenho também aos 12 minutos.

Em estudo com esforço condicionante resistido, Winwood et al. (2016) também investigaram o tempo “ótimo” de recuperação após indução da PAP por *sprints* arrastando um treno (75% do peso corporal). O desempenho em *sprints* de 15m foi



mensurado após intervalos de 4, 8 e 12 minutos. Apenas foram encontradas melhoras significativas no desempenho nos minutos 8 e 12 após a indução. Apesar dos estudos de Winwood et al. (2016) e Kilduff et al. (2013b) induzirem a PAP por esforços resistidos diferentes, o intervalo considerado ótimo para obtenção de PAP foi o mesmo (8-12 minutos), corroborando também o os de outros estudos (CREWETHER et al., 2011; GOUVÊA et al., 2013).

Estudos que investigaram os efeitos de esforço condicionante pliométricos no desempenho, utilizaram “subjetivamente” (sem nenhuma explicação o motivo da escolha) um intervalo entre 1 e 5 minutos para indução a PAP de maneira efetiva (melhora no desempenho) (ESFORMES; CAMERON; BAMPOURAS, 2010; FAIGENBAUM et al., 2005; HILFIKER et al., 2007; MASAMOTO et al., 2003; SAEZ SAEZ DE VILLARREAL; GONZÁLEZ-BADILLO; IZQUIERDO, 2007). Entretanto, foram Chen et al. (2013) que investigaram qual seria o melhor intervalo entre um esforço condicionante pliométricos para indução da PAP. Nesse estudo, foi utilizado 1 série de 5 *drop jumps* realizados de uma altura ideal (previamente mensurada) como esforço condicionante, verificando o desempenho em saltos contra movimento nos minutos 2, 6 e 12 após a indução. Foi verificado uma melhora no desempenho nos minutos 2 e 6.

Essa diferença entre o tempo de intervalo do esforço condicionante resistido e pliométricos, devesse principalmente a uma maior participação glicolítica durante os esforços resistidos, fazendo com que a fadiga aguda seja maior, e dessa maneira demorando mais para induzir a PAP de maneira efetiva (CHEN et al., 2013; HILFIKER et al., 2007).

Dessa maneira, o tipo de esforço condicionante tem influência direta no intervalo entre a indução a PAP e obtenção de um melhor desempenho, sendo o esforço condicionante pliométricos mais tempo eficiente em induzir a PAP (2-6 minutos) (CHEN et al., 2013) quando comparado ao esforço condicionante resistido (KILDUFF et al., 2007)

#### **2.2.4 PAP e desempenho**

Em contraste à fadiga, quando evocada de maneira eficiente a PAP é capaz de facilitar a função muscular de forma aguda e conseqüentemente causar alterações positivas no desempenho. A utilização da PAP como recurso capaz de melhorar o desempenho, vem sendo principalmente utilizada em esforços de alta intensidade e curta duração, como na realização de *sprints* lineares (CHATZOPOULOS et al., 2007; MCBRIDE; NIMPHIUS; ERICKSON, 2005; SEITZ; MINA; HAFF, 2017; WINWOOD et al., 2016), *sprints* com mudanças de direção (OKUNO et al., 2013; SOLE et al., 2013), saltos (CHEN et al., 2013; HILFIKER et al., 2007; KILDUFF et al., 2007; TOBIN; DELAHUNT, 2014) e arremessos (KILDUFF et al., 2013b; TERZIS et al., 2009), apesar de também existir relatos de melhoras no desempenho de *endurance* (BOULLOSA et al., 2018).

No geral, o percentual de melhora em esforços de alta intensidade e curta duração (*sprints*, saltos e arremessos) tem um range aproximado de 0,5 a 8%, como podemos observar na Tabela 1.

**Tabela 1** – Percentual de melhora da PAP em esforços de alta intensidade.

<b>Sprints Lineares</b>			
Estudos	Esforço Condicionante		Percentual de Melhora (%)
		Tempo em <i>sprint</i> 10m	1,8
Chatzopoulos et al. (2007)	Agachamento 90° 5x 1RM	Tempo em <i>sprint</i> 30m	3,0
		Tempo em <i>sprint</i> 10m	1,4
Mcbride et al. (2005)	Agachamento 3x 90% de 1RM	Tempo em <i>sprint</i> 40m	0,9
Seitz et al (2017)	<i>Sprint</i> de 9m tracionando 75% do peso corporal	Tempo em <i>sprint</i> 20m	1,8
Winwood et al. (2016)	<i>Sprint</i> de 15m tracionando 75% do peso corporal	Tempo em <i>sprint</i> 15m	0,8
<b>Media de melhora</b>			<b>1,6</b>
<b>Sprints com mudança de direção</b>			

Okuno et al. (2013)	Agachamento 90° 5x 1RM	Melhor tempo	1,4
		RSA	
Sole et al. (2013)	Agachamento 3x 90% 1RM	Tempo médio	1,2
		RSA	
<b>Media de melhora</b>			<b>1,6</b>
<b>Saltos</b>			
Hilfiker et al. (2007)	<i>Drop Jump</i> 1x5	Altura CMJ	1,1
		Potência CMJ	2,2
		Altura SJ	1,8
Kilduff et al. (2007)	Agachamento 3x 1RM	Potência SJ	1,5
		Potência CMJ	8,0
Tobin e Delahunt (2014)	2x10 saltos máximos + 1x5 <i>Drop Jumps</i>	Altura CMJ	4,5
		Potência CMJ	7,4
<b>Media de melhora</b>			<b>3,8</b>
<b>Arremessos de peso</b>			
Kilduff et al. (2013b)	Arremesso supino 5x 1RM	Potência	
		arremesso supino	5,3
Terzis et al. (2009)	<i>Drop Jump</i> 1x5	Distância	
		arremesso de peso	4,4
<b>Media de melhora</b>			<b>4,9</b>
<b>Media de melhora geral</b>			<b>2,7</b>

CMJ = salto contramovimento; RSA = Habilidade de *sprints* repetidos; SJ = squat jump

#### 2.2.4.1 PAP e ciclismo

Como já citado na sessão anterior (2.2.4) a PAP vem sendo principalmente utilizada em esforços de alta intensidade e curta duração (TILLIN et al., 2009), apesar de também ser associada à melhora do desempenho em esforços de endurance (BOULLOSA et al., 2018).

Em esforços de alta intensidade e curta duração em esportes cíclicos, como por exemplo o ciclismo, poucos estudos buscaram investigar os efeitos da PAP no desempenho. Munro et al. (2016) investigaram os efeitos da PAP induzida por *sprints* curtos em um esforço máximo de aproximadamente 10 segundos em ciclo ergômetro de alta inércia, de maneira que, verificou uma melhora significativa de 3,9% no tempo até a velocidade máxima atingida no esforço. Chorley e Lamb (2017) investigaram o efeito da PAP sobre o desempenho de uma prova de 4000m no ciclismo, verificando uma melhora significativa de 1,7% no desempenho dos primeiros 1500m (nos primeiros ~140 segundos de prova).

Ainda, Doma et al. (2018) investigaram os efeitos da PAP induzida por *sprints* curtos (10-segundos) no desempenho em um teste Wingate de 30 segundos, verificaram um aumento significativo na potência média e trabalho total. Além disso, Doma et al. (2018) também verificaram um aumento significativo na concentração pico de lactato obtida no final do Wingate, evidenciando que a PAP de alguma forma aumento a participação energética do metabolismo glicolítico. Entretanto, nenhum desses estudos buscaram investigar os possíveis mecanismos da PAP que acarretaram uma melhora no desempenho.

Considerando que esforços de alta intensidade e curta duração no ciclismo exigem uma alta demanda neuromuscular e do metabolismo anaeróbio (FOSTER et al., 2003, 2004; PARKER; FARIA, 2005) e que os principais mecanismos da PAP podem alterar o desempenho neuromuscular (GÜLLICH; SHMIDTBLEICHER, 1996; HOUGH; ROSS; HOWATSON, 2009; TRIMBLE; HARP, 1998) e contrátil (GRANGE; VANDENBOOM; HOUSTON, 1993), podendo dessa forma melhorando o desempenho, aumentando o trabalho muscular e também a participação glicolítica (Doma et al., 2018), o presente estudo se propôs a investigar os efeitos da PAP no desempenho de alta intensidade no ciclismo e verificar quais mecanismos estão associadas a essa melhora.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivos gerais**

O objetivo principal do presente projeto de pesquisa foi investigar o efeito da aplicação de um procedimento de potenciação pós ativação muscular induzidas por saltos (*drop jumps*) sobre o tempo até a exaustão, capacidade anaeróbia e aspectos neuromusculares da fadiga (central e periférica em um esforço supramáximo no ciclismo).

#### **3.2 Objetivos específicos**

3.2.1. Verificar a influência da potenciação pós ativação muscular induzidas por *drop jumps* em aspectos sobre a ativação neural durante o esforço supramáximo.

3.2.2. Verificar a influência da potenciação pós ativação muscular induzidas por *drop jumps* nas vias metabólicas de ressíntese de ATP.

3.2.3. Verificar a influência da potenciação pós ativação muscular induzidas por *drop jumps* no equilíbrio ácido-base mensurado por meio da gasometria após o esforço supramáximo.

3.2.4. Testar a reprodutibilidade, sensibilidade e comparar dos métodos de mensuração da capacidade anaeróbia em detectar as alterações causadas pela potenciação pós ativação.

#### 4. HIPÓTESE

Levando em consideração que os mecanismos da PAP podem causar alterações no mecanismo contrátil devido a uma maior fosforilação da CRLM (aumento da taxa de transição do estado de ligação fraco para o forte), além de facilitar ativação do motoneurônio- $\alpha$ , causando um maior o recrutamento de unidades motoras durante o esforço de alta intensidade. A principal hipótese do presente estudo é que a PAP induzida por saltos aumentará o desempenho em esforço supramáximo no ciclismo acompanhada de alterações no padrão de ativação neuromuscular e consequentemente maior participação do metabolismo anaeróbio (devido a uma maior facilidade contrátil), principalmente o metabolismo glicolítico durante o esforço.

## 5. METODOLOGIA

### 5.1 Delineamento experimental

Para responder os objetivos gerais, o presente trabalho foi dividido em dois experimentos independentes realizados em ciclo ergômetro. O primeiro experimento, nomeado de estudo “A” teve como objetivo investigar os aspectos centrais e periféricos relacionados a etiologia da fadiga em esforço supramáximo a 115% da intensidade associada ao consumo máximo de oxigênio ( $\dot{V}O_{2max}$ ) e as alterações neuromusculares durante o exercício na condição controle e na condição PAP. O segundo experimento, nomeado de estudo “B”, teve como objetivo investigar os efeitos da PAP nas vias energéticas glicolítica e de fosfagênio, e conseqüentemente, na capacidade anaeróbia.

Essa divisão de estudo ocorreu devido a incapacidade de avaliar o metabolismo dos fosfagênios e realizar as avaliações neuromusculares ao mesmo tempo, uma vez que para mensurar o metabolismo dos fosfagênios é necessário que o indivíduo permaneça em “repouso” imediatamente após o esforço, enquanto que para analisar a etiologia da fadiga, é necessário a realização de CVMs e estímulos elétricos imediatamente após o esforço.

### 5.2 Participantes

Para inclusão no estudo, os voluntários deveriam ser homens, ciclistas amadores [consumo máximo de oxigênio ( $\dot{V}O_{2max}$ ) 40 – 55 mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>, com um mínimo de 60 km semanais de volume de treino] (PAUW et al., 2013), idade entre 18 e 40 anos, sem histórico de lesões articulares e musculares nos membros inferiores nos últimos 6 meses.

Antes de iniciar qualquer avaliação, os voluntários foram informados dos procedimentos metodológicos e dos possíveis riscos e benefícios dos procedimentos, e quando concordaram com os mesmos, assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Além disso, os voluntários não puderam fazer uso de recursos ergogênicos capazes de alterar o desempenho ou os valores fisiológicos de

capacidade anaeróbia (i.e., álcool; cafeína; bicarbonato de sódio e outros) 24h anteriores a cada sessão e também realizar esforços extenuantes 48h anteriores a sessão. Quando esses critérios não foram respeitados, os voluntários foram excluídos do estudo. Todos os procedimentos experimentais do estudo foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual Paulista (Parecer 2.100.422/2017) e conduzidos respeitando a Declaração de Helsinque.

Inicialmente 37 indivíduos se voluntariaram para iniciar o estudo, entretanto 4 desses voluntários não atingiram o critério de inclusão, e dessa maneira, não puderam seguir no estudo. Assim, 33 voluntários foram alocados para realizar o estudo A e estudo B, onde 16 ciclistas iniciaram o estudo “A” e 17 o estudo “B”.

Durante o andamento do estudo “A”, 1 participante desistiu de participar do estudo e 1 participante foi excluído por enquadramento do critério de exclusão, dessa forma, 14 voluntários ( $34 \pm 4$  anos;  $181 \pm 6$  cm;  $79,9 \pm 8,4$  kg; com experiência com treinamento no ciclismo de  $2,87 \pm 1,32$  anos e volume de treinamento de  $\sim 219,20 \pm 131,56$  km·sem<sup>-1</sup>) concluíram esse estudo. Durante o andamento do estudo “B”, todos os 17 voluntários concluíram as avaliações, entretanto, 1 voluntário foi excluído da amostra por enquadramento do critério de exclusão (realizou exercício extenuante no dia anterior a avaliação), assim 16 voluntários ( $33 \pm 6$  anos;  $176 \pm 6$  cm;  $77,7 \pm 6,6$  kg; com experiência com treinamento no ciclismo de  $1,79 \pm 0,86$  anos e volume de treinamento de  $\sim 196,43 \pm 90,09$  km·sem<sup>-1</sup>) concluíram o estudo “B” (Figura 3).



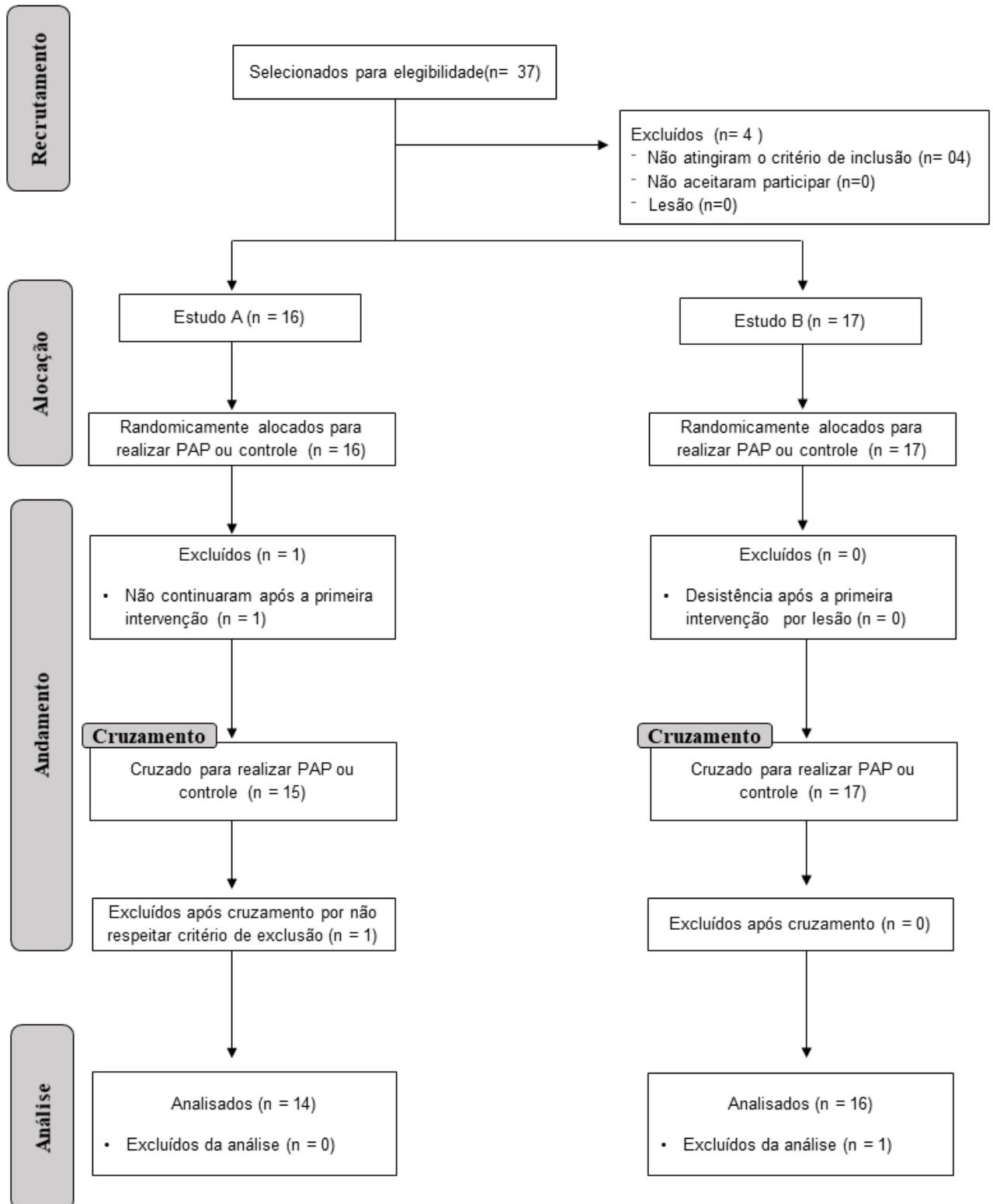


Figura 3 – Fluxograma do recrutamento de participantes e progressão de cada estágio do estudo.

### 5.3 Procedimentos experimentais gerais

Todos os testes de exercício cíclico, no caso o teste incremental máximo (TInc) e supramáximo, foram realizados em ciclo ergômetro *Excalibur Sport* (Lode, Holanda), com cadência individualmente pré-determinada entre 70 e 100 rpm, podendo pedalar com uma variação de  $\pm 5$  rpm para evitar alterações metabólicas (Woolford *et al.*, 1999). Além disso, as avaliações foram realizadas individualmente sempre no mesmo período do dia, para evitar alterações no desempenho e na capacidade anaeróbia (HILL, 2014). Todas as avaliações foram separadas por um intervalo mínimo de 48h e ocorreram em um período máximo de 3 semanas.

