

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA E DESPORTOS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA**

**Anderson Meireles da Silva**

**Efeito da manobra de condicionamento isquêmico e da restrição do fluxo sanguíneo pós-exercício na recuperação do desempenho muscular isométrico**

Juiz de Fora

2020

**Anderson Meireles da Silva**

**Efeito da manobra de condicionamento isquêmico e da restrição do fluxo sanguíneo pós-exercício na recuperação do desempenho muscular isométrico**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Educação Física da Universidade Federal de Juiz de Fora em associação com a Universidade Federal de Viçosa como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Educação Física.  
Área de concentração: Exercício e Esporte  
Linha de Pesquisa: Estudo do esporte e suas manifestações.

Orientador: Prof. Dr. Moacir Marocolo Júnior

Juiz de Fora  
2020

Silva, Anderson Meireles da.

Efeito da manobra de condicionamento isquêmico e da restrição do fluxo sanguíneo pós-exercício na recuperação do desempenho muscular isométrico / Anderson Meireles da Silva. -- 2020.

70 p.

Orientador: Moacir Marocolo Junior

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Universidade Federal de Viçosa, Faculdade de Educação Física. Programa de Pós-Graduação em Educação Física, 2020.

1. Desempenho esportivo. 2. Fadiga. 3. Exercício Físico. I. Marocolo Junior, Moacir, orient. II. Título.

**Anderson Meireles da Silva**

**Efeito da manobra de condicionamento isquêmico e da restrição do fluxo sanguíneo pós-exercício na recuperação do desempenho muscular isométrico**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Educação Física da Universidade Federal de Juiz de Fora em associação com a Universidade Federal de Viçosa como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Educação Física.  
Linha de Pesquisa: Estudo do esporte e suas manifestações.

Aprovada em (25) de (setembro) de (2020)

BANCA EXAMINADORA



---

Prof. Dr. Moacir Marocolo - Orientador  
Universidade Federal de Juiz de Fora



---

Prof. Dr. Mauro Heleno Chagas  
Universidade Federal de Minas Gerais



---

Prof. Dr. Gustavo Ribeiro da Mota  
Universidade Federal do Triângulo Mineiro

Dedico este trabalho a minha querida mãe, que muito me apoiou e incentivou a realizá-lo, sempre com seu exemplo de coragem e simplicidade em suas metas. Aos meus colegas de laboratório e ao meu orientador pela contribuição e crescimento pessoal.

## AGRADECIMENTOS

Antes de tudo quero agradecer a Deus por ter me abençoado durante este ciclo da minha vida.

Agradeço a minha mãe e a minha família pelo apoio e confiança, essenciais em minha vida, pois são pilares que só engrandecem minha motivação a prosseguir rumo à concretização de minhas metas.

A meus colegas de laboratório Rhaí André Arriel e Oliveira, Hiago Souza, Guilherme Guedes e Alex Rodrigues Batista por terem sido essenciais na formulação e no desenvolvimento do presente trabalho.

Aos docentes da Faculdade de Educação Física e Desportos e do Programa de Pós-Graduação em Educação Física, por terem transmitido tantos ensinamentos, em especial ao professor Jeferson Vianna e Jeferson Novaes por disponibilizarem o laboratório onde foram realizadas as coletas deste trabalho.

Ao Roberto Carlos de Matos Leite, pela excelência e eficácia de seus serviços prestados na secretaria.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Brasil (CAPES) pelo auxílio que foi essencial para a dedicação exclusiva a este trabalho.

Aos voluntários que aceitaram a participar das pesquisas.

Por último, mas não menos importante, a meu orientador Moacir Marocolo, exemplo de professor, um verdadeiro mestre, pela sua confiança e seus ensinamentos os quais contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional.

## RESUMO

A busca por estratégias que promovem o aumento do desempenho esportivo tem recebido atenção dos pesquisadores no cenário esportivo. Dentre essas estratégias, o pós-condicionamento isquêmico tem se destacado devido ao baixo custo e fácil aplicação. Alguns esportes, principalmente da modalidade *Grappling*, têm como características uma demanda de força isométrica alta, grande volume de lutas e pouco tempo de recuperação entre as lutas durante campeonatos, diminuindo assim a produção de força isométrica. Assim, o objetivo deste estudo é avaliar o efeito do condicionamento isquêmico e da restrição parcial do fluxo sanguíneo pós-exercício sobre a recuperação do desempenho após um protocolo de fadiga isométrica. Vinte e nove homens recreacionalmente treinados em exercício de força após a realização de um protocolo de fadiga isométrica em extensão de joelhos [Resistencia de força (RF), 8 series de 20 segundos por 10 segundos de recuperação entre as séries], foram submetidos a 1 de 3 intervenções: a) Isquemia pós-exercício [IPE, 3 ciclos de 2-min de isquemia (20 mmHg acima da pressão de oclusão individual) por 2-min de reperfusão (0 mmHg)]; b) Placebo [3 ciclos de 2-min de pseudo oclusão (20 mmHg seguidos por 2-min de reperfusão 0 mmHg)]; e c) Restrição pós-exercício [RPE, 3 ciclos de 2-min de restrição (100 mmHg) por 2-min de reperfusão (0 mmHg)]. As variáveis analisadas foram a contração isométrica voluntária máxima (CIVM), RF, oxigenação e hemoglobina muscular e escalas perceptíveis. Após o protocolo de fadiga, foi observado uma atenuação da queda do desempenho somente para o grupo RPE na variáveis: CIVM e RF ( $p = 1,00$ ;  $TE = 0,20$ ,  $p = 0,760$ ;  $TE = 0,26$ , respectivamente), os demais grupos IPE e Placebo reduziram significamente a CIVM (IPE  $p = 0,009$ ;  $TE = 0,38$  e Placebo  $p = 0,03$ ;  $TE = 1,08$ ) e RF (IPE  $p = 0,034$ ;  $TE = 0,29$  e Placebo  $p = 0,018$ ;  $TE = 0,62$ ). As demais variáveis não apresentaram diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) intra e entre grupos. A RPE pode ser uma estratégia eficiente para manutenção do desempenho de ações isométricas com duração de 20 segundos e um intervalo de curto de recuperação.

Palavras chave: Pós-Condicionamento Isquêmico. Desempenho esportivo. Fadiga. Exercício Físico.

## ABSTRACT

The search for strategies that promote increased sports performance has received attention from researchers in the sports scene. Among these strategies, post-exercise ischemic conditioning has stood out due to its low cost and easy application. Some sports, mainly in the Grappling modality, have as characteristics a high demand for isometric strength, high volume of fights and little recovery time between fights during championships, thus decreasing the production of isometric strength. Thus, the aim of this study is to assess the effect of ischemic conditioning and partial blood flow restriction after exercise on performance recovery after an isometric fatigue protocol. Twenty-nine men who were recreationally trained in strength exercise after performing an isometric fatigue protocol in knee extension [Resistant strength (RS), 8 sets of 20 seconds for 10 seconds of recovery between sets], were submitted to 13 interventions: a) Ischemic post-conditioning [IPE, 3 cycles of 2-min ischemia (20 mmHg above the individual occlusion pressure) for 2-min of reperfusion (0 mmHg)]; b) Placebo [SHAM, 3 cycles of 2-min pseudo occlusion (20 mmHg followed by 2-min reperfusion 0 mmHg)]; and c) post-exercise blood flow restriction [BRPE, 3 cycles of 2-min restriction (100 mmHg) for 2-min reperfusion (0 mmHg)]. The variables analyzed were the maximum voluntary isometric contraction (MVIC), RF, oxygenation and muscle hemoglobin and noticeable scales. After the fatigue protocol, an attenuation of the drop in performance was observed only for the BRPE group in the variables: MVIC and RS ( $p = 1.00$ ; TE = 0.20,  $p = 0.760$ ; TE = 0.26, respectively), the other IPEO and SHAM groups significantly reduced MVIC (IPEO  $p = 0.009$ ; TE = 0.38 and SHAM  $p = 0.03$ ; TE = 1.08) and RS (IPEO  $p = 0.034$ ; TE = 0.29 and SHAM  $p = 0.018$ ; TE = 0.62). The other variables did not show significant differences ( $p > 0.05$ ) within and between groups. BRPE can be an efficient strategy for maintaining the performance of isometric actions with a duration of 20 seconds and a short recovery interval.

Key-words: Ischemic Post-Conditioning. Sports Performance. Fatigue. Blood flow restriction.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	- Mecanismo de ação do óxido nítrico na vasodilatação na aplicação da manobra de condicionamento isquêmico.....	26
Figura 2	- Cálculo do tamanho da amostra realizado no programa G-power.....	31
Figura 3	- Desenho experimental. ....	34
Figura 4	- Configuração da cadeira extensora, mostrando a posição e o ângulo da articulação femuro-tibial.....	36
Figura 5	- Local da colocação do Moxy (NIRS). ....	39
Gráfico 1	- Comportamento da CIVM e da força de resistência na situação controle e manobras. ....	44
Gráfico 2	- Oxigenação muscular e hemoglobina total durante o repouso. ....	46
Gráfico 3	- Comportamento da saturação da oxigenação muscular e da hemoglobina total durante a aplicação das manobras.....	48

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	-	Caracterização da amostra.....	32
Tabela 2	-	Percepção subjetiva de esforço.....	41
Tabela 3	-	Força pico e força de resistência durante o teste de fadiga. ....	43
Tabela 4	-	Oxigenação muscular durante repouso e exercício de fadiga. ....	45
Tabela 5	-	Escala de dor .....	49
Tabela 6	-	Expectativa do desempenho após as intervenções. ....	50

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PUBMED	<i>Base de dados (US National Library of Medicine National Institute of Health)</i>
DCNTs	Doenças crônicas não transmissíveis
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
IPC	Ischemic preconditioning
RIPC	Remote ischemic preconditioning
KATP	Canais de ativação de ATP
ATP	Trifosfato de adenosina
CK	Creatina quinase
ON	Óxido nítrico
CP	Creatina fosfato
CMJ	<i>Contermoviment Jump</i>
ST	<i>Squat jump</i>
BFRT	<i>Blood flow restriction training (treinamento com restrição do fluxo sanguíneo pós-exercício)</i>
RPE	Restrição pós-exercício
GH	Hormônio do crescimento
H1F-1 $\alpha$	Fator-1 $\alpha$ induzido por hipóxia
EROs	Espécies reativas de oxigênio
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Peróxido de hidrogênio
-OH-	Hidroxila
PPM	Permeabilidade dos poros mitocondriais
cNOS	Óxido nítrico sintetase
H <sup>+</sup>	Hidrogênio
pH	Potencial hidrogênico
GCs	Guanilato ciclase
GMPc	Guanosina monofosfato ciclase
Ca <sup>2+</sup>	Cálcio
RE	Retículo plasmático
O <sup>2</sup>	Oxigênio
TE	Tamanho do efeito

IPE	Isquemia Pós-exercício
mmHg	Milímetros de mercúrio
CIVM	Contração isométrica voluntária máximo
Cm	Centímetros
kg	Quilograma
kgf	Quilograma força
h	Horas
s	Segundos
min	Minutos
HHb	Hemoglobina
PRS	Escala percebida de recuperação
EVA	Escala visual analógica de dor
PSE	Percepção subjetiva de esforço
VEGF	Fator de crescimento endotelial vascular

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\alpha$	Alfa
I	Número um em romano
II -	Número dois em romano
$p$	Probabilidade de significância
%	Por cento
$\pm$	Mais ou menos
=	Igual
'	Minutos
$\times$	Vezes
$^{\circ}\text{C}$	Grau Celsius
Hz	Hertz
$^{\circ}$	Grau
®	Marca registrada
Vs	<i>Versus</i>
>	Maior do que
*	Asterisco
()	Parênteses
w	Watts
#	Cardinal

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>17</b>
2.1	GERAL .....	17
2.2	ESPECÍFICOS .....	17
<b>3</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	<b>17</b>
3.1	ASPECTOS GERAIS DA MANOBRA DE CONDICIONAMENTO ISQUÊMICO .	17
3.2	CONDICIONAMENTO ISQUÊMICO E DESEMPENHO .....	19
3.3	ASPECTOS GERAIS DO PÓS-CONDICIONAMENTO ISQUÊMICO .....	20
3.4	RESTRIÇÃO DO FLUXO SANGUÍNEO PÓS-EXERCÍCIO .....	22
3.5	MECANISMOS FISIOLÓGICOS DO CONDICIONAMENTO ISQUÊMICO.....	23
3.6	FADIGA NEUROMUSCULAR.....	27
<b>4</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>28</b>
4.1	CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO .....	28
4.2	CRITÉRIO DE INCLUSÃO .....	28
4.3	CRITÉRIO DE EXCLUSÃO .....	28
4.4	PROCEDIMENTOS.....	28
4.4.1.	AMOSTRA.....	30
4.4.2	DESENHO EXPERIMENTAL.....	32
4.4.3	MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS.....	35
4.4.4	CONTRAÇÃO ISOMÉTRICA VOLUNTÁRIA MÁXIMA (CIVM).....	35
4.4.5	PROTOCOLO DE TESTE.....	35
4.4.6	PÓS-CONDICIONAMENTO ISQUÊMICO (IPE) .....	36
4.4.7	PLACEBO.....	37
4.4.8	RESTRIÇÃO PÓS-EXERCÍCIO (RPE) .....	37
4.4.9	OXIGENAÇÃO MUSCULAR LOCAL E TOTAL DE HEMOGLOBINA.....	38
4.5	ESCALA SUBJETIVA DE RECUPERAÇÃO.....	39
4.5.1	EXPECTATIVA DO DESEMPENHO.....	39
4.5.2	ESCALA DE PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE DOR.....	40
4.5.3	ESCALA DE PERCEPÇÃO SUBJETIVA DO ESFORÇO.....	40
4.6	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	40
<b>5</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>41</b>
5.1	CIVM.....	41
5.2	FORÇA DE RESISTÊNCIA .....	42
5.3	OXIGENAÇÃO E HEMOGLOBINA .....	45
5.5	DIFERENÇA DA OXIGENAÇÃO ENTRE AS MANOBRAS.....	47
5.6	DIFERENÇA DA QUANTIDADE TOTAL DE HEMOGLOBINA ENTRE AS MANOBRAS.....	47
5.7	PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE DOR.....	49
5.8	EXPECTATIVA DO DESEMPENHO .....	50
<b>6</b>	<b>DISCUSSÃO</b> .....	<b>51</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>55</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>56</b>
	<b>ANEXO A – ARTIGO</b> .....	<b>65</b>
	<b>ANEXO B- TCLE</b> .....	<b>66</b>
	<b>ANEXO C-ESCALA PERCEBIDA DE RECUPERAÇÃO E EXPECTATIVA DE DESEMPENHO</b> .....	<b>68</b>
	<b>ANEXO D - ESCALA DE PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO (PSE)...</b>	<b>69</b>
	<b>ANEXO E – ESCALA DE DOR</b> .....	<b>70</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os esportes de combate da modalidade *Grappling*, isto é, luta corpo a corpo ou luta agarrada, como no caso do judô, *Wrestling* e *Brazilian jiu-jitsu* (focado na luta no solo e em pé), têm como objetivos, imobilizar ou derrubar o oponente (ANDREATO *et al.* 2017). Essas modalidades apresentam um grande número de lutas, com curtos períodos de descanso entre os combates durante a mesma competição, exigindo assim, uma alta demanda energética dos lutadores (ANDREATO *et al.*, 2017; BONITCH-GÓNGORA *et al.*, 2012). No caso do judô e do *Brazilian jiu-jitsu* conforme os atletas vão eliminando seus adversários e passando para as próximas etapas, eles chegam a realizar, no mesmo dia, cerca de quatro a seis lutas em uma única competição (ANDREATO *et al.*, 2017; STERKOWICZ *et al.*, 2016). Portanto, o restabelecimento do desempenho ao longo da competição é essencial para o sucesso do atleta.

A demanda de força isométrica nessas modalidades é bem alta. No judô, o atleta passa a maior parte do combate segurando no *kimono* e durante os ataques e defesas há um grande recrutamento de fibras musculares para sustentar uma força isométrica durante toda a execução dos movimentos (BONITCH-GÓNGORA *et al.*, 2012). Isso pode colocar os atletas em um estado depletivo de substratos energéticos e promover uma possível condição de fadiga. A luta greco romana requer um nível muito grande de força isométrica nos membros superiores e inferiores para as execuções das técnicas (MCGUIGAN; WINCHESTER; ERICKSON, 2006). Conforme os lutadores realizam seus ataques e defesas, há uma queda da produção de força isométrica fazendo com que ocorra uma queda no desempenho (STERKOWICZ *et al.*, 2016).

Atualmente parte dos pesquisadores no âmbito esportivo dedica-se a investigar estratégias para aumentar o desempenho físico e a recuperação em diversas modalidades (DAAB *et al.*, 2020; JODRA *et al.*, 2020; KILDUFF *et al.*, 2013; WILSON *et al.*, 2019). Nesse contexto, a manobra de isquemia pós-exercício (IPE) tem sido sugerida como ferramenta capaz de acelerar a recuperação do desempenho físico após protocolos de exercício extenuantes (ARRIEL *et al.*, 2018; PAGE *et al.*, 2017). Essa técnica é caracterizada por breves períodos de isquemia (i.e., interrupção do fluxo sanguíneo) seguidos por subsequentes períodos de reperfusão (i. e., restabelecimento do fluxo sanguíneo) (SHARMA *et al.*, 2015). A princípio, a ideia de utilizar breves ciclos de oclusão e reperfusão teve início na área clínica em modelo animal em meados da década de 80, sendo investigado a aplicação dessa manobra antes de um período de isquemia prolongada (MURRY; JENNINGS; REIMER, 1986). Mais tarde, o mesmo efeito cardioprotetor foi registrada em modelo animal,

mas aplicando a manobra após um insulto de isquemia prolongado (ZHAO et al., 2003). Este efeito protetor foi associado a uma redução nos marcadores de dano tecidual e oxidativo, que estão relacionados ao processo de recuperação do desempenho em algumas modalidades esportivas (FRANZ et al., 2018).

