

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
Programa de Pós-graduação em Ciências do Esporte

Cristiano Arruda Gomes Flôr

**EFEITOS DO PRÉ-CONDICIONAMENTO ISQUÊMICO NO DESEMPENHO DE
ATLETAS DE TAEKWONDO**

Belo Horizonte

2021

CRISTIANO ARRUDA GOMES FLÔR

**EFEITOS DO PRÉ-CONDICIONAMENTO ISQUÊMICO NO DESEMPENHO DE
ATLETAS DE TAEKWONDO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação
Stricto Sensu em Ciências do Esporte da Escola de
Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
da Universidade Federal de Minas Gerais como
requisito parcial à obtenção do título de Doutor em
Ciências do Esporte.

Orientador: Prof. Dr. Maicon Rodrigues Albuquerque

Belo Horizonte

2021

F632e Flôr, Cristiano Arruda Gomes
2021 Efeitos do pré-condicionamento isquêmico no desempenho de atletas de taekwondo.
[manuscrito] / Cristiano Arruda Gomes Flôr – 2021.
99 f.: il.

Orientadora: Maicon Rodrigues Albuquerque

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional.

Bibliografia: f. 82-99

1. Taekwondo – Teses. 2. Capacidade motora – Teses. 3. Salto – Teses. 4. Exercícios físicos – aspectos fisiológicos – Teses. I. Albuquerque, Maicon Rodrigues. II.. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional. III. Título.

CDU: 796.015

Ficha catalográfica elaborada pelo bibliotecário Danilo Francisco de Souza Lage, CRB 6: nº 3132, da Biblioteca da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E TERAPIA OCUPACIONAL
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO ESPORTE

ATA DA DEFESA DE TESE DE DOUTORADO

CRISTIANO ARRUDA GOMES FLOR

Às **08:30 horas** do dia **17 de dezembro de 2021**, a comissão examinadora de tese, indicada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte, reuniu-se videoconferência, para julgar, em exame final, o trabalho intitulado **“EFEITOS DO PRÉ-CONDICIONAMENTO ISQUÊMICO NO DESEMPENHO DE ATLETAS DE TAEKWONDO”**. Abrindo a sessão, o presidente da comissão, Prof. Dr. Maicon Rodrigues Albuquerque (UFMG), orientador, após dar a conhecer aos presentes o teor das Normas Regulamentares do Trabalho Final, passou a palavra para o candidato, para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores, com a respectiva defesa do candidato. Logo após, a comissão se reuniu, sem a presença do candidato e do público, para julgamento e expedição do resultado.

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA DA 90ª TESE DO PPGCE:

Prof. Dr. Maicon Rodrigues Albuquerque (orientador) – UFMG

Prof. Dr. Eduardo Mendonça Pimenta – UFMG

Prof. Dr. André Gustavo Pereira de Andrade – UFMG

Prof. Dr. Gilberto Candido Laurentino – USJT

Prof. Dr. Emerson Franchini – USP

Após as indicações, o candidato foi considerado: **APROVADO**

O resultado foi comunicado publicamente para o candidato pelo presidente da comissão examinadora. Nada mais havendo, a tratar o presidente encerrou a reunião e lavrou a presente ATA, que será assinada por todos os membros participantes da comissão examinadora.

Belo Horizonte, 17 de dezembro de 2021.



Documento assinado eletronicamente por **Andre Gustavo Pereira de Andrade, Coordenador(a) de curso de pós-graduação**, em 28/12/2021, às 09:46, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Emerson Franchini, Usuário Externo**, em 03/01/2022, às 11:36, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Maicon Rodrigues Albuquerque, Professor do Magistério Superior**, em 24/01/2022, às 13:06, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Eduardo Mendonca Pimenta, Professor do Magistério Superior**, em 07/10/2023, às 08:22, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Gilberto Candido Laurentino, Usuário Externo**, em 10/10/2023, às 15:57, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1168135** e o código CRC **AAA60AD4**.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Cláudio e Mara, que nunca mediram esforços e sempre fizeram o melhor que puderam para me oferecer todas as condições para que eu pudesse chegar aonde cheguei.

À minha linda esposa Isa por sua importante e insubstituível presença em minha vida nos últimos 23 anos, com quem pude aprender que estar com alguém exige um processo de aprendizagem árduo e contínuo, mas que traz consigo uma felicidade incomensurável.

Aos meus filhos, Nina e Ian, que me dão a cada dia a oportunidade de viver e sentir o amor incondicional.

AGRADECIMENTOS

Ao meu amigo e orientador Prof. Dr. Maicon Rodrigues Albuquerque (orgulhosamente muito antes amigo do que orientador), que foi o grande incentivador desde o processo seletivo, e que conduziu a orientação com maestria durante todo o tempo, considerando sempre minhas limitações e possibilidades.

Ao Prof. Dr. Dawit Albieiro Pinheiro Gonçalves por sua disponibilidade em sempre contribuir, com seu conhecimento e experiência, sobre os assuntos relacionados à fisiologia do exercício.

Aos colegas Alicia, Amanda, Bia, Iasmim, Márcio, Ronaldo e Zé, que não mediram esforços para me ajudar durante meu trabalho, em especial durante as coletas. Sem eles este trabalho não teria se viabilizado.

Aos colegas do LAFISE, Pedro Willian e Gustavo pela ajuda com as coletas de sangue, desde a preparação do material até a análise.

Aos atletas que se voluntariaram para participar deste trabalho, tornando-o possível.

A todos os professores do PPGCE com quem tive oportunidade de conviver e aprender, e que de alguma forma contribuíram para o sucesso desta jornada.

E a todas as pessoas presentes na minha vida que em algum momento eu tive que abrir mão do meu tempo com elas para me dedicar a este trabalho.

RESUMO

O pré-condicionamento isquêmico (PCI) pode ser definido como aplicações de breves períodos de isquemia seguidos por períodos de reperfusão. A literatura apresenta indicativos de que esta técnica aumenta o desempenho em diversas capacidades físicas, aumento esse que tem como possíveis explicações alguns mecanismos fisiológicos como menor taxa de depleção de ATP com um efeito de economia de energia no trabalho muscular, menor acúmulo de lactato sanguíneo e redução da depleção de glicogênio muscular. Devido à similaridade entre os tipos de capacidades que são influenciadas pelo PCI e as demandas físicas do taekwondo, é possível hipotetizar que o PCI pode melhorar o desempenho físico de atletas de taekwondo, apesar de não ter sido encontrado trabalhos na literatura. Desta forma, o objetivo do presente trabalho foi verificar os efeitos do pré-condicionamento isquêmico no desempenho de atletas de taekwondo. Dois estudos foram realizados. No Estudo 1, 11 atletas de nível nacional/internacional foram submetidos a um procedimento de PCI ou placebo (PLA), em ambos os membros inferiores, composto por 4x5 minutos de oclusão, intercalados por 5 minutos de reperfusão, a uma pressão de oclusão individualizada na situação PCI e padronizada na situação PLA. Antes dos procedimentos de PCI/PLA, foram realizados os saltos com contramovimento (SCM). Em seguida os voluntários realizaram o SCM e o teste aeróbio específico para o taekwondo (TET) após procedimentos de PCI ou placebo realizado de forma aleatória. A frequência cardíaca (FC) foi monitorada continuamente durante o teste, a percepção subjetiva de esforço (PSE) foi registrada ao final do teste. Em resumo, os resultados do estudo 1 não verificaram diferenças significativas no desempenho no TET, dado pelo tempo até a exaustão (PLA: 960±97 segundos; PCI: 989±77 segundos; $p=0,375$; $d=0,328$; TE: pequeno) e nem nas respostas da FC (PLA: 195±10 bpm; PCI: 195±8 bpm. $p=0,955$; $d=0,010$; TE: trivial) e da PSE (PLA: 9,6±0,7 u.a.; PCI: 9,6±0,7 u.a.; $p=1$; $d=0$; TE: pequeno). Ainda, no SCM não houve efeito principal do momento ($p=0,908$; $\eta^2=0,00027$; TE: trivial), da condição ($p=0,625$; $\eta^2=0,00038$; TE: trivial) ou da interação entre momento e condição ($p=0,921$; $\eta^2=0,00025$; TE: trivial). No Estudo 2, 14 atletas de nível nacional/internacional foram submetidos aos mesmos tratamentos do estudo 1 (PCI ou placebo de forma aleatorizada). Em seguida os voluntários realizaram 3 blocos de uma bateria de testes que era composta por SCM e três repetições de teste anaeróbio específico para o taekwondo (FSKT_{mult}), com 1 minuto de intervalo entre cada teste. O tempo de descanso entre cada bloco de testes foi de 30 minutos. A frequência cardíaca (FC) foi monitorada continuamente durante os testes, a percepção subjetiva de esforço (PSE) foi registrada ao final de cada um dos blocos. Os resultados do estudo 2 não indicaram diferenças significativas no desempenho FSKT_{mult}, dado pelo número total de chutes por condição (PLA: 828±72 chutes; PCI: 832±62 chutes; $p=0,686$; $d=0,011$; TE: trivial) e pelo número de chutes por bloco em cada situação, sem efeito principal do momento ($p=0,667$; $\eta^2=0,031$; TE: pequeno), da condição ($p=0,686$; $\eta^2=0,013$; TE: pequeno) ou da interação entre momento e condição ($p=0,896$; $\eta^2=0,008$; TE: trivial). Também não foi encontrado efeito para o SCM da condição ($p=0,731$; $\eta^2=0,009$; TE: trivial), do momento ($p=0,414$; $\eta^2=0,058$; TE: moderado) ou da interação entre momento e condição ($p=0,749$; $\eta^2=0,022$; TE: pequeno); e para PSE da condição ($p=0,423$), do momento ($p=0,806$) ou da interação entre momento e condição ($p=0,620$). Para FC foi encontrado efeito do momento ($p=0,0004$; $\eta^2=0,453$; TE: grande), mas não da condição ($p=0,924$; $\eta^2=0,0001$; TE: trivial) ou da interação entre momento e condição ($p=0,057$; $\eta^2=0,198$; TE: grande). Os resultados combinados dessa tese demonstraram que o procedimento de PCI bilateral em membros inferiores não alterou o desempenho de atletas de taekwondo em testes específicos da modalidade, assim como o desempenho no SCM, sugerindo

que este procedimento, na configuração que foi adotada, não foi benéfico para o desempenho de atletas de taekwondo.