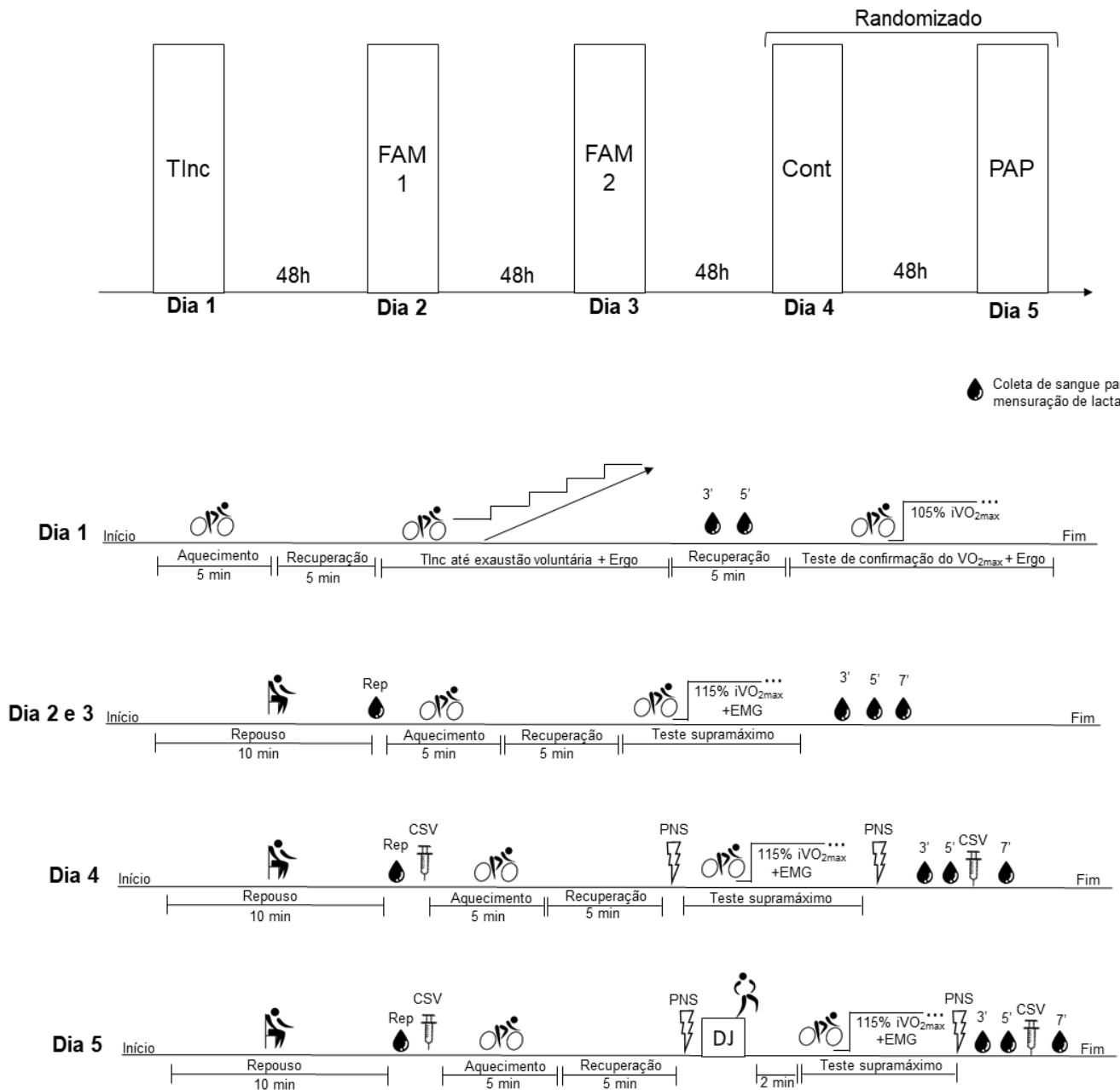
### 5.4 Desenho experimental

#### 5.4.1 Desenho experimental Estudo “A”

O estudo “A” foi conduzido de forma independente ao estudo “B”, de maneira que os voluntários realizaram 5 visitas ao laboratório, sendo submetidos a seguinte sequência de testes: 1) TInc com ergoespirometria para determinação do  $\dot{V}O_{2max}$  e  $i\dot{V}O_{2max}$  seguido de um teste retangular para confirmação do valor de  $\dot{V}O_{2max}$ ; 2 e 3) familiarização com teste retangular supramáximo a 115% da  $i\dot{V}O_{2max}$  e teste para verificar reprodutibilidade da situação controle; 4 e 5) teste retangular supramáximo a 115% da  $i\dot{V}O_{2max}$  com avaliações neuromusculares realizadas antes e após o esforço, por meio de CVM e de estimulações elétricas, e durante o esforço, por meio da eletromiografia de superfície (EMG), sendo um teste em situação controle e outro após a indução da PAP (randomizado) (Figura 4). Anteriormente a todos os esforços (i.e., 5 minutos), os voluntários realizaram um aquecimento de 5 minutos a 40% da sua  $i\dot{V}O_{2max}$ , em sua cadência preferida. O tempo de execução, intensidade e intervalo do aquecimento, foram escolhidos de acordo com as recomendações de Bishop (2003) para esforços de alta intensidade e curta duração.

Além disso, amostras de sangue foram coletadas do lobo da orelha nos minutos 3 e 5 após TInc para mensuração da concentração de lactato pico ( $[La-]_{pico}$ ). Nos esforços supramáximo, as amostras foram coletadas em repouso (i.e., após 10

minutos de repouso) e nos minutos 3, 5 e 7 após o término do teste para determinação da concentração basal de lactato ( $[La-]_{\text{basal}}$ ) e  $[La-]_{\text{pico}}$ , respectivamente. Ainda, coletas venosas foram realizadas na situação controle e PAP (dias 4 e 5) em repouso e 5 minutos após o término do esforço para análise de gasometria.



**Figura 4** - Desenho experimental do estudo A. Ergo = Ergoespirometria.; CSV = Coleta sanguínea venosa; PNS = estimulação elétrica neural (do inglês *Peripheral Neural Stimulation*); EMG = eletromiografia de superfície

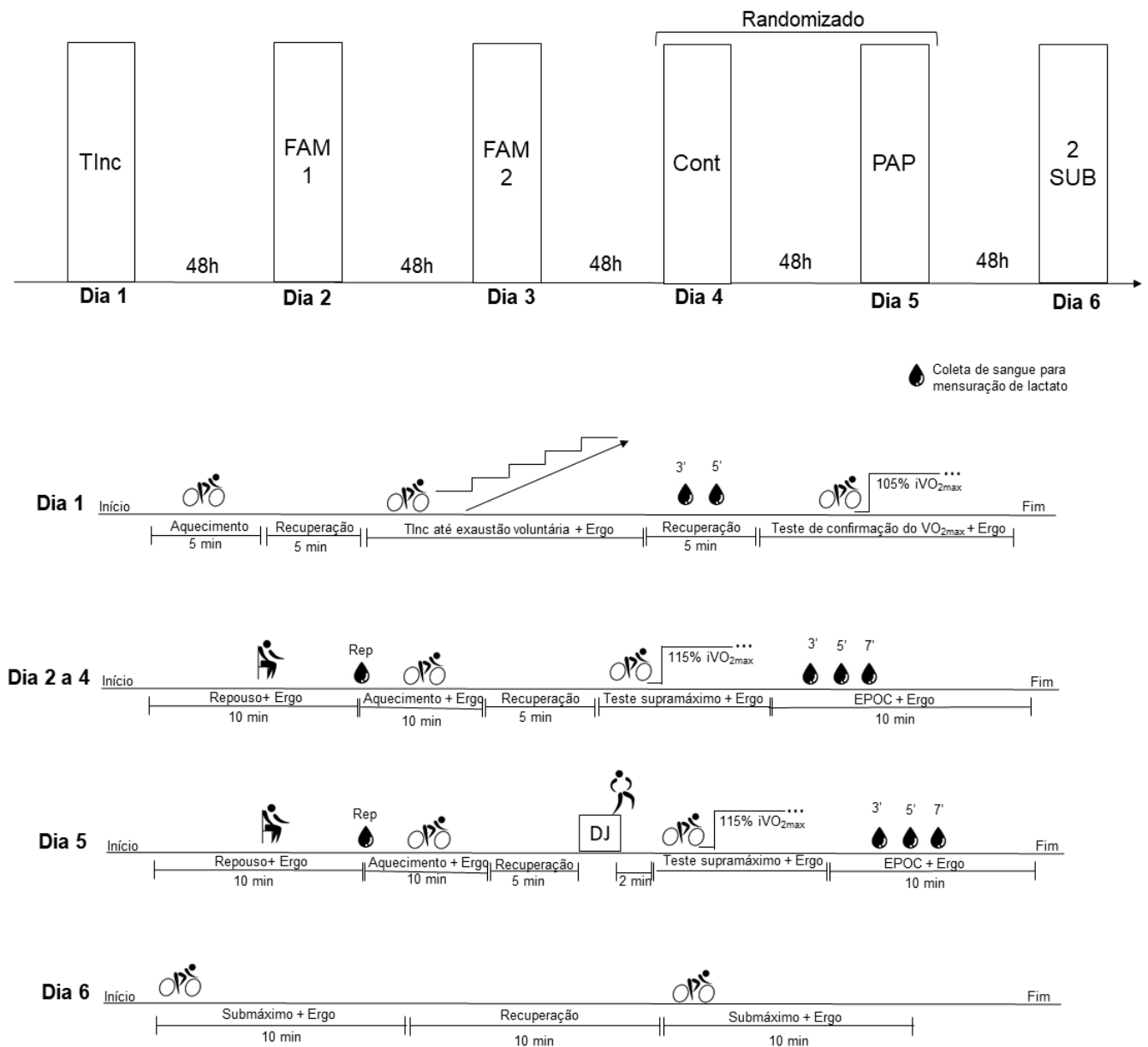
#### 5.4.2 Desenho experimental Estudo “B”

No estudo “B” os voluntários foram submetidos a seguinte sequência de testes: 1) TInc com ergoespirometria para determinação do  $\dot{V}O_{2max}$  e  $i\dot{V}O_{2max}$  seguido de um teste retangular para confirmação do valor de  $\dot{V}O_{2max}$ ; 2 e 3) familiarização com teste retangular supramáximo a 115% da  $i\dot{V}O_{2max}$  e teste para verificar reprodutibilidade da condição controle; 4 e 5) 1 teste retangular supramáximo a 115% da  $i\dot{V}O_{2max}$  com ergoespirometria em cada visita, sendo um realizado em situação controle e outro após a indução da PAP (randomizado); 6) 2 esforços submáximos com duração de 10 minutos cada.

Além disso, os voluntários foram submetidos a 5 esforços submáximos com intensidades entre 30 – 80% da  $i\dot{V}O_{2max}$ . Desse montante, 1 foi aplicado como aquecimento anteriormente ao TInc, 1 prévio à cada sessão de familiarização e 2 em uma sessão experimental separada (dia 6). O aquecimento nos esforços supramáximo com PAP e na situação controle (dias 4 e 5) foi de 5 minutos a 40% da  $i\dot{V}O_{2max}$ , uma vez que essa intensidade é recomendada como aquecimento ideal de esforços supramáximo e também como forma de padronizar o aquecimento para evitar possíveis revezes em parâmetros neuomusculares no esforço principal (BISHOP, 2003).

Durante todos os esforços desse estudo, gases respiratórios foram mensurados. Além disso, nos momentos antes (repouso) e após os esforços supramáximos [consumo em excesso de oxigênio após exercício (EPOC)] os gases respiratórios também foram mensurados.

Amostras de sangue foram coletadas do lobo da orelha nos minutos 3 e 5 após TInc para mensuração da  $[La-]_{pico}$ . Nos esforços supramáximos, as amostras foram coletas em repouso (i.e., após 10 minutos de repouso) e nos minutos 3, 5 e 7 após o término do teste para determinação da  $[La-]_{basal}$  e  $[La-]_{pico}$ , respectivamente.



**Figura 5** - Desenho experimental estudo B. EPOC = Consumo em excesso de oxigênio após exercício (do inglês, *Excess post-oxygen consumption*); DJ = *Drop Jump*

### 5.5 Mensuração das variáveis fisiológicas e respiratórias

Os dados respiratórios foram coletados respiração a respiração durante TInc de ambos os estudos e também nos esforços supramáximo e submáximos do estudo “B”.

As respostas respiratórias foram mensuradas por meio de um analisador de gás estacionário Quark CPET (Cosmed, Itália) com transmissor de frequência cardíaca

acoplado (Wireless HR 138 Monitor, Cosmed, Itália). Antes do início do teste, o analisador de gases foi devidamente calibrado de acordo com as recomendações do fabricante. Todos os dados obtidos foram filtrados a cada 5 s e interpolados a cada 1 s utilizando o programa OriginPro 2017 (OriginLab Corporation, EUA) para produzir uma resposta normal evitando qualquer interferência de “ruídos”, aumentando a confiabilidade dos parâmetros mensurados, como realizado em outros estudos com metodologia semelhante (BRISOLA et al., 2015; DE POLI et al., 2016; MILIONI et al., 2016a; MIYAGI et al., 2017a; ZAGATTO et al., 2016).

Além disso, as amostras de sangue coletadas do lobo da orelha (40  $\mu$ L) para determinação da concentração de lactato sanguíneo, foram coletadas por meio de capilares heparinizados, armazenadas em micro tubos contendo 80  $\mu$ L de fluoreto de sódio a 1% e analisadas em duplicata [Coeficiente de variação (CV%) = 1,96%] em um analisador bioquímico YSI 2900 (*Yellow Spring Instruments*, Ohio, EUA).

A coleta de sangue venoso (~ 1 mL) foi realizada por meio de punção da veia ante cubital para mensuração do pH sanguíneo, bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ), potássio ( $\text{K}^+$ ) e  $\text{Ca}^{2+}$ . As amostras de sangue foram coletadas por meio de uma agulha 26G conectada a uma seringa de 1 mL e foram analisadas imediatamente após a coleta por meio de um gasômetro RAPIDLab 348EX (Siemens Healthcare Diagnostics, Camberley, Reino Unido). Esses parâmetros foram utilizados como marcadores de fadiga periférica, principalmente o pH, que está associado a acidose metabólica e a fadiga periférica.

### **5.6 Teste incremental máximo para determinação do $\dot{V}\text{O}_{2\text{max}}$ e $i\dot{V}\text{O}_{2\text{max}}$**

O TInc foi iniciado na intensidade de 75W (após o aquecimento), com incrementos de 25W a cada 2 minutos até a exaustão, caracterizada pela desistência voluntária ou pela incapacidade de realizar o esforço (i.e., não manter a cadência pré-determinada durante 5 segundos) (Miyagi et al, 2017). A escala de Borg (6-20) também foi utilizada para acessar a percepção subjetiva de esforço no final de cada estágio, até a exaustão (Borg, 1982). Imediatamente após a exaustão, os voluntários realizaram 5 minutos de recuperação passiva. Após a recuperação, foram submetidos a um exercício retangular na intensidade de 105% da intensidade pico do teste até a exaustão para confirmação do  $\dot{V}\text{O}_{2\text{max}}$  (Tconf).

Para cada estágio do TInc foi mensurado o valor de  $\dot{V}O_2$  a partir da média dos 15 últimos segundos do estágio. O  $\dot{V}O_2$  atingido no Tconf também foi mensurado, por meio da média de 15 segundos do maior pico de  $\dot{V}O_2$  atingido no esforço (ROSSITER; KOWALCHUK; WHIPP, 2006).

O  $\dot{V}O_{2max}$  foi assumido utilizando os seguintes critérios: como critério principal foi utilizado a verificação de platô (variação no  $\dot{V}O_2 < 2,1 \text{ mL}\cdot\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$ , entre o último e o penúltimo estágios alcançados) (Billat e Koralsztein, 1996; Billat *et al.*, 1999). Caso não houvesse a incidência de platô, o  $\dot{V}O_{2max}$  foi assumido quando pelo menos 2 dos seguintes critérios fossem atingidos: 1) Igualdade (i.e., diferença de  $< 2,1 \text{ mL}\cdot\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$ ) entre maior valor de  $\dot{V}O_2$  obtido no TInc e valor de  $\dot{V}O_2$  mensurado no Tconf; 2)  $[\text{La}^-]_{\text{pico}}$  após o TInc  $\geq 8 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ ; 3) Percepção subjetiva de esforço do último estágio terminado  $> 15$  unidade arbitrária (u.a) (HOWLEY; BASSETT; WELCH, 1995; ROSSITER; KOWALCHUK; WHIPP, 2006). Caso atingidos, tanto o critério primário e/ou secundário, o  $\dot{V}O_{2max}$  foi considerado como maior valor de  $\dot{V}O_2$  obtido no TInc.

A intensidade mínima em que o voluntário alcançar o  $\dot{V}O_{2max}$  foi considerada como  $i\dot{V}O_{2max}$  (Billat e Koralsztein, 1996; Billat *et al.*, 1999). Caso último estágio alcançado fosse concluído, a  $i\dot{V}O_{2max}$  foi calculada utilizando a equação proposta por Kuipers *et al.* (1985) [ $i\dot{V}O_{2max} = \text{velocidade de corrida do último estágio completo} + (25 \text{ W} \cdot \text{tempo sustentado durante o estágio incompleto} / 120 \text{ s})$ ].

## 5.7 Esforço supramáximo

Para ambos estudos, o esforço supramáximo a 115% da  $i\dot{V}O_{2max}$  foi realizado até a exaustão voluntária ou pela incapacidade do participante de manter a cadência pré-determinada para obtenção do parâmetro de desempenho (e.g., tempo até a exaustão). O tempo até a exaustão (flim) foi registrado. Antes do início dos esforços (i.e., aquecimento e supramáximo), os voluntários permaneceram sentados por 10 minutos para coleta do sangue venoso (estudo A) e para que fossem determinados o  $\dot{V}O_{2basal}$  e  $[\text{La}^-]_{\text{basal}}$  (estudo B).

. Além disso, somente no estudo B, imediatamente após o final do esforço supramáximo, os voluntários permaneceram sentados no próprio ciclo-ergômetro durante 10 minutos, para que a fase rápida do EPOC (EPOC<sub>rápido</sub>) (determinante da via dos fosfagênios) mensurado e as coletas de sangue do lobo da orelha sejam realizadas (tópico 5.5) (Bertuzzi *et al.*, 2010).

## **5.8 Potenciação pós ativação muscular (PAP)**

Durante o período de familiarização, um protocolo para a determinação da altura “ótima” de queda do DJ foi realizado. Nesse protocolo o voluntário realizou 3 DJ para cada altura (20, 40 e 60 cm) sobre uma plataforma de força (Cefise, Brasil), de maneira que as variáveis de tempo de contato com o solo ( $T_{DJ}$ ) e altura do salto ( $A_{DJ}$ ) foram obtidas. A altura “ótima” de queda foi assumida como a maior razão ( $A_{DJ}/T_{DJ}$ ) (Byrne *et al.*, 2010).

O protocolo de DJ foi utilizado como esforço condicionante para evocar a PAP, tendo em vista estudos que demonstraram a eficácia do método (Lima *et al.*, 2011; Chen *et al.*, 2013; Maloney *et al.*, 2014). Para a realização do DJ, os voluntários despenharam do plinto em sua altura “ótima”, de maneira que mantiveram suas mãos no quadril e as pernas paralelas durante todo o protocolo, para que tocassem o solo no mesmo momento, evitando assim uma propulsão ascendente inicial e que o foco da carga excêntrica ficasse no quadril. Ao tocarem o solo, os voluntários foram instruídos a saltar o mais alto possível (Chen *et al.*, 2013).

Durante as sessões de PAP, os voluntários realizaram 1 série de 5 repetições de DJ na altura “ótima” de queda, de maneira que, cada repetição teve um intervalo de 15 segundos entre si. Após 2 minutos da realização dos DJ, os indivíduos foram submetidos ao esforço supramáximo (Chen *et al.*, 2013). O tempo de contato com o solo durante cada salto foi mensurado.

## **5.9 Avaliação da neuromuscular**

### **5.9.1 Força Isométrica**



Antes e imediatamente após o esforço supramáximo (~2 minutos após), os voluntários realizaram 3 CVMs de extensão do joelho e 3 CVMs após o esforço supramáximo. Cada CVM teve duração de 5 segundos com intervalo de 1 minuto entre cada tentativa. Para comparação entre os momentos pré e pós, foi utilizado uma CVM pré [maior valor de força pico (FP) dentre as 3 CVMs pré] e a primeira tentativa de CVM realizada após o exercício.