Diante da necessidade de uma recuperação rápida que alguns atletas têm devido às características das competições, a necessidade de investigar maneiras de corrigir ou minimizar essa perda de capacidade física mostra-se interessante (STERKOWICZ et al., 2016). Uma vez que evidências apontam para uma contribuição do IPE em melhorar o desempenho encurtando o tempo de recuperação (Daab et al. 2020), os mecanismos que explicam os efeitos fisiológicos da manobra ainda não foram bem esclarecidos. Entretanto, acredita-se que a IPE promova uma melhoria na eficiência metabólica, devido uma associação da manobra com a redução do gasto energético, assim como menor produção de lactato (AIMO et al., 2015; PAGE; SWAN; PATTERSON, 2017; PANG et al., 1995), havendo também, um aumento do fluxo sanguíneo e preservação das células endoteliais (ENKO et al., 2011; WANG et al., 2004). Com isso, a aplicação de breves períodos de isquemia seguidos pela reperfusão após o protocolo de exercício pode acelerar a recuperação dos atletas de forma aguda.

Além da manobra de IPE, a restrição pós exercício (RPE) pode ser uma estratégia a ser utilizada para acelerar a recuperação do desempenho, embora nenhum estudo tenha investigado a restrição do fluxo sanguíneo nas mesmas configurações do IPE, em formatos de breves ciclos. Apesar disso, um estudo investigou a restrição do fluxo sanguíneo por meio de uma faixa elástica após o exercício com a intenção de verificar a influência na recuperação, porém, os autores não encontraram uma efetividade da manobra em reduzir o tempo de recuperação do desempenho (BORNE; HAUSSWIRTH; BIEUZEN, 2017). Segundo para Borne; Hausswirth; Bieuzen (2017) a utilização de apenas 100 mmHg, pressão suficiente para diminuir o fluxo sanguíneo arterial e bloquear o retorno venoso, foi satisfatório. Portanto, o objetivo deste estudo foi verificar o efeito da oclusão total e restrição parcial do fluxo sanguíneo após o exercício sobre a recuperação da força muscular isométrica.

Nós hipostenizamos que tanto a IPE quanto o RPE (configuradas em breves ciclos de restrição parcial do fluxo sanguíneo, seguidos por subsequentes períodos de reperfusão), podem promover uma recuperação mais rápida, mas por utilizar uma pressão menor no torniquete comparada com o IPE (100 mmHg vs 220 mmHg, respectivamente), a RPE oferecerá um conforto maior.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 GERAL**

Avaliar os efeitos da oclusão total e restrição parcial do fluxo sanguíneo pós-exercício sobre recuperação da força isométrica.

### **2.2 ESPECÍFICOS**

a) Verificar os efeitos da manobra de oclusão-reperfusão e restrição parcial do fluxo sanguíneo sobre:

- a recuperação da força isométrica máxima;
- resistência de força;
- a oxigenação e hemoglobina total muscular;
- percepção subjetiva de esforço e recuperação;
- expectativa do indivíduo nas intervenções aplicadas;

## **3 REVISÃO DA LITERATURA**

### **3.1 ASPECTOS GERAIS DA MANOBRA DE CONDICIONAMENTO ISQUÊMICO**

A técnica de condicionamento isquêmico vem recebendo uma extensa investigação no cenário esportivo por diversas razões: a fácil aplicabilidade, o baixo custo e o potencial de melhoria do desempenho e recuperação do condicionamento físico. Entretanto, faltam ainda estudos na área esportiva que explicam os efeitos fisiológicos do condicionamento isquêmico responsáveis pelo aumento do desempenho físico. Segundo Marocolo et al. (2015), acredita-se que a prática de restringir o fluxo sanguíneo pode ter sido utilizada por índios sul-americanos, que antes de realizarem longas viagens amarravam suas coxas, acreditando que isso ajudaria em seus objetivos.

Pesquisadores alemães apresentaram evidências científicas sobre essa modificação hemodinâmica por meio da oclusão na década de 50 (NUKADA, 1955, apud MAROCOLO, M.; DA MOTA; SIMIM; *et al.*, 2015). Esse trabalho, porém, foi esquecido e, em meados da década de 80, foi publicado um estudo clínico que atualmente é considerado o pioneiro (MURRY; JENNINGS; REIMER, 1986). Sabendo que longos períodos de isquemia (i. e., tempos acima de 20 min) causavam danos irreversíveis ao tecido cardíaco, investigaram o efeito desse tempo fracionado e compararam com um tempo maior de isquemia (40 min). O principal achado desse estudo foi que, o grupo que recebeu o condicionamento isquêmico sofreu apenas 75% de danos teciduais.

Posteriormente, o mesmo grupo pesquisou a influência da isquemia prolongada sobre a estrutura tecidual do miocárdio e os aspectos energéticos dessa musculatura, analisando de forma fracionada a oclusão (nos tempos de 5, 10, 20 e 40 minutos). Foi comprovado que o dano ultraestrutural é proporcional ao tempo de oclusão, sendo que 40 minutos de oclusão causou perda da matriz mitocondrial, danos graves ao sarcolema e à membrana plasmática do grupo controle, enquanto o grupo que foi pré-condicionado com quatro ciclos de cinco minutos teve as estruturas celulares preservadas e conseguiu sustentar a oclusão com um menor gasto de ATP, além de um menor acúmulo de lactato e metabólitos (MURRY; JENNINGS; REIMER, 1986).

Até o ano de 1990 a literatura científica associada aos efeitos do pré-condicionamento isquêmico (IPC) no PUBMED (*US National Library of Medicine National Institutes of Health*) era escassa e os poucos estudos que existiam tinha sido realizados em animais como ratos, cachorros e porcos (SHIKI; HEARSE, 1987; MIYAZAKI; ZCIPES, 1989; SCHOTT *et al.*, 1990). No final de 1990, Deutsch *et al.* (1990) ofereceram evidências do efeito do pré-condicionamento isquêmico em humanos com doenças na artéria coronária, utilizando um protocolo de duas oclusões de 90 segundo separadas por 5 minutos de reperfusão. Este estudo mostrou que o segundo episódio de oclusão proporcionou menos dor no peito, menor elevação do seguimento ST e menor produção de lactato no músculo cardíaco.

Avaliando ainda o efeito do IPC em modelo animal, porém, dessa vez na musculatura esquelética de porcos após longo período de isquemia sustentada, Pang *et al.* (1995) investigaram o efeito de três ciclos de 10 min de isquemia seguidos pelo mesmo tempo de reperfusão. Foi encontrada uma redução do dano tecidual de 44% e 62% no latíssimo do dorso e no grácil, respectivamente. Esse fenômeno se deu devido à menor demanda energética, maior presença de fosfato de alta energia e menor produção de lactato nos músculos condicionados durante a isquemia prolongada.

Em respeito a resposta humoral estimulada pelo IPC, o termo “Pré-condicionamento isquêmico remoto” (RIPC) foi atribuído a Przyklenk et al. (1993) que realizou a manobra de oclusão em uma parte do coração de cachorros, mais especificamente o ramo circunflexo da artéria coronária, e induziu uma outra parte a um infarto. O resultado encontrado mostrou que o grupo que realizou a manobra reduziu a área de infarto em comparação ao grupo que não realizou a manobra. Segundo os autores, a presença de canais de transporte de adenosina ou outro mediador que promova vasodilatação foi responsável por esse efeito protetor.

Kharbanda *et al.* (2002) sugerem a aplicação remota da manobra em dois estudos: o primeiro em humanos onde foi testada a influência do IPC após lesão endotelial em 14 pessoas. Neste caso, foi encontrada uma redução do dano vascular após a aplicação da manobra no antebraço não dominante. No segundo estudo foi testado o efeito protetor do RIPC em coração de porcos. Após realizarem a manobra de isquemia e reperfusão em um membro posterior, os autores encontraram a redução da magnitude do dano tecidual no coração. Esse efeito protetor foi atribuído à resposta humoral pela liberação de substâncias como a adenosina, bradicinina, noradrenalina e a ativação dos canais de KATP, assemelhando-se aos mecanismos fisiológicos induzidos com a aplicação da oclusão vascular intermitente local (KHARBANDA et al., 2002).

### 3.2 CONDICIONAMENTO ISQUÊMICO E DESEMPENHO

Em 1998 a investigação do efeito do condicionamento isquêmico transpôs a área clínica e foi sugerido como uma estratégia usada para aumentar o desempenho esportivo (LIBONATI *et al.*, 1998), a proposta desse estudo foi examinar a oclusão antes do exercício de contração isométrica máxima. O resultado mostrou que a aplicação prévia da isquemia ao exercício em relação ao grupo controle, aumentou o desempenho muscular. Dando continuidade a essa investigação, em outro estudo, os autores aplicaram o mesmo protocolo de isquemia e reperfusão de dois minutos de oclusão a 200 mmHg de pressão, seguidos por 10 segundos de reperfusão antes do exercício de isometria corroborando com o resultado encontrado anteriormente que essa intervenção proporcionou uma maior produção de força muscular, além de um aumento no fluxo sanguíneo cerca de cinco a seis vezes na região do antebraço (LIBONATI et al., 1998, 2001).

Caracterizada por breves períodos de isquemia seguidos pela liberação do fluxo sanguíneo e realizada com o indivíduo em repouso (SHARMA et al., 2015) a manobra de condicionamento isquêmico pode ser aplicada nas seguintes situações, antes de realizar um

exercício físico (pré-condicionamento isquêmico, IPC) (MAROCOLO et al., 2015) e após o exercício físico (Pós-condicionamento isquêmico, IPE) (ARRIEL et al., 2018).

O possível efeito ergogênico IPE foi testado em diversas modalidades esportivas como, natação (FERREIRA et al., 2016a), rúgbi (GARCIA et al., 2017), futebol (MAROCOLO et al., 2017), tendo um maior volume de casos de estudo na área do ciclismo (COCKING et al., 2018; DE GROOT et al., 2010; PARADIS-DESCHÊNES; JOANISSE; BILLAUT, 2016) e da corrida (GRIFFIN; HUGHES, 2018; JAMES et al., 2016; KAUR et al., 2017). Dos resultados encontrados, verificou-se que a manobra influenciou significativamente no aumento do desempenho em vários estudos.

O condicionamento isquêmico foi investigado por De Souza *et al.* (2019) durante cinco dias no exercício resistido. O principal achado foi que ambas as intervenções, oclusão e Placebo, influenciaram no aumento da repetição máxima e do volume total. Segundo os autores, especula-se que este fato ocorreu pelo aumento da eficiência no acoplamento do ATP durante as contrações além de atenuar o gasto de ATP no caso da oclusão, entretanto, se de fato isso ocorresse, então o placebo não proporcionaria aumento do número de repetições (De SOUZA et al., 2019). Uma série de estudos vêm buscando investigar o efeito do condicionamento isquêmico antes do exercício, entretanto, o efeito do IPC não mostrou ser tão eficiente no exercício anaeróbico comparado com a aplicação da manobra no exercício aeróbico (SALVADOR et al., 2016).

### 3.3 ASPECTOS GERAIS DO PÓS-CONDICIONAMENTO ISQUÊMICO

Foi proposto por Zhao *et al.* (2003), uma nova abordagem de aplicar breves ciclos de oclusão e reperusão após um longo período de isquemia (60 min). O objetivo do estudo foi investigar o efeito da manobra aplicada antes e após a isquemia prolonga em relação ao grupo controle que foi submetido apenas ao insulto isquêmico, além de comparar ambas as intervenções. Os resultados mostraram não haver diferença significativa entre ambas, contudo as manobras reduziram a área de infarto em 44 e 40%, respectivamente (ZHAO et al., 2003).

Após dois anos, o mesmo grupo de pesquisa, testou o pós-condicionamento remoto nos rins e no coração de ratos. Quando utilizaram a manobra, os resultados foram satisfatórios mostrando-se capazes de reduzir a área de infarto. Entretanto, mesmo o rim sendo uma fonte potente de substâncias vasodilatadoras, a oclusão da artéria renal não é interessante devido a chance de comprometer a função do órgão. Os autores sugerem a aplicação do pós-

condicionamento na musculatura esquelética do mesmo jeito que é utilizado no pré-condicionamento isquêmico (KERENDI et al., 2005).

Inicialmente, os efeitos dessa manobra foram direcionados a redução do dano que o coração sofria após evento de isquemia prolongada (SUN et al., 2005). Após o início das investigações, o condicionamento isquêmico foi testado em vários modelos *in vivo*, cachorros (HALKOS et al., 2004; ZHAO et al., 2003), ratos (KIN, 2004) e coelhos (YANG et al., 2004), bem como em cultura celular *in vitro* (SUN et al., 2005) e corações isolados (TSANG et al., 2004) após um evento de isquemia prolongada. Dentre esses estudos, alguns desenhos metodológicos investigaram tanto o efeito da manobra nos momentos antes e depois, mostrando resultados parecidos na redução do infarto e marcadores de danos teciduais.

Dentre o potencial efeito protetor dos ciclos isquemia e reperfusão, o primeiro ensaio clínico testado em humanos foi em 2005. Nesse estudo após isquemia prolongada, foram comparados quatro ciclos de isquemia com duração de 1 minuto seguidos pelo mesmo tempo de reperfusão com o grupo controle. O principal resultado encontrado foi a redução da área de infarto induzida, assim como do marcador de dano decidual CK (creatina quinase). Segundo os autores, o mecanismo responsável pela proteção age no primeiro minuto, com a reperfusão envolvendo a liberação de ON (óxido nítrico) (STAAT et al., 2005).

Um estudo verificou a aplicação de diferentes protocolos de condicionamento isquêmico imediatamente após a um período de isquemia prolongada (20 minutos) e após o primeiro minuto da reperfusão, dentre as situações testadas, a manobra não influenciou no aumento do fluxo sanguíneo. Entretanto, foi mostrado que quando aplicada imediatamente a isquemia prolongada, houve um efeito protetor no endotélio, e ao esperar um minuto para iniciar os ciclos, esse efeito protetor foi perdido (LOUKOGEORGAKIS et al., 2006).

As investigações da influência da aplicação do condicionamento isquêmico após um longo período de oclusão na área clínica é bem corriqueiro e os resultados apontam um ótimo benefício do uso da manobra, embora existam estudos como o de Lavi *et al.* (2014) contrariando esses achados, mostrando não haver diferença na redução do dano no miocárdio durante a angioplastia coronária com a aplicação do pós-condicionamento isquêmico.

A literatura científica ainda carece de estudos que tenham investigado o efeito da isquemia antes do exercício e principalmente após o mesmo. O primeiro estudo na área de desempenho esportivo, investigou o efeito do condicionamento isquêmico após protocolos de saltos *contermoviment jump* (CMJ), *squat jump* (SJ) e *sprints*. Os resultados mostraram que a manobra teve um efeito específico na recuperação, melhorando o desempenho imediatamente e 24 horas após (BEAVEN et al., 2012).

Diante do exposto no estudo acima, Northey *et al.* (2016) propuseram investigar o efeito da oclusão através de torniquetes e bota pneumática sobre a força e potência muscular utilizando um dinamômetro isocinético, CMJ e SJ e na percepção de recuperação. O resultado do estudo não corroborou com o resultado encontrado por Beaven *et al.* (2012), mostrando que não teve uma melhora da recuperação com a aplicação da oclusão após o exercício no grupo que utilizou torniquete e no que utilizou bota pneumática.

A estratégia de condicionamento isquêmico recebeu a atenção de Page; Swan; Patterson (2017), que aplicaram a manobra de isquemia/reperfusão após exercício de contração isométrica voluntária máxima (CIVM) na extensão de joelhos e CMJ. Os resultados mostraram que a perda de força isométrica e a altura alcançada no CMJ foram atenuados, além de uma redução na concentração de creatina quinase, que é um dos marcadores de dano muscular. O estudo corroborou com o estudo de Beaven *et al.*(2012) mostrando um efeito positivo na melhora do desempenho (PAGE; SWAN; PATTERSON, 2017).

Em contrapartida aos resultados encontrados pelos estudos supracitados mostrando um resultado positivo na melhora do desempenho, Williams *et al.* (2018) verificaram um efeito agudo (duas horas) e tardio (24 hora) da oclusão vascular após um protocolo de fadiga utilizando *sprints*, no desempenho e em marcadores bioquímicos. Os principais achados no estudo corroboraram com os achados por Northey *et al.* (2016) mostrando não haver efeito da manobra na recuperação da performance. Contudo, foi em contrapartida com os achados de Page *et al.* (2017) mostrando uma não redução dos marcadores (WILLIAMS *et al.*, 2018), dividindo assim, a literatura.

O efeito do pós-condicionamento isquêmico foi investigado por Arriel *et al.* (2018), que verificaram a recuperação da performance em ciclistas amadores no teste incremental após diferentes protocolos de isquemia (2 ciclos de 5min e 5 ciclos de 2min isquemia e reperfusão simultânea) sendo o único a avaliar dois protocolos diferentes. Após 24 horas, foi mostrado que a manobra acelerou o processo de recuperação e manteve o desempenho, sendo esse estudo, mais um que corrobora com a ideia de uma nova estratégia para ajudar no processo de recuperação.

### 3.4 RESTRIÇÃO DO FLUXO SANGUÍNEO PÓS-EXERCÍCIO

O treinamento de restrição do fluxo sanguíneo (do inglês *blood flow restriction training-BFRT*) é uma técnica de fortalecimento muscular que, *a priori*, foi criada para aumentar a força e a massa muscular perdidas por alguma lesão musculoesquelética ou

procedimento cirúrgico. Diferente da oclusão vascular intermitente que oclui totalmente o fluxo sanguíneo, o BFRT utiliza menores pressões no torniquete que reduz o fluxo sanguíneo arterial e bloqueia apenas o retorno venoso. Outra diferença entre essas técnicas, é que no BFRT o exercício é realizado com o fluxo sanguíneo reduzido, já na oclusão vascular intermitente do fluxo sanguíneo é feita a aplicação com o indivíduo em repouso. O BFRT é realizado através da utilização de um torniquete colocado na região proximal dos membros superiores e/ou inferiores (CURRAN *et al.*, 2019; OWENS *et al.*, 2020; SATO, 2005; SATOH, 2011). Em relação a pressão utilizada recomenda-se uma porcentagem relativa da pressão de oclusão arterial individual. Entretanto, ainda não está claro qual porcentagem da pressão de oclusão é mais eficiente, embora se observe que pressões menores podem oferecer mais segurança além de um maior conforto durante o exercício que é realizado com 20% de 1RM (CROSSLEY *et al.*, 2020).