Palavras-Chave: pci, esportes de combate; desempenho físico; desempenho aeróbio; desempenho anaeróbio; salto com contramovimento.

ABSTRACT

Ischemic preconditioning (IPC) can be defined as applications of brief periods of ischemia followed by periods of reperfusion. The literature presents indications that this technique increases the performance in several physical capacities, and has as possible explanations some physiological mechanisms such as a lower rate of ATP depletion with an energy saving effect on muscle work, less accumulation of blood lactate and reduced muscle glycogen depletion. Due to the similarity between the types of abilities that are influenced by IPC and the physical demands of taekwondo, it is possible to hypothesize that the IPC can improve the physical performance of taekwondo athletes, although no works were found in the literature. Thus, the aim of the present work was to verify the effects of ischemic preconditioning on the performance of taekwondo athletes. Two studies were carried out. In Study 1, eleven national/international level athletes underwent a IPC or placebo (PLA) procedure in both lower limbs, consisting of 4x5 minutes of occlusion, interspersed with 5 minutes of reperfusion, at an individualized occlusion pressure in the IPC situation and standardized in the PLA situation. Before the IPC/PLA procedures, the countermovement jump (CMJ) were performed. Then, the volunteers performed the CMJ before and after and the specific aerobic test for taekwondo (TET) after IPC or placebo procedures, performed randomly. Heart rate (HR) was continuously monitored during the test, the subjective rating of perceived exertion (RPE) was recorded at the end of the test. In summary, the results of study 1 did not verify significant differences in performance on the TET, given by the time to exhaustion (PLA: 960.2±97.4 seconds; IPC: 989.1±77.7 seconds; $p=0.375$; $d=0.328$; ES: small) and neither in the HR responses (PLA: 194±10 bpm; IPC: 195±8 bpm. $p=0.955$; $d=0.010$; ES: trivial) and RPE (PLA: 9.6±0.7 au; IPC: 9.6±0.7 au; $p=1$; $d=0$; ES: small). Still, in the CMJ there was no main effect of the moment ($p=0.908$; $\eta^2=0.00027$; ES: trivial), the condition ($p=0.625$; $\eta^2=0.00038$; ES: trivial) or the interaction between moment and condition ($p=0.921$; $\eta^2=0.00025$; ES: trivial). In Study 2, fourteen national/international level athletes were submitted to the same treatments as in Study 1 (randomized IPC or placebo). Then, the volunteers perform 3 blocks of a battery of tests that consisted of CMJ and 3 repetitions of a specific anaerobic test for taekwondo (FSKTmult), with a 1-minute interval between each test. Rest time between each test block was 30 minutes. Heart rate (HR) was continuously monitored during the tests, the subjective perception of exertion (RPE) was recorded at the end of each one of the blocks. The results of study 2 did not verify significant differences in FSKTmult performance, given by the total number of kicks per condition (PLA: 828±72 kicks; IPC: 832±62 kicks; $p=0.686$; $d=0.011$; ES: trivial) and by the number of kicks per block in each situation, with no main effect of the moment ($p=0.667$; $\eta^2=0.031$; ES: small), of the condition ($p=0.686$; $\eta^2=0.013$; ES: small) or the interaction between moment and condition ($p=0.896$; $\eta^2=0.008$; ES: trivial). There was also no effect for the CMJ in relation to the condition ($p=0.731$; $\eta^2=0.009$; ES: trivial), the moment ($p=0.414$; $\eta^2=0.058$; ES: moderate) or the interaction between moment and condition ($p=0.749$; $\eta^2=0.022$; ES: small); and for RPE of the condition ($p=0.423$), of the moment ($p=0.806$) or of the interaction between moment and condition ($p=0.620$). For HR, an effect was found on the moment ($p=0.0004$; $\eta^2=0.453$; ES: large), but not on the condition ($p=0.924$; $\eta^2=0.0001$; ES: trivial) or on the interaction between moment and condition ($p=0.057$; $\eta^2=0.198$; ES: large). The combined results of this thesis showed that the bilateral lower limb IPC procedure did not change the performance of taekwondo athletes in specific tests of the modality, as well as the performance in the CMJ, suggesting that this procedure, in the configuration that was adopted, was not beneficial for the performance of taekwondo athletes.

Keywords: combat sports; physical performance; aerobic performance; anaerobic performance; countermovement jump.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Representação esquemática do delineamento da situação Pré-condicionamento isquêmico (A) e Placebo (B) do estudo 1.....	50
FIGURA 2: Representação esquemática do delineamento da situação Pré-condicionamento isquêmico (A) e Placebo (B) do estudo 2.....	51

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1: A) Percepção Subjetiva de Recuperação e B) Frequência Cardíaca de repouso para as condições PCI e PLA.	59
GRÁFICO 2: Gráfico Tempo até a exaustão (TET) no TET para as condições PCI e PLA.	60
GRÁFICO 3: Gráfico da PSE-sessão para as condições PCI e PLA.....	61
GRÁFICO 4: Gráfico com média e desvio padrão do salto com contramovimento para as condições PCI e PLA nos momentos pré e pós.	61
GRÁFICO 5: Gráfico de média e desvio padrão da PSR entre as condições PCI e Placebo.	62
GRÁFICO 6: Gráfico de média e desvio padrão, de Chutes Totais por Bloco entre as condições PCI e Placebo.....	63
GRÁFICO 7: Gráfico de média e desvio padrão de Chutes Totais entre as condições PCI e Placebo.	64
GRÁFICO 8: Gráfico de média e desvio padrão, de PSR_Bloco entre as condições PCI e Placebo.	65
GRÁFICO 9: Gráfico de média e desvio padrão, da FC Final por bloco entre as condições PCI e Placebo.	66
GRÁFICO 10: Gráfico de interação, com média e desvio padrão, de SCM por Bloco entre as condições PCI e Placebo.....	67
GRÁFICO 11: Gráfico com média e desvio padrão, de PSE por Bloco entre as condições PCI e Placebo.	68
GRÁFICO 12: Gráfico de média e desvio padrão PSE-sessão entre as condições PCI e Placebo.	69

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Detalhamento do protocolo do TET quanto a duração e número de chutes por estágio.....**Erro! Indicador não definido.**

LISTA DE EQUAÇÕES

EQUAÇÃO 1: Índice de decréscimo de chutes (IDC)	55
--	----

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

- [La] – Concentração de lactato
- ATP – Adenosina tri-fosfato
- ATP-CP – Adenosina tri-fosfato/creatina fosfato
- DMFS - Dilatação Mediada por Fluxo Sanguíneo
- EMG – Eletromiografia
- ETCC - Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua
- FC – Frequência cardíaca
- FSKT – *Frequency Speed of Kick Test*
- FSKT_{mult} – *Frequency Speed of Kick Test* séries múltiplas
- HIF-1 α - Fator de Indução de Hipóxia 1 Alfa
- IDC – Índice de decréscimo de chutes
- ON – Óxido nítrico
- PCI – Pré-condicionamento isquêmico
- PCIR – Pré-condicionamento isquêmico remoto
- PAS – Pressão Arterial Sistólica
- PLA – Situação placebo
- PO – Pressão de oclusão
- PSE – Percepção subjetiva do esforço
- PSR – Percepção subjetiva de recuperação
- SA – Salto agachado
- SCM – Salto com contramovimento
- TALE – Termo de assentimento livre esclarecido
- TCLE – Termo de consentimento livre e esclarecido
- TET – Teste Progressivo Específico para taekwondo
- VO₂ – Consumo de oxigênio

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
2	REVISÃO DE LITERATURA	22
2.1	Definição e Histórico do Pré-condicionamento Isquêmico (PCI)	22
2.2	Mecanismos do Pré-condicionamento Isquêmico (PCI)	23
2.3	Pré-condicionamento Isquêmico (PCI) e o Desempenho Físico	25
2.4	Mecanismos do Pré-condicionamento Isquêmico (PCI) no Desempenho Físico	28
2.5	Efeitos do Pré-condicionamento isquêmico (PCI) no Desempenho Físico	31
2.5.1.	Potência anaeróbia	31
2.5.2.	Capacidade anaeróbia	32
2.5.3.	Capacidade Aeróbia	33
2.5.4.	Resistência e força muscular	35
2.5.5.	Potência muscular	36
2.5.6.	Percepção subjetiva de esforço (PSE)	37
2.5.7.	Frequência cardíaca	38
2.5.8.	Concentração de Lactato	39
2.6	Protocolos de Pré-condicionamento isquêmico (PCI) e período de efeito	40
2.7	Caracterização do taekwondo	43
3	OBJETIVO GERAL	46
3.1	Objetivos Específicos	46
4	HIPÓTESES	47
5	MÉTODO	48
5.1.	Participantes	48
5.2	Cuidados Éticos	48
5.3.	Procedimentos	49
5.4.	Protocolo de PCI	53
5.5.	Testes Específicos	53
5.5.1.	Teste aeróbio específico – Teste Progressivo Específico para taekwondo (TET) ..	53
5.5.2.	Teste anaeróbio específico – Frequency Speed of Kick Test (FSKT)	55
5.6.	Materiais	55
5.7.	Medidas	56
5.8.	Análise Estatística	57
6	RESULTADOS	59