Para isso, os voluntários permaneceram sentados com os joelhos flexionados a 90° em uma cadeira projetada especificamente para essa avaliação, mantendo o tórax e coxas fixados firmemente por cintos de segurança. Um fio de aço inextensível foi atrelado ao tornozelo da perna dominante e conectado a uma célula de carga para mensuração da força (MKControle®, São Paulo, SP, Brasil), fixada na parte posterior da cadeira (Figura 6). A outra extremidade da célula de carga foi conectada a um amplificador de sinais e a uma placa de conversão de sinal analógico para digital (National Instruments, EUA).



**Figura 6** – Cadeira para realização das CVMs

A célula de carga foi previamente calibrada, utilizando 7 pesos conhecidos, construindo uma regressão linear para a relação mV e Newton ( $r^2= 1,0$ ) e o sinal de

força foi coletado a uma frequência de 1000 Hz no software Labview 2013 (National Instruments, EUA).

### **5.9.2 Estimulação elétrica neuromuscular**

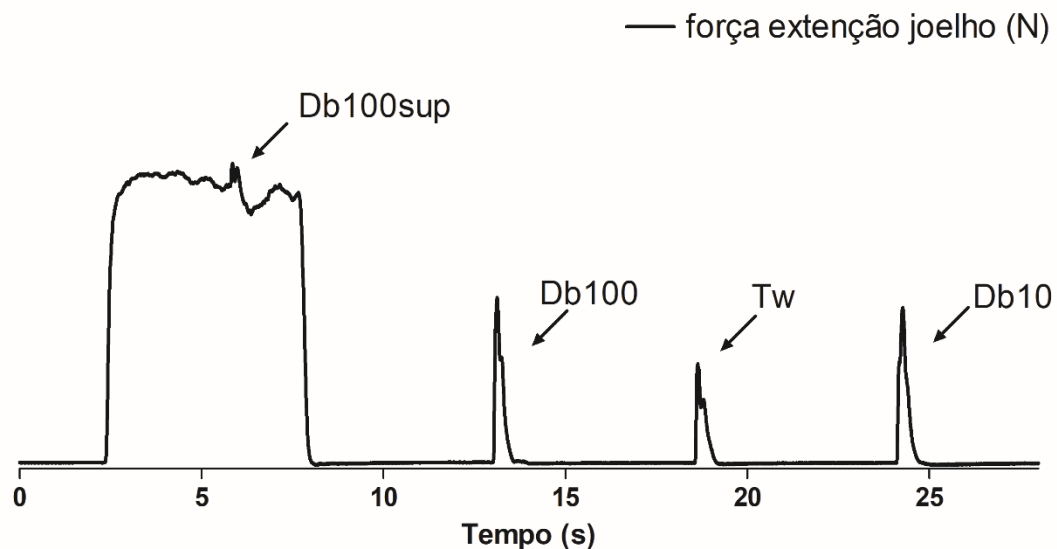
Durante a realização das CVMs e também com o músculo relaxado, estímulos elétricos supramáximo foram aplicados no nervo femoral por meio de um eletroestimulador de alta voltagem (Bioestimulador 400 V pico a pico, Insight, Brasil). Essa técnica consistiu na avaliação da força realizada voluntariamente durante uma CVM de extensão do joelho e da força evocada involuntariamente por estimulações elétricas periféricas supramáximas no nervo femoral, com objetivo de avaliar possíveis déficits de ativação central e periférico (GANDEVIA, 2001; MILIONI et al., 2016b; RACINAIS et al., 2007).

#### **5.9.2.1 Determinação do limiar de estimulação**

Inicialmente o local de maior sensibilidade elétrica do nervo femoral foi identificado, sendo então posicionados eletrodos circulares de eletroestimulação (3 cm de diâmetro) (Arktus, Brasil) no triângulo femoral (cátodo) e próximo ao trocanter maior do fêmur (ânodo). Para determinar a intensidade dos estímulos elétricos supramáximos, os voluntários foram submetidos a um protocolo de incrementos de estímulos elétricos de pulso duplos com o músculo relaxado, de maneira consecutiva 10 mA eram incrementados até que o platô de força fosse obtido ou até que o voluntário não tolerasse mais (GIRARD; BISHOP, 2013; MILIONI et al., 2016b). O maior estímulo elétrico atingido foi superimposto em 20% para garantir que o estímulo fosse máximo (BROXTERMAN et al., 2017). Esse protocolo foi realizado individualmente em todos os dias quem que a estimulação elétrica neural (PNS) foi realizada. Em 100% das avaliações o platô de força foi atingido.

### 5.9.2.2 Protocolo de estimulação elétrica periférica

Dessa forma, todo o protocolo da estimulação elétrica periférica (PNS) consistiu na aplicação de 4 estímulos elétricos a cada tentativa de CVM. O primeiro estímulo elétrico, foi de pulso duplo com uma frequência de 100Hz aplicado durante o pico de força ( $Db100_{sup}$ ). Os demais estímulos ocorreram com a musculatura relaxada, sendo que nos momentos 5, 10 e 15 s após o término da CVM, um pulso duplo com uma frequência de 100Hz ( $Db100$ ), um pulso duplo com frequência de 10Hz ( $Db10$ ) e um pulso simples ( $Tw$ ) foram aplicados, respectivamente (Figura 7) (Rampinini *et al.*, 2011).



**Figura 7** - Resposta de força obtidas em uma contração isométrica máxima de extensão de joelho e durante a aplicação dos estímulos elétricos.  $Db100_{sup}$  = força evocada pelo estímulo elétrico duplo de alta frequência durante a contração voluntária máxima;  $Db100$  = força evocada pelo estímulo elétrico duplo de alta frequência com a musculatura relaxada;  $Tw$  = força evocada pelo estímulo elétrico simples com a musculatura relaxada;  $Db10$  = força evocada pelo estímulo duplo de baixa frequência com a musculatura relaxada.

Para o cálculo do percentual de ativação voluntária (%AV) (indicativo de fadiga central), foi utilizada a equação 1 (Eq.1) para quando o estímulo elétrico fosse aplicado na força pico da CVM (GANDEVIA, 2001). Quando o estímulo fosse aplicado em outro momento, a equação de ajuste foi utilizada (Eq.2) (NEYROUD *et al.*, 2014).

$$\text{Eq 1. \%AV} = [1 - (Db100_{sup} / Db100)] \cdot 100$$

$$\text{Eq 2. \%AV} = 1 - (Db100_{sup} \times (\text{nível de força no momento da estimulação} / \text{Força pico}) / Db100) \cdot 100$$

Além disso, a amplitude da força evocada por cada estímulo foi mensurada, sendo a amplitude da força evocada durante Db100 e a relação entre a força evocada durante Db10 e Db100 (Db10/Db100) indicativos de fadiga periférica (MILLET et al., 2011).

### 5.9.3 Eletromiografia de superfície (EMG)

Durante todas as CVMs de extensão de joelho, o sinal da EMG foi monitorado nos músculos vasto lateral e bíceps femoral da perna dominante. Durante o esforço supramáximo (dia 4 e 5), a atividade eletromiográfica dos músculos vasto lateral, bíceps femoral, reto femoral e glúteo máximo de ambas as pernas foram mensurados. Esses grupos musculares foram escolhidos por ter maior atividade no ciclismo, principalmente em cadências mais altas (JORGE; HULL, 1986). Para ambas situações, foi utilizado um eletromiógrafo de superfície New Miotool (Miotec Equipamentos Biomédicos, Brasil).

Inicialmente, os locais para posicionamento dos eletrodos para cada musculo foram identificadas de acordo com as normas e especificações da *Surface ElectroMyoGraphy for Non-Invasive Assessment of Muscles* (SENIAM). Além disso, o processo estilóide da ulna foi localizado (eletrodo referência). Após identificação, os locais foram tricotomizado e gentilmente abrasado com uma lixa fina e assepsiada com álcool 70%. Eletrodos passivos com hidrogel adesivo condutor e sensor em Ag/AgCl Medtrace Infantil 3,2 x 2,8 cm (Covidien Inc, Canada) foram posicionados para cada músculo em configuração bipolar (distância de 2,5 cm de centro a centro). As sessões só tiveram início após inspeção visual da linha de base do sinal da EMG (< 5 mV).

Todo o sinal da EMG foi coletado com uma frequência de 1000Hz por meio da utilização de módulo de aquisição conversação analógico/digital do software Miograph (Miotec Equipamentos Biomédicos, Brasil). Além disso, o sinal da EMG foi posteriormente filtrado em passa-banda 20-500 Hz para a determinação do valor da *roots mean square* (EMG<sub>RMS</sub>) referente a 1 segundo do pico de força e o sinal de força foi filtrado em filtro Butterworth de 2ª ordem, ambos em ambiente MatLab 7.9 (Mathworks®, Estados Unidos). Os sinais de força obtidos durante as CVMs e EMG

foram sincronizados por um trigger (Bioestimulador, Insight, Brasil) que causava um “distúrbio” elétrico tanto na aquisição da força, quanto na EMG.

A  $EMG_{RMS}$  foi mensurada para cada CVM. Além disso, durante o esforço supramáximo a  $EMG_{RMS}$  e a frequência mediana ( $EMG_{FM}$ ) foram mensuradas para cada 5 s de exercício e posteriormente sendo divididas em 4 percentuais de tempo de permanência em esforço (0-25%; 25-50%; 50-75% e 75-100%) (CAMATA et al., 2011). A  $EMG_{RMS}$  e a  $EMG_{FM}$  foram normalizadas pelo maior valor de alcançado durante o esforço supramáximo da condição controle.

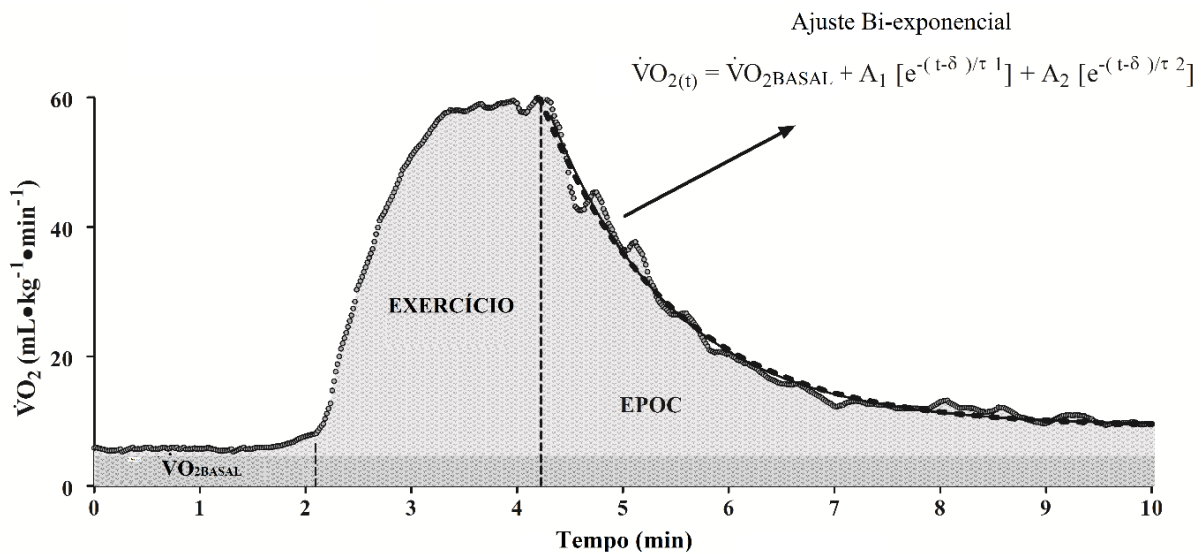
Todos os dados foram analisados off-line em ambiente MatLab 7.9 (Mathworks®, Estados Unidos).

## **5.10 Contribuição energética e avaliação da capacidade anaeróbia**

### **5.10.1 Determinação das contribuições energéticas e da capacidade anaeróbia**

A contribuição energética da via glicolítica ( $E_{[La^-]}$ ) foi estimada pela diferença entre  $[La^-]_{pico}$  e  $[La^-]_{basal}$  ( $\Delta[La^-]$ ), assumindo uma equivalência de oxigênio de  $3 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1}$  para cada  $1 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  no  $\Delta[La^-]$  (Di Prampero e Ferretti, 1999). A contribuição da via dos fosfagênios ( $E_{PCr}$ ) foi estimada pelo produto entre a amplitude ( $A_1$ ) e a constante de tempo ( $\tau_1$ ), obtidos pelo ajuste bi exponencial no  $EPOC_{rápido}$  (Figura 8) (Zagatto et al., 2016).

A soma da participação  $E_{[La^-]}$  e  $E_{PCr}$  foi considerado como estimativa da capacidade anaeróbia ( $AC_{[La^-]+EPOC_{rápido}}$ ) (BERTUZZI et al., 2015; MIYAGI et al., 2017b; ZAGATTO et al., 2016).



**Figura 8** – Determinação do  $EPOC_r$  pelo ajuste bi exponencial na fase rápida do EPOC.  $\dot{V}O_2$  – consumo de oxigênio captado;  $t$  – tempo;  $\dot{V}O_{2basal}$  - oxigênio captado após 10 minutos de repouso;  $A$  - amplitude;  $\delta$  - é o atraso do tempo;  $\tau$  é a constante de tempo

Além disso, a via de fosforilação oxidativa ( $E_{OXID}$ ) também foi estimada assumindo a área sobre a curva durante o esforço supramáximo, calculado pelo método trapezoidal, desconsiderando a área referente ao  $\dot{V}O_{2BASAL}$  (Beneke *et al.*, 2002; Bertuzzi *et al.*, 2010; Zagatto *et al.*, 2016).

### 5.10.2 Determinação do Máximo Déficit de Oxigênio Acumulado

Para determinação do máximo déficit acumulado de oxigênio (MAOD), foram mensuradas as médias do minuto 8 ao 10 do  $\dot{V}O_2$  (estado estável) referente a cada teste submáximo (i.e., 30 – 80% da  $i\dot{V}O_{2max}$ ) para que fosse ajustada uma regressão linear (Medbo *et al.*, 1988; Noordhof *et al.*, 2010). A regressão linear foi fixada intercepto-y (i.e., valor de  $\dot{V}O_{2basal}$  individual) e extrapolada para mensurar a demanda estimada de oxigênio a 115% da  $i\dot{V}O_{2max}$  (Zagatto *et al.*, 2016). O MAOD foi assumido como a diferença entre a área da demanda estimada de oxigênio a 115% (demanda de oxigênio multiplicado pelo tempo em exercício) e a integral do  $\dot{V}O_2$  pelo tempo em exercício (Medbo *et al.*, 1988).

### 5.11 Análise Estatística

Para análise estatística, inicialmente foi realizado o teste de *Shapiro-Wilk* para análise da normalidade dos dados. Posteriormente, confirmada a normalidade, a análise de variância (ANOVA two way) de dois fatores foi utilizada para verificar as possíveis diferenças as variáveis neuromusculares. O teste t de *Student* para comparação entre as diferenças percentuais ( $\Delta\%$ ) das variáveis neuromusculares de metabólicas (gasometria) e para as variáveis metabólicas. Para verificar possíveis associações entre as variáveis foi utilizado o teste de correlação de Pearson. O coeficiente de correlação foi classificado como insignificante (0 a 0,2), fraco (0,2 a 0,4), moderado (0,4 a 0,7), forte (0,7 a 0,9) e muito forte (0,9 a 1,0) (ROWNTREE, 1991). Em todos os casos, foi assumido um nível de significância  $\leq 5\%$ .

Além disso, foi realizado a análise do tamanho do efeito e expressos como média das diferenças padronizadas (Cohen's d) (COHEN, 1988). Os valores limites para o poder estatístico de Cohen's *d* serão considerados como  $>0,2$  (pequeno),  $>0,5$  (moderado) e  $>0,8$  (grande). Um possível efeito benéfico, substancial ou prejudicial na condição experimental em comparação à condição controle também foram calculadas [assumindo o valor de 0,2 multiplicado pelo desvio entre sujeitos como a menor alteração relevante (SWC)].

## 6. Resultados

### 6.1. Estudo A

As variáveis mensuradas durante o TInc e teste retangular de verificação do  $\dot{V}O_{2max}$  são descritos na Tabela 2 [valores em média $\pm$ DP (IC95%)].

**Tabela 2** – Parâmetros do teste incremental e esforço retangular do estudo “A”.

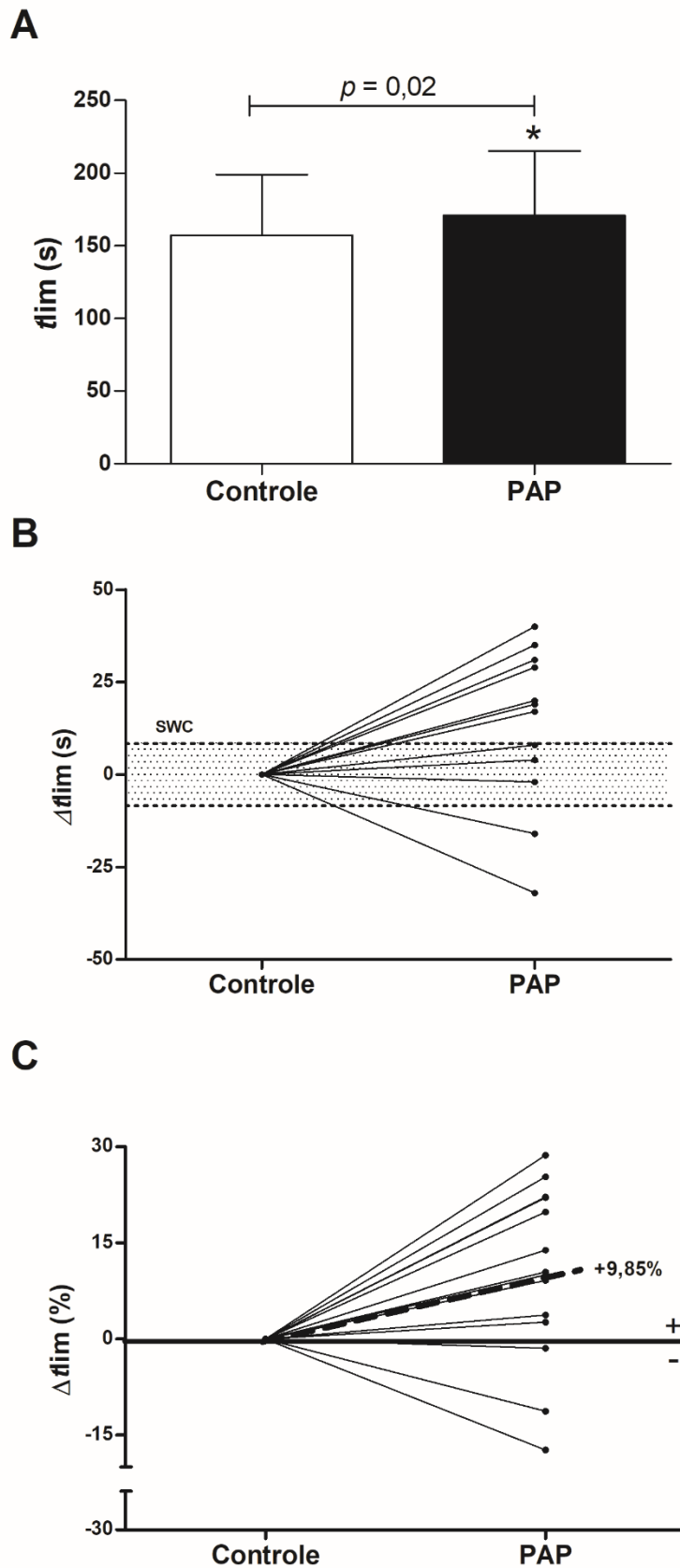
<b>Variáveis</b>	
Duração do exercício (min)	16,92 $\pm$ 3,38 (14,96 a 18,87)
$\dot{V}O_{2max}$ alcançado no TInc (mL·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	51,10 $\pm$ 6,51 (47,34 a 54,85)
$\dot{V}O_{2max}$ alcançado Tconf (mL·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	49,75 $\pm$ 6,80 (45,82 a 53,68)
$i\dot{V}O_{2max}$ (W)	311,50 $\pm$ 42,30 (287,07 a 335,92)
PSE (u.a)	18,93 $\pm$ 1,14 (18,26 a 19,59)
[La <sup>-</sup> ] <sub>Pico</sub> (mmol·L <sup>-1</sup> )	8,54 $\pm$ 1,23 (7,83 a 9,25)

Valores em média $\pm$ DP (IC95%).  $\dot{V}O_{2max}$  = consumo máximo de oxigênio; TInc = teste incremental máximo; Tconf = teste retangular de confirmação do consumo máximo de oxigênio;  $i\dot{V}O_{2max}$  = intensidade associada ao consumo máximo de oxigênio; PSE= percepção subjetiva de esforço; [La<sup>-</sup>]<sub>Pico</sub>= concentração pico de lactato sanguíneo.