Fatores como valores absolutos de restrição do sangue, pressões de restrição elevadas, circunferência dos membros, largura e conicidade do manguito podem influenciar nos resultados e comprometer a segurança do indivíduo (WEATHERHOLT *et al.*, 2019). Segundo os mesmos autores, a largura do manguito é um fator determinante para assegurar a oclusão, pois quanto mais largo é o manguito maior é a área que ele consegue atingir, com isso, mais garantida é a oclusão e menor é a pressão utilizada no torniquete.

Ao induzir hipóxia no organismo e realizar o treinamento possíveis alterações neurais, humorais e hormonais são estimuladas pelo BFRT, como, por exemplo, o aumento no recrutamento das fibras esqueléticas tipo II responsáveis pela maior produção de força, grandes quantidades de lactato sanguíneo acumuladas, liberação de fator-1 $\alpha$  induzível por hipóxia (HIF-1 $\alpha$ ) que contribui com o crescimento do tecido e maior liberação de hormônio do crescimento (GH) que pode promover subsequente hipertrofia muscular (ILETT *et al.*, 2019).

### 3.5 MECANISMOS FISIOLÓGICOS DO CONDICIONAMENTO ISQUÊMICO

As hipóteses dos possíveis mecanismos de ação do condicionamento isquêmico vêm sendo formulados desde do primeiro ensaio na área clínica que mostrou uma proteção do miocárdio pela redução da área do infarto (MURRY *et al.*, 1986). Contudo, ainda não foram elucidados os reais mecanismos que atuam na oclusão vascular intermitente na melhora do desempenho.

As melhorias causadas pelo condicionamento isquêmico estão relacionadas às vias metabólicas e vasculares que induzem a três tipos de respostas: neural, humoral e sistêmica. A resposta neural acontece pela liberação de substâncias que ativam as fibras nervosas aferentes que transmitem o potencial de ação elétrico para o alvo visado. Essa sinalização também leva a processos celulares protetores no órgão-alvo. A via de ação humoral está ligada aos mecanismos subjacentes que envolvem a liberação de substância endógenas, como adenosina, bradicinina e opioides (CARU et al., 2019).

Sendo uma organela muito importante para a realização das funções vitais, segundo Kausar *et al.* (2018) a mitocôndria consome cerca de 98% do oxigênio inalado e através dos complexos I e II da cadeia respiratória produz energia em forma de ATP que será utilizada nas contrações musculares voluntária e involuntária. Essa organela é a principal fonte de produção de Espécies Reativas de Oxigênio (EROs), uma vez que a fosforilação oxidativa produz elétrons não emparelhados e esses interagem com o oxigênio resultando na formação de radicais livres como os íons superóxidos. Esses íons altamente reativos são convertidos em outras formas de EROs, como o peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) e a hidroxila (-OH) (KAUSAR et al., 2018). A produção desses íons altamente reativos é um dos fatores que contribui para a perda de desempenho no exercício físico, causando um desequilíbrio da produção endógena do sistema antioxidante e de radicais livres, induzindo a alteração de macromoléculas como proteínas, lipídios, ácidos nucleicos e causando dano muscular (GABRIAL et al., 2018).

A isquemia prolongada induzida bloqueia a entrega de oxigênio e de nutrientes para as células, o que promove uma grande produção de EROs, caracterizando um estresse oxidativo podendo lesar o tecido exposto (HALKOS et al., 2004). Com a diminuição do oxigênio ocorre um aumento da permeabilidade dos poros mitocondriais (PPM), sendo que tal fato resulta no rompimento dos canais e libera citocromo C danificando a estrutura da mitocôndria. Sob o aspecto clínico, o efeito cardioprotetor da oclusão vascular intermitente após a isquemia prolongada induzida pode ser devido a um ‘‘despertar gradual’’ que causou a proteção das estruturas mitocondriais, fechando o canal mitocondrial sensível ao ATP (KATP), modulando a conexina mitocondrial e a transcrição do fator STAT que têm interação com os PPM reduzindo a fluidez da membrana mitocondrial e diminuindo a produção de EROs (BØTKER et al., 2018).

Durante o exercício físico ocorre um grande consumo de ATP além de uma grande produção de EROs. Não se sabe o real mecanismo de ação da oclusão vascular intermitente, porém, acredita-se que a aplicação da manobra provoca uma atenuação do consumo de ATP

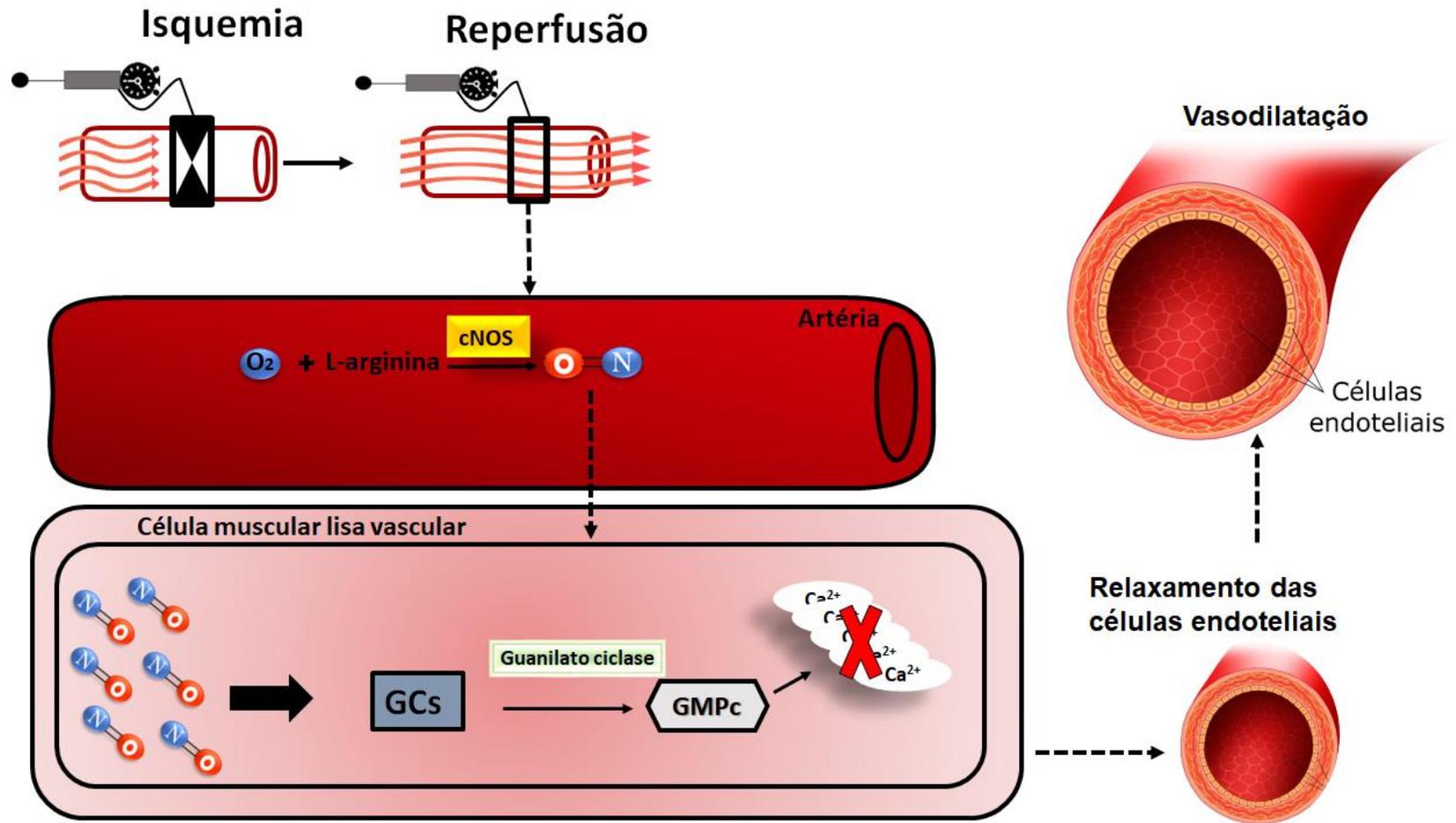
resultando na economia do gasto energético e uma eficiência mitocondrial que contribuem para um melhor desempenho esportivo. Segundo Arriel *et al.* (2018) supõe-se que a hiperemia provocada pela manobra estimula a liberação de óxido nítrico e esse reage diretamente com a EROs e inibe a produção dessas substâncias na mitocôndria.

O óxido nítrico (NO) é um derivado do aminoácido L-arginina que na presença do oxigênio e na ação da enzima óxido nítrico sintetase (cNOS) é produzido pelas células do endotélio (HSU *et al.*, 2019). O estímulo principal responsável pela produção desse radical livre de acordo com Looft-wilson *et al.* (2019) é o contato do sangue com a parede do vaso sanguíneo, sendo essa liberação proporcional ao aumento do fluxo sanguíneo. Temos então o aumento do fluxo sanguíneo ao contraírmos o músculo no exercício físico e na hiperemia causada pela reperfusão após a oclusão.

Ao modificar o fluxo sanguíneo ocluindo-o e liberando-o, provoca-se uma hiperemia e um maior contato do sangue com a parede do endotélio (o termo usado é *shear stress*). Esse contato estimula a liberação de ON pelas células endoteliais (PANIAGUA *et al.*, (2001); RAFF *et al.*, 2010). Após a difusão do NO no lúmen do vaso sanguíneo, há uma ativação da enzima guanilato ciclase solúvel (GCs) responsável por formar a guanosina monofosfato ciclase (GMPc). A GMPc nas células musculoesqueléticas lisas atua no controle do cálcio ( $Ca^{+2}$ ) na célula do endotélio. Esse controle resulta na inibição da liberação de cálcio no retículo sarcoplasmático (RE) e na diminuição da entrada do mesmo na célula, além da captação do  $Ca^{+2}$  pelo RE. Tal fato, inibi a exposição da cadeia leve de miosina, promovendo assim a vasodilatação (JIN e LOSCALZO, 2010). A vasodilatação permite que ocorra um *clearanse* dos metabólitos no sangue e aumente a oferta de nutrientes no músculo permitindo assim uma recuperação mais acelerada (PARADIS-DESCHÊNES *et al.*, 2016) (Figura 1).

O pós-condicionamento isquêmico promove ações humorais onde além do ON, também libera substâncias como adenosina e bradicinina, cujo o papel é a vasodilatação, ajudando a otimizar o suprimento de sangue durante o exercício (DE GROOT *et al.*, 2010). Além dessas substâncias vasodilatadoras, foi mostrado que a aplicação do pós-condicionamento isquêmico estimulou o *upregulation* dos receptores de adenosina, culminando na cardioproteção e, além do efeito vasodilatador, a adenosina apresentou respostas anti-inflamatórias (KERENDI *et al.*, 2005).

Figura 1 - Mecanismo de ação do óxido nítrico na vasodilatação na aplicação da manobra de condicionamento isquêmico.



Legendas:  $O_2$ : oxigênio, cNOS: óxido nítrico sintetase, ON; óxido nítrico, GCs: guanilato ciclase solúvel, GMPc: guanilato monofosfato ciclase,  $Ca^{2+}$ : cálcio.  
 Fonte: Elaborado pelo autor (2020), adaptado do modelo de Jin e Loscalzo (2010)].

### 3.6 FADIGA NEUROMUSCULAR

O termo fadiga neuromuscular é usado para descrever a redução da capacidade muscular após o exercício intenso (ENOKA; DUCHATEAU, 2016). Sendo um agente estressor, o exercício físico causa um débito energético durante as contrações musculares, diminuindo assim a quantidade de trifosfato de adenosina (ATP) e promovendo um estado de fadiga (AMENT e VERKERKE, 2009).

Subentende-se que a causa da fadiga neuromuscular possa ser de caráter central e periférico. A fadiga central é definida por uma insuficiência do próprio Sistema Nervoso Central em traduzir o sinal elétrico dos neurônios causada pela depleção de acetilcolina no terminal das placas motoras. A fadiga periférica evidencia a diminuição de fosfocreatina (CP), estoque de ATP e glicogênio (ENOKA; DUCHATEAU, 2016). Devido ao custo de produção de energia metabólica, ocorre um aumento de fosfato inorgânico e  $H^+$ . Isso resulta na diminuição do pH sanguíneo nos músculos, causando redução de pontes cruzadas, aumentando a sensação de acidose e dor local, promovendo, então, uma diminuição da produção de força, interrompendo o exercício físico. Além disso, um ponto importante é a fadiga percebida pelo indivíduo, pois o auto feedback das alterações fisiológicas influencia o resultado final (GLADDEN, 2004; ZAJĄC *et al.*, 2015).

A produção de força máxima isométrica mostrou ser um método bastante eficaz para avaliar a magnitude e a etiologia da fadiga neuromuscular além da sua praticidade. Por ser uma medida contínua de produção de força permite um fácil acompanhamento da recuperação utilizando o mesmo aparelho usado para induzir a fadiga. Esse método permite controlar fatores que influenciam no resultado, tais como intensidade do exercício e duração (CARROLL; TAYLOR; GANDEVIA, 2017; KORAL *et al.*, 2020).

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO

Trata-se de um estudo exploratório com abordagem quantitativa. O protocolo experimental foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa da Universidade Federal de Juiz de Fora (nº 2250458/2017) para experimentos em humanos, sendo realizado de acordo com a Declaração de Helsinque.

### 4.2 CRITÉRIO DE INCLUSÃO

- Ser do sexo masculino
- Possuir entre 18 e 35 anos
- Estar praticando treinamento de resistência recreacionalmente há pelo menos 6 meses

### 4.3 CRITÉRIO DE EXCLUSÃO

- Histórico de doenças crônicas não transmissíveis (DCNTs) como diabetes, hipertensão, arteriosclerose, neoplasias, insuficiência renal;
- Uso de suplementação de cafeína e creatina;
- Uso de medicamento, drogas ou esteroides anabólicos androgênicos que poderiam influenciar nos resultados;
- Presença de lesão musculoesquelética recente;
- Consumo de álcool

### 4.4 PROCEDIMENTOS

As coletas foram realizadas no laboratório de treinamento de força da Faculdade de Educação Física e Esporte da Universidade Federal de Juiz de Fora (média da temperatura e da umidade nos dias de testes foi de 23,9 °C, 63,4% respectivamente). O estudo foi composto por três momentos distintos com intervalo de 48 horas entre eles. O período de coleta aconteceu entre 7 horas – 12 horas e 13 horas – 17 horas, buscando manter os participantes

sempre no mesmo horário durante as três visitas, para padronizar a influência do ciclo circadiano no desempenho (KELLER et al., 2019).

#### 4.4.1. AMOSTRA

Após realizar um cálculo do tamanho amostral pelo *software G-power 3.1.9.6* tendo adotado um tamanho de efeito (TE) de 0,4 que segundo Hopkins *et al.* (2009) é considerado moderado, verificamos um tamanho mínimo de amostra igual a 18 sujeitos, buscando um poder de estatística igual 0,94 (Figura 2). Foram selecionados 36 homens e convidados a participar do estudo. Entretanto, após serem alocados, seis voluntários abandonaram o teste no decorrer da pesquisa e um foi identificado como sendo *outlier*, devido a valores menores em sua força em comparação com os outros. Restaram então 29 participantes (Tabela 1), sendo calculado o poder novamente, onde adotamos o mesmo TE, resultando em um poder igual a 0,99. Todos participantes deveriam ser recreacionalmente treinados e possuírem no mínimo seis meses de experiência em exercício resistido. Todos os procedimentos foram previamente informados aos participantes que assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) antes do início das coletas de dados (ANEXO A).

Figura 2 - Cálculo do tamanho da amostra realizado no programa *G-power*.

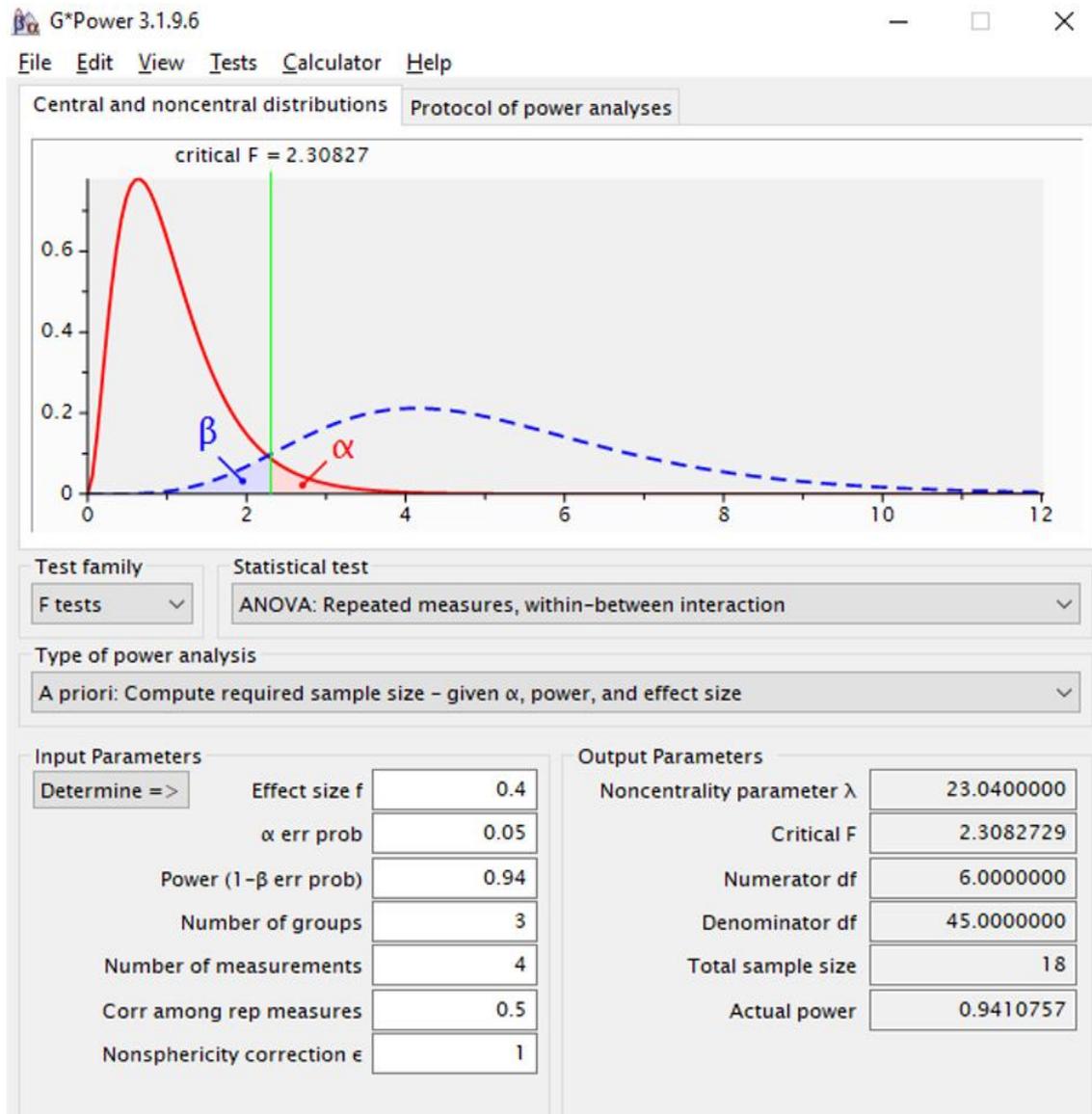


Tabela 1- Caracterização da amostra.