6.1	Resultados do Estudo 1	59
6.1.1.	Pressão de Oclusão	59
6.1.2.	Variáveis pré-teste	59
6.1.3.	Variáveis pós-teste.....	60
6.1.4.	Salto com contramovimento (SCM).....	61
6.2	Resultados do Estudo 2.....	62
6.2.1.	Pressão de Oclusão	62
6.2.2.	Variável pré-teste.....	62
6.2.3.	Variáveis dos testes	63
6.2.4.	Variável pós-teste	69
7	DISCUSSÃO	70
7.1	Discussão do Estudo 1	70
7.2	Discussão do Estudo 2	76
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	80
	REFERÊNCIAS	82
	ANEXO 1 – Termo de consentimento livre e esclarecido.....	90
	ANEXO 2 - Termo de assentimento livre e esclarecido	93
	ANEXO 3 - Termo de consentimento livre e esclarecido para responsáveis	96

1 INTRODUÇÃO

O pré-condicionamento isquêmico (PCI) pode ser definido como a aplicação de breves períodos de isquemia (redução do fluxo sanguíneo para um tecido), seguidos por períodos similares de reperfusão sanguínea (retorno do fluxo sanguíneo ao tecido após isquemia) nos tecidos e que proporciona uma subsequente proteção tecidual contra lesões causadas por isquemia e reperfusão (THIJSSSEN *et al.*, 2016).

Este conceito foi concebido na década de 1980, quando se verificou pela primeira vez em modelo animal que períodos de isquemia/reperfusão foram capazes de oferecer proteção contra lesões causadas por prolongados períodos de isquemia (MURRY; JENNINGS; REIMER, 1986). Mesmo não conseguindo relatar com precisão os mecanismos que conferiram esta proteção extra ao miocárdio, os autores puderam observar dois mecanismos gerais que estão envolvidos com o fenômeno e por consequência poderiam estar relacionados aos mecanismos de proteção do PCI: a) redução na depleção de ATP e b) redução do acúmulo de metabólitos durante a isquemia sustentada (MURRY; JENNINGS; REIMER, 1986).

Já na década de 1990, foi proposto pela primeira vez o termo Pré-condicionamento Isquêmico Remoto (PCIR), quando se mostrou que era possível observar os efeitos protetivos do PCI em tecidos alvo, mesmo que estes não tenham sido submetidos a períodos de isquemia/reperfusão, mas sim tecidos adjacentes a eles, indicando um efeito remoto do PCI (PRZYKLENK *et al.*, 1993). Os mecanismos não foram identificados, mas foi possível inferir que o efeito de proteção causado pelo PCI pode ser mediado, produzido ou transportado em outros tecidos além daquele que recebeu diretamente o estímulo (PRZYKLENK *et al.*, 1993).

No que diz respeito aos mecanismos de atuação do PCI, os mesmo não foram totalmente descritos (INCOGNITO; BURR; MILLAR, 2016; SHIMIZU *et al.*, 2010; THIJSSSEN *et al.*, 2016), entretanto, todos os possíveis mecanismos apresentados até o momento seguem a premissa de que o estresse induzido pela PCI dispara uma série de respostas adaptativas que promovem um bloqueio contra as vias que levam à morte celular (LI *et al.*, 2017). Desta forma, é possível observar que as vias de proteção conhecidas ativadas pelo PCI convergem para algum tipo de atuação na mitocôndria, visto que longos períodos de isquemia tem um efeito deletério nesta organela celular, levando a uma redução na produção de ATP e uma consequente necrose da célula (KOCH *et al.*, 2014; THIJSSSEN *et al.*, 2016).

Dentre os diferentes mecanismos relacionados à PCI destacam-se: alterações na hemóstase (aumento da fibrinólise), alterações no funcionamento do endotélio e na função vascular (liberação de adenosina, bradicinina, óxido nítrico, proteína quinase C), alterações nas respostas inflamatórias (redução na produção de citocinas pró-inflamatórias e aumento na produção de citocinas anti-inflamatórias) e alterações na expressão gênica (modificação na função de genes que atuam no transporte de oxigênio, angiogênese, controle vasomotor e metabolismo energético) (CHO *et al.*, 2005; DIRNAGL; BECKER; MEISEL, 2009; LIU *et al.*, 1991; PETCU *et al.*, 2008; SCHULZ *et al.*, 1998; STENZEL-POORE *et al.*, 2007; WARZECHA *et al.*, 2007).

Apesar de ter sido desenvolvido como intuito de proteção tecidual contra longos períodos de isquemia, o PCI traz alguns benefícios levaram pesquisadores a inferir possíveis efeitos positivos do mesmo no desempenho físico (CLEVIDENCE; MOWERY; KUSHNICK, 2012; INCOGNITO; BURR; MILLAR, 2016; JEFFRIES *et al.*, 2018; KOCH *et al.*, 2014; THIJSEN *et al.*, 2016). Com diversos trabalhos desenvolvidos nesta área, não há um consenso na literatura sobre os efeitos do PCI no desempenho esportivo (MAROCOLO *et al.*, 2015), entretanto, de maneira geral, são relatados mais efeitos positivos do PCI no desempenho físico quando comparado a ausência de efeitos ou efeitos negativos (CARU *et al.*, 2019; INCOGNITO; BURR; MILLAR, 2016; MAROCOLO *et al.*, 2019; O'BRIEN; JACOBS, 2021).

É possível encontrar na literatura trabalhos que se preocuparam em levantar alguns possíveis mecanismos de atuação do PCI no desempenho físico, apesar de ainda não ser claro se essas alterações, trazidas pelo PCI, que aumentam a proteção tecidual contra lesões por isquemia são as mesmas alterações que podem trazer melhoras no desempenho físico (INCOGNITO; BURR; MILLAR, 2016).

Alguns trabalhos se ocuparam em compreender os mecanismos do PCI e a influência destes no desempenho físico em modelo animal (ADDISON *et al.*, 2003; LINTZ *et al.*, 2013; MOSES *et al.*, 2005; PANG *et al.*, 1994) e em humanos (BAILEY *et al.*, 2012a; CRUZ *et al.*, 2015; KIDO *et al.*, 2015; LARSEN *et al.*, 2011). Em animais, alguns dos mecanismos do PCI encontrados nestes trabalhos foram: menor taxa de depleção de ATP com um efeito de economia de energia no trabalho muscular (ADDISON *et al.*, 2003; PANG *et al.*, 1994), menor acúmulo de lactato sanguíneo (PANG *et al.*, 1994) e redução da depleção de glicogênio muscular (LINTZ *et al.*, 2013). Em humanos foram encontrados os seguintes resultados: menor concentração de lactato sanguíneo em corrida contrarrelógio (BAILEY *et al.*, 2012a); aumento do VO₂ máximo e

também da atividade eletromiográfica (CRUZ *et al.*, 2015) e melhora na função mitocondrial (KIDO *et al.*, 2015; LARSEN *et al.*, 2011).

Dentre os possíveis mecanismos que explicam a influência do PCI, tanto na proteção tecidual quanto no desempenho físico, a síntese de óxido nítrico (ON) provocada por este procedimento recebe um destaque especial na literatura, sendo citada em diversos estudos (CARU *et al.*, 2019; CHO *et al.*, 2005; GRIFFIN *et al.*, 2018; INCOGNITO; BURR; MILLAR, 2016; KIDO *et al.*, 2015; KILDING; SEQUEIRA; WOOD, 2018).

Diversos efeitos do PCI no desempenho físico tem sido relatados (CARU *et al.*, 2019; MAROCOLO *et al.*, 2015), na potência anaeróbica (CRUZ *et al.*, 2016; LALONDE; CURNIER, 2015; PAIXÃO; DA MOTA; MAROCOLO, 2014), capacidade anaeróbia (BAILEY *et al.*, 2012a; CLEVIDENCE; MOWERY; KUSHNICK, 2012; DE GROOT *et al.*, 2010; KIDO *et al.*, 2015), força muscular (MAROCOLO *et al.*, 2016a; PARADIS-DESCHÊNES; JOANISSE; BILLAUT, 2017; TANAKA *et al.*, 2016) e na Percepção Subjetiva do Esforço (BAILEY *et al.*, 2012a; GIBSON *et al.*, 2014; HITTINGER *et al.*, 2014; LALONDE; CURNIER, 2015).

Quanto aos métodos de realização do PCI, não há consenso sobre o protocolo ótimo de PCI (CARU *et al.*, 2019; O'BRIEN; JACOBS, 2021). Inclusive, em se tratando de desempenho físico, esse tem sido um fator de confusão das pesquisas relacionadas aos efeitos do PCI, sendo muito provavelmente um dos principais motivos da falta de consenso na literatura sobre os reais efeitos deste procedimento (CARU *et al.*, 2019; O'BRIEN; JACOBS, 2021).

Variáveis como volume muscular ocluído, duração do período de oclusão, duração do período de reperusão, número de ciclos de oclusão/reperusão, pressão utilizada para realizar a oclusão, tempo entre o fim do período de PCI e o início do exercício ou teste (que está relacionado com as janelas de efeito do PCI), a utilização ou não do grupo placebo e características dos voluntários (atletas ou fisicamente ativos) apresentam grande variação na literatura (CARU *et al.*, 2019; INCOGNITO; BURR; MILLAR, 2016; MAROCOLO *et al.*, 2015; O'BRIEN; JACOBS, 2021).