Os valores de  $\dot{V}O_{2max}$  mensurados no TInc e no Tconf não se mostraram diferentes quando comparados ( $p = 0,19$ ). Levando em consideração os valores alcançados de  $i\dot{V}O_{2max}$  a intensidade do teste supramáximo (115% da  $i\dot{V}O_{2max}$ ) correspondeu a 358,35  $\pm$  48,57 W (330,3 a 386,41W).

O  $\dot{f}lim$  do teste de reprodutibilidade foi comparado com o  $\dot{f}lim$  da situação controle, tendo um valor de correlação intraclasse (ICC) = 0,81 e não se mostrando diferente ( $p = 0,64$ ). A Figura 9A, 9B e 9C mostram a comparação do  $\dot{f}lim$  da situação controle com a da situação PAP, o percentual de variação do  $\dot{f}lim$  em relação ao controle ( $\Delta\dot{f}lim$ ), e a diferença  $\dot{f}lim$  da situação PAP e controle para inferência individual da menor alteração relevante (SWC), respectivamente. Na análise da diferença do  $\dot{f}lim$  entre as condições em relação à inferência da SWC 9 participantes apresentaram uma melhora do  $\dot{f}lim$  acima do limiar da SWC, 3 participantes não obtiveram melhora importante e 2 abaixo da SWC. Além disso, a comparação  $\dot{f}lim$  apresentou um valor de efeito de 0,30  $\pm$  0,26.





**Figura 9** – (A) Comparação entre o tempo até a exaustão ( $t_{lim}$ ) da situação controle e potenciação pós ativação (PAP). (B) Resposta individual da menor alteração relevante (SWC; do inglês *small worthwhile change*) da condição PAP em relação ao controle. (C) Percentual de alteração do  $t_{lim}$  da condição PAP em relação ao controle.

Os valores de tempo de contato com o solo ( $TCS_{m\acute{e}dia}$ ), maior tempo de contato com o solo obtido entre os 5 DJ ( $TCS_{maior}$ ) e menor tempo de contato com o solo obtido entre os 5 DJ ( $TCS_{menor}$ ), foram  $0,65\pm 0,09$  s;  $0,71\pm 0,09$  s e  $0,59\pm 0,09$ s, respectivamente. Ainda, o  $TCS_{m\acute{e}dia}$ ,  $TCS_{maior}$  e  $TCS_{menor}$  foram correlacionados com o desempenho no esforço supramáximo na condiçã PAP, de maneira que nenhuma dessas variáveis apresentaram uma correlaçã significativa ( $r = -0,20$ ;  $r = -0,22$  e  $r = -0,11$ , respectivamente).

Os valores obtidos no protocolo de PNS ( $F_{Pico}$ ; %AV; Db100; Tw; Db10/Db100 e a  $EMG_{RMS}$  dos músculos vasto lateral e bíceps femoral) antes e após o esforço supramáximo, para ambas condições (controle e PAP) e as comparações da ANOVA estão expressos na Tabela 3.

Houve uma diminuiçã da FP para ambas as condições, quando comparada os momentos pela ANOVA (pré vs pós) ( $p=0,01$ ), apresentando uma diferença no quando comparado os momentos pré e pós de cada condiçã [*Post Hoc* (SIDAK):  $p = 0,01$ ]. Entretanto, não houve interaçã entre as condições ( $p > 0,05$ ). Ainda, o percentual de variaçã entre os momentos pré e pós ( $\Delta\%$ ) da condiçã PAP foi significativamente menor na condiçã PAP ( $p = 0,02$ ), evidenciando uma maior queda da  $F_{Pico}$ .

Também foi observada uma queda nos valores de Db100 e Tw entre os momentos pré e pós esforço supramáximo para ambas as condições, indicando uma fadiga periférica causada pelo exercíco ( $p=0,001$ ) apresentando uma diferença entre os momentos pré e pós para ambas as condições ( $p = 0,01$  e  $p=0,003$ , respectivamente). Entretanto para essas variáveis, não foi verificado interaçã entre condições ( $p > 0,09$ ). Ainda, apenas houve diferença significativa no  $\Delta\%$  entre as condições para Tw ( $p = 0,03$ ), indicando uma maior fadiga periférica para a condiçã PAP.

Outro parâmetro de fadiga periférica, a razã Db10/Db100, não se alterou entre os momentos pré e pós de ambas condições ( $p > 0,05$ ) e também não apresentou interaçã entre as condições ( $p > 0,05$ ). A %AV também não apresentou diferenças entre momentos ( $p > 0,05$ ), além de não apresentar interações entre as condições ( $p > 0,05$ ), indicando que não houve fadiga central para nenhuma das condições. Ainda, para essas variáveis (Db10/Db100 e %AV) não foram verificadas diferenças significativas no  $\Delta\%$  entre as condições ( $p > 0,05$ ).

Os valores de da  $EMG_{RMS}$  obtidos durante o protocolo de PNS para os músculos vasto lateral e bíceps femoral, não apresentam diferenças quando comparado o momento pré e pós esforço supramáximo ( $p \geq 0,49$ ). Além disso, para essas variáveis não foram verificadas interações entre condições (controle vs PAP) ( $p \geq 0,48$ ). Ainda, não houve diferença significativa para  $\Delta\%$  entre condições para essas variáveis ( $p > 0,05$ ), mostrando que não houve aumento no recrutamento de unidades motoras na condição PAP para o vasto lateral e bíceps femoral .

Na tabela 4 são apresentados os valores de pH, BE,  $HCO_3$ ,  $K^+$  e  $Ca^{2+}$  obtidos pela gasometria antes e após o esforço supramáximo, para ambas condições (controle e PAP). Para as variáveis pH, BE,  $HCO_3$  e  $K^+$  foram encontradas diferenças significativas entre o momento pré e pós exercício em ambas condições ( $p \leq 0,048$ ), apresentando uma diferença no quando comparado os momentos pré e pós de cada condição ( $p \leq 0,007$ ). Entretanto não houve interações significativas entre as condições controle e PAP ( $p > 0,05$ ).

Apenas a variável  $Ca^{2+}$  não apresentou diferenças entre momentos ( $p = 0,64$ ), além de não apresentar interação entre as condições ( $p = 0,87$ ). Para todas as variáveis obtidas pela gasometria, nenhuma apresentou diferença significativa para  $\Delta\%$  entre condições ( $p \geq 0,08$ ).

Na Figura 10 e 11 são expressos o comportamento da  $EMG_{RMS}$  e  $EMG_{FM}$  dos músculos vasto lateral, reto femoral, bíceps femoral e glúteo máximo durante o esforço supramáximo, respectivamente, fragmentadas em 4 porcentagens do tempo total de esforço (0–25%; 25–50%; 50–75% e 75–100%). Para todos os músculos analisados, em ambas as condições (controle e PAP), foram verificadas diferenças entre momentos para a  $EMG_{RMS}$  (Vasto lateral:  $F_{(4,26)}=322,84$  e  $p < 0,001$ ; Reto femoral:  $F_{(4,26)}=155,12$  e  $p < 0,001$ ; Bíceps femoral:  $F_{(4,26)}=65,61$  e  $p < 0,001$ ; Glúteo máximo:  $F_{(4,26)}=152,98$  e  $p < 0,001$ ) e também para a  $EMG_{FM}$  (Vasto lateral:  $F_{(4,26)}=13,17$  e  $p < 0,001$ ; Reto femoral:  $F_{(4,26)}=32,42$  e  $p < 0,001$ ; Bíceps femoral:  $F_{(4,26)}=7,71$  e  $p = 0,001$ ; Glúteo máximo:  $F_{(4,26)}=42,15$  e  $p < 0,001$ ).

A  $EMG_{RMS}$  de todos os músculos de ambas as condições (controle e PAP) apresentaram um aumento significativo no momento 75–100% quando comparado aos momentos 0–25%; 25–50%; 50–75%, em ambas condições ( $p < 0,001$ ). Além disso, para o músculo vasto lateral, houve uma diminuição significativa entre o

momento 25–50% quando comparado ao 0–25% ( $p=0,03$ ), apenas para a condição PAP. Também foi verificado uma diminuição significativa da  $EMG_{RMS}$  entre o momento 50–75% quando comparado ao 25–50% para o glúteo máximo na condição PAP ( $p=0,02$ ), indicando uma possível otimização muscular para esse grupamento.

No entanto, para a  $EMG_{FM}$  de todos os músculos de ambas as condições (controle e PAP) apresentaram uma diminuição significativo no momento 75–100% quando comparado aos momentos 0–25%; 25–50%; 50–75% ( $p<0,035$ ). Além disso, não houve interação entre as condições tanto para a  $EMG_{RMS}$ , como para a  $EMG_{FM}$  ( $p>0,05$ ).

**Tabela 3** – Parâmetros neuromusculares obtidos pelo protocolo de PNS.

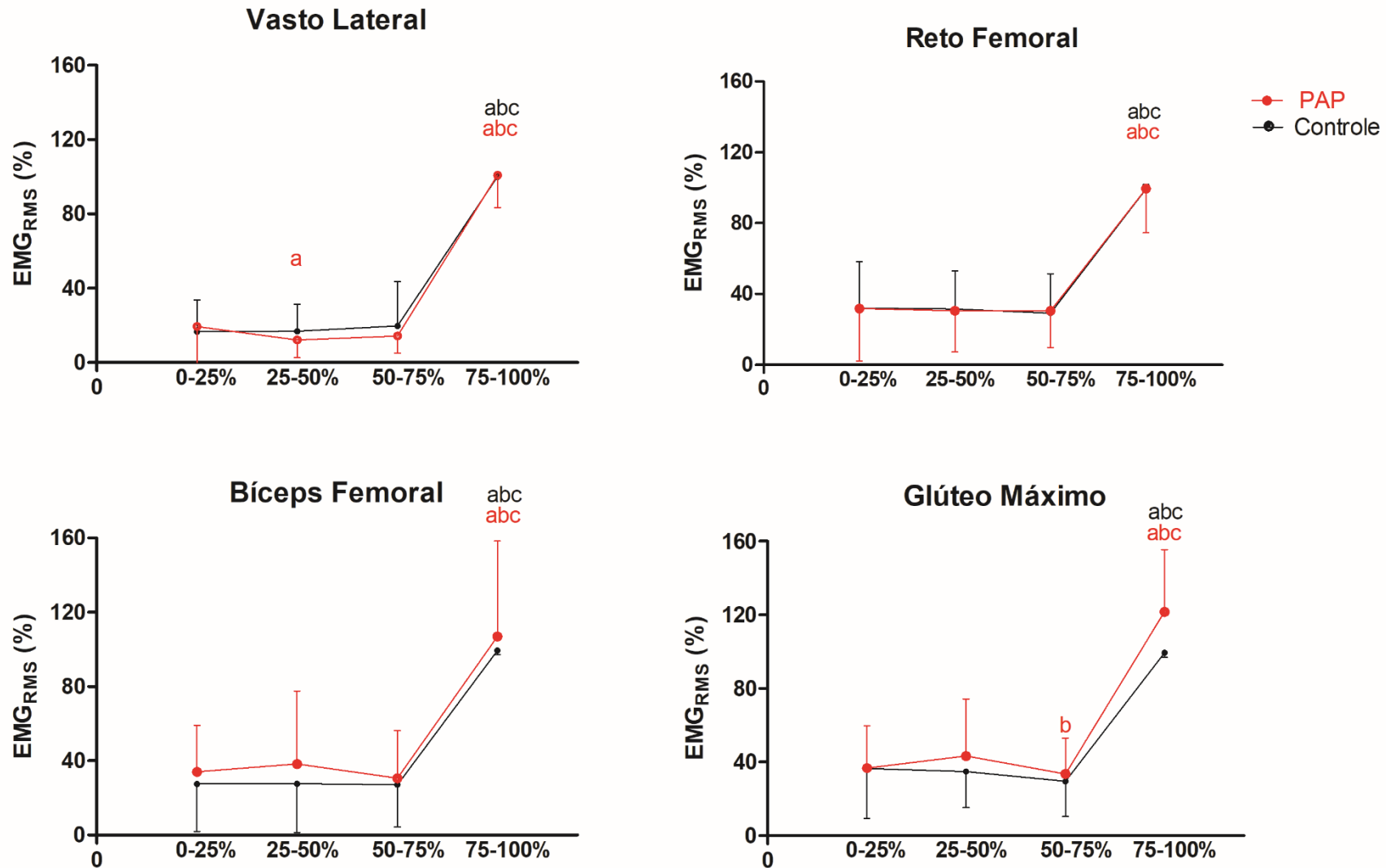
	Controle			PAP			Valores de <i>p</i>	
	Pré	Pós	Δ%	Pré	Pós	Δ%	Momento	Interação entre grupos
FP (N)	519,54 ± 108,88 (456,68 a 582,41)	484,97 ± 101,76 (426,22 a 653,73)	-6,4	552,85 ± 105,86 (491,73 a 613,97)	480,10 ± 97,50 (423,80 a 536,39)	-12,7*	0,0001	0,052
%AV (%)	90,45 ± 4,77 (87,69 a 93,20)	90,36 ± 4,26 (87,90 a 92,82)	-0,01	92,98 ± 3,90 (90,73 a 95,24)	91,30 ± 4,85 (88,49 a 94,09)	-1,8	0,18	0,23
Db100 (N)	260,16 ± 62,68 (223,96 a 296,35)	222,60 ± 56,06 (190,23 a 254,96)	-14,8	301,18 ± 71,39 (259,96 a 342,40)	230,89 ± 50,30 (201,85 a 259,94)	-21,2*	0,0001	0,09
Tw (N)	160,17 ± 43,88 (134,84 a 185,51)	127,01 ± 33,57 (107,62 a 146,38)	-19,9	178,07 ± 54,12 (146,82 a 209,32)	127,22 ± 29,06 (110,44 a 149,99)	-25,6*	0,0001	0,23
Db10/Db100	0,79 ± 0,15 (0,70 a 0,87)	0,77 ± 0,19 (0,66 a 0,88)	-2,6	0,73 ± 0,17 (0,63 a 0,83)	0,68 ± 0,14 (0,60 a 0,76)	-3,5	0,22	0,63
EMG <sub>RMS</sub> vasto lateral (mV)	219,97 ± 63,86 (181,37 a 258,56)	229,55 ± 75,65 (183,84 a 275,27)	+6,9	213,29 ± 64,47 (174,33 a 252,25)	207,30 ± 68,01 (166,20 a 248,39)	-2,0	0,87	0,48
EMG <sub>RMS</sub> bíceps femoral (mV)	18,42 ± 7,87 (13,67 a 23,18)	17,39 ± 3,78 (15,10 a 19,68)	+1,7	19,56 ± 9,24 (13,98 a 25,15)	19,24 ± 10,61 (12,83 a 25,65)	+2,4	0,49	0,38

Valores em média±DP (IC95%). \**p*<0,05 (teste-t) na comparação dos Δ% entre a condição controle e PAP. FP= Força pico; %AV= percentual de ativação voluntária; Db100= força evocada pelo estímulo elétrico duplo de alta frequência com a musculatura relaxada; Tw= força evocada pelo estímulo elétrico simples na musculatura relaxada; Db10/Db100= relaxação entre a força evocada pelo estímulo elétrico duplo de baixa frequência pelo de baixa frequência; EMG<sub>RMS</sub>= *roots mean square* do sinal eletromiográfico durante as CVM.