	IPE (n=10)	Placebo (n=9)	RPE (n=10)	Valor de p
Idade (anos)	19,7 ± 1,3	22,9 ± 0,7	24,5 ± 6,3	0,200
Estatura (cm)	160,6 ± 39,9	176,1 ± 3,8	181,1 ± 3,7	0,116
Massa Corporal (kg)	84,5 ± 40,8	75 ± 14,1	83,6 ± 10	0,709
Gordura corporal (%)	14,9 ± 5,2	12,7 ± 5,6	13,3 ± 7,0	0,450
Coxa D (cm)	52,8 ± 3,2	55,3 ± 3,1	57,7 ± 5,0	0,312
Coxa E (cm)	52,5 ± 3,2	55 ± 3,9	55,7 ± 4,3	0,564
Panturrilha D (cm)	35,5 ± 1,8	37,0 ± 0,7	39,1 ± 2,3	0,239
Panturrilha E (cm)	35,8 ± 1,3	36,1 ± 1,1	38,9 ± 2,2	0,313
POI (mmHg)	163,8 ± 12,1	165,0 ± 7,1	171,3 ± 23,6	0,837
Força relativa (CIVM)	1,1±0,4	1,1±0,3	1,1±0,3	0,970
Força Relativa (Resistência de força)	0,5±0,2	0,5±0,1	0,5±0,1	0,935
<b>Histórico de Treino</b>				
Experiência (anos)	4,4 ± 2,3	5,6 ± 0,7	4,9 ± 5,1	0,818
Horas por semana	5,0 ± 1,2	4,3 ± 1,4	4,3 ± 1,0	0,323

Os valores são expressos em média ± desvio padrão. Legenda: IPE: Pós-condicionamento isquêmico; RPE: Restrição pós-exercício, CIVM = contração isométrica voluntária máxima; POI = pressão de oclusão individual; mmHg = milímetros de mercúrio. A força relativa foi calculada da seguinte forma: força (Kgf) ÷ peso. Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

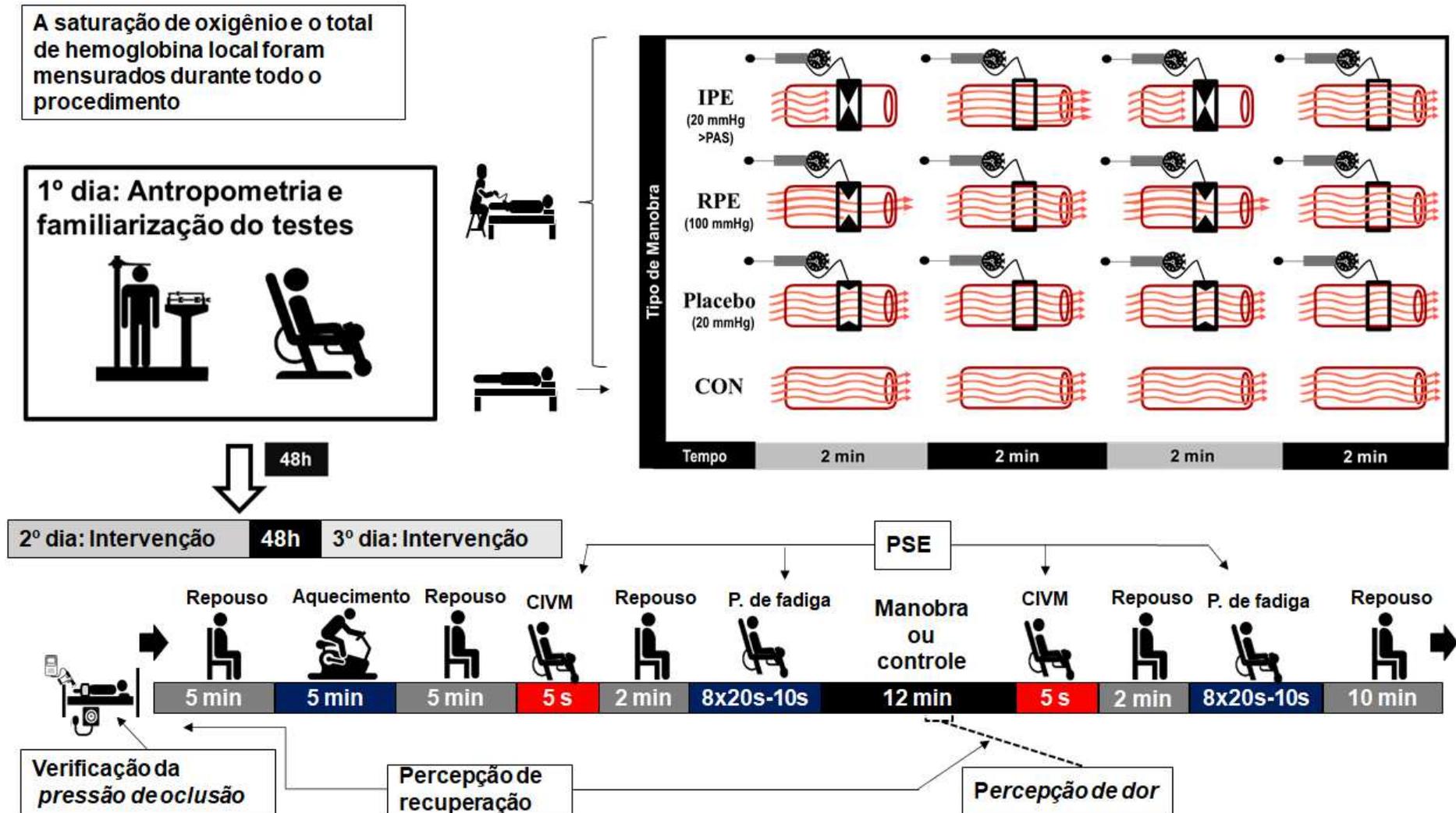
#### 4.4.2 DESENHO EXPERIMENTAL

A figura 3 ilustra detalhadamente o desenho experimental da pesquisa. A todos os participantes foi dito que ambas as manobras melhorariam o desempenho. Com base na força relativa do teste de CIVM e da resistência de força do teste de fadiga, os voluntários foram divididos e alocados em três diferentes grupos para uma maior homogeneidade: (IPE, n=10; Placebo, n=9 e RPE, n=10). Os participantes realizaram três visitas. Na primeira, realizaram a avaliação antropométrica e familiarização dos testes de CIVM e fadiga. Na segunda, foram realizados os protocolos experimentais conforme o grupo no qual eles foram alocados. Uma metade do grupo foi submetida à intervenção controle e a outra, à aplicação da manobra. Na terceira e última visita foi invertido a ordem das intervenções, e foram realizados os protocolos experimentais idênticos ao do segundo momento. Os voluntários receberam a instrução de absterem-se do consumo de café, álcool e suplementação alimentar nas 24 horas antes dos testes e no dia do mesmo e não praticar exercícios vigorosos durante o período de participação dos testes. As coletas seguiram o mesmo padrão sendo realizadas de forma

individualizada. Foram avaliadas as escalas subjetivas de recuperação, dor, esforço e expectativa.

O protocolo de teste foi realizado da seguinte forma: a) cinco minutos de aquecimento submáximo em um cicloergômetro a uma potência de 40w mantendo a velocidade entre 20 - 25 km/h; b) cinco minutos de descanso passivo; c) teste de CIVM; d) dois minutos de descanso; e) protocolo de fadiga; f) aplicação da intervenção controle ou aplicação das manobras; g) reteste de CIVM; h) reteste do protocolo de fadiga i) quinze minutos de recuperação passiva. Após o término do primeiro protocolo de fadiga, o pesquisador se retirou do local e retornou no fim do protocolo de intervenção.

Figura 3 – Desenho experimental.



Legenda: CIVM: contração isométrica voluntária máxima, IPE: pós-condicionamento isquêmico, RPE: restrição pós-exercício, CON: controle. Fonte: Elaborado pelo auto (2020).

#### 4.4.3 MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS

Massa corporal e altura foram medidas por meio de uma balança com estadiômetro acoplada (modelo 110CH, Welmy®, Santa Barbara d'Oeste, Brasil) com os participantes vestindo apenas short. O percentual de gordura foi estimado por meio do protocolo de duas dobras cutâneas (tricipital e subescapular) (LOHMAN, 1987).

#### 4.4.4 CONTRAÇÃO ISOMÉTRICA VOLUNTÁRIA MÁXIMA (CIVM)

O voluntário, após autorizado, realizou uma extensão de joelho bilateral durante cinco segundos produzindo o máximo de força que conseguisse, até que recebesse o *feedback* de comando para interromper o teste. O teste de CIVM seguiu o protocolo sugerido por Pincevero (PINCIVERO *et al.*, 2002). Foi realizado em uma cadeira isométrica flexora/extensora com um dinamômetro (N2000-Cefise Biotecnologia e Esporte, capacidade de 200 kgf, utilizando uma frequência amostral de 50 Hz) (figura 4). Durante a realização do teste foi ofertado apenas *feedback* de comando, para excluir possíveis influências motivacionais por parte do avaliador; contudo, o voluntário teve acesso em seu campo de visão ao gráfico da sua produção de força em tempo real através de computador com monitor. A calibração da cadeira seguiu o manual de utilização do equipamento e foi realizada antes dos testes. Todos os testes de extensão de joelho foram realizados com um ângulo de 90° (articulação femuro-tibial) e a cadeira ajustada conforme o tamanho de cada voluntário. Foi utilizado um computador *desktop* para coleta e armazenamento dos dados. Foi utilizado o maior valor alcançado durante 5s de CIVM, após serem digitalizados e armazenados, os dados foram analisados.

#### 4.4.5 PROTOCOLO DE TESTE

Foi realizado o teste piloto do protocolo de exercício de fadiga, testando os intervalos de 10s entre cada série, e dessa maneira, esse protocolo com o intervalo utilizado gerava uma fadiga. O protocolo de teste consistiu em oito repetições de CIVM de extensão bilateral de joelho, com duração de 20 segundos para 10 segundos de descanso entre as contrações. Durante a execução do teste, foi oferecido apenas *feedback* de comando. (“Vai” para iniciar o teste, “Para” para interromper o teste. Faltando cinco segundos do tempo de descanso o voluntário era aconselhado a se preparar para retomar o exercício. Informava-se ao

participante para se preparar para a execução seguinte e faltando quatro repetições era comunicado ao participante). Para análise dos dados, foi utilizado a média de cada CIVM.

Figura 4 - Configuração da cadeira extensora, mostrando a posição e o ângulo da articulação femuro-tibial.



Fonte elabora pelo autor (2020).

#### 4.4.6 PÓS-CONDICIONAMENTO ISQUÊMICO (IPE)

A manobra de isquemia e reperfusão foi realizada após o exercício de fadiga. Foi utilizado o adaptado de (BEAVEN et al., 2012), modificando a frequência da aplicação, mantendo o tempo total de oclusão (3 ciclos de 2 minutos de isquemia por 2 minutos de reperfusão), a escolha de um protocolo curto e mais confortável foi justamente para que o mesmo possa ser utilizado em algumas modalidades esportivas que necessitam de uma recuperação rápida devido a curtos intervalos de recuperação. A oclusão foi realizada através de um torniquete (Riester®, Alemanha) (96 x 13 cm com extensão 37,80 x 5,12 cm) aplicado na região subinguinal (bilateral) sendo adotada a pressão de oclusão individual (POI) (WILLIAMS et al., 2018). A verificação da pressão de oclusão foi realizada por meio do *Doppler* (MedPeg® DV-2001, Ribeirão Preto, Brasil) com o indivíduo na posição de repouso, decúbito dorsal da seguinte forma: a) colocação do manguito; b) aplicação do gel condutor e posicionamento do Doppler; c) ausculta do fluxo sanguíneo na região do maléolo lateral; d)

identificação da artéria tibial; e) manguito inflado até uma pressão de 100 mmHg; f) verificação do fluxo sanguíneo; g) acréscimo de 10 em 10 mmHg no manguito até o ruído emitido pelo Doppler desaparecer; h) verificação da oclusão na artéria.

Durante a verificação, foi utilizado um fone de ouvido para diminuir a influência de ruídos externos. A manobra de oclusão intermitente foi realizada na mesma posição que foi verificada a POI (indivíduo na posição supina), pois isso garante uma segurança de que houve a oclusão, devido à alteração da POI de acordo com a posição do corpo (HUGHES et al., 2018). Para detectar possíveis diferenças entre os dias e as pernas foram acrescentados 20 mmHg acima da POI a fim de assegurar a oclusão. A escolha desse protocolo utilizando uma pressão de oclusão individual foi justamente pela dificuldade de se arbitrar a pressão de oclusão devido a alguns fatores como tamanho do manguito, circunferência do membro a ser ocluído e pressão arterial, além de proporcionar um conforto maior em relação à dor causada pela manobra, diminuindo a necessidade de utilizar pressões no torniquete bastante elevadas. Nenhum voluntário interrompeu o teste por motivos de desconforto causado pelo torniquete durante a manobra.

#### 4.4.7 PLACEBO

Após o protocolo de fadiga, o grupo Placebo realizou a manobra seguindo o mesmo tempo do protocolo utilizado no grupo IPE de 3 ciclos de 2 min de isquemia seguidos por 2 min de reperfusão. A manobra foi realizada através de um torniquete (Riester®, Alemanha) (96 x 13 cm com extensão 37,80 x 5,12 cm) aplicado na região subinguinal (bilateral). A pressão adotada para que não houvesse oclusão ou restrição foi de 20 mmHg.

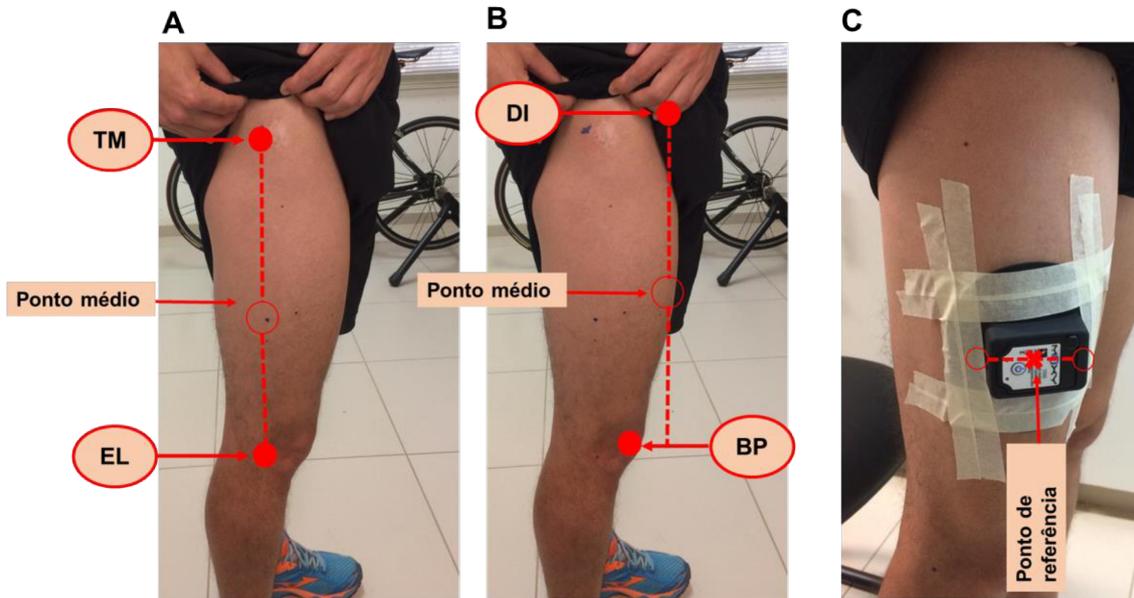
#### 4.4.8 RESTRIÇÃO PÓS-EXERCÍCIO (RPE)

Após o protocolo de fadiga, no grupo RPE, realizou-se a manobra com a pressão 100mmHg. O protocolo seguiu os demais, 3 ciclos de 2 min de isquemia por 2 min de reperfusão. A restrição foi realizada através de um torniquete (Riester®, Alemanha) (96 x 13 cm com extensão 37,80 x 5,12 cm) aplicado na região subinguinal (bilateral). A verificação da não oclusão da artéria foi feita por meio do *Doppler* (MedPeg® DV-2001, Ribeirão Preto, Brasil), que foi colocado sobre a artéria tibial anterior durante as manobras.