Sobre as janelas de efeito do PCI, Bailey *et al.* (2012a) verificaram que os efeitos do PCI permanecem mesmo após uma série inicial de esforço e um período de descanso, o que pode representar uma importante informação de aplicação prática, pois em competições esportivas os atletas poderão ser submetidos ao PCI ainda no período de aquecimento e possivelmente

poderão usufruir de seus efeitos algum tempo depois, mesmo que já tenham realizado outros esforços e/ou tenham passado por períodos de descanso.

Os diversos resultados encontrados na literatura sobre a influência do PCI no desempenho esportivo trazem a possibilidade de utilização do PCI no taekwondo. Apesar de não terem sido encontrados trabalhos que verifiquem a influência do PCI em praticantes de taekwondo, esta modalidade apresenta características de atividade intermitente de alta intensidade (BRIDGE *et al.*, 2014), na qual as principais ações dos atletas durante a luta são de curta duração e alta intensidade, intercaladas por ações de baixa intensidade, e com a predominância do metabolismo aeróbio (BRIDGE *et al.*, 2014; CAMPOS *et al.*, 2012; LOPES-SILVA *et al.*, 2018), remetendo assim a possíveis efeitos do PCI no desempenho esportivo de atletas de taekwondo.

Além disso, os resultados de Bailey *et al.* (2012a) trazem o foco e a necessidade de novas investigações sobre as janelas de efeito do PCI em dois sentidos: a) modalidades esportivas que tem competições com diversos momentos de esforço ao longo de um mesmo dia com intervalos variados entre estes esforços, como é o caso do taekwondo, que tem todas as fases (classificatória, semifinal e final) realizadas no mesmo dia, o que faz com que atletas que seguem vencendo possam ter diversas lutas no dia (2 a 5 lutas), com intervalo de tempo entre elas variando bastante (14 a 227 minutos) (BRIDGE *et al.*, 2018); e b) efeito tardio do PCI, que é pouco investigado na literatura mas apresenta alguns resultados promissores (ANDREAS *et al.*, 2011; BEAVEN *et al.*, 2012; BIRKELUND *et al.*, 2015).

Desta forma, o presente estudo teve como objetivo verificar os efeitos do pré-condicionamento isquêmico no desempenho de atletas de taekwondo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Definição e Histórico do Pré-condicionamento Isquêmico (PCI)

O pré-condicionamento isquêmico (PCI) pode ser definido como a aplicação de breves períodos de isquemia (redução do fluxo sanguíneo para um tecido), seguidos por períodos similares de reperfusão sanguínea (retorno do fluxo sanguíneo ao tecido após isquemia) nos tecidos e que proporciona uma subsequente proteção tecidual contra lesões causadas por isquemia e reperfusão (THIJSEN *et al.*, 2016).

Este conceito foi concebido na década de 1980 em um estudo pioneiro que verificou que múltiplos períodos de isquemia/reperfusão foram capazes de proteger o coração de cães contra lesões causadas por isquemia sustentada (MURRY; JENNINGS; REIMER, 1986). Naquela época os autores não conseguiram relatar com precisão os mecanismos que conferiram esta proteção extra ao miocárdio, mas conseguiram observar dois mecanismos gerais que estão envolvidos com o fenômeno e por consequência poderiam estar relacionados aos mecanismos de proteção do PCI: a) redução na depleção de ATP e b) redução do acúmulo de metabólitos durante a isquemia sustentada (MURRY; JENNINGS; REIMER, 1986).

Na década de 1990 foi proposto pela primeira vez o termo Pré-condicionamento Isquêmico Remoto - PCIR (SPRICK *et al.*, 2019; THIJSEN *et al.*, 2016). Ao contrário do trabalho de Murry; Jennings; Reimer (1986), que o processo de oclusão do fluxo sanguíneo aconteceu na artéria coronária anterior esquerda, rompendo diretamente o fluxo de sangue para a região miocárdio, onde foram observados os benefícios, Przyklenk *et al.* (1993) fizeram um processo de PCI através da oclusão do ramo circunflexo da artéria coronariana, impedindo o fluxo sanguíneo para uma determinada área do coração, e conseguiram observar os benefícios de proteção do PCI após uma isquemia sustentada não só na área que foi “pré-condicionada”, mas também em outras regiões do miocárdio. Apesar de não conseguirem identificar os mecanismos, a partir destes resultados foi possível inferir que o efeito de proteção causado pelo PCI pode ser mediado, produzido ou transportado em outros tecidos além daquele que recebeu diretamente o estímulo (PRZYKLENK *et al.*, 1993).

Este importante achado amplia a possibilidade de utilização do PCI, já que o PCIR é um procedimento não invasivo e acessível, que pode ser realizado através da utilização de um

simples manguito inflável de pressão arterial nos membros para induzir breves períodos de isquemia e reperfusão e proporcionar proteção remota a órgãos como coração e cérebro contra possíveis efeitos danosos de uma isquemia sustentada e subsequente reperfusão (KOCH *et al.*, 2014; PICKARD *et al.*, 2015)

Desde então, diversos estudos foram conduzidos no intuito de verificar os benefícios do PCI (local ou remoto) na proteção contra lesões causadas por isquemia/reperfusão (PICKARD *et al.*, 2015; THIJSEN *et al.*, 2016).

2.2 Mecanismos do Pré-condicionamento Isquêmico (PCI)

Apesar da grande quantidade de trabalhos reportados na literatura sobre o assunto nas últimas décadas, os mecanismos que explicam a atuação do PCI e PCIR não são completamente descritos (INCOGNITO; BURR; MILLAR, 2016; SHIMIZU *et al.*, 2010; SPRICK *et al.*, 2019; THIJSEN *et al.*, 2016). Nos primeiros estudos sobre o tema os pesquisadores observaram que tecidos submetidos ao PCI apresentam menor acúmulo de metabólitos e menor depleção de ATP após um período de isquemia sustentada do que aqueles tecidos não submetidos a tal procedimento (MURRY; JENNINGS; REIMER, 1986). Desde então, diversos estudos se sucederam com o intuito de verificar não só efeito de proteção do PCI nos tecidos e órgãos, como também os mecanismos fisiológicos que explicam este efeito (PICKARD *et al.*, 2015).

Apesar da falta de clareza na literatura, todos os mecanismos do PCI seguem a premissa básica de que o estresse induzido por tal procedimento dispara uma série de respostas adaptativas envolvendo múltiplos genes que, por fim, promovem um bloqueio contra as vias que levam à morte celular (LI *et al.*, 2017). Desta forma, é possível observar na literatura que quase todas as vias de proteção conhecidas, ativadas pelo PCI, convergem para algum tipo de atuação na mitocôndria, pois é sabido que longos períodos de isquemia tem um efeito deletério nesta organela celular, levando a uma redução na produção de ATP e uma consequente necrose da célula (KOCH *et al.*, 2014; THIJSEN *et al.*, 2016). É possível elencar alguns mecanismos do PCI apresentados com frequência na literatura e dividi-los principalmente em quatro áreas: a) alterações na homeostase, b) alterações no funcionamento do endotélio e na função vascular, c) alterações nas respostas inflamatórias e d) alterações na expressão gênica (KOCH *et al.*, 2014).

A respeito das alterações na hemóstase, Warzecha *et al.* (2007) encontraram um aumento da fibrinólise (processo oposto à coagulação que promove a degradação de coágulos de fibrina com objetivo de evitar a formação de trombos) em tecidos submetidos ao PCI. Os produtos derivados deste processo, como o peptídeo derivado da fibrina B β 15-42 e o ativador do plasminogênio tecidual (t-PA), tem conhecido poder de proteção do tecido cardíaco (ROESNER *et al.*, 2007a) e cerebral (HAILE *et al.*, 2012), respectivamente.

Um importante efeito protetor PCI são as alterações do fluxo sanguíneo nos tecidos pré-condicionados causadas pela melhora na função endotelial e vasomotora (KOCH *et al.*, 2014). Este efeito é mediado por moléculas sinalizadoras, que ativam vias protetoras responsáveis por atenuar as lesões causadas por isquemia sustentada e reperfusão (THIJSEN *et al.*, 2016). As principais moléculas sinalizadoras apresentadas nos estudos, que são liberadas durante um processo de PCI e suas respectivas funções são: a) Adenosina, com efeito vasodilatador (LIU *et al.*, 1991; SCHULZ *et al.*, 1998), b) Bradicina, com efeito vasodilatador e de aumento da permeabilidade das paredes dos vasos sanguíneos (SCHULZ *et al.*, 1998), c) Óxido Nítrico, com efeito vasodilatador (CHO *et al.*, 2005), Proteína Quinase C (PKC) através do aumento da expressão do Fator de Crescimento Endotelial Vascular, que tem efeito angiogênico (KAWATA *et al.*, 2001).

O PCI atua no sistema imunológico reduzindo o processo inflamatório causado pela isquemia sustentada e as consequentes lesões causadas no tecido em hipóxia (KOCH *et al.*, 2014). Os principais efeitos do PCI no processo inflamatório podem ser descritos como: a) redução na produção das citocinas pró-inflamatórias Interleucina 1 (IL-1) e Interleucina 6 (IL-6) e aumento na produção de citocina anti-inflamatória Interleucina 10 (IL-10) (WARZECHA *et al.*, 2007), b) aumento na produção do Fator de Necrose Tumoral Alfa (TNF α) e redução na ação dos neutrófilos (GINIS *et al.*, 2002; PETCU *et al.*, 2008).