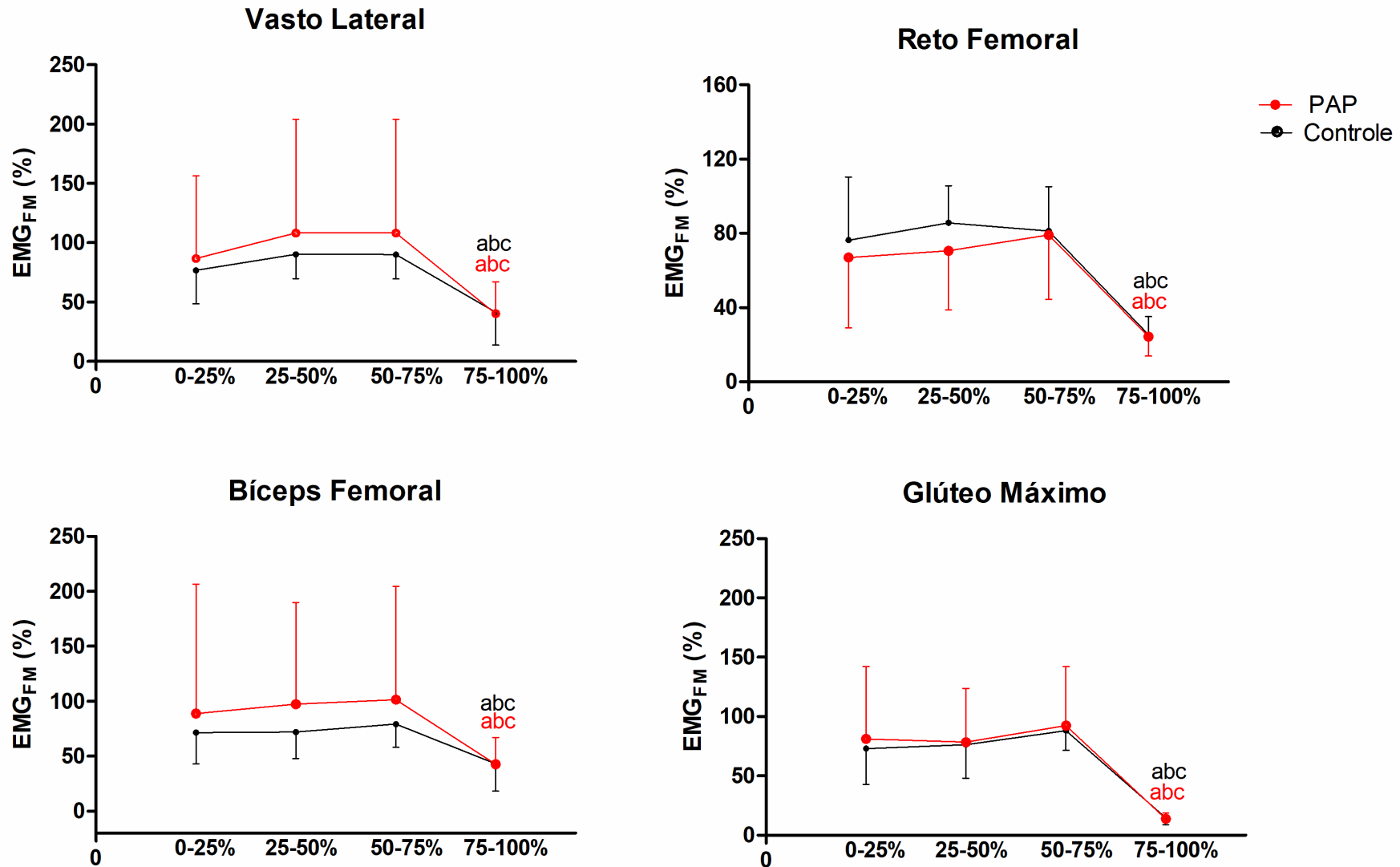
**Tabela 4** – Valores da gasometria obtidos antes e após a situação controle e potenciação pós ativação

	Controle			PAP			Valores de <i>p</i>	
	Pré	Pós	Δ%	Pré	Pós	Δ%	Fadiga	Interação
pH	7,37 ± 0,02 (7,35 a 7,38)	7,20 ± 0,05 (7,17 a 7,23)	-2,2	7,39 ± 0,03 (7,37 a 7,41)	7,21 ± 0,04 (7,18 a 7,23)	-2,4	0,001	0,61
BE (mmol·L <sup>-1</sup> )	2,27 ± 0,88 (1,76 a 2,78)	-8,79 ± 2,82 (-10,42 a -7,16)	-515,0	2,57 ± 1,35 (1,79 a 3,35)	-9,99 ± 3,54 (-12,03 a -7,95)	-591,6	0,001	0,27
HCO <sub>3</sub> (mmol·L <sup>-1</sup> )	24,63 ± 0,83 (24,15 a 25,11)	16,40 ± 1,62 (15,46 a 17,33)	-33,2	25,14 ± 0,97 (24,58 a 25,70)	16,03 ± 1,79 (14,99 a 17,06)	-36,2	0,001	0,27
K <sup>+</sup> (mmol·L <sup>-1</sup> )	4,08 ± 0,33 (3,87 a 4,29)	4,05 ± 0,70 (3,61 a 4,50)	-0,03	4,26 ± 0,31 (4,06 a 4,46)	3,78 ± 0,27 (3,61 a 3,95)	-10,2	0,048	0,06
Ca <sup>2+</sup> (mmol·L <sup>-1</sup> )	1,21 ± 0,11 (1,14 ± 1,28)	1,21 ± 0,12 (1,13 a 1,29)	-0,06	1,24 ± 0,10 (1,17 a 1,30)	1,22 ± 0,12 (1,17 a 1,30)	-1,0	0,64	0,87

Valores em média±DP (IC95%). pH = Potencial hidrogeniônico; BE = Excesso de base; HCO<sub>3</sub> = Bicarbonato; K<sup>+</sup>= potássio; Ca<sup>2+</sup>= cálcio.



**Figura 10** – Comportamento da ativação muscular pelo dado de *Roots Mean Square* ( $EMGRMS$ ) durante o esforço supramáximo para ambas as condições. a vermelho = diferente ao momento 0-25%; b= diferente ao momento 25-50%; c= diferente ao momento 50-75%. A cor vermelha nos indicativos de significâncias indica diferença dentro da condição PAP, enquanto a cor preta indica diferença dentro da condição controle.



**Figura 11** – Comportamento da taxa de despolarização das unidades motoras recrutadas pelo dado da Frequência Mediana (EMG<sub>FM</sub>) durante o esforço supramáximo para ambas as condições. a= diferente ao momento 0-25%; b= diferente ao momento 25-50%; c= diferente ao momento 50-75%. A cor vermelha nos indicativos de significâncias indica diferença dentro da condição PAP, enquanto a cor preta indica diferença dentro da condição controle.



## 6.2 Estudo B

As variáveis mensuradas durante o Tinc e teste retangular de verificação estão presentes na Tabela 5.

**Tabela 5** – Parâmetros do teste incremental e esforço retangular do estudo “B”.

Variáveis	
Duração do exercício (min)	15,81 ± 2,41 (14,52 a 17,10)
$\dot{V}O_{2max}$ alcançado no Tinc (mL·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	51,24 ± 5,74 (48,18 a 54,31)
$\dot{V}O_{2max}$ alcançado Tconf (mL·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	50,37 ± 5,58 (47,39 a 53,34)
$i\dot{V}O_{2max}$ (W)	297,63 ± 30,20 (281,53 a 313,72)
PSE (u.a)	18,68 ± 1,44 (17,91 a 19,46)
[La] <sub>Pico</sub> (mmol·L <sup>-1</sup> )	9,12 ± 2,57 (7,74 a 10,49)

Valores em média±DP (IC95%).  $\dot{V}O_{2max}$  = consumo máximo de oxigênio; Tinc = teste incremental máximo; Tconf = teste de retangular de confirmação do consumo máximo de oxigênio;  $i\dot{V}O_{2max}$  = intensidade associada ao consumo máximo de oxigênio; PSE = percepção subjetiva do esforço; [La]<sub>Pico</sub> = concentração pico de lactato.

Dessa maneira, a intensidade do teste supramáximo (115% da  $i\dot{V}O_{2max}$ ) corresponderam a 342,25 ± 34,67 W (323,77 a 360,72W). O  $\dot{V}im$ ,  $E_{[La^-]}$ ;  $E_{PCr}$ ;  $AC_{[La^-]+EPOCrápido}$  e MAOD do teste de reprodutibilidade foi comparado com o  $\dot{V}im$  da situação controle (Tabela 6). As variáveis de  $\dot{V}im$ ,  $E_{[La^-]}$ ;  $E_{PCr}$ ;  $AC_{[La^-]+EPOCrápido}$  apresentaram uma ICC significativa ( $p < 0,001$ ).

**Tabela 6** – Teste de reprodutibilidade da condição controle.

Variáveis	Teste Rep	Controle	ICC	p
$\dot{V}O_{2max}$ (s)	155,43 ± 37,10 (135,66 a 175,20)	148,94 ± 40,23 (127,50 a 170,37)	0,87*	0,24
$E_{[La]}$ (L)	2,31 ± 0,75 (1,91 a 2,71)	2,28 ± 0,69 (1,92 a 2,65)	0,93*	0,73
$E_{PCr}$ (L)	1,89 ± 0,49 (1,63 a 2,16)	1,73 ± 0,51 (1,46 a 2,01)	0,85*	0,07
$AC_{[La-]+EPOCrápido}$ (L)	4,20 ± 0,79 (3,78 a 4,63)	4,01 ± 0,74 (3,61 a 4,41)	0,86*	0,10
MAOD (L)	3,65 ± 1,16 (3,04 a 4,27)	3,88 ± 1,02 (3,34 a 4,42)	0,56	0,40

Valores em média±DP (IC95%). ICC = correlação intraclassa. Valor do p do teste *t de student*, \* ICC significante.  $\dot{V}O_{2max}$  = tempo até a exaustão;  $E_{[La]}$  = participação energética da via glicolítica;  $E_{PCr}$  = participação energética da via dos fosfagênios;  $AC_{[La-]+EPOCrápido}$  = capacidade anaeróbia mensurada pela soma das vias glicolítica e de fosfagênio; MAOD = máximo déficit acumulado de oxigênio.

A Figura 12A, 12B e 12C, demonstram a comparação do  $\dot{V}O_{2max}$  da condição controle e condição PAP, a diferença  $\dot{V}O_{2max}$  da situação PAP e controle para inferência individual da menor alteração relevante (SWC) e o percentual do  $\Delta\dot{V}O_{2max}$  apresentado em valores individuais e média, respectivamente.

A condição PAP apresentou uma melhora significativa no desempenho quando comparada a condição controle ( $p=0,05$ ), com tamanho do efeito de  $0,21 \pm 0,22$ . Além disso, na análise da diferença do  $\dot{V}O_{2max}$  entre as condições em relação à inferência da SWC, 7 participantes apresentaram uma melhora do  $\dot{V}O_{2max}$  acima do limiar de SWC, 7 participantes não obtiveram melhora importante e 2 abaixo da SWC.

Os valores de  $TCS_{média}$ ,  $TCS_{maior}$  e  $TCS_{menor}$ , foram  $0,70 \pm 0,18$  s;  $0,76 \pm 0,19$  s e  $0,64 \pm 0,19$ s, respectivamente. Ainda, o  $TCS_{média}$ ,  $TCS_{maior}$  e  $TCS_{menor}$  foram correlacionados com o desempenho no esforço supramáximo na condição PAP, de maneira que nenhuma dessas variáveis apresentaram uma correlação significativa ( $r = -0,27$ ;  $r = -0,22$  e  $r = -0,24$ , respectivamente).

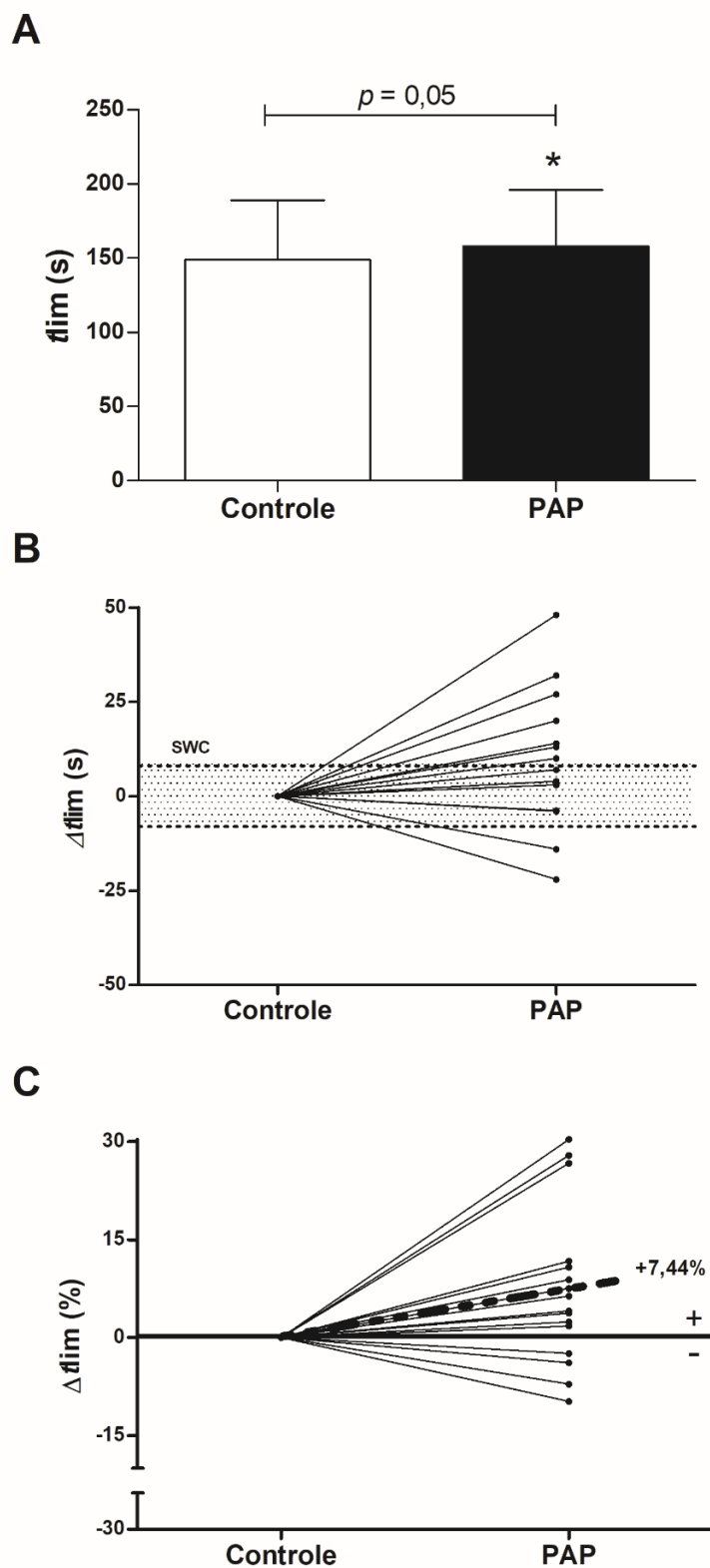
Os valores de A1 para a condição controle e PAP foram  $2,58 \pm 0,60$  L (2,27 a 2,91 L) e  $2,68 \pm 0,56$  L (2,38 a 2,98 L), respectivamente, enquanto que os valores de  $\tau 1$

para a condição controle e PAP fora  $0,67 \pm 0,13 \text{ min}^{-1}$  (0,60 a  $0,74 \text{ min}^{-1}$ ) e  $0,69 \pm 0,18 \text{ min}^{-1}$  (0,59 a  $0,78 \text{ min}^{-1}$ ). Ao comparar os valores de A1 e  $\tau_1$  nas condições controle e PAP não foi observado nenhuma diferença significativa ( $p = 0,23$  e  $0,65$ , respectivamente). Apesar disso, quando comparado os valores de  $[\text{La}^-]_{\text{pico}}$  do esforço supramáximo da condição controle [ $10,81 \pm 3,07 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  (9,18 a  $12,45 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ )] com a condição PAP [ $11,65 \pm 2,95 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$  (10,08 a  $13,22 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ )], diferenças significativas foram observadas ( $p = 0,003$ ), evidenciando um maior valor de  $[\text{La}^-]_{\text{pico}}$  na condição PAP.

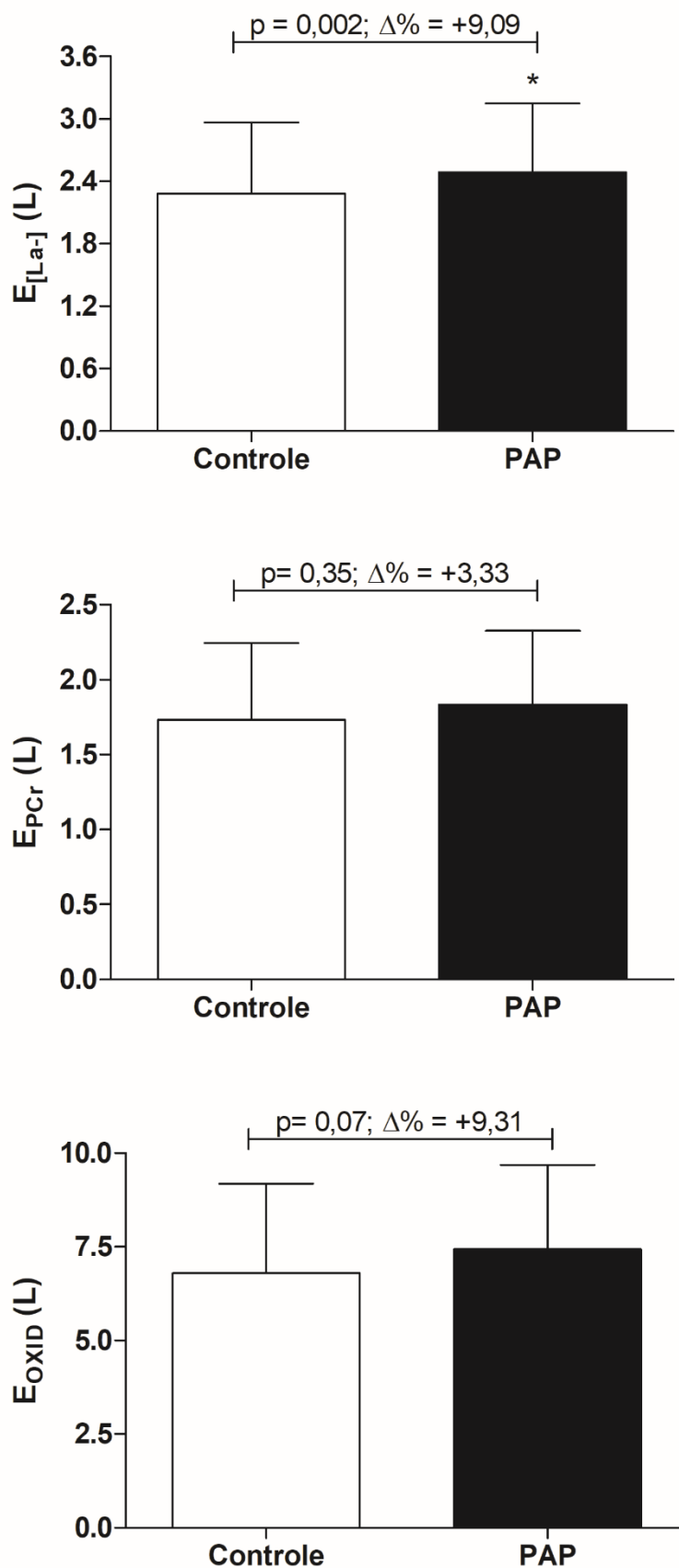
A comparação das variáveis  $E_{[\text{La}^-]}$ ,  $E_{\text{PCr}}$  e  $E_{\text{OXID}}$  obtidas durante os esforços supramáximo nas condições controle e PAP estão apresentadas na Figura 13.

Ainda, a comparação dos valores de  $\text{AC}_{[\text{La}^-]+\text{EPOCrápido}}$  e MAOD para as condições controle e PAP estão apresentados na Figura 14. Na análise da SWC do  $\text{AC}_{[\text{La}^-]+\text{EPOCrápido}}$  10 participantes apresentaram uma melhora acima do limiar da SWC, 4 participantes não obtiveram melhora importante e 2 abaixo da SWC. Já para o MAOD, 5 participantes apresentaram uma melhora acima do limiar da SWC, 5 participantes não obtiveram melhora importante e 6 abaixo da SWC.