#### 4.4.9 OXIGENAÇÃO MUSCULAR LOCAL E TOTAL DE HEMOGLOBINA

A porcentagem da oxigenação muscular e o total de hemoglobina foram avaliadas de forma não invasiva através da espectroscopia de infravermelho próximo NIRS (*Moxy*®, *Fortiori Design LLC, Hutchinson, EUA*). A colocação do aparelho seguiu o protocolo adaptado de *Crum et al. (2017)*. Após medir os pontos médios entre a trocanter maior e o epicôndilo lateral e entre a dobra inguinal e a borda da patela, foi utilizado como referência o ponto médio dessas duas medidas, exatamente no vasto lateral da perna dominante (Figura 5). O sensor óptico foi inserido em uma capa de silicone, acoplado à pele por fita crepe e esparadrapo. Para as análises, foram utilizadas as medidas coletadas antes do início do teste (valor basal) durante os protocolos de fadiga, manobras e recuperação. A coleta dos dados (basal) foi realizada com o indivíduo na posição sentada durante cinco minutos. Já a dos dados dos protocolos de fadiga foi realizada com os indivíduos na cadeira isométrica. Durante as manobras e a recuperação no final dos testes, os dados de oxigenação e hemoglobina foram coletados com os participantes deitados. O aparelho foi conectado a um computador *Desktop* e os dados foram enviados via *bluetooth* onde foram armazenados. Para a análise estatística foi selecionada a média de cada período com a amplitude de cinco segundos de alcance. As variáveis mensuradas pelo NIRS foram a saturação da oxigenação muscular local e o total de hemoglobina.

Figura 5 - Local da colocação do Moxy (NIRS).



Legenda: A, remete ao ponto médio entre o trocanter maior e o epicôndilo lateral; B, remete ao ponto médio entre a dobra inguinal e a borda da patela; C, ponto de referência entre os pontos médios das imagens A e B; TM: trocanter maior; EL: Epicôndilo Lateral; DI: dobra inguinal; BP: borda da patela; cm: centímetros. Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

#### 4.5 ESCALA SUBJETIVA DE RECUPERAÇÃO

Antes do início dos testes e após as intervenções, foi monitorado o nível de percepção de recuperação de cada sujeito através da escala *Perceived Recovery Status* (PRS; em português; nível de recuperação percebido) (LAURENT et al., 2011). A PRS é uma ferramenta bastante utilizada e de fácil manuseio, possui escore de 0 a 10, sendo que 0 representa um indivíduo muito pouco recuperado e 10 representa um indivíduo muito bem recuperado (ANEXO B).

##### 4.5.1 EXPECTATIVA DO DESEMPENHO

Após a realização das manobras ou intervenção controle, antes de realizarem os retestes (CIVM e protocolo de fadiga), foi apresentado aos participantes uma escala para avaliar a expectativa do próximo teste, se os mesmos esperavam um desempenho melhor, similar ou pior em relação ao desempenho dos testes anteriores (FERREIRA et al., 2016b) (ANEXO B).

#### 4.5.2 ESCALA DE PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE DOR

Foi mensurada, após a aplicação das manobras de oclusão IPE, PLACEBO e RPE, a percepção subjetiva de dor através de uma escala visual analógica (EVA) (LALONDE; CURNIER, 2015). A EVA possui o escore de 0-10, onde o nível da dor é classificado de acordo com o número falado, sendo 0 significa “nada de dor” e o maior valor significa “dor insuportável”(SHARMA et al., 2014) (ANEXO D).

#### 4.5.3 ESCALA DE PERCEPÇÃO SUBJETIVA DO ESFORÇO

Durante cada teste de extensão isométrica máxima, foi avaliada a percepção subjetiva de esforço (PSE), além disso foi mensurada uma PSE da sessão, tendo os valores referências de 0 até 10. Foi oferecida uma tabela acoplada a um suporte em frente ao indivíduo para que facilitasse o raciocínio sobre a percepção subjetiva (ROBERTSON et al., 2003) (ANEXO C).

#### 4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A distribuição dos dados foi testada através do teste de *Shapiro-Wilk*. As variáveis numéricas com distribuição normal foram apresentadas como média  $\pm$  desvio padrão, e as variáveis categóricas, independente da distribuição, foram apresentadas como mediana e intervalo interquartil. A comparação da força CIVM e força resistente (protocolo de fadiga pré e pós foi feita através de uma análise de variância ANOVA *two-way* modelo misto, seguido pelo teste post hoc de Bonferroni. O mesmo modelo de teste estatístico foi usado para analisar a oxigenação e a hemoglobina total na condição basal, durante os testes de fadiga pré e pós, no repouso e entre as manobras. *Kruskal-Wallis* foi conduzido para encontrar as diferenças entre os grupos nas respostas de dor, percepção de recuperação e PSE. O tamanho do efeito de *Cohen* (TE) foi calculado com magnitude classificada como: pequena (0,2), moderada (0,6) ou grande (1,2) (HOPKINS et al., 2009). Foi adotado um nível de significância igual ou menor a 0,05. Para análise dos dados foi utilizado o programa estatístico SPSS (IBM SPSS® *Statistics* 25) e para a construção dos gráficos foi utilizado o programa *GraphPad* (PRISM®, 6.0, San Diego, CA, EUA).

## 5 RESULTADOS

Nenhuma diferença significativa foi encontrada na percepção de recuperação antes das intervenções em relação à situação controle (IPE  $p = 1,00$ ; placebo  $p = 1,00$  e RPE  $p = 1,00$ ) e entre os grupos IPE vs placebo ( $p = 1,00$ ), IPE vs RPE ( $p = 0,892$ ) e placebo vs RPE ( $p = 0,957$ ), o que sugere que todos os indivíduos estavam recuperados antes do início dos testes e após o tempo de descanso no momento da aplicação da intervenção. A PSE foi medida nas CIVMs apresentando valores elevados, entretanto, nenhuma diferença significativa ( $p > 0,05$ ) foi encontrada em nenhuma situação mensurada (tabela 2).

Tabela 2 - Percepção subjetiva de esforço.

		IPE	Placebo	RPE	<i>p</i>
	CIVM-teste	5,5 (0,7-7,0)	5,0 (3,0-7,5)	4,5 (2,7-7,2)	0,88
	CIVM-reteste	5,0 (1,7-7,0)	6,0 (3,0-7,5)	5,2 (2,7-7,6)	0,73
<b>Controle</b>	Sessão total	6,9 (6,0-8,0)	7,0 (6,0-8,5)	7,7 (7,0-8,0)	0,43
	Fadiga-teste	7,8 (6,0-9,0)	7,5 (7,0-8,8)	8,8 (7,1-9,1)	0,72
	Fadiga-reteste	7,4 (6,6-8,4)	8,2 (7,5-9,3)	8,7 (7,3-9,2)	0,24
	CIVM-teste	5,0 (1,7-7,0)	6,0 (3,5-8,5)	7,0 (2,0-7,6)	0,48
	CIVM-reteste	5,0 (2,0-7,2)	6,0 (2,7-8,1)	7,2 (2,7-8,0)	0,37
<b>Manobra</b>	Sessão total	5,9 (7,5-8,1)	7,5 (6,0-8,0)	8,0 (7,0-8,0)	0,47
	Fadiga-teste	7,5 (4,5-8,7)	7,8 (7,6-9,3)	8,9 (6,0-9,1)	0,44
	Fadiga-reteste	8,0 (4,7-8,8)	8,5 (6,5-9,2)	9,0 (7,2-9,5)	0,24

Dados expressos em mediana e intervalo interquartil. Legenda: CIVM: contração isométrica voluntária máxima. Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

### 5.1 CIVM

A força de contração isométrica voluntária máxima mostrada na tabela 3 não apresentou diferença significativa entre as intervenções IPE, placebo e RPE nas duas situações: controle e manobras ( $p > 0,05$ ). Contudo, a comparação dentro de cada grupo

mostrou diferença no pré e pós protocolo de fadiga comparando com a situação basal de cada um (IPE  $p=0,02$ ,  $TE= 0,74$ ; placebo  $p=0,02$ ,  $TE= 0,96$  e RPE  $p=0,04$ ,  $TE= 0,61$ ) o que já era esperado, mostrando que o protocolo de exercício foi eficiente para fadigar os voluntários. A aplicação das manobras não influenciou na recuperação ou diminuição da CIVM nos grupos (IPE  $p=0,009$ ;  $TE= 0,38$  e placebo  $p=0,03$ ;  $TE= 1,08$ ). De fato, verificou-se que os valores da força pico no grupo RPE, não tiveram diferença significativa (comparando pré,  $79,6\pm 21,8$  kgf e pós,  $75,1\pm 23,4$  kgf  $p = 1,000$ ;  $TE= 0,20$ ), mostrando que o grupo recuperou mais rápido atenuando a perda de força máxima (Tabela 3 e figura 6A).

## 5.2 FORÇA DE RESISTÊNCIA

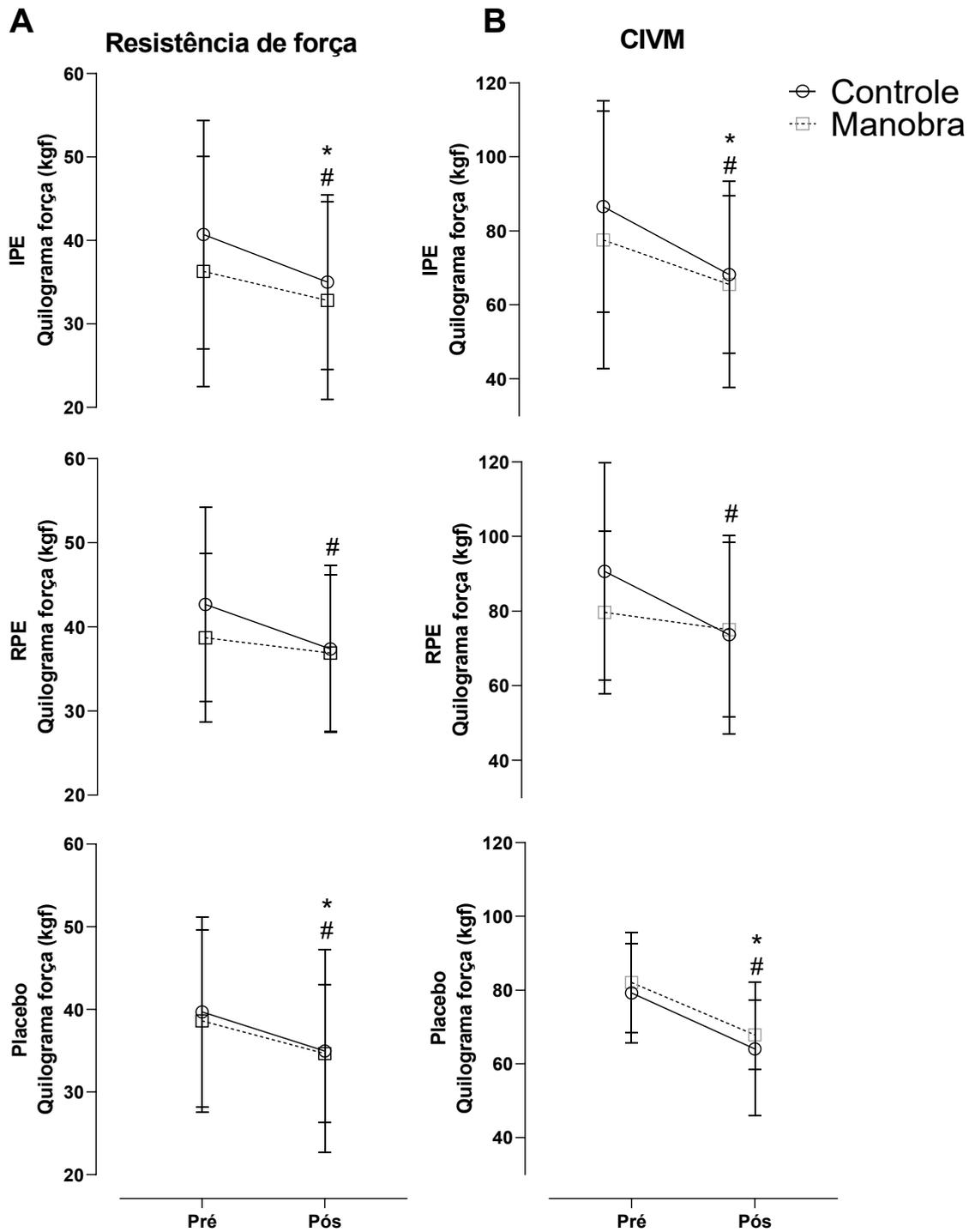
Uma diferença foi encontrada nos valores de força na situação controle comparando pré e pós (IPE  $p = 0,001$ .  $TE = 0,46$ ; placebo  $p = 0,014$ ,  $TE = 0,43$  e RPE  $p = 0,03$ ,  $TE = 0,67$ ). As alterações da força ao longo do protocolo de teste não mostraram diferença nos valores ( $p > 0,05$ ). Entretanto, quando aplicada a manobra, constatou-se que nos grupos IPE ( $p = 0,034$ ,  $TE = 0,29$ ) e placebo ( $p = 0,018$ ,  $TE = 0,62$ ) tiveram uma diferença significativa, definindo uma não eficiência dessas estratégias na atenuação da perda de força. Contudo, o grupo RPE não apresentou diferença significativa nos testes pré e pós ( $40,9 \pm 10$  kgf,  $38,48 \pm 9,3$  kgf, respectivamente,  $p = 0,760$ ,  $TE = 0,26$ ), mostrando que o grupo que restringiu o sangue na recuperação, teve uma menor perda de força (Tabela 3 e figura 6B).

Tabela 3 - Força pico e força de resistência durante o teste de fadiga.

Forças	IPE		Placebo		RPE	
<b>CIVM</b>	<i>Controle</i>	<i>Manobra</i>	<i>Controle</i>	<i>Manobra</i>	<i>Controle</i>	<i>Manobra</i>
Pré	85,6±28,5	77,6±34,8	79,2±13,5	73,3±7,3	79,9±14,5	79,6±21,8
Pós	68,2±21,4*	65,5±27,9*	64,1±18,1*	26,8±12,7*	67,2±9,1*	75,1±23,4
<b>Resistência de força</b>	<i>Controle</i>	<i>Manobra</i>	<i>Controle</i>	<i>Manobra</i>	<i>Controle</i>	<i>Manobra</i>
Pré	42,1±13,7	35±13,8	36,7±10,9	36,4±10,4	40,9±11,5	40,9±10
Pós	36,5±10,4*	31,24±11,8*	31,8±11,9*	30,7±7,9*	33,7±9,9*	38,5±9,3

CIVM: contração isométrica voluntária máxima, IPE: pós-condicionamento isquêmico, RPE: restrição pós-exercício. Unidade de medida quilograma (kg). Dados expressos em média desvio ± padrão. \*  $p < 0,05$  comparado ao teste dentro do grupo. Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Gráfico 1 - Comportamento da CIVM e da força de resistência na situação controle e manobras.



Legendas: CIVM: contração isométrica voluntária máxima, IPE: pós-condicionamento isquêmico, RPE: restrição do fluxo sanguíneo pós-exercício. Valores expressos em média  $\pm$  desvio padrão\* p < 0,05, # p < 0,05 entre grupos.

0,05 comparando teste e reteste das manobras, #  $p < 0,05$  comparando teste e reteste da situação controle. Fonte elaborada pelo autor (2020).

### 5.3 OXIGENAÇÃO E HEMOGLOBINA

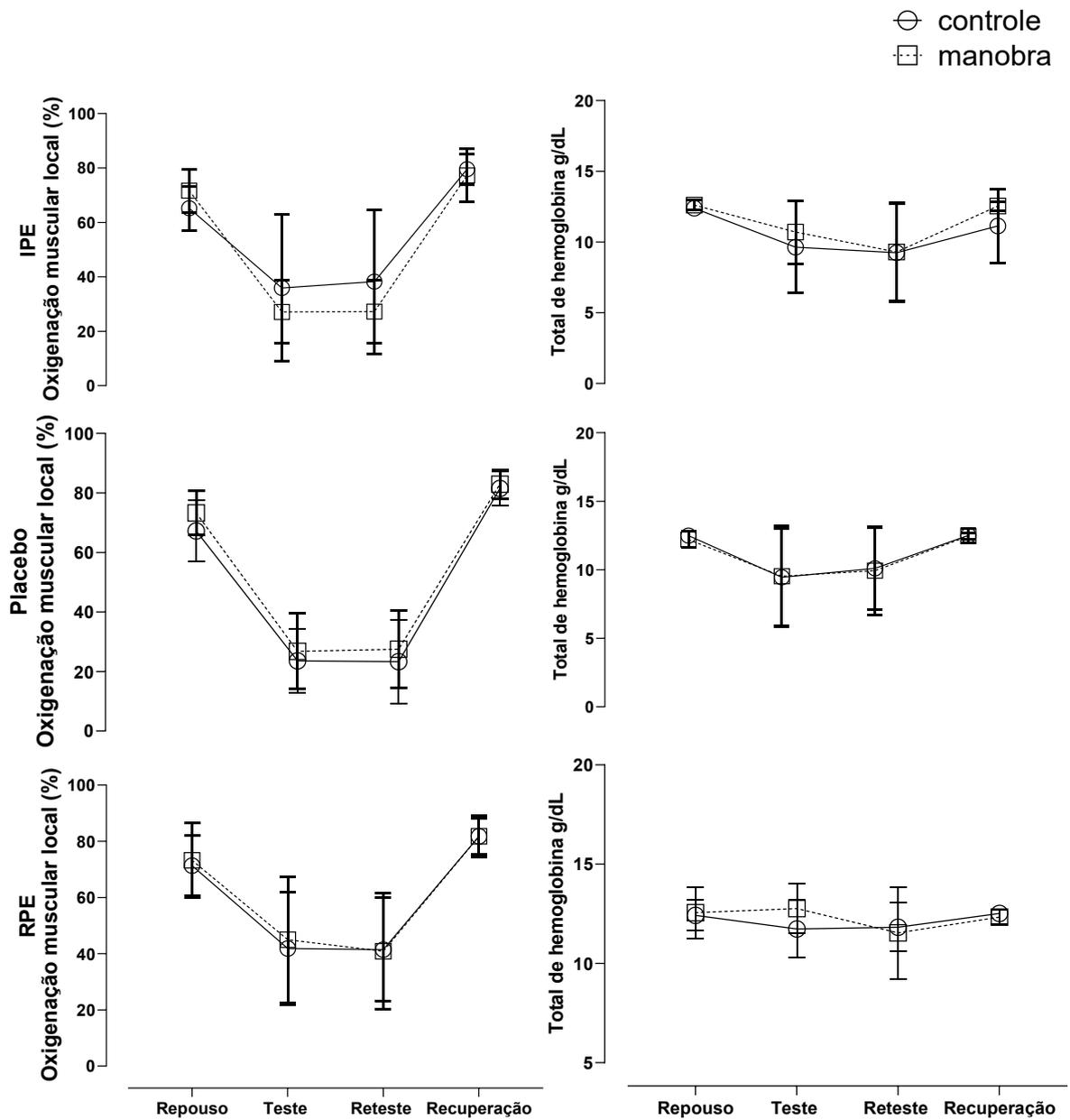
Nenhuma diferença foi encontrada na oxigenação e no total de hemoglobina dentro dos grupos comparando com as situações controle e entre os grupos nos momentos basal, teste, reteste e repouso ( $p > 0,05$ ) (Tabela 4). A figura 7 mostra o comportamento de cada grupo durante os momentos repouso, teste, reteste e repouso.