O último grupo de mecanismos que explicam os efeitos protetores do PCI é a reprogramação gênica em resposta a isquemia, que leva a uma grande variedade de modificações moleculares e celulares (STENZEL-POORE *et al.*, 2007). Centenas de genes têm suas funções reprogramadas diante de um estímulo de PCI (DIRNAGL; BECKER; MEISEL, 2009). Um importante exemplo deste mecanismo é a atuação do Fator de Indução de Hipóxia 1 Alfa (HIF-1 α) que, sob condições de falta de oxigenação, ativa genes envolvidos no transporte de oxigênio (Eritropoietina), angiogênese (VEGF e Angiopietina-2), controle vasomotor (Adrenomedulina e Receptores β Adrenérgicos), sobrevivência celular (Eritropoietina e

VEGF), regulação do pH (Anidrase Carbônica) e metabolismos energético (transportadores de glicose e enzima glicolíticas) (DIRNAGL; BECKER; MEISEL, 2009).

Dentre os mecanismos citados acima, alguns tem maior ligação com um efeito imediato do PCI (como a liberação de ON, adenosina e bradicinina, que tem como principais efeitos a vasodilatação e aumento da permeabilidade das paredes dos vasos sanguíneos), enquanto outros parecem estar mais relacionados a um efeito mais tardio (como a expressão gênica e síntese de proteínas envolvidas na saúde endotelial, que ativa ações de angiogênese e controle vasomotor, respostas inflamatórias, hemóstase e metabolismo energético celular).

2.3 Pré-condicionamento Isquêmico (PCI) e o Desempenho Físico

É bem descrito na literatura o efeito do PCI na proteção contra lesão por isquemia/reperfusão, não só em células e tecidos mas também em órgãos inteiros ou ainda em todo o organismo (LI *et al.*, 2017). São extensos os estudos sobre este efeito protetivo, desde a década de 1980, em diversos órgãos e tecidos como cérebro (GARCIA-BONILLA *et al.*, 2014; PETCU *et al.*, 2008), coração (MALLET *et al.*, 2018; ROESNER *et al.*, 2007b), fígado (KOTI; SEIFALIAN; DAVIDSON, 2003), rins (ZARBOCK; KELLUM, 2016), pâncreas (WARZECHA *et al.*, 2007) e músculos esqueléticos (GÜRKE *et al.*, 2000).

Alguns dos benefícios do PCI contra os efeitos de longos períodos de isquemia como: redução da depleção de glicogênio, redução do acúmulo de lactato e redução da queda de produção de ATP indicando uma redução do metabolismo energético celular, recuperação da função mitocondrial, alterações no fluxo sanguíneo e um conseqüente aumento da oxigenação dos tecidos levaram pesquisadores a inferir possíveis efeitos positivos do PCI no desempenho esportivo e desenvolver pesquisas neste campo (CLEVIDENCE; MOWERY; KUSHNICK, 2012; INCOGNITO; BURR; MILLAR, 2016; JEFFRIES *et al.*, 2018; KOCH *et al.*, 2014; SPRICK *et al.*, 2019; THIJSEN *et al.*, 2016).

Estudos como Saito *et al.* (2004) e Gürke *et al.* (2000) começaram a mostrar que os efeitos do PCI poderiam interferir no desempenho físico.

Saito *et al.* (2004) estudaram o efeito do PCI na oxigenação do músculo esquelético de ratos e verificaram que a saturação de oxigênio no músculo do grupo que passou por um processo de PCI foi maior quando comparado com o grupo controle. Este achado representa uma ligação entre o PCI e o desempenho físico, uma vez que a demanda energética para o trabalho muscular é em grande parte mantida pelo metabolismo aeróbio (JEFFRIES *et al.*, 2018).

Já Gürke *et al.* (2000) conduziram um estudo, também com ratos, para verificar o efeito do PCI *in vitro* em algumas funções musculares que são importantes indicadores do desempenho físico como: força máxima de contração muscular, capacidade de manter uma contração, tempo até a capacidade máxima de contração e impulso (F.t). Neste trabalho foi possível observar que, após um longo período de isquemia, o grupo que passou por um processo de PCI apresentou uma menor redução ou até mesmo não apresentou redução significativa, nas variáveis avaliadas, sugerindo uma adaptação muscular causada pelo PCI.

Em uma das primeiras investigações feitas sobre os efeitos do PCI durante o exercício físico em humanos, De Groot *et al.* (2010) hipotetizaram que este processo poderia aumentar o desempenho em exercícios físicos, com base em achados anteriores que mostravam o aumento do fluxo sanguíneo e da função muscular em músculos esqueléticos causados pelo PCI. No referido trabalho os voluntários realizaram exercícios incrementais máximos em um cicloergômetro em duas diferentes situações: situação controle, quando foi realizado somente o exercício máximo e situação experimental, quando o exercício máximo foi precedido por um procedimento de PCI. Os pesquisadores verificaram um aumento de 3% no consumo máximo de oxigênio (de 56,8 para 58,4 ml.kg⁻¹.min⁻¹, p=0,003) e também um aumento na potência máxima (de 366 para 372 W, p=0,05) na situação experimental quando comparada com a situação controle (DE GROOT *et al.*, 2010).

Desde então, um grande número de trabalhos foi desenvolvido com o objetivo de verificar a influência do PCI no desempenho de diversas capacidades físicas e parece ainda não existir um consenso na literatura sobre o tema (BAILEY *et al.*, 2012a; CLEVIDENCE; MOWERY; KUSHNICK, 2012; GRIFFIN *et al.*, 2018; KILDING; SEQUEIRA; WOOD, 2018; LALONDE; CURNIER, 2015; PARADIS-DESCHÊNES; JOANISSE; BILLAUT, 2016).

Em quatro recentes revisões sistemáticas sobre o tema, Marocolo *et al.* (2019), Caru *et al.* (2019), Incognito; Burr; Millar (2016) e Marocolo *et al.* (2015) apresentam resultados em direções diferentes.

No trabalho de Marocolo *et al.* (2015), os autores analisaram 20 estudos sobre o tema e verificaram que 25,7% das variáveis de desempenho físico apresentaram melhora significativa com o uso do PCI, 66,7% destas variáveis não apresentaram mudança significativa e 7,6% apresentaram queda. Marocolo *et al.* (2019) analisaram 45 artigos e se preocuparam em verificar os resultados encontrados por cada um deles utilizado não o valor de p, mas sim o tamanho do efeito (TE) e a *Smallest Worthwhile Change* (SWC), e encontraram que baixo percentual dos estudos (29%) ultrapassaram o SWC para tamanho de efeito pequeno e apenas 11% atingiram o SWC para tamanho de efeito moderado. Esse resultado sugere que o PCI promove um efeito de baixa magnitude na maior parte dos estudos. Além disso, puderam verificar que, na maioria dos estudos nos quais foram observados efeitos positivos de maior magnitude do PCI no desempenho físico, a amostra era composta por indivíduos com baixos níveis de condicionamento físico, o que sugere que quando o nível de condicionamento físico dos participantes era baixo, a magnitude do efeito encontrada era alta.

Em dissonância com os resultados acima, Caru *et al.* (2019) selecionaram 52 artigos que verificaram a influência do PCI no desempenho físico e mostraram que em 15 destes artigos o PCI não apresentou nenhum efeito no desempenho, em apenas dois artigos houve uma queda no desempenho e em 25 artigos houve um aumento no desempenho das variáveis estudadas. Entretanto os autores relatam que, na maioria dos artigos que foi observada uma melhora no desempenho os sujeitos não eram atletas, mas sim indivíduos saudáveis e ativos fisicamente.

Com uma amostra de 21 artigos e 374 indivíduos analisados, Incognito; Burr; Millar (2016) também apresentaram resultados mais favoráveis ao uso do PCI para aumento no desempenho físico. Em suma, os autores encontraram uma influência positiva no desempenho em 67% por participantes em tarefas contrarrelógio, com diferentes durações. Nas outras variáveis analisadas (potência geradas, consumo máximo de oxigênio, percepção subjetiva do esforço e acúmulo de lactato) os efeitos não são claros.

Outro fator que contribui para a falta de clareza na literatura sobre os efeitos do PCI no desempenho físico é a falta de uniformidade dos procedimentos utilizados nos trabalhos (MAROCOLO *et al.*, 2015). A maioria dos estudos apresenta grande variação em variáveis como tipo de teste ou exercício utilizado, capacidade avaliada, protocolo de PCI utilizado (número de séries, duração das séries, tempo de aplicação da oclusão antes do exercício) e características dos sujeitos avaliados (atletas ou fisicamente ativos) (CARU *et al.*, 2019; INCOGNITO; BURR; MILLAR, 2016; MAROCOLO *et al.*, 2015; O'BRIEN; JACOBS,

2021). Além disso, outra dificuldade é a avaliação do possível “efeito placebo” sobre os resultados, dadas as características dos protocolos de PCI, que dificultam a efetividade de um grupo placebo (MAROCOLO *et al.*, 2015; O’BRIEN; JACOBS, 2021).

2.4 Mecanismos do Pré-condicionamento Isquêmico (PCI) no Desempenho Físico

É possível encontrar na literatura trabalhos que se preocuparam em levantar alguns possíveis mecanismos de atuação do PCI no desempenho físico, apesar de ainda não ser claro se as alterações trazidas pelo PCI que aumentam a proteção tecidual contra lesões por isquemia são as mesmas alterações que podem trazer melhoras no desempenho físico (INCOGNITO; BURR; MILLAR, 2016).

Em modelo animal, alguns estudos que analisaram os efeitos do PCI e se preocuparam em compreender os mecanismos que explicam estes efeitos, apesar de não terem sido conduzidos durante o exercício físico, mostram que alguns destes mecanismos podem ter relação com o desempenho físico (INCOGNITO; BURR; MILLAR, 2016). Em linhas gerais, o PCI reduz a demanda energética muscular, aumenta o fluxo sanguíneo e a eficiência metabólica em momentos de estresse (ADDISON *et al.*, 2003; LINTZ *et al.*, 2013; MOSES *et al.*, 2005; PANG *et al.*, 1994).