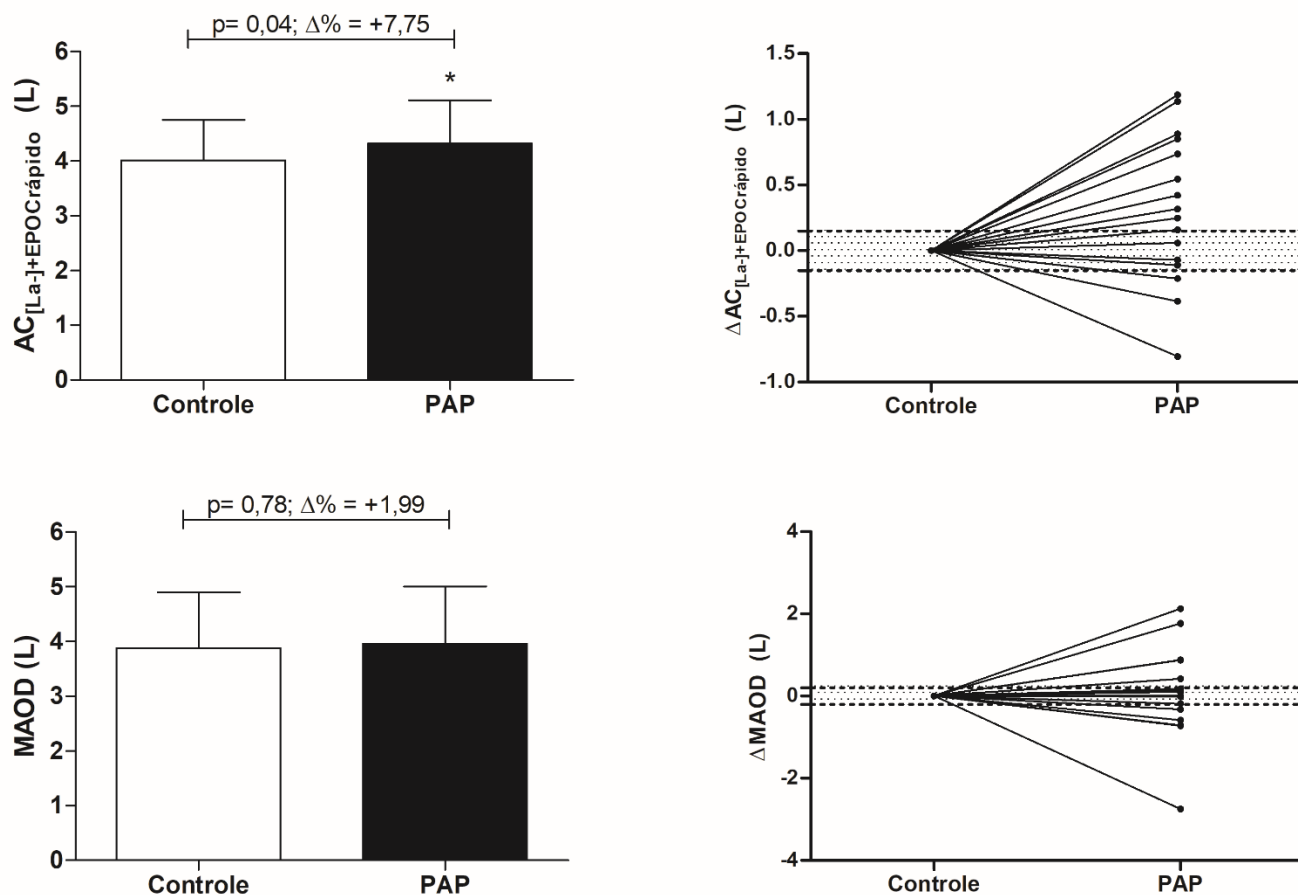
Além disso, uma comparação entre os métodos foi realizada para a condição controle e PAP, apresentando fraca relação entre os métodos para ambas as condições, além de não se mostrarem diferentes (Controle: ICC = 0,48;  $r = 0,47$ ;  $p = 0,59$ ; PAP: ICC = 0,45;  $r = 0,44$ ;  $p = 0,17$ ).



**Figura 12** – (A) Comparação entre o tempo até a exaustão ( $t_{lim}$ ) da situação controle e potenciação pós ativação (PAP). (B) Resposta individual da menor alteração relevante (SWC; do inglês *small worthwhile change*) da condição PAP em relação ao controle. (C) Percentual de alteração do  $t_{lim}$  da condição PAP em relação ao controle  $t_{lim}$  = tempo até a exaustão;  $\Delta t_{lim}$  = variação do tempo até a exaustão da condição PAP quando comparada a condição controle



**Figura 13** – Comparação entre as variáveis metabólicas obtidas durante o esforço supramáximo na situação controle e potenciação pós ativação (PAP). Todas as variáveis estão expressas em valores absolutos.  $E_{[La-]}$  = participação energética da via glicolítica;  $E_{PCr}$  = participação energética da via dos fosfagênios;  $E_{OXID}$  = participação energética da via oxidativa.



**Figura 14** – Comparação e SWC da  $AC_{[La-]+EPOCrápido}$  e MAOD obtidas durante o esforço supramáximo na situação controle e potenciação pós ativação (PAP). Todas as variáveis estão expressas em valores absolutos.  $AC_{[La-]+EPOCrápido}$  = capacidade anaeróbia mensurada pela soma das vias glicolítica e de fosfagênio;  $\Delta AC_{[La-]+EPOCrápido}$  = variação da capacidade anaeróbia mensurada pela soma das vias glicolítica e de fosfagênio quando comparada a condição controle; MAOD = máximo déficit acumulado de oxigênio;  $\Delta MAOD$  = variação do máximo déficit acumulado de oxigênio da condição PAP quando comparada a condição controle

## 7. Discussão

O presente estudo investigou os efeitos da PAP induzida por 5 séries de *drop jumps* sobre aspectos neuromusculares e metabólicos que poderiam influenciar diretamente o desempenho em um esforço supramáximo no ciclismo. O principal achado do presente estudo foi a melhora significativa do desempenho em esforço supramáximo, concomitante a alterações metabólicas não oxidativas, indicada por uma maior capacidade anaeróbia mensurada pela  $AC_{[La-]+EPOCrápido}$  e por uma maior participação energética do metabolismo glicolítico. Ainda, foram observadas alterações neuromusculares para os músculos vasto lateral e glúteo máximo durante o esforço supramáximo e uma fadiga periférica mais severa para a condição PAP.

Já é de conhecimento que uma contração voluntária quando realizada de maneira efetiva (i.e., volume, intensidade e intervalo ideais) pode gerar o fenômeno da PAP e consequentemente aumentar o desempenho em um esforço subsequente (SEITZ; HAFF, 2016). Os resultados do presente estudo mostram que 5 séries (15 segundos entre elas) de 1 *drop jump* realizadas 2 minutos antes de um esforço a 115% da  $\dot{V}O_{2max}$  é capaz de evocar o fenômeno da PAP, melhorando o desempenho significativamente, como observado no estudo A ( $p=0,02$ ) e no B ( $p=0,05$ ) em uma faixa percentual semelhante (9,85% e 7,44%, respectivamente).

Outros estudos recentes também investigaram os efeitos da PAP sob o desempenho no ciclismo, porém utilizando esforços condicionantes diferentes. Munro et al. (2017) mostraram que 4 séries de 4 revoluções completas na catraca de um ergômetro de alta-inércia em máxima intensidade foi capaz de melhorar o desempenho em 4,9% em *sprint* no ciclismo, apresentando um percentual de chance de 92% para um efeito *provavelmente positiva* sob o desempenho na inferência baseada na magnitude. Já Chorley e Lamb (2017) investigaram os efeitos da PAP induzida por 3 *sprints* de 10 segundos sob o desempenho em uma prova de 4 km no ciclismo, encontrando uma melhora de 1,7% sob o desempenho. Ainda, Doma et al. (2018), verificaram melhoras significativas na potência média (+2,24%) e no trabalho total (2,16%) em um protocolo de Wingate de 30 segundos, após a indução da PAP por um *sprint* máximo de 10 segundos em ciclo-ergômetro (8,5% da massa corporal).

Apesar desses estudos também verificarem melhoras no desempenho em cicloergômetro, o presente estudo apresenta um percentual de melhora no desempenho maior que nos demais estudos citados. Essa diferença pode ser atribuída a uma característica de esforço alvo diferente, e também a escolha do EC da PAP. Entretanto, os resultados do presente estudo corroboram o percentual de melhora sob o desempenho causado pela PAP, indicado pela literatura que variam entre aproximadamente 2 e 10% (TILLIN et al., 2009).

Ainda, a análise da SWC demonstrou que dos 30 participantes do presente estudo, 16 foram responsivos a PAP (9 no estudo A e 7 no estudo B), esse resultado corrobora com os de Tobin e Delahunt (2014), uma vez que relataram que a maioria dos participantes foram responsivos a um EC pliométricos. A não resposta a PAP dos demais participantes pode ser atribuída principalmente ao tempo de intervalo entre o EC e esforço “alvo”, uma vez que apesar de 2 minutos (tempo utilizado) ser considerado “ótimo” para obtenção de um melhor desempenho, o efeito da PAP gerada por 5 *drop jumps* pode durar até 6 minutos devido a variação entre sujeitos (CHEN et al., 2013).

As respostas neuromusculares demonstraram que o esforço retangular supramáximo a 115% da  $\dot{V}O_{2max}$  instaurou uma fadiga periférica em ambas as condições. Apenas Goodall et al (2015) investigaram a etiologia da fadiga em um esforço retangular em domínio severo (~90% da  $\dot{V}O_{2max}$ ), encontrando também instauração de fadiga periférica (diminuição da Db100) ao final do esforço, entretanto, nesse estudo, também foi verificado uma instauração da fadiga central (diminuição da %AV). Essa diferença ao comparar com os resultados de Goodall et al (2015) com o do presente estudo, pode ser atribuída principalmente a intensidade do esforço realizado, uma vez que a intensidade mais alta do presente estudo proporciona uma maior atividade das vias não oxidativas, ocasionando uma maior taxa liberação de íons  $H^+$  e desequilíbrio ácido-base (tabela 4), acelerando o processo de fadiga (ALLEN; LAMB; WESTERBLAD, 2008; GAITANOS et al., 1993). Considerando isso, o esforço a 115% da  $\dot{V}O_{2max}$  tendem levar a fadiga mais rapidamente quando comparada à intensidade utilizada por Goodall et al (2015) (i.e., menor *tlim*), acarretando assim uma fadiga periférica mais preponderante (MILLET; LEPERS, 2004).



Embora, tanto a condição controle como a condição PAP tenham instaurado uma fadiga periférica, o percentual de decréscimo do momento pós exercício em relação ao pré das variáveis Tw e Db100, indicando que na condição PAP houve uma instauração de fadiga periférica mais severa. Além disso, O presente estudo verificou uma “preservação” do aparato neuromuscular indicada por uma menor ativação neuromuscular durante o esforço supramáximo apenas na condição PAP no momento 25-50% em relação ao 0-25% para o vasto lateral e no momento 50-75% em relação ao 25-50%. Essas diferença podem ser atribuída a uma alteração neuromuscular causada pela PAP, uma vez que Güllich e Shmidtbleicher (1996) verificaram alterações promovidas pela PAP na amplitude do reflexo-H, o que indica uma maior excitabilidade do *pool* de motoneurônios e uma maior participação de unidade motoras envolvidas. Apesar disso, devesse ter cuidado ao assumir esse resultado, uma vez que não foi observado diferença entre as condições, o que corrobora com os achados de Inglis et al. (2011), uma vez que em seu estudo não verificaram alterações significativas na padrão de ativação neuromuscular evidenciados pela EMGRMS e na taxa de disparo após a indução da PAP por CMVs.

A manifestação da PAP tem sido mais relacionada com a fosforilação da CRLM, uma vez que existem maiores evidencias que esse possa ser o principal mecanismo da PAP (RYDER et al., 2007; STULL; KAMM; VANDENBOOM, 2011; VANDENBOOM et al., 2013), dessa forma o presente estudo traz resultados interessantes, uma vez que demonstra que apenas na condição PAP uma “preservação” da função neuromuscular indicada por uma diminuição da ativação neural para alguns dos grupamentos musculares (vasto lateral e glúteo máximo) foi verificada, apesar de não apresentar diferenças significantes quando comparado a condição controle. Esse resultado indica que talvez os efeitos da PAP também estejam também relacionados a outros mecanismos, como por exemplo, a maior excitabilidade dos motoneuronios- $\alpha$  (Güllich e Shmidtbleicher, 1996). Ainda, cabe ressaltar que no presente estudo não mensurou a onda-M e da onda-H (índices de excitabilidade do *pool* motoneurônio), o que poderia trazer mais evidências de uma maior excitabilidade neural causada pela PAP.

As análises metabólicas revelaram um aumento significativo da capacidade anaeróbia mensurada pelo  $AC_{[La-]+EPOCrápido}$  (+7,75%;  $p = 0,04$ ). Apesar do  $AC_{[La-}$

$[\text{La}^-]_{\text{EPOCrápido}}$  ter sido validado em comparação com o MAOD (método mais aceito para mensuração da capacidade anaeróbia) (BERTUZZI et al., 2010; MIYAGI et al., 2017a; ZAGATTO et al., 2016), a mensuração do MAOD realizada no presente estudo apresentou fraca correlação com o  $\text{AC}_{[\text{La}^-]_{\text{EPOCrápido}}}$  além de não verificar diferença significativa entre as condições ( $p = 0,78$ ).

Essa contradição entre os valores de  $\text{AC}_{[\text{La}^-]_{\text{EPOCrápido}}}$  e MAOD provavelmente pode ser atribuído ao número de esforços submáximos para construção da regressão linear utilizado no presente estudo (6 esforços submáximos), o que pode ser uma limitação, uma vez que recomenda-se a utilização de pelo menos 10 esforços para diminuir a chance de erro (NOORDHOF; DE KONING; FOSTER, 2010), entretanto aumentando o número de visitas e interferindo a rotina dos atletas. Apesar disso, esses resultados podem estar mais relacionados à uma baixa reprodutibilidade do MAOD, uma vez que Doherty et al. (2000) mostraram uma baixa reprodutibilidade do MAOD (limite de concordância =  $15,1 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), corroborando os achados do presente estudo. Já a  $\text{AC}_{[\text{La}^-]_{\text{EPOCrápido}}}$  recentemente apresentou uma boa reprodutibilidade no presente estudo, corroborando os achados de Miyagi et al. (2017) e Zagatto et al. (2016), aonde o  $\text{AC}_{[\text{La}^-]_{\text{EPOCrápido}}}$  apresentou um ICC de 0,96 e 0,87 respectivamente, além de um limite de concordância de  $2,9 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Esses resultados fortalecem a utilização da  $\text{AC}_{[\text{La}^-]_{\text{EPOCrápido}}}$  para mensuração da capacidade anaeróbia, uma vez que demonstrou uma reprodutibilidade maior que o MAOD e sendo capaz de detectar pequenas diferenças causadas por recursos ergogênicos, como por exemplo a PAP.

O aumento do  $\text{AC}_{[\text{La}^-]_{\text{EPOCrápido}}}$  na condição PAP deve-se principalmente ao aumento significativo do  $[\text{La}^-]_{\text{pico}}$  e conseqüentemente da  $E_{[\text{La}^-]}$  ( $p = 0,002$ ), uma vez que o  $E_{[\text{La}^-]}$  pode representar até 78% da  $\text{AC}_{[\text{La}^-]_{\text{EPOCrápido}}}$  (BERTUZZI et al., 2010). Recentemente, Hancock, Sparks e Kullman (2015) observaram efeitos positivos da PAP sob uma prova de 100m na natação, seguido de uma tendência de aumento da  $[\text{La}^-]_{\text{pico}}$  de  $\sim +6,95\%$ , valor semelhante ao encontrado no presente estudo ( $+9,31$ ). Ainda, Doma et al. (2018) também verificaram um aumento significativo na  $[\text{La}^-]_{\text{pico}}$  após um teste de 30 segundos de Wingate em ciclo ergômetro realizado na condição PAP. Esses resultados corroboram com os achados do presente estudo.

Doma et al. (2018) especulam que esse aumento significativo da  $[\text{La}^-]_{\text{pico}}$  pode ser em decorrência a um aumento da facilidade contrátil proporcionado por uma maior

fosforilação da CRLM ou simplesmente causado pela execução do EC, considerando que em seu estudo foi utilizado *sprints* de 10-s com uma carga de 8,5% do peso corporal. Apesar disso, no presente estudo o EC apresenta uma intensidade menor, fazendo com que haja menor interferência no metabolismo glicolítico (HILFIKER et al., 2007).

Dessa forma, considerando os resultados dos parâmetros neuromusculares do presente estudo (fadiga periférica mais severa na condição PAP, além de uma discreta diminuição da ativação neural durante o esforço apenas para a condição PAP), pode-se especular que o aumento da  $E_{[La^-]}$  tenha ocorrido em razão de maior excitabilidade neural. Entretanto, considerando indícios da literatura que em que fosforilação da CRLM parece estar mais ligada aos mecanismos da PAP (RYDER et al., 2007; STULL; KAMM; VANDENBOOM, 2011; VANDENBOOM et al., 2013), esse aumento da  $E_{[La^-]}$  também pode estar relacionado a esse mecanismo, apesar do presente estudo não ter verificado a fosforilação da CRLM após a PAP.

Ainda, uma outra possível explicação ao aumento da  $E_{[La^-]}$ , seria um aumento de catecolaminas como a adrenalina causada pelo esforço condicionante, uma vez que Descostre et al. (2000) verificaram que um aumento na concentrações de adrenalina após a indução a PAP está associada a uma manutenção da fosforilação da cadeia leve da miosina durante o esforço subsequente. Ainda, considerando que a adrenalina exerce importante função tanto no metabolismo glicolítico (ESBJÖRNSSON et al., 1993) como no oxidativa (WATT et al., 2001), essa hipótese também explicaria a tendência de aumento da participação energética do metabolismo oxidativo foi observada (+9,31%;  $p=0,07$ ).

É importante ressaltar que apesar da hipótese inicial do presente estudo considerar que a PAP aumentaria o desempenho e a participação do metabolismo glicolítico durante o esforço foram confirmadas. Além disso a PAP mostrou-se capaz de causar uma “preservação” no recrutamento de unidades motoras para 2 dos 4 grupamentos musculares investigados, sendo um agonista e outro antagonista no esforço (HUG; DOREL, 2009). Entretanto, mais estudos são necessários para verificar uma possível influência tanto dos mecanismos de maior uma excitabilidade neural, como da fosforilação da CRLM.

## 8. Conclusões

Os resultados obtidos no presente estudo apontam que a PAP induzida por 1 série de 5 *drop jumps* (15 segundos de intervalo entre eles) realizadas 2 minutos antes do esforço alvo, é capaz de melhorar o desempenho em um esforço supramáximo a 115% da  $\dot{V}O_{2\max}$  com duração de ~150 segundos, além de proporcionar uma maior participação energética do metabolismo não oxidativo (i.e., capacidade anaeróbia) quando mensurado pela  $AC_{[La-]+EPOCrápido}$ , uma vez que esse método demonstrou-se mais reprodutível que o método de MAOD. Esse aumento da capacidade anaeróbia deve-se principalmente à um aumento do metabolismo glicolítico.

Além disso, na condição apenas PAP foi verificado uma diminuição da atividade neural durante o esforço para o vasto lateral e o glúteo máximo, apesar de não apresentar diferença com a condição controle. Ainda, uma fadiga periférica mais severa no final do esforço foi verificada apenas para a condição PAP.

Considerando esses resultados, podemos fazer uma inferência na utilização desse método para melhorar o desempenho em esforços de alta intensidade no ciclismo, principalmente esforços nos quais o metabolismo glicolítico e o aparato neuromuscular seja determinante para o desempenho.

## 9.Referências

ALLEN, D. G.; LAMB, G. D.; WESTERBLAD, H. Skeletal Muscle Fatigue : Cellular Mechanisms. p. 287–332, 2008.

BEHM, D.; BUTTON, D. C.; YOUNG, W. B. Conflicting Effects of Fatigue and Potentiation on Voluntary Force. n. June, 2004.