Tabela 4 - Oxigenação muscular durante repouso e exercício de fadiga.

Variáveis	IPE		Placebo		RPE	
<b>Oxigenação</b>						
	<u>Controle</u>	<u>Manobra</u>	<u>Controle</u>	<u>Manobra</u>	<u>Controle</u>	<u>Manobra</u>
Repouso	65,2±8,2	71,6±7,9	67,2±10,3	73,3±7,3	71,3±9,8	73,2±13,2
Pré-fadiga	35,8±26,9	27,1±11,6	23,6±10,7	26,8±12,7	41,8±19,9	44,9±22,5
Pós-fadiga	38,3±26,9	27,2±9,6	23,3±14	41,4±18,4	41,4±18,4	40,8±20,6
Recuperação	79,5±5,6	77,2±9,6	81,5±5,7	82,9±4,8	80,9±6,1	81,7±7,4
<b>Hemoglobina</b>						
	<u>Controle</u>	<u>Manobra</u>	<u>Controle</u>	<u>Manobra</u>	<u>Controle</u>	<u>Manobra</u>
Repouso	12,4±0,3	12,6±0,3	12,5±0,4	12,2±0,6	12,4±0,5	12,6±1,3
Pré-fadiga	9,6±3,4	10,7±2,2	9,4±3,6	9,5±3,7	11,7±1,4	12,8±1,2
Pós-fadiga	9,2±3,4	9,3±3,2	10,1±3	11,5±2,3	11,8±1,4	11,5±2,3
Recuperação	11,1±2,6	12,5±0,3	12,5±0,5	12,4±0,2	12,0±1,6	12,3±0,4

Dados expressos em média ± desvio padrão. Unidade de medida Oxigenação (%) e total de hemoglobina (g/dL). Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Gráfico 2 – Oxigenação muscular e hemoglobina total durante o repouso.



Legendas: IPE: pós-condicionamento isquêmico, RPE: restrição vascular intermitente pós-exercício. Fonte elaborada pelo autor (2020).

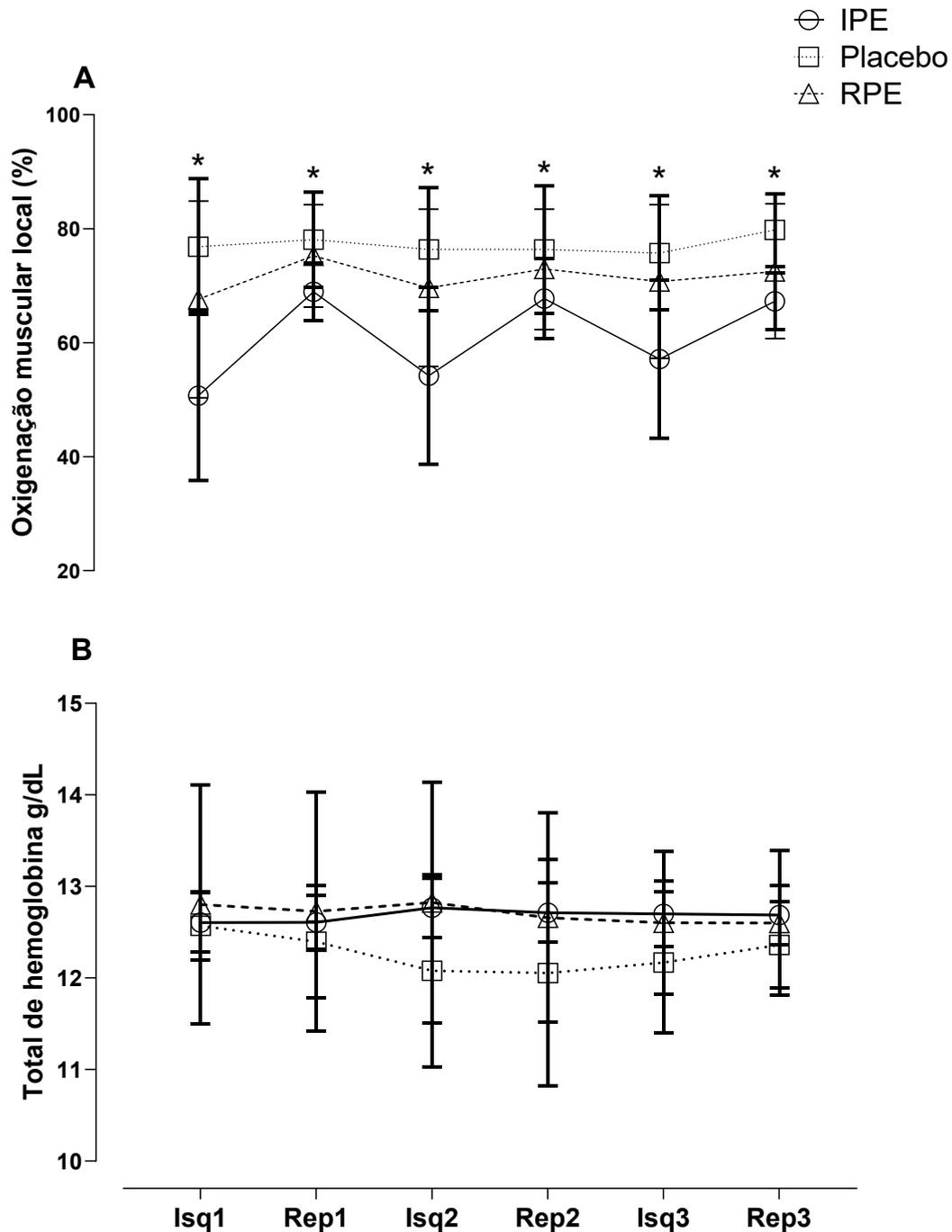
## 5.5 DIFERENÇA DA OXIGENAÇÃO ENTRE AS MANOBRAS

Comparando a oxigenação durante as manobras entre os grupos encontrou-se diferença significativa entre os grupos na primeira isquemia (IPE, 50,72% vs Placebo, 76,86%,  $p = 0,002$ ); segunda isquemia (IPE, 54,23% vs Placebo, 76,36%,  $p = 0,005$ ); terceira isquemia (IPE, 57,11% vs Placebo, 75,73%,  $p = 0,011$ ); primeira reperfusão (IPE, 68,94% vs Placebo, 78,07%,  $p = 0,043$ ); segunda reperfusão (IPE, 67,76% vs Placebo, 76,36%,  $p = 0,005$ ); terceira reperfusão (IPE 67,28% vs Placebo 79,78%,  $p = 0,009$ ), embora não tenha apresentado diferença entre IPE vs RPE ( $p > 0,05$ ) e RPE vs Placebo ( $p > 0,05$ ) na isquemia e reperfusão (Figura 8A).

## 5.6 DIFERENÇA DA QUANTIDADE TOTAL DE HEMOGLOBINA ENTRE AS MANOBRAS

A quantidade de hemoglobina não apresentou diferença significativa dentro dos grupos ( $p > 0,05$ ) comparado com a situação controle e nem durante as manobras, comparando entre os grupos ( $p > 0,05$ ) (figura 8B).

Gráfico 3 - Comportamento da saturação da oxigenação muscular e da hemoglobina total durante a aplicação das manobras.



Legendas: Isq1, 2 e 3: isquemia 1,2 e 3, Rep 1,2 e 3: reperfusão1, 2 e 3, IPE, pós-condicionamento isquêmico, RPE: restrição do fluxo sanguíneo pós-exercício. Valores expressos em média. \*  $p < 0,05$  comparado IPE ao Placebo. Fonte: Elaborado pelo ator (2020).

## 5.7 PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE DOR

A percepção de dor foi mensurada através da EVA durante as manobras. Os resultados mostraram que o grupo IPE teve uma percepção de dor considerada moderada nos dois primeiros ciclos e leve no terceiro. Na aplicação da manobra placebo, foram consideradas leves nos três ciclo. O grupo RPE mostrou uma percepção de dor moderada no primeiro ciclo e leve nos últimos, entretanto, em todos os grupos, as manobras foram suportáveis (tabela 5). O teste de Kruskal-Wallis mostrou que há efeito da isquemia na percepção de dor [ $\chi^2(2) = 10,116$ ;  $p < 0,05$ ], as comparações em pares mostraram diferença nas três isquemia no grupo IPE vs Placebo (1ª isquemia,  $p = 0,005$ ; 2ª isquemia,  $p = 0,013$  e 3ª isquemia,  $p = 0,038$ ), contudo, as demais comparações, não mostraram diferença IPE vs RPE (1ª isquemia,  $p = 0,233$ ; 2ª isquemia,  $p = 0,311$  e 3ª isquemia,  $p > 0,05$ ) e Placebo vs RPE (1ª isquemia,  $p = 0,344$ ; 2ª isquemia,  $p = 0,489$  e 3ª isquemia,  $p = 0,179$ ).

Tabela 5 - Escala de dor

	<b>IPE</b>	<b>Placebo</b>	<b>RPE</b>
Isquemia 1	6 (3,5-6)*	0 (0-2)	2 (0,5-5,5)
Isquemia 2	4,5 (2- 6)*	0 (0- 2)	1 (0,5-3,5)
Isquemia 3	2,5 (1,5-4,5)*	0 (0- 1,25)	2 (0,5-4)

Dados expressos em mediana e variação interquartil. \*  $p > 0,05$  comparando IPE com Placebo. Legendas: IPE: isquemia pós-exercício, RFE: restrição pós-exercício. Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

## 5.8 EXPECTATIVA DO DESEMPENHO

Os resultados da expectativa do desempenho são apresentados na tabela 6.

Tabela 6 - Expectativa do desempenho após as intervenções.

		Expectativa de desempenho		
		Pior (%)	Similar (%)	Melhor (%)
<b>IPE</b>	<u>Controle</u>	22,2	44,4	33,3
	<u>Manobra</u>	22,2	44,4	33,3
<b>Placebo</b>	<u>Controle</u>	11,1	55,6	33,3
	<u>Manobra</u>	22,2	44,4	33,3
<b>RPE</b>	<u>Controle</u>	50,0	30,0	20,0
	<u>Manobra</u>	30,0	40,0	30,0

Valores expressos em percentual (%) do total de voluntários por grupo. Legendas: IPE: isquemia pós-exercício, RPE: restrição pós-exercício. Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

## 6 DISCUSSÃO

Este estudo teve como objetivo avaliar a influência do IPE e a RPE sobre a recuperação do desempenho de força isométrica máxima e de resistência após um protocolo de fadiga. Nosso principal achado foi que a RPE atenuou a perda de força máxima no teste de CIVM (em 6,0%) e força de resistência durante o protocolo de fadiga (em 4,2%) em comparação com a situação controle do mesmo grupo. Durante as manobras, foi constatada diferença significativa na oxigenação nos três ciclos em comparação com a situação controle no grupo IPE e entre os grupos IPE e Placebo. Esses resultados ampliam as perspectivas sobre a utilização da oclusão intermitente pós-exercício, sendo inovador na investigação do pós-condicionamento com uma pressão de restrição do fluxo sanguíneo pós-exercício durante a recuperação.

Surkar *et al.* (2020) investigaram o efeito ergogênico do pré-condicionamento isquêmico no exercício de resistência. O resultado encontrado no trabalho foi que a manobra teve influência no aumento da performance nos membros superiores em relação ao grupo Placebo. Entretanto, os autores relataram que os resultados de produção de força encontrado no grupo Placebo está acima do comum. Pois segundo os autores, a pressão utilizada na manobra Placebo (10 mmHg abaixo da pressão diastólica) pode ter sido o suficiente para restringir parcialmente o fluxo sanguíneo causando um possível efeito ergogênico, sendo que a maioria dos estudos utilizam 15 ou 20 mmHg na manobra placebo, pois essa pressão não é capaz de alterar o fluxo sanguíneo (SALVADOR *et al.*, 2016). Em relação ao aumento da produção da força e atenuação da fadiga encontrada no presente estudo, acredita-se que houve um aumento no recrutamento das fibras tipo II causado pela RPE (SURKAR *et al.*, 2020).

Embora o presente estudo seja o primeiro a avaliar o efeito de breves e repetidos ciclos de restrição parcial do fluxo sanguíneo, nosso achado contraria os de Borne *et al.* (2017) que, ao analisarem o efeito da restrição parcial do fluxo sanguíneo após o exercício durante 24 minutos utilizando um elástico e compararem com as situações, placebo, estimulação elétrica neuromuscular e estimulação elétrica neuromuscular junto com a restrição parcial do fluxo sanguíneo. Os autores observaram que apenas a restrição parcial do fluxo sanguíneo não foi capaz de aumentar o desempenho de recuperação após testes de Wingate, o que mostrou o contrário quando aplicado a restrição do fluxo sanguíneo junto a estimulação elétrica neuromuscular, essa foi capaz de influenciar a recuperação do desempenho (BORNE; HAUSSWIRTH; BIEUZEN, 2017).

De acordo com Guo *et al.* (2014), embora a restrição parcial do fluxo sanguíneo seja aplicada simultânea ao exercício, especula-se que a estratégia possa influenciar no suprimento do sistema vascular, promovendo um aumento do fluxo sanguíneo, bem como oxigenação, angiogênese e arteriogênese, sendo que tais adaptações podem estar presentes no RPE. De fato, alterações vasculares ocorrem pelo aumento de fator de crescimento endotelial vascular (VEGF) e fator induzível de hipóxia 1 $\alpha$ . Além dessas alterações, também há uma maior biossíntese da óxido nítrico sintetase (VOGEL *et al.*, 2020), que aumenta a quantidade de ON (figura 1) promovendo a vasodilatação e diminuição da quantidade de EROS resultando em uma melhor recuperação (ARRIEL *et al.*, 2018).

Em relação a oclusão intermitente pós-exercício nossos resultados contrariam os encontrados por Beaven *et al.* (2012) que investigaram condicionamento isquêmico após testes de potência e *sprints*, mostrando eficiência na aceleração da recuperação. Entretanto, dois estudos corroboram com o nosso resultado. Após investigar a utilização de dois ciclos de oclusão de três minutos de duração, ambos em exercício de potência, com protocolos de fadigas diferentes: um de exercício resistido e outro de *sprints*, verificou-se que a manobra não ajudou na melhora da recuperação (NORTHEY *et al.*, 2016; WILLIAMS *et al.*, 2018). De acordo com Northey *et al.* (2016), pode ser que protocolos de longa duração ou uma frequência maior de aplicação da manobra, pode ter melhores efeitos na recuperação.

Durante as manobras houve diferença na oxigenação apenas no grupo IPE comparado com Placebo. Entretanto os resultados não mostraram diferença na oxigenação durante o exercício e na recuperação. Acreditamos que talvez o tempo de oclusão de cada ciclo não tenha sido suficiente para alterar tal variável. Diante dessa situação de hipóxia aguda, uma possível explicação é que pode ter ocorrido um aumento de estímulos de quimiorreceptores periféricos resultando na alteração do drive respiratório sendo uma resposta para corrigir tal situação fisiológica causada tanto pelo exercício quanto pela isquemia (TREACHER e LEACH, 1998). Conforme (SALVADOR *et al.*, 2016) apresentou, o condicionamento isquêmico tende a ter mais influência em exercício de característica aeróbica, o que talvez seja uma particularidade do IPE, pois em um dos trabalhos do nosso grupo de pesquisa em ciclistas, verificou-se que os indivíduos recuperaram após um teste incremental depois de 24 horas (ARRIEL *et al.*, 2018), entretanto, não foi mensurado o comportamento da oxigenação.

O total de hemoglobina também não mostrou diferença significativa em nenhuma das situações mensuradas. Nossos resultados contradizem os resultados encontrados por Jeffries *et al.* (2019), que mostraram que a aplicação do condicionamento isquêmico durante sete dias diminuiu a quantidade de hemoglobina total em comparação com seu basal, sendo que o

grupo Placebo não mostrou essa diferença nessa quantidade comparando basal com condicionamento isquêmico aplicado antes do exercício. Contudo os autores mostraram que essa aplicação simultânea melhorou a performance no ciclismo (+9% W) e a oxigenação, o que pode corroborar com a hipótese da aplicação repetida do IPE na melhora da performance proposta por Northey *et al.* 2016. A quantidade de oxigênio insuficiente resultaria na oxigenação reduzida da oxihemoglobina. Entretanto, o NIRS que utilizamos no atual estudo, não distingue a quantidade de oxihemoglobina ou desoxihemoglobina, o que poderia explicar a não alteração na quantidade de hemoglobina total, uma vez que ela é insensível ao volume. Ainda assim, o aumento na pressão do manguito para a obstrução do sangue não tem alteração associada na diminuição da concentração da hemoglobina total sanguíneo (BOAS e FRANCESCHINI, 2011; JEFFRIES *et al.*, 2019).

Os protocolos de condicionamento isquêmico mais utilizados são de (3x5 e 4x5 minutos de isquemia e reperfusão) com uma pressão adotada de 220 mmHg no manguito (MAROCOLO, MOACIR *et al.*, 2019). Neste estudo optamos pela POI, no caso uma pressão de oclusão menor, porém que ocluisse totalmente o fluxo sanguíneo. Para garantir realmente a oclusão acrescentamos mais 20 mmHg na POI, para que desse modo oferecêssemos um conforto maior na aplicação da manobra. Durante os dois primeiros ciclos de isquemia no grupo IPE, os voluntários tiveram uma percepção moderada da dor e leve no último, apresentando uma diferença significativa em comparação com o grupo Placebo. Nossos achados corroboram com os achados de Lalonde e Curnier (2015), que também classificaram a percepção de dor causada pela aplicação da manobra de oclusão vascular, encontrando o valor de 4,36 que é considerada uma percepção de dor moderada. Entretanto, o tempo de aplicação da manobra difere do presente estudo.