Em um trabalho conduzido em porcos com o objetivo de observar os efeitos protetores do PCI contra a isquemia em músculos esqueléticos, Addison *et al.* (2003) puderam verificar este efeito protetor e também investigaram alguns possíveis mecanismos que levavam a estes resultados. Os autores verificaram que os tecidos submetidos ao PCI apresentaram uma menor taxa de depleção de ATP durante o período de isquemia sustentada e puderam associar ao PCI um efeito de economia de energia do músculo esquelético.

Também com objetivo de verificar o efeito do PCI na proteção contra isquemia em músculos esqueléticos em modelo animal, Pang *et al.* (1994) verificaram que, além de uma redução na taxa de depleção de ATP durante a isquemia, o grupo submetido ao PCI também apresentou uma menor concentração de lactado durante este período, indicando uma redução do metabolismo energético durante períodos de estresse.

Outro possível efeito do PCI no músculo esquelético que pode ajudar a entender os mecanismos deste procedimento no desempenho físico foi apresentado por Lintz *et al.* (2013). Neste trabalho os autores compararam o nível de glicogênio em músculos esqueléticos de ratos após um período de 240 minutos de isquemia e 60 minutos de reperfusão, e verificaram que o grupo que foi submetido ao PCI apresentou uma maior quantidade de glicogênio muscular quando comparado aos que não foram submetidos ao mesmo tratamento.

Alguns estudos em humanos se ocuparam em verificar alguns mecanismos que poderiam explicar as alterações no desempenho físico causada pelo PCI (BAILEY *et al.*, 2012a; CARU *et al.*, 2019; CRUZ *et al.*, 2015; INCOGNITO; BURR; MILLAR, 2016).

Em um trabalho para verificar a influência do PCI no desempenho em uma atividade incremental máxima, Bailey *et al.* (2012a) também compararam o acúmulo de lactato durante esta atividade entre o grupo controle e aquele que foi submetido ao PCI. Estes autores encontraram uma menor concentração de lactato sanguíneo no grupo que fez o PCI, apesar de não ficar claro se este menor acúmulo deve-se a uma menor produção ou maior reutilização do lactato. Dois possíveis mecanismos que explicam este resultado são: a) aumento da função endotelial, e conseqüentemente do fluxo sanguíneo, causado pelo PCI pode aumentar remoção e reutilização do lactato sanguíneo (KOCH *et al.*, 2014; THIJSEN *et al.*, 2016) e b) aumento da eficiência energética muscular através de redução da utilização de ATP pode reduzir a produção de lactato (ADDISON *et al.*, 2003; PANG *et al.*, 1994).

Cruz *et al.* (2015) investigaram a influência do PCI no desempenho físico de ciclistas e encontraram um aumento de 8% no desempenho do grupo submetido ao PCI durante um exercício até a exaustão. Neste mesmo trabalho, buscando entender as causas deste aumento de desempenho, os autores puderam verificar um aumento de 2,9% do VO₂ máximo no grupo PCI e uma correlação forte e significativa entre o desempenho e o VO₂ máximo. Outro resultado encontrado foi um aumento de 2,3% da atividade muscular medida através de eletromiografia no grupo PCI. Estes resultados podem trazer um indicativo de que um dos mecanismos que explica o aumento do desempenho causado pelo PCI pode estar relacionado a um maior recrutamento de unidades motoras (CRUZ *et al.*, 2015).

Outra possível explicação fisiológica para o aumento do desempenho trazido pelo PCI é uma melhora na função mitocondrial (KIDO *et al.*, 2015; LARSEN *et al.*, 2011).

Kido *et al.* (2015) conduziram um estudo com o objetivo de verificar a influência do PCI no desempenho e na desoxigenação muscular durante um exercício até a exaustão em cicloergômetro. Foi encontrado um aumento do tempo até a exaustão para o grupo submetido ao PCI, assim como um aumento da taxa de desoxigenação muscular deste mesmo grupo. Este efeito do PCI no desempenho pode ser resultado de uma maior atividade mitocondrial do músculo esquelético, indicada por uma maior extração de oxigênio dos músculos exercitados, que pode ser causada por uma maior síntese de óxido nítrico (KIDO *et al.*, 2015).

Dentre os possíveis mecanismos que explicam a influência do PCI, tanto na proteção tecidual quanto no desempenho físico, a síntese de óxido nítrico (ON), provocada por este procedimento, recebe um destaque especial na literatura, sendo citada em diversos estudos (CARU *et al.*, 2019; CHO *et al.*, 2005; GRIFFIN *et al.*, 2018; INCOGNITO; BURR; MILLAR, 2016; KIDO *et al.*, 2015; KILDING; SEQUEIRA; WOOD, 2018).

Larsen *et al.* (2011) apresentam um possível mecanismo para explicar a influência do ON no desempenho esportivo. Neste trabalho, os autores procuram verificar os efeitos de uma suplementação alimentar, que levou ao aumento da concentração de ON plasmático, na função mitocondrial (*in vitro*) e no consumo de oxigênio (*in vivo*). Primeiramente foi encontrado um menor consumo de oxigênio em exercício submáximo no grupo que recebeu suplementação. Também foi encontrado um aumento do trabalho mecânico realizado por volume de oxigênio consumido no grupo suplementado.

Este resultado de menor consumo de oxigênio para uma mesma quantidade absoluta de trabalho mecânico indica uma maior eficiência na oxidação de substratos para ressíntese de ATP e uma melhor eficiência mecânica, que pode ser verificada através da Eficiência de Fosforilação Oxidativa da Mitocôndria (razão P/O), que mede a quantidade de ATP produzido por oxigênio consumido (LARSEN *et al.*, 2011). Este foi o segundo importante resultado do trabalho de Larsen *et al.* (2011), que verificou que o grupo suplementado apresentou uma maior razão P/O, quando comparado com o grupo placebo.

Outro possível mecanismo que ajuda a explicar o efeito do PCI no aumento do desempenho físico está relacionado com um aumento do fluxo sanguíneo nos músculos esqueléticos, causado por uma melhora na função endotelial, que também apresenta uma estreita relação com o óxido nítrico (INCOGNITO; BURR; MILLAR, 2016). Situações de estresse fisiológico como o exercício físico ou períodos de isquemia causam uma disfunção endotelial, e o ON sintetizado

durante o PCI tem a função de minimizar esta disfunção endotelial e permitir o aumento do fluxo sanguíneo durante o exercício físico (BAILEY *et al.*, 2012b).

2.5 Efeitos do Pré-condicionamento isquêmico (PCI) no Desempenho Físico

Diversos trabalhos se ocuparam em avaliar o efeito do PCI no desempenho físico, sendo reportados efeitos positivos, ausência de efeito e até efeitos negativos no desempenho e em algumas variáveis ligadas ao desempenho (CARU *et al.*, 2019; MAROCOLO *et al.*, 2015, 2019).

2.5.1. Potência anaeróbia

Não são numerosos os estudos que reportaram efeitos do PCI na potência anaeróbia e a maior parte deles não conseguiu observar melhoras no desempenho relacionadas ao PCI (GIBSON *et al.*, 2013, 2014; LALONDE; CURNIER, 2015).

No trabalho de Lalonde; Curnier (2015) foram avaliados 17 indivíduos (9 mulheres e 8 homens) em um teste anaeróbio que consistiu em medir a potência pico em 6 séries de *sprints* de 6 segundos em cicloergômetro, intercalados com 2 minutos de recuperação ativa e 3 minutos de recuperação passiva. Os resultados apontaram que não houve uma diferença estatisticamente significativa em nenhuma variável do teste (potência média absoluta e relativa, potência pico absoluta e relativa, tempo até a potência pico e PSE) entre os grupos PCI e placebo.

Neste mesmo sentido Gibson *et al.* (2013) avaliaram a potência anaeróbia de atletas bem treinados de diferentes esportes de invasão (futebol, hóquei de campo e rúgbi) em atividade de *sprints* repetidos (cinco séries de seis segundos em cicloergômetro, com uma carga de 7,5% da massa corporal, e um período de recuperação de 24 segundos). As variáveis analisadas foram pico de potência (absoluto e relativo), potência total, porcentagem de queda de potência, concentração de lactato e PSE. Como resultado, não foi possível observar nenhum efeito no desempenho dos voluntários que foram submetidos ao PCI, com tamanhos de efeito trivial em todas as variáveis.

O trabalho de Patterson *et al.* (2015) investigou o efeito do PCI em indivíduos praticantes recreacionais de esportes como futebol e rúgbi durante *sprints* repetidos (12 séries de 6s em cicloergômetro, com intervalos passivos de 30 segundos). Foi possível observar um efeito positivo do PCI no pico de potência e potência média, porém apenas nas primeiras três séries, indicando influência do procedimento na potência anaeróbia. Também foi verificado um aumento da atividade eletromiográfica durante os *sprints* na situação PCI. Entretanto, para todas estas variáveis o tamanho do efeito foi classificado como pequeno.

Em outro estudo que usou *sprints* repetidos (18 *sprints* de 30 metros) com praticantes recreacionais de esportes coletivos para verificar a influência do PCI na potência anaeróbia, Griffin *et al.* (2018) avaliaram diversas variáveis desempenho nos *sprints*, percentual de decréscimo do desempenho, concentração de lactato e PSE. Em seus resultados puderam encontrar uma vantagem da situação PCI somente no percentual de decréscimo do desempenho ao longo dos *sprints*.