BERTUZZI, R. et al. Association between anaerobic components of the maximal accumulated oxygen deficit and 30-second wingate test. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 48, n. 3, p. 261–266, 2015.

BERTUZZI, R. C. M. et al. Predicting MAOD using only a supramaximal exhaustive test. **International Journal of Sports Medicine**, v. 31, n. 7, p. 477–481, 2010.

BISHOP, D. Warm Up II Performance Changes Following Active Warm Up and How to Structure the Warm Up. v. 33, n. 7, p. 483–498, 2003.

BOULLOSA, D. A. et al. Post-Activation Potentiation (PAP) in Endurance Sports: A Review. **European Journal of Sport Science**, 2018.

BRISOLA, G. M. P. et al. Sodium bicarbonate supplementation improved MAOD but is not correlated with 200- and 400-m running performances: a double-blind, crossover, and placebo-controlled study. **App Physiol Nutr Metab**, v. 40, n. 9, p. 931–7, 2015.

BROWN, G. L.; VON EULER, U. S. The after effects of a tetanus on mammalian muscle. v. 93, p. 39–60, 1938.

CAMATA, T. V. et al. Electromyographic activity and rate of muscle fatigue of the quadriceps femoris during cycling exercise in the severe domain. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 25, n. 9, p. 2537–2543, 2011.

CHATZOPOULOS, D. E. et al. Postactivation potentiation effects after heavy resistance exercise on running speed. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 21, n. 4, p. 1278–1281, 2007.

CHEN, Z.-R. et al. The Acute Effect of Drop Jump Protocols With Different Volumes and Recovery Time on Countermovement Jump Performance. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 27, n. 1, p. 154–158, 2013.

CHORLEY, A.; LAMB, K. L. The effects of a cycling warm-up including high-intensity heavy-resistance conditioning contractions on subsequent 4 km time trial performance. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 44, n. 0, p. 1, 2017.

CREWETHER, B. T. et al. The acute potentiating effects of back squats on athlete performance. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 25, n. 12, p. 3319–3325, 2011.

DE POLI, R. DE A. B. et al. Caffeine improved time to exhaustion but did not change alternative maximal accumulated oxygen deficit estimated during a single supramaximal running bout. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 26, n. 6, p. 549–557, 2016.

DECOSTRE, V.; GILLIS, J. M.; GAILLY, P. Effect of adrenaline on the post-tetanic

potentiation in mouse skeletal muscle. **Journal of Muscle Research and Cell Motility**, 2000.

DOHERTY, M.; SMITH, P. M.; SCHRODER, K. Reproducibility of the maximum accumulated oxygen deficit and run time to exhaustion during short-distance running. **Journal of Sports Sciences**, v. 18, n. 5, p. 331–338, 2000.

DOMA, K. et al. Postactivation potentiation effect of overloaded cycling on subsequent cycling Wingate performance. **The Journal of sports medicine and physical fitness**, 2018.

ESBJÖRNSSON, M. et al. Fast Twitch Fibres May Predict Anaerobic Performance in Both Females and Males. **International Journal of Sports Medicine**, v. 14, n. 05, p. 257–263, 1993.

ESFORMES, J. I.; CAMERON, N.; BAMPOURAS, T. M. Postactivation potentiation following different modes of exercise. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 7, p. 1911–1916, 2010.

FAIGENBAUM, A. D. et al. Acute Effects of Different Warm-up Protocols on Fitness Performance in Children. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 19, n. 2, p. 376, 2005.

FOSTER, C. et al. Pattern of energy expenditure during simulated competition. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, 2003.

FOSTER, C. et al. Effect of competitive distance on energy expenditure during simulated competition. **International Journal of Sports Medicine**, 2004.

FRENCH, D.; KRAEMER, W.; COOKE, C. Changes in dynamic exercise performance following a sequence of preconditioning isometric muscle actions. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 17, n. 4, p. 678–685, 2003.

FUKUNAGA, T. et al. Determination of fascicle length and pennation in a contracting human muscle in vivo. **Journal of applied physiology**, v. 82, n. 1, p. 354–358, 1997.

FUKUTANI, A. et al. Potentiation of isokinetic torque is velocity-dependent following an isometric conditioning contraction. **SpringerPlus**, 2013.

GAITANOS, G. C. et al. Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. **J Appl Physiol (1985)**, v. 75, n. 2, p. 712–719, 1993.

GANDEVIA, S. C. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. **Physiological Reviews**, v. 81, n. 4, p. 1725–1789, 2001.

GARNETT, R. A. . et al. Motor unit organization of human medial gastrocnemius. **The Journal of Physiology**, v. 287, p. 33–43, 1979.

GILBERT, G.; LEES, A. **Changes in the force development characteristics of muscle following repeated maximum force and power exercise**. *Ergonomics. Anais...*2005

GIRARD, O.; BISHOP, D. J. Neuromuscular Adjustments of the Quadriceps Muscle after Repeated Cycling Sprints Neuromuscular Adjustments of the Quadriceps Muscle after Repeated Cycling Sprints. n. March 2017, 2013.

GOODALL, S. et al. Augmented supraspinal fatigue following constant-load cycling in the heat. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, 2015.

GOSSARD, J. P. et al. Fluctuations of excitability in the monosynaptic reflex pathway to lumbar motoneurons in the cat. **Journal Of Neurophysiology**, v. 72, n. 3, p. 1227–1239, 1994.

GOSSEN, E.; SALE, D. Effect of postactivation potentiation on dynamic knee extension performance...: Deakin University Library Search. **European Journal of Applied Physiology**, v. 83, p. 524–30, 2000.

GOUVÊA, A. L. et al. The effects of rest intervals on jumping performance: A meta-analysis on post-activation potentiation studies. **Journal of Sports Sciences**, v. 31, n. 5, p. 459–467, 2013.

GRANGE, R. W.; HOUSTON, M. E.; GRANGE, R. W. Simultaneous potentiation and fatigue in quadriceps after a 60-second maximal voluntary isometric contraction. **Journal of applied physiology**, 1991.

GRANGE, R. W.; VANDENBOOM, R.; HOUSTON, M. E. Physiological Significance of Myosin Phosphorylation in Skeletal Muscle. **Canadian Journal of Applied Physiology**, v. 18, n. 3, p. 229–242, 1993.

GÜLLICH, A.; SHMIDTBLEICHER, D. MVC-induced short-term potentiation of explosive force. **New studies in athletics**, v. 11, n. 4, p. 67–81, 1996.

HANCOCK, A. P.; SPARKS, K. E.; KULLMAN, E. L. Postactivation potentiation enhances swim performance in collegiate swimmers. **Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association**, v. 29, n. 4, p. 912–7, 2015.

HANSON, E. D. et al. Acute effects of heavy- and light-load squat exercise on the kinetic measures of vertical jumping. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 21, n. 4, p. 1012–1017, 2007.

HILFIKER, R. et al. Effects of drop jumps added to the warm-up of elite sport athletes with a high capacity for explosive force development. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 21, n. 2, p. 550–555, 2007.

HILL, D. W. Morning–evening differences in response to exhaustive severe-intensity exercise. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 39, n. 2, p. 248–254, 2014.

HODGSON, M.; DOCHERTY, D.; ROBBINS, D. Post-activation potentiation: underlying physiology and implications for motor performance Post-Activation Potentiation Motor Performance. n. June, 2016.

HOUGH, P. A.; ROSS, E. Z.; HOWATSON, G. Effects of dynamic and static stretching on vertical jump performance and electromyographic activity. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 23, n. 2, p. 507–512, 2009.

HOUSTON, M. E.; GREEN, H. J.; STULL, J. T. Myosin light chain phosphorylation and isometric twitch potentiation in intact human muscle. **Pflugers Arch**, 1985.

HOWLEY, E. T.; BASSETT, D. R.; WELCH, H. G. **Criteria for maximal oxygen**

**uptake: review and commentary.** *Medicine and science in sports and exercise*, 1995.

HUG, F.; DOREL, S. **Electromyographic analysis of pedaling: A review** *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 2009.

INGLIS, J. G. et al. Decreased motor unit discharge rate in the potentiated human tibialis anterior muscle. *Acta Physiologica*, v. 201, n. 4, p. 483–492, 2011.

ISHIKAWA, M.; FINNI, T.; KOMI, P. V. Behaviour of vastus lateralis muscle-tendon during high intensity SSC exercises in vivo. *Acta Physiologica Scandinavica*, v. 178, n. 3, p. 205–213, 2003.

JORGE, M.; HULL, M. L. Analysis of EMG measurements during bicycle pedalling. *Journal of Biomechanics*, 1986.

KAWAKAMI, Y.; ABE, T.; FUKUNAGA, T. Muscle-fiber pennation angles are greater in hypertrophied than in normal muscles. *Journal of Applied Physiology*, v. 74, n. 6, p. 2740–2744, 1993.

KILDUFF, L. P. et al. Postactivation potentiation in professional rugby players: Optimal recovery. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 21, n. 4, p. 1134–1138, 2007.

KILDUFF, L. P. et al. Preconditioning Strategies to Enhance Physical Performance on the Day of Competition. p. 677–681, 2013a.

KILDUFF, L. P. et al. Preconditioning strategies to enhance physical performance on the day of competition. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, v. 8, n. 6, p. 677–681, 2013b.

LIEBER, R. L.; FRIDEN, J. Functional and clinical significance of skeletal muscle architecture. *Muscle & Nerve*, v. 23, n. November, p. 1647–1666, 2000.

LOWEY, S.; WALLER, G. S.; TRYBUS, K. M. Skeletal muscle myosin light chains are essential for physiological speeds of shortening. *Nature*, v. 365, n. 6445, p. 454–456, 1993a.

LOWEY, S.; WALLER, G. S.; TRYBUS, K. M. Skeletal muscle myosin light chains are essential for physiological speeds of shortening. *Nature*, v. 365, p. 454–456, 1993b.

LÜSCHER, H. R.; RUENZEL, P.; HENNEMAN, E. Composite EPSPs in motoneurons of different sizes before and during PTP: implications for transmission failure and its relief in Ia projections. *Journal of Neurophysiology*, v. 49, n. 1, p. 269–289, 1983.

MAGNUS, B. C. et al. Investigation of vertical jump performance after completing heavy squat exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v. 20, n. 3, p. 597–600, 2006.

MAHLFELD, K.; FRANKE, J.; AWISZUS, F. Postcontraction changes of muscle architecture in human quadriceps muscle. *Muscle & Nerve*, v. 29, n. 4, p. 597–600, 2004.

MALONEY, S. J.; TURNER, A. N.; FLETCHER, I. M. Ballistic Exercise as a Pre-Activation Stimulus: A Review of the Literature and Practical Applications. p. 1347–



1359, 2014.

MASAMOTO, N. et al. Acute effects of plyometric exercise on maximum squat performance in male athletes. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 17, n. 1, p. 68–71, 2003.

MCBRIDE, J. M.; NIMPHIUS, S.; ERICKSON, T. M. The acute effects of heavy-load squats and loaded countermovement jumps on sprint performance. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 19, n. 4, p. 893–897, 2005.

MILIONI, F. et al. Acute administration of high doses of taurine does not substantially improve high-intensity running performance and the effect on maximal accumulated oxygen deficit is unclear. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism = Physiologie Appliquée, Nutrition Et Métabolisme**, v. 41, n. 5, p. 498–503, 2016a.

MILIONI, F. et al. Futsal match-related fatigue affects running performance and neuromuscular parameters but not finishing kick speed or accuracy. **Frontiers in Physiology**, v. 7, n. NOV, 2016b.

MILLET, G. Y. et al. **Electrical stimulation for testing neuromuscular function: From sport to pathology** *European Journal of Applied Physiology*, 2011.

MILLET, G. Y.; LEPERS, R. **Alterations of Neuromuscular Function after Prolonged Running, Cycling and Skiing Exercises** *Sports Medicine*, 2004.

MIYAGI, W. E. et al. Anaerobic Capacity estimated in A Single Supramaximal Test in Cycling: Validity and Reliability Analysis. **Scientific Reports**, n. February, p. 1–10, 2017a.

MIYAGI, W. E. et al. Anaerobic capacity estimated in a single supramaximal test in cycling: Validity and reliability analysis. **Scientific Reports**, v. 7, p. 42485, 2017b.

MOORE, R. L.; STULL, J. T. Myosin light chain phosphorylation in fast and slow skeletal muscles in situ. **The American journal of physiology**, v. 247, n. 5 Pt 1, p. C462-71, 1984.

MUNRO, L. Potentiation of sprint cycling performance : the effects of a high-inertia ergometer warm-up Potentiation of sprint cycling performance : the effects of a high-inertia ergometer warm-up. n. August, 2016.

MUNRO, L. A. et al. Potentiation of sprint cycling performance: the effects of a high-inertia ergometer warm-up. **Journal of Sports Sciences**, v. 35, n. 14, p. 1442–1450, 2017.

NEYROUD, D. et al. The effect of muscle fatigue on stimulus intensity requirements for central and peripheral fatigue quantification. **European Journal of Applied Physiology**, v. 114, n. 1, p. 205–215, 2014.

NOORDHOF, D. A.; DE KONING, J. J.; FOSTER, C. **The maximal accumulated oxygen deficit method: A valid and reliable measure of anaerobic capacity?** *Sports Medicine*, 2010.

OKUNO, N. M. et al. Postactivation potentiation on repeated-sprint ability in elite handball players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 27, n. 3, p. 662–668, 2013.

PALMIERI, R. M.; INGERSOLL, C. D.; HOFFMAN, M. A. The Hoffmann reflex: Methodologic considerations and applications for use in sports medicine and athletic training research. **Journal of Athletic Training**, v. 39, n. 3, p. 268–277, 2004.

PARKER, D. L.; FARIA, I. E. The science of cycling . Factors affecting performance – Part 2 Factors Affecting Performance – Part 2. n. July 2016, 2005.

PAUW, K. DE et al. Guidelines to classify subject groups in sport- science research. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 8, p. 111–122, 2013.

RACINAIS, S. et al. Muscle deoxygenation and neural drive to the muscle during repeated sprint cycling. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 39, n. 2, p. 268–274, 2007.

RIXON, K. P.; LAMONT, H. S.; BEMBEN, M. G. Influence of Type of Muscle Contraction, Gender, and Lifting Experience on Postactivation Potentiation Performance. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 21, n. 2, p. 500, 2007.

RODRIGUEZ-FALCES, J. et al. M-wave potentiation after voluntary contractions of different durations and intensities in the tibialis anterior. **Journal of Applied Physiology**, v. 118, p. 953–964, 2015.

ROSSITER, H.; KOWALCHUK, J.; WHIPP, B. A test to establish maximum O<sub>2</sub> uptake despite no plateau in the O<sub>2</sub> uptake response to ramp incremental exercise. **Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)**, v. 100, n. 3, p. 764–70, 2006.

ROWNTREE, D. **Statistics without tears : a primer for non-mathematicians**. [s.l.] London: Penguin Books, 1991.

RYDER, J. W. et al. Enhanced skeletal muscle contraction with myosin light chain phosphorylation by a calmodulin-sensing kinase. **The Journal of biological chemistry**, 2007.

SAEZ SAEZ DE VILLARREAL, E.; GONZÁLEZ-BADILLO, J. J.; IZQUIERDO, M. Optimal warm-up stimuli of muscle activation to enhance short and long-term acute jumping performance. **European Journal of Applied Physiology**, v. 100, n. 4, p. 393–401, 2007.

SALE, D. G. Postactivation Potentiation : Role in Human Performance. 2002.

SEITZ, L. B. et al. Postactivation potentiation during voluntary contractions after continued knee extensor task-specific practice. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 40, n. 3, p. 230–237, 2015.

SEITZ, L. B.; HAFF, G. G. **Factors Modulating Post-Activation Potentiation of Jump, Sprint, Throw, and Upper-Body Ballistic Performances: A Systematic Review with Meta-Analysis** *Sports Medicine*, 2016.

SEITZ, L. B.; MINA, M. A.; HAFF, G. G. A sled push stimulus potentiates subsequent 20-m sprint performance. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 20, n. 8, p. 781–785, 2017.

SMITH, J. C.; FRY, A. C. Effects of a ten-second maximum voluntary contraction on

regulatory myosin light-chain phosphorylation and dynamic performance measures. **Strength And Conditioning**, v. 21, n. 1, p. 73–76, 2007.

SOLE, C. J. et al. Mechanical analysis of the acute effects of a heavy resistance exercise warm-up on agility performance in court-sport athletes. **Journal of Human Kinetics**, v. 39, n. 1, p. 147–156, 2013.

STUART, D. et al. Myosin light chain phosphorylation and contractile performance of human skeletal muscle. **Canadian Journal of Physiology and Pharmacology**, v. 66, p. 49–54, 1988.

STULL, J. T.; KAMM, K. E.; VANDENBOOM, R. **Myosin light chain kinase and the role of myosin light chain phosphorylation in skeletal muscle** *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 2011.

SWEENEY, H. L.; BOWMAN, B. F.; STULL, T. Myosin striated light chain phosphorylation in vertebrate muscle : regulation and function. **The American journal of physiology**, p. 85–95, 1993.

SWEENEY, H. L.; STULL, J. T. Alteration of cross-bridge kinetics by myosin light chain phosphorylation in rabbit skeletal muscle: implications for regulation of actin-myosin interaction. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 87, n. January, p. 414–418, 1990.

SZCZESNA, D. et al. Phosphorylation of the regulatory light chains of myosin affects Ca<sup>2+</sup> sensitivity of skeletal muscle contraction. **Journal of applied physiology**, v. 92, p. 1661–1670, 2002.

SZCZESNA, D. Regulatory Light Chains of Striated Muscle Myosin. Structure , Function and Malfunction. **Cardiovascular & Haematological Disorders**, v. 3, n. Julho 2003, p. 187–197, 2003.

SZCZESNA, D.; ZHAO, J.; POTTER, J. D. The Regulatory Light Chains of Myosin Modulate Cross-bridge Cycling in Skeletal Muscle The Regulatory Light Chains of Myosin Modulate Cross-bridge Cycling in Skeletal Muscle \*. n. April, 1996.

TAYLOR, J. L.; BUTLER, J. E.; GANDEVIA, S. C. Changes in muscle afferents, motoneurons and motor drive during muscle fatigue. **European Journal of Applied Physiology**, v. 83, n. 2–3, p. 106–115, 2000.

TERZIS, G. et al. Acute effect of drop jumping on throwing performance. **Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association**, v. 23, n. 9, p. 2592–2597, 2009.

TILLIN, N. A. et al. Factors Modulating Post-Activation Potentiation and its Effect on Performance of Subsequent Explosive Activities Factors Modulating Post-Activation Potentiation and its Effect on Performance of Subsequent Explosive Activities. n. April 2016, 2009.

TILLIN, N. A.; BISHOP, D. J. Factors Modulating Post-Activation Potentiation and its Effect on Performance of Subsequent Explosive Activities Factors Modulating Post-Activation Potentiation and its Effect on Performance of Subsequent Explosive Activities. v. 39, n. 2, p. 147–166, 2009.

TOBIN, D. P.; DELAHUNT, E. The acute effect of a plyometric stimulus on jump performance in professional rugby players. **Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association**, v. 28, n. 2, p. 367–372, 2014.