A expectativa do desempenho foi avaliada objetivando verificar uma possível indução de efeito placebo, os voluntários foram questionados sobre qual era a expectativa de desempenho após as aplicações de IPE, RPE, Placebo e Controle (FERREIRA *et al.*, 2016b). Os dados presentes na tabela 6 não apresentaram unanimidade em relação as respostas observadas, em dado momento, a expectativa de desempenho para a condição placebo era superior ao IPE, RPE e Controle. Contudo, houve diferença no desempenho avaliado nas condições placebo, IPE e controle mostrando uma não efetividade na atenuação da fadiga. De acordo com Meireles *et al.* (2019) a “teoria da expectativa” justifica que o efeito placebo ocorra devido a crença e ao grau de expectativa dos indivíduo na manobra. Com isso a falta de unanimidade nas respostas pode ter sido influenciada pela forma na qual foi apresentada as intervenções, uma vez que não enfatizamos os benefícios das manobras.

Para possíveis estudos sugerimos que a investigação do IPE e RPE seja realizada em praticantes da modalidade de *Grappling* e exercício com características aeróbicas de longa duração, e que sejam continuadas as investigações da restrição do fluxo sanguíneo pós-exercício na recuperação, para que se amplie o conhecimento e se verifiquem os possíveis e melhores mecanismos a serem aplicados.

#### LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Uma vez que o indivíduo já conhece o protocolo, talvez isso possa controlar/limitar seu desempenho nos próximos testes.

Não foi possível verificar a pressão de oclusão durante a aplicação das manobras devido ao curto tempo de oclusão da manobra. Entretanto, buscamos realizar as manobras na mesma posição onde foi verificada a pressão de oclusão individual, pois segundo estudos, tal fato influencia na fidedignidade da oclusão. Sabe-se que há uma mudança na resistência periférica em diferentes posições, além de requerer pressões de oclusão arterial maiores com o indivíduo sentado ou em pé (HUGHES et al., 2018).

## **7 CONCLUSÃO**

A restrição intermitente do fluxo sanguíneo promoveu melhor recuperação do desempenho muscular isométrico após protocolo de fadiga isométrica, mostrando assim, ser uma estratégia válida para esportes com curtos períodos de tempo de descanso. Já a manobra de oclusão vascular intermitente não mostrou ser eficaz na melhora do desempenho após o exercício.

## REFERÊNCIAS

AIMO, Alberto *et al.* Cardioprotection by remote ischemic conditioning: Mechanisms and clinical evidences. **Word Journal of Cardiology** v. 7, n. 10, p. 621–633 , 2015.

AMENT, Wim; VERKERKE, Gijsbertus J. Exercise and Fatigue. **Sports Medicine** v. 39, n. 5, p. 389–422 , 2009. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.2165/00007256-200939050-00005>>.

ANDREATO, Leonardo Vidal *et al.* Physical and Physiological Profiles of Brazilian Jiu-Jitsu Athletes: a Systematic Review. **Sports Medicine - Open** v. 3, n. 1 , 2017.

ARRIEL, Rhaí André *et al.* Declines in exercise performance are prevented 24 hours after post-exercise ischemic conditioning in amateur cyclists. **PLOS ONE** v. 13, n. 11, p. e0207053 , 9 nov. 2018. Disponível em: <<http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0207053>>.1111111111.

BEAVEN, Christopher Martyn *et al.* Intermittent lower-limb occlusion enhances recovery after strenuous exercise. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism** v. 37, n. 6, p. 1132–1139 , dez. 2012. Disponível em: <<http://www.nrcresearchpress.com/doi/10.1139/h2012-101>>.

BOAS, David A.; FRANCESCHINI, Maria Angela. Haemoglobin oxygen saturation as a biomarker: the problem and a solution. **Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences** v. 369, n. 1955, p. 4407–4424 , 28 nov. 2011. Disponível em: <<https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsta.2011.0250>>.

BONITCH-GÓNGORA, Juan G. *et al.* The Effect of Lactate Concentration on the Handgrip Strength During Judo Bouts. **Journal of Strength and Conditioning Research** v. 26, n. 7, p. 1863–1871 , jul. 2012. Disponível em: <<https://insights.ovid.com/crossref?an=00124278-201207000-00017>>.

BORNE, Rachel; HAUSSWIRTH, Christophe; BIEUZEN, François. Relationship Between Blood Flow and Performance Recovery: A Randomized, Placebo-Controlled Study. **International Journal of Sports Physiology and Performance** v. 12, n. 2, p. 152–160 , fev. 2017. Disponível em: <<https://journals.humankinetics.com/view/journals/ijsp/12/2/article-p152.xml>>.

BØTKER, Hans Erik; LASSEN, Thomas Ravn; JESPERSEN, Nichlas Riise. Clinical translation of myocardial conditioning. **American Journal of Physiology - Heart and Circulatory Physiology** v. 314, n. 6, p. H1225–H1252 , 2018.

CARROLL, T. J.; TAYLOR, J. L.; GANDEVIA, S. C. Recovery of central and peripheral neuromuscular fatigue after exercise. **Journal of Applied Physiology** v. 122, n. 5, p. 1068–1076 , 1 maio 2017. Disponível em: <<https://www.physiology.org/doi/10.1152/jappphysiol.00775.2016>>.

CARU, Maxime *et al.* An overview of ischemic preconditioning in exercise performance: A systematic review. **Journal of Sport and Health Science** v. 8, n. 4, p. 355–369 , 2019.  
COCKING, Scott *et al.* Conduit artery diameter during exercise is enhanced after local, but

not remote, ischemic preconditioning. **Frontiers in Physiology** v. 9, n. APR , 2018.

CROSSLEY, KENT W. *et al.* Effect of Cuff Pressure on Blood Flow during Blood Flow–restricted Rest and Exercise. **Medicine & Science in Sports & Exercise** v. 52, n. 3, p. 746–753 , mar. 2020. Disponível em:  
<<http://journals.lww.com/10.1249/MSS.0000000000002156>>.0000000000.

CRUM, E. M. *et al.* Validity and reliability of the Moxy oxygen monitor during incremental cycling exercise. **European Journal of Sport Science** v. 17, n. 8, p. 1037–1043 , 2017.

CURRAN, Michael *et al.* Blood Flow Restriction Training Does Not Improve Quadriceps Strength After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. **Orthopaedic Journal of Sports Medicine** v. 7, n. 7\_suppl5, p. 2325967119S0029 , 29 jul. 2019. Disponível em:  
<<http://www.embase.com/search/results?subaction=viewrecord&from=export&id=L629239482%0Ahttp://dx.doi.org/10.1177/2325967119S00293>>.

DAAB, Wael *et al.* Chronic Beetroot Juice Supplementation Accelerates Recovery Kinetics following Simulated Match Play in Soccer Players. **Journal of the American College of Nutrition** v. 0, n. 0, p. 1–9 , 3 mar. 2020. Disponível em:  
<<https://doi.org/10.1080/07315724.2020.1735571>>.

DE GROOT, Patricia C. E. *et al.* Ischemic preconditioning improves maximal performance in humans. **European Journal of Applied Physiology** v. 108, n. 1, p. 141–146 , 18 jan. 2010. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s00421-009-1195-2>>.

DE SOUZA, Hiago L. R. *et al.* Is Ischemic Preconditioning Intervention Occlusion-Dependent to Enhance Resistance Exercise Performance? **Journal of Strength and Conditioning Research** p. 1 , jul. 2019. Disponível em:  
<<http://journals.lww.com/10.1519/JSC.0000000000003224>>.

ENKO, Kenki *et al.* Intermittent arm ischemia induces vasodilatation of the contralateral upper limb. **journal Physiology Science** p. 507–513 , 2011.

ENOKA, ROGER M.; DUCHATEAU, JACQUES. Translating Fatigue to Human Performance. **Medicine & Science in Sports & Exercise** v. 48, n. 11, p. 2228–2238 , nov. 2016. Disponível em:  
<<http://europepmc.org/backend/ptpmcrender.fcgi?accid=PMC5035715&blobtype=pdf>>.0000000000.

FERREIRA, THIAGO N. *et al.* Ischemic Preconditioning and Repeated Sprint Swimming. **Medicine & Science in Sports & Exercise** v. 48, n. 10, p. 1967–1975 , out. 2016a. Disponível em: <<http://journals.lww.com/00005768-201610000-00014>>.00000000000000.

FERREIRA, THIAGO N. *et al.* Ischemic Preconditioning and Repeated Sprint Swimming. **Medicine & Science in Sports & Exercise** v. 48, n. 10, p. 1967–1975 , out. 2016b. Disponível em: <<http://journals.lww.com/00005768-201610000-00014>>.00000000000000.

FRANZ, Alexander *et al.* Ischemic Preconditioning Blunts Muscle Damage Responses Induced by Eccentric Exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise** v. 50, n. 1, p. 109–115 , 2018.0000000000.

GABRIAL, Shreef G. N.; SHAKIB, Marie-Christine R.; GABRIAL, Gamal N. Protective Role of Vitamin C Intake on Muscle Damage in Male Adolescents Performing Strenuous Physical Activity. **Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences** v. 6, n. 9, p. 1594–1598 , 11 set. 2018. Disponível em: <<https://www.idpress.eu/mjms/article/view/oamjms.2018.337>>.

GARCIA, Cintia *et al.* Ischemic Preconditioning and Acute Recovery of Performance in Rugby Union Players. **Sports Medicine International Open** v. 01, n. 03, p. E107–E112 , 14 maio 2017. Disponível em: <<http://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.1055/s-0043-111082>>.

GLADDEN, L. B. Lactate metabolism: a new paradigm for the third millennium. **The Journal of Physiology** v. 558, n. 1, p. 5–30 , jul. 2004. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1113/jphysiol.2003.058701>>.

GRIFFIN, Jonathan; HUGHES, Luke. Effects of local versus remote ischemic preconditioning on repeated sprint running performance Effect of local versus remote ischemic preconditioning on repeated sprint running performance . n. May , 2018.

GUO, Qiongmei *et al.* Ischemic postconditioning prevents renal ischemia reperfusion injury through the induction of heat shock proteins in rats. **Molecular Medicine Reports** v. 10, n. 6, p. 2875–2881 , 2014.

HALKOS, Michael E. *et al.* Myocardial protection with postconditioning is not enhanced by ischemic preconditioning. **Annals of Thoracic Surgery** v. 78, n. 3, p. 961–969 , 2004.

HOPKINS, WILLIAM G. *et al.* Progressive Statistics for Studies in Sports Medicine and Exercise Science. **Medicine & Science in Sports & Exercise** v. 41, n. 1, p. 3–13 , jan. 2009. Disponível em: <<https://insights.ovid.com/crossref?an=00005768-200901000-00002>>.0195-9131.

HSU, Chien Ning *et al.* The association between nitric oxide pathway, blood pressure abnormalities, and cardiovascular risk profile in pediatric chronic kidney disease. **International Journal of Molecular Sciences** v. 20, n. 21, p. 1–12 , 2019.

HUGHES, Luke *et al.* Influence and reliability of lower-limb arterial occlusion pressure at different body positions. **PeerJ** v. 6, n. 5, p. e4697 , 2 maio 2018. Disponível em: <<https://peerj.com/articles/4697>>.

ILETT, Michael J. *et al.* The effects of restriction pressures on the acute responses to blood flow restriction exercise. **Frontiers in Physiology** v. 10, n. AUG, p. 1–11 , 13 ago. 2019. Disponível em: <<https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fphys.2019.01018/full>>.

JAMES, Carl A *et al.* Ischaemic preconditioning does not alter the determinants of endurance running performance in the heat. **European Journal of Applied Physiology** v. 116, n. 9, p. 1735–1745 , 12 set. 2016. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s00421-016-3430-y>>.

JEFFRIES, Owen *et al.* Seven-day ischaemic preconditioning improves muscle efficiency during cycling. **Journal of Sports Sciences** v. 37, n. 24, p. 2798–2805 , 17 dez. 2019.

Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1664537>>.

JIN, Richard C; LOSCALZO, Joseph. Vascular Nitric Oxide: Formation and Function. **Journal of blood medicine** v. 2010, n. 1, p. 147–162 , 1 ago. 2010. Disponível em: <<http://www.dovepress.com/vascular-nitric-oxide-formation-and-function-peer-reviewed-article-JBM>>.

JODRA, P. *et al.* Effects of caffeine supplementation on physical performance and mood dimensions in elite and trained-recreational athletes. **Journal of the International Society of Sports Nutrition** v. 17, n. 1, p. 2 , 3 dez. 2020. Disponível em: <<https://jissn.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12970-019-0332-5>>.

KAUR, Gungeet *et al.* No influence of ischemic preconditioning on running economy. **European Journal of Applied Physiology** v. 117, n. 2, p. 225–235 , 23 fev. 2017. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s00421-016-3522-8>>.

KAUSAR, Saima; WANG, Feng; CUI, Hongjuan. The Role of Mitochondria in Reactive Oxygen Species Generation and Its Implications for Neurodegenerative Diseases. **Cells** v. 7, n. 12, p. 274 , 17 dez. 2018. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2073-4409/7/12/274>>.

KELLER, Joshua L *et al.* Are There Sex-Specific Neuromuscular or Force Responses to Fatiguing Isometric Muscle Actions Anchored to a High Perceptual Intensity ? p. 3–8 , 2019.

KERENDI, Faraz *et al.* Remote postconditioning: Brief renal ischemia and reperfusion applied before coronary artery reperfusion reduces myocardial infarct size via endogenous activation of adenosine receptors. **Basic Research in Cardiology** v. 100, n. 5, p. 404–412 , 2005.

KHARBANDA, R.K. *et al.* Transient Limb Ischemia Induces Remote Ischemic Preconditioning In Vivo. **Circulation** v. 106, n. 23, p. 2881–2883 , 3 dez. 2002. Disponível em: <<https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/01.CIR.0000043806.51912.9B>>.

KILDUFF, Liam 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 , nov. 2013. Disponível em: <<http://journals.humankinetics.com/doi/10.1123/ijsp.8.6.677>>.1555-0265.

KIN, Hajime. Postconditioning attenuates myocardial ischemia–reperfusion injury by inhibiting events in the early minutes of reperfusion. **Cardiovascular Research** v. 62, n. 1, p. 74–85 , 1 abr. 2004. Disponível em: <<https://academic.oup.com/cardiovasres/article-lookup/doi/10.1016/j.cardiores.2004.01.006>>.

KORAL, Jérôme *et al.* Mechanisms of neuromuscular fatigue and recovery in unilateral versus bilateral maximal voluntary contractions. **Journal of Applied Physiology** v. 128, n. 4, p. 785–794 , 1 abr. 2020. Disponível em: <<https://journals.physiology.org/doi/10.1152/jappphysiol.00651.2019>>.

LALONDE, François; CURNIER, Daniel Y. Can Anaerobic Performance Be Improved by Remote Ischemic Preconditioning? **Journal of Strength and Conditioning Research** v. 29, n. 1, p. 80–85 , jan. 2015. Disponível em: <<http://journals.lww.com/00124278-201501000->

00010>.

LAURENT, C Matthew *et al.* A Practical Approach to Monitoring Recovery: Development of a Perceived Recovery Status Scale. **Journal of Strength and Conditioning Research** v. 25, n. 3, p. 620–628 , mar. 2011. Disponível em:

<<https://insights.ovid.com/crossref?an=00124278-201103000-00007>>.

LAVI, Shahrar *et al.* Remote Ischemic Postconditioning During Percutaneous Coronary Interventions. **Circulation: Cardiovascular Interventions** v. 7, n. 2, p. 225–232 , abr. 2014. Disponível em:

<<https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/CIRCINTERVENTIONS.113.000948>>.

LIBONATI, J. R. *et al.* Brief periods of occlusion and reperfusion increase skeletal muscle force output in humans. **Cardiologia (Rome, Italy)** v. 43, n. 12, p. 1355–1360 , 1998.

Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9988944/>>.

LIBONATI, JOSEPH R. *et al.* Brief Muscle Hypoperfusion/Hyperemia: An Ergogenic Aid? **The Journal of Strength and Conditioning Research** v. 15, n. 3, p. 362 , 2001. Disponível em: <[http://nsca.allenpress.com/nscaonline/?request=get-abstract&doi=10.1519%2F1533-4287\(2001\)015%3C0362%3ABMHAE%3E2.0.CO%3B2](http://nsca.allenpress.com/nscaonline/?request=get-abstract&doi=10.1519%2F1533-4287(2001)015%3C0362%3ABMHAE%3E2.0.CO%3B2)>.

LOHMAN, T. G. The Use of Skinfold to Estimate Body Fatness on Children and Youth. **Journal of Physical Education, Recreation & Dance** v. 58, n. 9, p. 98–103 , dez. 1987.

Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07303084.1987.10604383>>.

LOOFT-WILSON, Robin C.; BILLIG, Janelle E.; SESSA, William C. Shear Stress Attenuates Inward Remodeling in Cultured Mouse Thoracodorsal Arteries in an eNOS-Dependent, but Not Hemodynamic Manner, and Increases Cx37 Expression. **Journal of Vascular Research** v. 56, n. 6, p. 284–295 , 2019. Disponível em:

<<https://www.karger.com/Article/FullText/502690>>.

LOUKOGEORGAKIS, Stavros P. *et al.* Postconditioning Protects Against Endothelial Ischemia-Reperfusion Injury in the Human Forearm. **Circulation** v. 113, n. 7, p. 1015–1019 , 21 fev. 2006. Disponível em:

<<https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/CIRCULATIONAHA.105.590398>>.

MAROCOLO, Isabela Coelho *et al.* Acute ischemic preconditioning does not influence high-intensity intermittent exercise performance. v. 3, p. 1–13 , 2017.

MAROCOLO, M.; DA MOTA, G. R.; PELEGRINI, V.; *et al.* Are the Beneficial Effects of Ischemic Preconditioning on Performance Partly a Placebo Effect? **International Journal of Sports Medicine** v. 36, n. 10, p. 822–825 , 2015.0035154985.