2.5.2. Capacidade anaeróbia

Na capacidade anaeróbia os resultados também são controversos (CARU *et al.*, 2019; MAROCOLO *et al.*, 2019), com uma prevalência de ausência de efeito ou até mesmo redução no desempenho (LALONDE; CURNIER, 2015; PAIXÃO; DA MOTA; MAROCOLO, 2014)

Cruz *et al.* (2016) submeteram ciclistas amadores a uma atividade de intensidade máxima de 60 segundos em cicloergômetros e compararam o desempenho da situação PCI e placebo em algumas variáveis como potência média, concentração de lactato e atividade eletromiográfica do quadríceps. Os autores encontram um aumento na potência média produzida durante o exercício e um possível aumento na ativação muscular.

Os trabalhos de Lalonde; Curnier (2015) e Paixão; Da Mota; Marocolo (2014), que investigaram a influência do PCI no desempenho de ciclistas e triatletas amadores no teste de Wingate, encontram uma ausência de efeito e uma redução no desempenho, respectivamente, na condição PCI quando comparada com a condição placebo ou controle. No artigo de Lalonde; Curnier (2015) não foi observada nenhuma diferença no potência média relativa, potência média absoluta e taxa de fadiga entre as condições (PCI e placebo). Paixão; Da Mota; Marocolo

(2014) encontraram uma redução da potência média e potência total na situação PCI, quando comparada com a situação controle. Neste mesmo trabalho não foram encontradas alterações na concentração de lactato e na taxa de fadiga.

A exemplo do trabalho de Paixão; Da Mota; Marocolo (2014), que realizaram verificaram o desempenho em testes anaeróbios em sequências (dois testes de Wingate seguidos), Martin *et al.* (2015) verificaram a influência do PCI no desempenho anaeróbio em jogadores de hóquei universitários utilizando três testes de Wingate consecutivos, com intervalo ativo de três minutos entre eles. Não foram encontradas diferenças significativas entre as situações (PCI e placebo) em nenhuma das variáveis de desempenho anaeróbio analisadas.

2.5.3. Capacidade Aeróbia

Os efeitos do PCI no desempenho em atividades em que a capacidade aeróbia é determinante são abundantes na literatura (CARU *et al.*, 2019). Grande parte dos resultados apresenta um efeito positivo no desempenho em exercícios do tipo o contrarrelógio (BAILEY *et al.*, 2012a), tempo até a exaustão e teste incremental (CRISAFULLI *et al.*, 2011; CRUZ *et al.*, 2015; DE GROOT *et al.*, 2010; KIDO *et al.*, 2015), e também efeitos positivo em algumas variáveis relacionadas ao desempenho aeróbio como consumo de oxigênio (CRUZ *et al.*, 2015; LARSEN *et al.*, 2011) e potência máxima gerada (DE GROOT *et al.*, 2010). Entretanto existem trabalhos que não encontraram efeito do PCI no desempenho aeróbio em atividades contrarrelógio (SEEGER *et al.*, 2017; TOCCO *et al.*, 2015) e tempo até a exaustão (BAILEY *et al.*, 2012a; CLEVIDENCE; MOWERY; KUSHNICK, 2012; JAMES *et al.*, 2016), além de ausência de efeito no consumo de oxigênio (BAILEY *et al.*, 2012a). E ainda, um trabalho encontrou um efeito positivo no desempenho em teste incremental máximo tanto na situação PCI quanto na situação placebo, quando comparadas com a situação controle (SABINO-CARVALHO *et al.*, 2017)

No trabalho de Kido *et al.* (2015) foram avaliados 15 homens fisicamente ativos em uma tarefa de intensidade incremental até a exaustão, quando os voluntários deveriam pedalar em um cicloergômetro, iniciando com uma intensidade baixa, passando por uma intensidade moderada e concluindo o teste com uma intensidade severa até a exaustão. Foram analisadas, dentre outras

variáveis, o consumo máximo de oxigênio, tempo até a exaustão e a taxa de desoxigenação dos músculos da coxa.

Como resultado, os autores puderam observar que o PCI não aumentou o consumo máximo de oxigênio, mas aumentou o tempo até a exaustão no exercício com intensidade severa. Além disso, os autores citam como um possível mecanismo para esse aumento no desempenho o aumento estatisticamente significativo na desoxigenação dos músculos avaliados, que reflete uma maior utilização do oxigênio disponível na musculatura.

Ainda em se tratando de atividades de tempo até a exaustão, Bailey *et al.* (2012a) não encontraram melhora no desempenho na situação PCI quando comparada com a situação controle. Neste trabalho com 13 homens fisicamente ativos, que realizaram teste incremental máximo e corrida contrarrelógio (ambos em esteira), o PCI não proporcionou um aumento no desempenho no tempo até a exaustão em teste de corrida, mas foi possível observar uma redução no tempo na tarefa contrarrelógio na situação PCI. Como uma possível explicação este aumento do desempenho os autores citam um outro resultado encontrado no estudo, que foi a atenuação do acúmulo de lactato apresentado na situação PCI.

Em outro trabalho utilizando tarefa de tempo até a exaustão, 20 ciclistas amadores realizaram uma atividade incremental em cicloergômetro com 30, 50 e 70% da potência máxima durante cinco minutos cada, e depois pedalarão até a exaustão em uma potência de 90% da máxima. As variáveis analisadas foram: tempo até a exaustão, consumo de oxigênio, ventilação, taxa de troca respiratória, frequência cardíaca e concentração de lactato e não foi observada diferença significativa dessas variáveis entre a situação PCI e controle. A única exceção foi a frequência cardíaca na intensidade de 30%, que foi mais alta na situação PCI. Com isso os autores concluíram que o PCI não foi capaz de alterar o desempenho em atividade submáxima e nem em atividades máximas (CLEVIDENCE; MOWERY; KUSHNICK, 2012).

Em um trabalho que mostrou um possível “efeito placebo” do PCI no desempenho aeróbio, Sabino-Carvalho *et al.* (2017) avaliaram 14 homens e 4 mulheres praticantes de corrida bem treinados em testes incrementais máximos. Nos resultados os autores encontraram um desempenho similar entre as situações PCI e placebo e significativamente maior do que o desempenho na situação controle.

2.5.4. Resistência e força muscular

Os estudos encontrados na literatura que verificaram os efeitos do PCI na força muscular são menos numerosos. Alguns trabalhos apontam para o aumento da força muscular (PARADIS-DESCHÊNES; JOANISSE; BILLAUT, 2016, 2017) e da resistência de força (TANAKA *et al.*, 2016). Um trabalho indicou uma influência positiva na força muscular, mas que essa influência desaparece com o tempo (MAROCOLO *et al.*, 2016a). E outro trabalho mostrou aumento na força e resistência de força tanto para o grupo controle quanto para o grupo placebo (MAROCOLO *et al.*, 2016b).

No primeiro estudo de Paradis-Deschênes; Joannis; Billaut (2016) sobre o tema, os autores buscaram verificar a influência do PCI no aumento da força em atletas bem treinados (atletas de levantamento de peso e de taekwondo). Neste trabalho os voluntários realizaram cinco séries de cinco repetições máximas em um dinamômetro isocinético. Foram analisadas as variáveis pico de força, média de força, desoxigenação do músculo vasto lateral, volume sanguíneo muscular em repouso e volume sanguíneo muscular entre as séries. Quando comparada com a situação placebo, a situação controle apresentou 46,5% de aumento no volume sanguíneo muscular em repouso, 11,8% de aumento no pico de força, 12,6% de aumento na média de força, 15,8% de aumento no consumo muscular de oxigênio (desoxigenação) e um aumento de volume sanguíneo muscular após as séries 1 e 5. Estes resultados sugerem que o PCI parece aumentar a capacidade de gerar força em homens treinados.

Em estudo com desenho experimental bem similar ao citado acima, Paradis-Deschênes; Joannis; Billaut (2017) tentaram a influência do PCI no desempenho de força em homens e mulheres. Como resultado encontrou um aumento de força na situação PCI apenas em homens, e uma atenuação do decréscimo de força na situação PCI somente nas mulheres. Também foi possível um pequeno aumento na desoxigenação muscular (apenas na série 1) nos homens e uma redução dessa variável para as mulheres na maioria das séries. Em conclusão os autores encontraram uma influência positiva do PCI no aumento de força em homens, o que não pode ser observado tão claramente em mulheres.

Para verificar a influência do PCI na resistência muscular Tanaka *et al.* (2016) realizam um trabalho com 12 homens fisicamente ativos, no qual fizeram uma contração isométrica

unilateral a 20% de sua contração voluntária máxima até a exaustão. Foram analisados o tempo até a exaustão, taxa de desoxigenação muscular e atividade eletromiográfica da musculatura envolvida. Observou-se um aumento no tempo até a exaustão e um aumento na desoxigenação na situação PCI quando comparada com a situação controle. Entretanto, não houve diferença significativa na atividade eletromiográfica entre as condições. Com isso foi possível concluir que o PCI aumentou a resistência muscular localizada e também a taxa de desoxigenação do músculo.

Em contrapartida, Marocolo *et al.* (2016b) colocou em cheque a influência do PCI no ganho de força ao encontrar resultados similares de aumento de força nas situações PCI e placebo, quando comparadas com a situação controle. Neste artigo os autores verificaram a influência do PCI no desempenho de indivíduos fisicamente ativos em três séries de repetições máximas com uma carga externa igual a 12-RM. Foi encontrado um pequeno aumento no desempenho (maior número de repetições realizadas) nas condições PCI e placebo quando comparados com a condição controle, sugerindo que esse aumento pode ser ocasionado por um “efeito placebo”.