TRIMBLE, M. H.; HARP, S. S. Postexercise potentiation of the H-reflex in humans. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 30, n. 6, p. 933–941, 1998.

TSOLAKIS, C. et al. Influence of type of muscle contraction and gender on postactivation potentiation of upper and lower limb explosive performance in elite fencers. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 10, n. 3, p. 577–583, 2011.

TUBMAN, L. A.; RASSIER, D. E.; MACINTOSH, B. R. Attenuation of myosin light chain phosphorylation and posttetanic potentiation in atrophied skeletal muscle. **Pflugers Archiv European Journal of Physiology**, v. 434, n. 6, p. 848–851, 1997.

VANDENBOOM, R. et al. **Myosin phosphorylation and force potentiation in skeletal muscle: Evidence from animal models** *Journal of Muscle Research and Cell Motility*, 2013.

VANDERVOORT, A. A.; QUINLAN, J.; MCCOMAS, A. J. Twitch Potentiation after Voluntary Contraction. v. 152, p. 141–152, 1983.

WATT, M. J. et al. Adrenaline increases skeletal muscle glycogenolysis, pyruvate dehydrogenase activation and carbohydrate oxidation during moderate exercise in humans. **Journal of Physiology**, 2001.

WHELAN, N.; O'REGAN, C.; HARRISON, A. J. Resisted sprints do not acutely enhance sprinting performance. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 28, n. 7, p. 1858–1866, 2014.

WINWOOD, P. W. et al. The acute potentiating effects of heavy sled pulls on sprint performance. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 30, n. 5, p. 1248–1254, 2016.

ZAGATTO, A. M. et al. MAOD Determined in a Single Supramaximal Test: A Study on the Reliability and Effects of Supramaximal Intensities. **International Journal of Sports Medicine**, v. 37, n. 9, p. 700–707, 2016.

## **Anexo I – Termo de consentimento**

### **PROJETO DE PESQUISA: EFEITOS DA PÓS-ATIVAÇÃO NEUROMUSCULAR INDUZIDA POR SALTOS NA CAPACIDADE ANAERÓBIA EM CICLOERGÔMETRO**

#### **Estudo A**

(Conselho Nacional de Saúde, Resolução 466/12)

Você está sendo convidado a participar de uma pesquisa. Você precisa decidir se quer participar ou não. Por favor, não se apresse em tomar a decisão. Leia cuidadosamente este termo, em caso de dúvidas pergunte ao responsável pelo estudo.

A finalidade deste estudo é identificar a origem da fadiga/cansaço em exercício físico de alta intensidade no ciclismo. Esse tipo de exercício pode ser utilizado como procedimento de avaliação da aptidão anaeróbia (desempenho em exercício de alta intensidade), sendo importante para a avaliação de atletas.

Em sua participação no projeto, você deverá realizar esforços máximos em bicicleta ergométrica, além um protocolo de contração máxima do músculo da coxa com estimulação elétrica no nervo femoral (próximo a virilha), antes e após exercício físico de alta intensidade na bicicleta, para investigação da fadiga.

#### **LOCAL DAS AVALIAÇÕES E TRANSPORTE**

Todas as avaliações do presente projeto de pesquisa serão realizadas no Laboratório de Fisiologia e Desempenho Esportivo (LAFIDE) da Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” – UNESP, campus de Bauru, Departamento de Educação Física (DEF). Localizado na Avenida Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01, Vargem Limpa, Bauru-SP. Caso você não seja aluno da Unesp e nem participe do projeto de extensão no Campus, o transporte até o laboratório será realizado pelo laboratório. Caso necessite de transporte público, você pode solicitar ressarcimento de despesas de transporte até o local aonde ocorrerá os testes.

#### **CRITÉRIO DE INCLUSÃO**

Para que participe do estudo você deve ser um ciclista recreacional (que pedale regularmente) com um nível de aptidão física bom [mensurado em um teste no laboratório, devendo atingir um consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2máx}$ ) entre 40 a 55

ml·kg·min<sup>-1</sup>], do sexo masculino, com idade entre 18 e 35 anos. Além disso, você não deve apresentar hábitos regulares de consumo de bebida alcóolica e tabagismo, doenças crônicas degenerativas ou cardíacas. NÃO poderão participar do estudo pessoas com histórico de lesão recente e que estejam fazendo utilização de suplementos alimentares e remédios anti-inflamatórios.

### **CRITÉRIO DE EXCLUSÃO**

Você poderá ser convidado a sair do estudo se não cumprir os procedimentos previstos ou atender as exigências estipuladas, tais quais, não comparecimento consecutivos aos testes, fazer consumo de bebidas alcólicas nos dias que antecedem os testes, ou fazer utilização de algum suplemento alimentar durante o estudo.

### **DESCRIÇÃO DOS PROCEDIMENTOS**

Caso aceite participar do estudo, você terá que realizar 5 visitas ao laboratório para realizar os seguintes procedimentos:

Na sua participação no projeto, você deverá realizar no mínimo 5 visitas ao laboratório. Em sua primeira visita você será submetido a um exercício com incrementos de cargas a cada 2 minutos até que você não consiga mais pedalar. A segunda e na terceira visita servirá para que você possa se familiarizar com o exercício de alta intensidade, realizando até que não consiga sustentar a intensidade. Além disso, nessas sessões você também será familiarizado com um protocolo de identificação da fadiga no esforço físico (contração máxima do músculo da coxa com estimulação elétrica). Na quarta visita, você será submetido ao mesmo exercício de alta intensidade realizado nas visitas anteriores, entretanto, antes e após do exercício na bicicleta, você realizará 3 contrações máximas do musculo da coxa com estimulação elétrica em cada momento, contabilizando 6 contrações no total.

Anteriormente ao procedimento de contração máxima do músculo da coxa, você terá uma parte da coxa e do punho raspados, gentilmente abrasado (lixados) e assepsiado (limpados com álcool), para que a pele morta seja retirada e os eletrodos de avaliação sejam colocados. Além disso, você realizará uma avaliação de limiar de estimulação

elétrica, onde será aplicado cargas elétricas em seu nervo próximo a virilha até que você indique o limite do desconforto, para identificação do seu limiar de estimulação.

Serão realizadas coletas de pequenas quantidades de amostra de sangue (aproximadamente 1 gota) da orelha, sendo assim, você poderá sentir uma ligeira dor no local da picada da agulha. Além disso 1 mL de sangue será coletado da veia do seu braço no momento de repouso, imediatamente e 5 minutos após o termino do esforço supramáximo, você poderá sentir um ligeiro desconforto no local da picada da agulha. Todos os procedimentos serão realizados por um profissional capacitado e experiente.

Os equipamentos que serão utilizados na coleta de material biológico serão previamente esterilizados. Os materiais para a coleta de sangue serão descartados e inutilizados após o uso individual. É importante salientar que todas as amostras de material biológico coletadas serão utilizadas exclusivamente na análise de dados do presente estudo e então devidamente descartadas em local apropriado e inutilizado a partir de incineração por empresa especializada prestadora de serviços para UNESP/Bauru, de forma que não será integrado a um banco de material biológico e não será utilizado para outro fim.

## **RISCOS E BENEFÍCIOS**

Os testes apresentam risco médio inerente à prática de exercícios físicos extenuantes, riscos estes que podem ser esclarecidos pelo responsável da pesquisa. Apesar de raro, há possibilidade de alterações orgânicas durante a realização de qualquer tipo de teste de esforço que podem ser respostas atípicas de pressão arterial, arritmias, desmaios, tonturas e em raríssimas situações ataque cardíaco. Portanto, profissionais qualificados estarão à disposição para tais eventualidades e caso algum dessas alterações ocorram, o laboratório ficará responsável por total auxílio a você. Além disso, todos os procedimentos de estimulação elétrica podem gerar ligeiro incomodo e ansiedade.

Em benefício a sua participação no estudo, será emitido um relatório individual contendo índices da sua aptidão, tais quais,  $VO_{2máx}$ ,  $iVO_{2máx}$  e limiares ventilatórios. Além de disso, será notificado dos aspectos mais importantes do estudo após sua conclusão e poderá inteirar-se do estado geral de sua condição física.

Caso concorde em participar do estudo, seu nome e identidade será mantido em sigilo. A menos que requerido por lei, somente o pesquisador, a equipe do estudo, você e os representantes do Comitê de Ética (caso necessário) terão acesso a suas informações para verificar as informações do estudo.

Para perguntas ou problemas referentes ao estudo ligue para (14) 3103-6082 / Ramal 7620 (Prof. Dr. Alessandro Moura Zagatto). Para perguntas sobre seus direitos como participante no estudo chame o Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Faculdade de Ciências da UNESP Campus de Bauru.

Ressaltando que sua participação no estudo é voluntária e **não haverá recompensa financeira**, podendo escolher não fazer parte do estudo ou desistir a qualquer momento. Você não perderá qualquer benefício ao qual você tem direito e não será proibido de participar de novos estudos. Você receberá uma via assinada deste termo de consentimento.

Declaro que li e entendi este formulário de consentimento e todas as minhas dúvidas foram esclarecidas e que sou voluntário a tomar parte neste estudo.

Nome do Voluntário: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

RG ou CPF: \_\_\_\_\_ Telefone: \_\_\_\_\_

E-mail: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Assinatura do voluntário

Assinatura do pesquisador



## **PROJETO DE PESQUISA: EFEITOS DA PÓS-ACTIVAÇÃO NEUROMUSCULAR INDUZIDA POR SALTOS NA CAPACIDADE ANAERÓBIA EM CICLOERGÔMETRO**

### **Estudo B**

(Conselho Nacional de Saúde, Resolução 466/12)

Você está sendo convidado a participar de uma pesquisa. Você precisa decidir se quer participar ou não. Por favor, não se apresse em tomar a decisão. Leia cuidadosamente este termo, em caso de dúvidas pergunte ao responsável pelo estudo.

A finalidade deste estudo é verificar se um protocolo de saltos realizado anteriormente à um exercício de alta intensidade, é capaz de prolongar o tempo em exercício e melhorar um índice anaeróbio importante para atletas.

Na sua participação no projeto, você deverá realizar esforços máximos em bicicleta ergométrica, além um protocolo de saltos realizado previamente ao exercício.

### **LOCAL DAS AVALIAÇÕES E TRANSPORTE**

Todas as avaliações do presente projeto de pesquisa serão realizadas no Laboratório de Fisiologia e Desempenho Esportivo (LAFIDE) da Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” – UNESP, campus de Bauru, Departamento de Educação Física (DEF). Localizado na Avenida Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01, Vargem Limpa, Bauru-SP. Caso você não seja aluno da Unesp e nem participe do projeto de extensão no Campus, o transporte até o laboratório será realizado pelo laboratório. Caso necessite de transporte público, você pode solicitar ressarcimento de despesas de transporte até o local aonde ocorrerá os testes.

### **CRITÉRIO DE INCLUSÃO**

Para que participe do estudo você deve ser um ciclista recreacional (que pedale regularmente) com um nível de aptidão física bom [mensurado em um teste no laboratório, devendo atingir um consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2máx}$ ) entre 40 a 55  $ml \cdot kg \cdot min^{-1}$ ], do sexo masculino, com idade entre 18 e 35 anos. Além disso, você não deve apresentar hábitos regulares de consumo de bebida alcoólica, tabagismo, doenças crônicas degenerativas ou cardíacas. NÃO poderão participar do estudo

pessoas com histórico de lesão recente e que estejam fazendo utilização de suplementos alimentares e remédios anti-inflamatórios.

### **CRITÉRIO DE EXCLUSÃO**

Você poderá ser convidado a sair do estudo se não cumprir os procedimentos previstos ou atender as exigências estipuladas, tais quais, não comparecimento consecutivos aos testes, fazer consumo de bebidas alcóolicas nos dias que antecedem os testes, ou fazer utilização de algum suplemento alimentar durante o estudo.

### **DESCRIÇÃO DOS PROCEDIMENTOS**

Caso aceite participar do estudo, você terá que realizar visitas ao laboratório para realizar os seguintes procedimentos:

Na sua participação no projeto, você deverá realizar no mínimo 6 visitas ao laboratório. Em sua primeira visita você será submetido a um exercício com incrementos de cargas a cada 2 minutos até que você não consiga mais pedalar. A segunda e na terceira visita servirá para que você possa se familiarizar com o exercício de alta intensidade, realizado até que não consiga sustentar a intensidade. Além disso, você também será familiarizado com o protocolo de saltos. Na quarta visita e na quinta visita, de maneira randomizada você será submetido ao mesmo exercício de alta intensidade realizado nas visitas anteriores, entretanto, em um dia você realizará o protocolo de saltos e em outro somente o exercício. Na sexta visita, você realizará apenas 2 exercícios de baixa intensidade com duração de 10 minutos.

No protocolo de saltos, você deverá despenhar-se de uma plataforma com altura previamente definida (20, 40 ou 60 cm), devendo realizar um salto o mais rápido possível a partir do momento em que toca o chão.

Serão realizadas coletas de pequenas quantidades de amostra de sangue (aproximadamente 1 gota) da orelha, sendo assim, você poderá sentir uma ligeira dor no local da picada da agulha. Todos os procedimentos serão realizados por um profissional capacitado e experiente.

Os equipamentos que serão utilizados na coleta de material biológico serão previamente esterilizados. Os materiais para a coleta de sangue serão descartados e

inutilizados após o uso individual. É importante salientar que todas as amostras de material biológico coletadas serão utilizadas exclusivamente na análise de dados do presente estudo e então devidamente descartadas em local apropriado e inutilizado a partir de incineração por empresa especializada prestadora de serviços para UNESP/Bauru, de forma que não será integrado a um banco de material biológico e não será utilizado para outro fim.

## **RISCOS E BENEFÍCIOS**

Os testes apresentam risco médio inerente à prática de exercícios físicos extenuantes, riscos estes que podem ser esclarecidos pelo responsável da pesquisa. Apesar de raro, há possibilidade de alterações orgânicas durante a realização de qualquer tipo de teste de esforço que podem ser respostas atípicas de pressão arterial, arritmias, desmaios, tonturas e em raríssimas situações ataque cardíaco. Portanto, profissionais qualificados estarão à disposição para tais eventualidades. Além disso, existe um risco raro de torções no tornozelo durante a realização dos saltos.

Em benefício a sua participação no estudo, será emitido um relatório individual contendo índices da sua aptidão, tais quais,  $VO_{2máx}$ ,  $iVO_{2máx}$  e limiares ventilatórios. Além de disso, será notificado dos aspectos mais importantes do estudo após sua conclusão e poderá inteirar-se do estado geral de sua condição física.

Caso concorde em participar do estudo, seu nome e identidade será mantido em sigilo. A menos que requerido por lei, somente o pesquisador, a equipe do estudo e os representantes do Comitê de Ética (caso necessário) terão acesso a suas informações para verificar as informações do estudo.

Para perguntas ou problemas referentes ao estudo ligue para (14) 3103-6082 / Ramal 7620 (Prof. Dr. Alessandro Moura Zagatto). Para perguntas sobre seus direitos como participante no estudo chame o Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Faculdade de Ciências da UNESP Campus de Bauru.

Ressaltando que sua participação no estudo é voluntária e **não haverá recompensa financeira**, podendo escolher não fazer parte do estudo ou desistir a qualquer momento. Você não perderá qualquer benefício ao qual você tem direito e não será

proibido de participar de novos estudos. Você receberá uma via assinada deste termo de consentimento.

Declaro que li e entendi este formulário de consentimento e todas as minhas dúvidas foram esclarecidas e que sou voluntário a tomar parte neste estudo.

Nome do Voluntário: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

RG ou CPF: \_\_\_\_\_ Telefone: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

E-mail: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Assinatura do voluntário

Assinatura do pesquisador

## Anexo II – Parecer do CEP

UNESP - FACULDADE DE  
CIÊNCIAS CAMPUS DE BAURU  
- JÚLIO DE MESQUITA FILHO



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DA EMENDA

**Título da Pesquisa:** Efeitos da pós ativação neuromuscular induzida por saltos na capacidade anaeróbia em cicloergômetro.

**Pesquisador:** Alessandro Moura Zagatto

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 64944717.0.0000.5398

**Instituição Proponente:** UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JULIO DE MESQUITA FILHO

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 2.100.422

#### Apresentação do Projeto:

Adequado e coerente com as exigências éticas presentes na Resolução 466/12 do CNS.

#### Objetivo da Pesquisa:

Conforme consta no projeto: "O objetivo principal do presente projeto de pesquisa é investigar o efeito da aplicação de um procedimento de potenciação pós ativação muscular sob a capacidade "anaeróbia".

#### Avaliação dos Riscos e Benefícios:

O responsável pelo projeto informa que "os testes apresentam risco médio inerente à prática de exercícios físicos extenuantes, riscos estes que podem ser esclarecidos pelo responsável da pesquisa. Apesar de raro, há possibilidade de alterações orgânicas durante a realização de qualquer tipo de teste de esforço que podem ser respostas atípicas de pressão arterial, arritmias, desmaios, tonturas e em raríssimas situações ataque cardíaco. Portanto, profissionais qualificados estarão à disposição para tais eventualidades e caso algum dessas alterações ocorram, o laboratório ficará responsável por total auxílio a você. Além disso, todos os procedimentos de estimulação elétrica podem gerar ligeiro incomodo e ansiedade e durante a realização dos procedimentos de saltos, há risco raro de torção de tornozelo". Também há benefícios previstos aos participantes, em especial a devolutiva dos resultados obtidos com a pesquisa e resultados

Endereço: Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, nº 14-01

Bairro: CENTRO

CEP: 17.033-360

UF: SP

Município: BAURU

Telefone: (14)3103-6087

Fax: (14)3103-6087

E-mail: arimaia@fc.unesp.br

UNESP - FACULDADE DE  
CIÊNCIAS CAMPUS DE BAURU  
- JÚLIO DE MESQUITA FILHO



Continuação do Parecer: 2.100.422

individuais relativos aos testes no processo de coleta de dados.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Adequada e em condições plenas de execução.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Adequado.

**Recomendações:**

Nenhuma.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Aprovado.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

O protocolo apresenta toda a documentação necessária, está adequadamente elaborado considerando-se tanto a dimensão metodológica como a ética. O termo de consentimento foi elaborado em linguagem acessível, apresenta claramente os riscos e benefícios aos participantes e respeita os demais direitos previstos na Resolução 466/12. Considera-se o protocolo aprovado e sua realização segura para os participantes.

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_905199E1.pdf	18/04/2017 17:22:42		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_estudo_A.pdf	18/04/2017 17:18:07	RODRIGO DE ARAUJO BONETTI DE POLI	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_de_pesquisa.pdf	18/04/2017 17:17:06	RODRIGO DE ARAUJO BONETTI DE POLI	Aceito
Folha de Rosto	folha_de_rosto_PB.pdf	17/02/2017 17:28:32	RODRIGO DE ARAUJO BONETTI DE POLI	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

Endereço: Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, nº 14-01  
Bairro: CENTRO CEP: 17.033-360  
UF: SP Município: BAURU  
Telefone: (14)3103-6087 Fax: (14)3103-6087 E-mail: arimaia@fc.unesp.br

UNESP - FACULDADE DE  
CIÊNCIAS CAMPUS DE BAURU  
- JÚLIO DE MESQUITA FILHO



Continuação do Parecer: 2.100.422

BAURU, 05 de Junho de 2017

---

**Assinado por:**  
**Ari Fernando Maia**  
**(Coordenador)**