MAROCOLO, M.; DA MOTA, G.; SIMIM, M.; *et al.* Myths and Facts About the Effects of Ischemic Preconditioning on Performance. **International Journal of Sports Medicine** v. 37, n. 02, p. 87–96 , 28 out. 2015. Disponível em: <<http://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.1055/s-0035-1564253>>.

MAROCOLO, Moacir *et al.* Ischemic preconditioning and exercise performance : shedding light through smallest worthwhile change. **European Journal of Applied Physiology** , 2019.

Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s00421-019-04214-6>>.0042101904214.

MCGUIGAN, Michael R; WINCHESTER, Jason B; ERICKSON, Travis. The importance of isometric maximum strength in college wrestlers. **Journal of sports science & medicine** v. 5, n. CSSI, p. 108–13 , 2006. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24357982>>.

MEIRELES, Anderson *et al.* Musical and biofeedback stimulus increased performance during upper limb resistance exercises. **Journal of Physical Education and Sport** v. 19, n. 4, p. 2367–2373 , 2019.

MIYAZAKI, T.; ZIPES, D. P. Protection against autonomic denervation following acute myocardial infarction by preconditioning ischemia. **Circulation Research** v. 64, n. 3, p. 437–448 , mar. 1989. Disponível em: <<https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/01.RES.64.3.437>>.

MURRY, C. E.; JENNINGS, R. B.; REIMER, K. A. Preconditioning with ischemia: A delay of lethal cell injury in ischemic myocardium. **Circulation** v. 74, n. 5, p. 1124–1136 , 1986.

NORTHEY, Joseph M. *et al.* Vascular Occlusion and Sequential Compression for Recovery After Resistance Exercise. **Journal of Strength and Conditioning Research** v. 30, n. 2, p. 533–539 , fev. 2016. Disponível em: <<http://insights.ovid.com/crossref?an=00124278-201602000-00030>>.

NUKADA, A. Muscular performance in reactive hyperemia of muscles. **Int Z Angew Physiol** v. 82, p. 81–82 , 1955.

OWENS, Johnny G *et al.* How New Technology Is Improving Physical Therapy. **Current Reviews in Musculoskeletal Medicine** , 12 mar. 2020. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s12178-020-09610-6>>.

PAGE, Will; SWAN, Rachael; PATTERSON, Stephen D. The effect of intermittent lower limb occlusion on recovery following exercise-induced muscle damage: A randomized controlled trial. **Journal of Science and Medicine in Sport** v. 20, n. 8, p. 729–733 , ago. 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2016.11.015>>.

PANG, Cho Y *et al.* Acute ischaemic preconditioning protects against skeletal muscle infarction in the pig. **Cardiovascular research** v. 29, n. 6, p. 782–8 , jun. 1995. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7656281>>.

PANIAGUA, Oscar A.; BRYANT, Melissa B.; PANZA, Julio A. Role of Endothelial Nitric Oxide in Shear Stress–Induced Vasodilation of Human Microvasculature. **Circulation** v. 103, n. 13, p. 1752–1758 , 3 abr. 2001. Disponível em: <<https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/01.CIR.103.13.1752>>.

PARADIS-DESCHÊNES, Pénélope; JOANISSE, Denis R.; BILLAUT, François. Ischemic preconditioning increases muscle perfusion, oxygen uptake, and force in strength-trained athletes. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism** v. 41, n. 9, p. 938–944 , 11 set. 2016. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/full/10.3109/02699052.2011.624568>>.2016010169.

PINCIVERO, Danny *et al.* The effects of voluntary contraction effort on quadriceps femoris electromyogram median frequency in humans: a muscle and sex comparison. **European Journal of Applied Physiology** v. 87, n. 4–5, p. 448–455, 1 jan. 2002. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s00421-002-0658-5>>.1419530275.

PRZYKLENK, Karin *et al.* Regional ischemic “preconditioning” protects remote virgin myocardium from subsequent sustained coronary occlusion. **Circulation** v. 87, n. 3, p. 893–899, mar. 1993. Disponível em: <<https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/01.CIR.87.3.893>>.

RAFF, Ulrike *et al.* Nitric Oxide and Reactive Hyperemia: Role of Location and Duration of Ischemia. **American Journal of Hypertension** v. 23, n. 8, p. 865–869, 1 ago. 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1038/ajh.2010.72>>.

ROBERTSON, ROBERT J. *et al.* Concurrent Validation of the OMNI Perceived Exertion Scale for Resistance Exercise. **Medicine & Science in Sports & Exercise** v. 35, n. 2, p. 333–341, fev. 2003. Disponível em: <<http://journals.lww.com/00005768-200302000-00024>>.

SALVADOR, Amadeo F *et al.* Ischemic Preconditioning and Exercise Performance : A Systematic Review and Meta-Analysis. p. 4–14, 2016.

SATO, Y. The history and future of KAATSU Training. **International Journal of KAATSU Training Research** v. 1, n. 1, p. 1–5, 16 dez. 2005. Disponível em: <<http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/109719639401800101>>.2059797551.

SATOH, I. Kaatsu Training: Application to Metabolic Syndrome. **International Journal of KAATSU Training Research** v. 7, n. 1, p. 7–12, 2011. Disponível em: <<http://joi.jlc.jst.go.jp/JST.JSTAGE/ijktr/7.7?from=CrossRef>>.

SCHOTT, R. J. *et al.* Ischemic preconditioning reduces infarct size in swine myocardium. **Circulation Research** v. 66, n. 4, p. 1133–1142, abr. 1990. Disponível em: <<https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/01.RES.66.4.1133>>.

SHARMA, Vikram *et al.* Characterization of acute ischemia-related physiological responses associated with remote ischemic preconditioning: a randomized controlled, crossover human study. **Physiological Reports** v. 2, n. 11, p. e12200, nov. 2014. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.14814/phy2.12200>>.

SHARMA, Vikram *et al.* From Protecting the Heart to Improving Athletic Performance – the Benefits of Local and Remote Ischaemic Preconditioning. **Cardiovascular Drugs and Therapy** v. 29, n. 6, p. 573–588, 2015.1016-5134.

SHIKI, K.; HEARSE, D. J. Preconditioning of ischemic myocardium: reperfusion-induced arrhythmias. **American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology** v. 253, n. 6, p. H1470–H1476, 1 dez. 1987. Disponível em: <<https://www.physiology.org/doi/10.1152/ajpheart.1987.253.6.H1470>>.

STAAT, Patrick *et al.* Postconditioning the Human Heart. **Circulation** v. 112, n. 14, p. 2143–2148, 4 out. 2005. Disponível em:

<<https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/CIRCULATIONAHA.105.558122>>.

STERKOWICZ, Stanisław *et al.* Effect of Acute Effort on Isometric Strength and Body Balance: Trained vs. Untrained Paradigm. **PLOS ONE** v. 11, n. 5, p. e0155985 , 24 maio 2016. Disponível em: <<https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0155985>>.

SUN, He-Ying *et al.* Hypoxic postconditioning reduces cardiomyocyte loss by inhibiting ROS generation and intracellular Ca<sup>2+</sup> overload. **American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology** v. 288, n. 4, p. H1900–H1908 , abr. 2005. Disponível em: <<https://www.physiology.org/doi/10.1152/ajpheart.01244.2003>>.

TREACHER, D. F.; LEACH, R. M. ABC of oxygen: Oxygen transport---1. Basic principles. **BMJ** v. 317, n. 7168, p. 1302–1306 , 7 nov. 1998. Disponível em: <<http://www.bmj.com/cgi/doi/10.1136/bmj.317.7168.1302>>.

TSANG, Andrew *et al.* Postconditioning: A Form of “Modified Reperfusion” Protects the Myocardium by Activating the Phosphatidylinositol 3-Kinase-Akt Pathway. **Circulation Research** v. 95, n. 3, p. 230–232 , 6 ago. 2004. Disponível em: <<https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/01.RES.0000138303.76488.fe>>.

VOGEL, Johanna *et al.* Exercise-Induced Vascular Adaptations under Artificially Versus Pathologically Reduced Blood Flow: A Focus Review with Special Emphasis on Arteriogenesis. **Cells** v. 9, n. 2, p. 333 , 31 jan. 2020. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2073-4409/9/2/333>>.

WANG, Wei Z *et al.* Ischemic Preconditioning-Induced Microvascular Protection at a Distance. **Journal of Reconstructive Microsurgery** v. 1, n. 212, p. 175–181 , 2004.

WEATHERHOLT, Alyssa M *et al.* The Effect of Cuff Width for Determining Limb Occlusion Pressure: A Comparison of Blood Flow Restriction Devices. **International journal of exercise science** v. 12, n. 3, p. 136–143 , 2019. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30761200>><<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC6355123>>.

WILLIAMS, N. *et al.* The effect of lower limb occlusion on recovery following sprint exercise in academy rugby players. **Journal of Science and Medicine in Sport** v. 21, n. 10, p. 1095–1099 , out. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jsams.2018.02.012>>.

WILSON, Laura J. *et al.* Whole body cryotherapy, cold water immersion, or a placebo following resistance exercise: a case of mind over matter? **European Journal of Applied Physiology** v. 119, n. 1, p. 135–147 , 11 jan. 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s00421-018-4008-7>>.0042101840.

YANG, Xi Ming *et al.* Multiple, brief coronary occlusions during early reperfusion protect rabbit hearts by targeting cell signaling pathways. **Journal of the American College of Cardiology** v. 44, n. 5, p. 1103–1110 , 2004.

ZAJĄC, Adam *et al.* Central and Peripheral Fatigue During Resistance Exercise – A Critical Review. **Journal of Human Kinetics** v. 49, n. 1, p. 159–169 , 1 dez. 2015. Disponível em: <<http://content.sciendo.com/view/journals/hukin/49/1/article-p159.xml>>.

ZHAO, Zhi-Qing *et al.* Inhibition of myocardial injury by ischemic postconditioning during reperfusion: comparison with ischemic preconditioning. **American journal of physiology. Heart and circulatory physiology** v. 285, n. 2, p. H579-88 , 20 ago. 2003. Disponível em: <<https://www.physiology.org/doi/10.1152/ajpheart.01069.2002>>.

**ANEXO A – ARTIGO**

\*O artigo será escrito em inglês e submetido a uma revista internacional.

**Restriction and non-occlusion of blood flow accelerates performance recovery**

Anderson Meireles,<sup>1</sup> Rhaí A. Arriel,<sup>1</sup> Hiago L. R. de Souza<sup>1</sup>, Alex Rodrigues,<sup>1</sup> Guilherme guedes<sup>1</sup> and Moacir Marocolo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Physiology and Human Performance Research Group, Department of Physiology, Federal University of Juiz de Fora, Juiz de Fora, Brazil.

**Abstract**

Development of neuromuscle fatigue due the characteristics of some sports, like a high demand of isometric strength, high volume and little recovery time. Has increased the search for strategies that promote increased sports performance. Thus, the aim of this study is to assess the effect of ischemic conditioning and partial blood flow restriction after physical exercise. Twenty-nine men after performing an isometric fatigue protocol of knee extension, were submitted to 1 of 3 interventions: a) ischemic post-conditioning (IPE, 3 cycles of 2-min ischemia for 2-min of reperfusion]; b) Placebo (SHAM, 3 cycles of 2-min pseudo occlusion); and c) post-exercise blood flow restriction (BRPE, 3 cycles of 2-min restriction for 2-min reperfusion). The variables analyzed were the maximum voluntary isometric contraction (MVIC), resistance force (RF), oxygenation and muscle hemoglobin and noticeable scales. After the fatigue protocol, an attenuation of the drop in performance was observed only for the BRPE group in the variables: MVIC and RS ( $p = 1.00$ ; TE = 0.20,  $p = 0.760$ ; TE = 0.26, respectively) , the other IPE and SHAM groups significantly reduced MVIC (IPE  $p = 0.009$ ; TE = 0.38 and SHAM  $p = 0.03$ ; TE = 1.08) and RS (IPE  $p = 0.034$ ; TE = 0.29 and SHAM  $p = 0.018$ ; TE = 0.62). The other variables did not show significant differences ( $p > 0.05$ ) within and between groups. BRPE can be an efficient strategy for maintaining the performance of isometric actions with a duration of 20 seconds and a short recovery interval.

Key-words: Ischemic Post-Conditioning, Sports Performance, Fatigue, blood flow restriction.

## ANEXO B- TCLE

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA – Juiz de Fora-MG**

### EFEITO DA MANOBRA DE OCLUSÃO INTERMITENTE SOBRE A RECUPERAÇÃO DA FADIGA MUSCULAR ISOMÉTRICA

#### TERMO DE ESCLARECIMENTO

Considerando a Resolução nº 196, de outubro de 1996, do Conselho Nacional de Saúde e as determinações da Comissão de Ética em Pesquisa com Seres Humanos, temos o prazer de convidá-lo a participar da pesquisa intitulada acima. Os avanços na ciência do esporte ocorrem por meio de estudos como este, por isso a sua participação é importante. Os objetivos do estudo serão: (a) observar o comportamento do desempenho (resistência de força isométrica) após dois diferentes tipos de estratégias de pré-condicionamento isquêmico. Caso o Sr. participe, realizará testes antropométricos, testes físicos (resistência força isométrica) e será realizado a mensuração o nível de saturação da hemoglobina pelo Moxy. As estratégias para otimizar o desempenho podem causar algum desconforto, enquanto utilizar o torniquete devido à pressão que será exercida para induzir a oclusão durante a manobra de pré-condicionamento isquêmico, no entanto a equipe de pesquisadores responsáveis pelo estudo estará preparada para agir e lhe garantir toda a segurança necessária, sendo cessadas a qualquer momento solicitado pelo Sr. Essas coletas são necessárias para compreendermos se o Sr. Sofrerá efeitos por meio das estratégias utilizadas.

O Sr. obterá todas informações que quiser e poderá não participar da pesquisa ou retirar seu consentimento a qualquer momento, sem prejuízo no seu atendimento. Pela sua participação no estudo, o Sr. não receberá qualquer valor em dinheiro, mas terá a garantia de que todas as despesas necessárias para a realização da pesquisa não serão de sua responsabilidade. Seu nome não aparecerá em qualquer momento do estudo.

#### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE, APÓS ESCLARECIMENTO

Eu, \_\_\_\_\_, li e/ou ouvi o esclarecimento acima e compreendi os objetivos do estudo e qual procedimento a que serei submetido. A explicação que recebi esclarece os riscos e benefícios do estudo. Eu entendi que sou livre para interromper minha participação a qualquer momento, sem justificar minha decisão e que isso não afetará meu tratamento. Sei que meu nome não será divulgado, que não terei despesas e não receberei dinheiro por participar do estudo. Eu concordo em participar do estudo.

Juiz de Fora, ...../...../.....

---

Assinatura do voluntário ou seu responsável legal

---

Documento de identidade

---

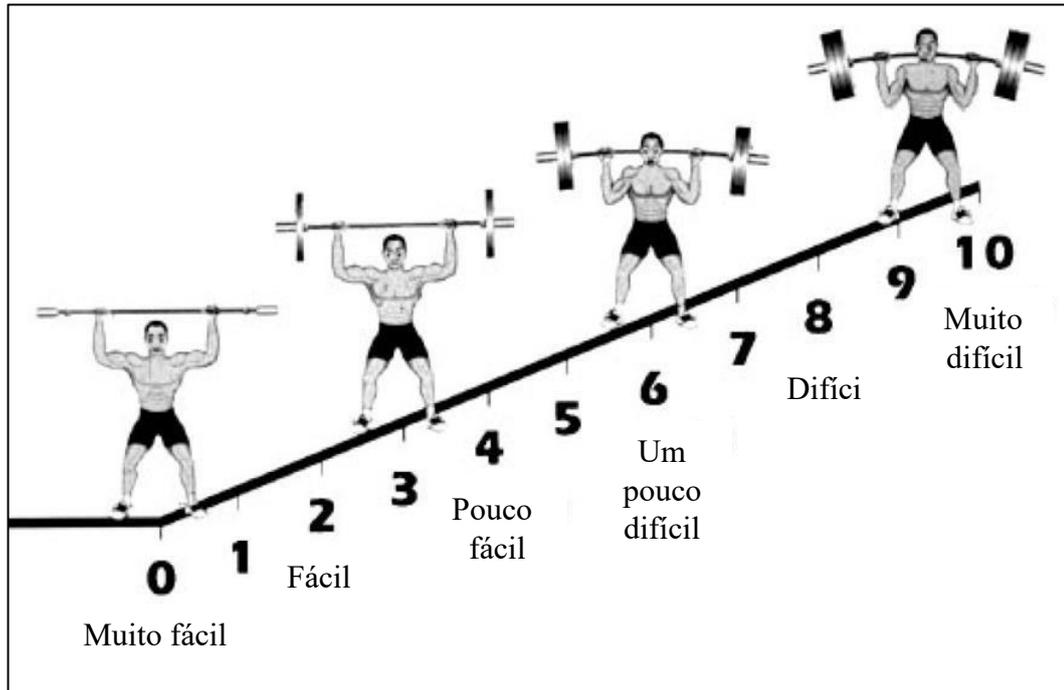
Assinatura do pesquisador responsável -  
**Prof. Dr. Moacir Marocolo Júnior**

Em caso de dúvida em relação a este documento, você pode entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Juiz de Fora, pelo telefone (34) 3318-5854

**ANEXO C-ESCALA PERCEBIDA DE RECUPERAÇÃO E EXPECTATIVA DE DESEMPENHO**

10	Muito bem recuperado	Expectativa de desempenho melhor
9	Sentindo-se com grande energia	
8	Bem recuperado	
7	Sentindo-se com energia	
6	Moderadamente recuperado	Expectativa de desempenho igual
5	Adequadamente recuperado	
4	Um pouco recuperado	
3		
2	Não bem recuperado	Expectativa de desempenho pior
1	Sentindo-se um pouco cansado	
0	Muito pouco recuperado	
	Sentindo-se extremamente cansado	

Fonte: Adaptado de LAURENT et al. 2011.

**ANEXO D - ESCALA DE PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO (PSE)**

Fonte: Adaptado de ROBERTSON et al. 2003.

**ANEXO E – ESCALA DE DOR**

Leve			Moderada				Intensa			
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Fonte: Adaptado de LALONDE e CURNIER, 2015.