2.5.5. Potência muscular

Foram encontrados apenas dois trabalhos que verificaram o efeito do PCI na potência muscular, sendo que em um deles o objetivo foi verificar se o PCI tem algum efeito na recuperação muscular (BEAVEN *et al.*, 2012; PAGE; SWAN; PATTERSON, 2017).

Beaven *et al.* (2012) desenvolveram um trabalho que visou, dentre outros objetivos, verificar a influência do PCI em algumas variáveis do salto com contramovimento e salto agachado como pico de potência, velocidade, aceleração, potência máxima e altura do salto, além da força e potência desenvolvida no exercício *leg press* medida por um dinamômetro. Neste trabalho foram avaliados 14 indivíduos (10 homens e 4 mulheres) fisicamente ativos, que foram submetidos às situações PCI e placebo e avaliados em dois momentos diferentes: imediatamente e 24 horas após as situações experimentais.

Como resultado, imediatamente após a intervenção, foram observados resultados divergentes no desempenho. Por um lado, na situação PCI, houve um aumento na altura do salto agachado, e por outro, uma redução na velocidade e aceleração no salto agachado e no pico de potência

no salto com contramovimento, quando comparados à situação placebo. Outras variáveis não apresentaram alterações. Nos testes realizados 24 horas após as intervenções foram encontrados resultados claramente favoráveis à situação PCI em relação à situação placebo. Foi observado um aumento na potência máxima gerada, pico de potência e aceleração no salto agachado. No salto com contramovimento foi encontrado um aumento no pico de velocidade. Também se verificou um aumento na potência máxima gerada no *leg press*. Outros efeitos nos testes 24 horas após as intervenções não foram claros.

Por fim, Beaven *et al.* (2012) concluíram que o PCI apresenta efeitos divergentes na potência muscular imediatamente após a intervenção, e efeitos positivo na potência 24 horas após o procedimento de PCI.

Page; Swan; Patterson (2017) buscaram avaliar a influência do procedimento de PCI em variáveis de dano muscular e desempenho entre 24 e 72 horas após exercícios desenvolvido para indução de dano muscular (100 saltos em profundidade). Foram avaliados 16 homens saudáveis, e as variáveis analisadas foram concentração de creatina quinase, dor muscular, altura no salto com contramovimento e contração voluntária isométrica máxima. Além de observarem uma melhora nas variáveis de dano muscular, houve também uma menor queda na contração voluntária isométrica máxima ao longo do tempo na condição PCI. Entretanto os autores não encontram melhora no desempenho no salto com contramovimento.

2.5.6. Percepção subjetiva de esforço (PSE)

Diversos trabalhos encontrados na literatura, com diferentes objetivos, analisaram também a influência do PCI na PSE (GRIFFIN *et al.*, 2018; HITTINGER *et al.*, 2014; LALONDE; CURNIER, 2015; MAROCOLO *et al.*, 2016b). Apesar de haver uma falta de consenso, a maior parte dos estudos mostra uma ausência de efeito (GIBSON *et al.*, 2014; MAROCOLO *et al.*, 2016a; PARADIS-DESCHÊNES; JOANISSE; BILLAUT, 2018).

Nos trabalhos que verificaram se o PCI influencia o desempenho em diferentes atividades como corrida contrarrelógio (BAILEY *et al.*, 2012a; PARADIS-DESCHÊNES; JOANISSE; BILLAUT, 2018), teste incremental máximo (BAILEY *et al.*, 2012a; HITTINGER *et al.*, 2014; SABINO-CARVALHO *et al.*, 2017), *sprints* repetidos (GIBSON *et al.*, 2014; GRIFFIN *et al.*,

2018; LALONDE; CURNIER, 2015), exercícios de força de repetições máximas (MAROCOLO *et al.*, 2016a, 2016b), teste de Wingate (LALONDE; CURNIER, 2015) não foram encontradas alterações na PSE entre as situações PCI e placebo/controle.

Entretanto, o estudo de Cruz *et al.* (2015), que investigou os efeitos do PCI no desempenho em teste incremental máximo realizado em cicloergômetro em 12 homens ciclistas treinados recreacionalmente, encontrou atenuação significativa no aumento da PSE durante o teste, com uma PSE geral significativamente menor na situação PCI ao final do teste.

2.5.7. Frequência cardíaca

Um grande número de trabalhos verificou a influência do PCI na frequência cardíaca em diferentes tipos de tarefas e é possível observar na literatura uma marcante ausência de efeito nesta variável, quando comparadas a situações PCI e placebo/controle (INCOGNITO; BURR; MILLAR, 2016). Alguns poucos trabalhos apresentaram um variações da frequência cardíaca na situação PCI em algumas situações pontuais (CLEVIDENCE; MOWERY; KUSHNICK, 2012; PARADIS-DESCHÊNES; JOANISSE; BILLAUT, 2018).

Podemos encontrar na literatura diversos trabalhos que não encontraram influência do PCI na frequência cardíaca (tanto máxima quanto submáxima) em tarefas de predominância aeróbia como: teste incremental máximo (BAILEY *et al.*, 2012a; DE GROOT *et al.*, 2010; JAMES *et al.*, 2016; KIDO *et al.*, 2015; MAROCOLO *et al.*, 2017; SABINO-CARVALHO *et al.*, 2017), exercício de intensidade constante até a exaustão (CRUZ *et al.*, 2015; KIDO *et al.*, 2015) e contrarrelógio (BAILEY *et al.*, 2012a; TOCCO *et al.*, 2015).

Em tarefas de predominância anaeróbia como teste de Wingate (MARTIN *et al.*, 2015) e *sprints* repetidos (ZINNER; BORN; SPERLICH, 2017) também não foram encontrados efeitos significativos do PCI na frequência cardíaca.

Paradis-Deschênes; Joannis; Billaut (2018) encontrou um aumento na frequência cardíaca na situação PCI durante uma tarefa de corrida contrarrelógio em indivíduos treinados praticantes de triatlo, *mountain bike* e ciclismo de estrada. Neste trabalho os autores visaram comparar os efeitos do PCI no desempenho em diferentes altitudes (baixa e moderada, 1200 m e 2400 m,

respectivamente) e encontraram esse aumento significativo da frequência cardíaca somente em baixa altitude.

Outro trabalho que encontrou um aumento na frequência cardíaca na situação PCI foi Clevidence; Mowery; Kushnick (2012). Os autores verificaram uma maior frequência cardíaca na situação PCI em tarefa submáxima em cicloergômetro (30% da potência máxima), em estudo com 12 ciclistas amadores. Entretanto, nas demais intensidades submáximas (50 e 70%) e em 90% da potência máxima até a exaustão, não foram verificadas diferenças na frequência cardíaca entre as condições.

2.5.8. Concentração de Lactato

A exemplo da frequência cardíaca, a influência do PCI na concentração de lactato é bem relatada na literatura, uma vez que é muito comum a medida desta variável durante os trabalhos que verificam a influência do PCI no desempenho em diferentes tarefas (GIBSON *et al.*, 2014; GRIFFIN *et al.*, 2018; MAROCOLO *et al.*, 2017; MARTIN *et al.*, 2015; SABINO-CARVALHO *et al.*, 2017). A maioria dos trabalhos encontrados na literatura relata ausência de efeito do PCI na concentração de lactato, quando comparado com a situação placebo/controlado (INCOGNITO; BURR; MILLAR, 2016; MAROCOLO *et al.*, 2019).

A concentração de lactato foi medida em diversos estudos durante diferentes tarefas como *sprints* repetidos (GIBSON *et al.*, 2014; KIDO *et al.*, 2015), testes incrementais máximos (GRIFFIN *et al.*, 2018; SABINO-CARVALHO *et al.*, 2017), teste de Wingate (MARTIN *et al.*, 2015), contrarrelógio (COCKING *et al.*, 2017; MAROCOLO *et al.*, 2017), repetições máximas (MAROCOLO *et al.*, 2016a, 2016b) sem que fossem encontrados efeitos do PCI.

Gibson *et al.* (2014) investigaram o efeito do PCI no desempenho em tarefa de *sprints* repetidos entre atletas de esportes coletivos de ambos os sexos, e dentre seus objetivos estava a comparação da influência do PCI entre homens e mulheres. Dentre os resultados encontrados, foi possível observar uma menor concentração de lactato pós exercício na situação PCI quando comparada com as situações controle e placebo, porém apenas nas mulheres.

Outro trabalho que verificou uma influência do PCI no lactato já foi citado anteriormente (BAILEY *et al.*, 2012a). Neste artigo os autores avaliaram 13 homens fisicamente ativos em

teste incremental máximo na esteira, quando encontraram uma menor concentração de lactato na situação PCI, porém apenas em nos estágios mais avançados do teste, quando a velocidade era de 14 km/h.

2.6 Protocolos de Pré-condicionamento isquêmico (PCI) e período de efeito

PCI é uma aplicação de breves períodos de isquemia (redução do fluxo sanguíneo para um tecido), seguidos por períodos similares de reperfusão sanguínea (retorno do fluxo sanguíneo ao tecido após isquemia) nos tecidos e que proporciona uma subsequente proteção tecidual contra lesões causadas por isquemia e reperfusão (THIJSSSEN *et al.*, 2016). Posteriormente constatou-se também que o PCI, além de proporcionar uma proteção dos tecidos, pode ser responsável por alterações no desempenho físico (INCOGNITO; BURR; MILLAR, 2016). Entretanto, seja se tratando de proteção tecidual ou desempenho físico, não é claro na literatura sobre o protocolo ótimo de PCI para que seus possíveis benefícios possam ser potencializados (CARU *et al.*, 2019). Inclusive, em se tratando de desempenho físico, este tem sido um fator de confusão das pesquisas relacionadas aos efeitos do PCI, sendo muito provavelmente um dos principais motivos da falta de consenso na literatura sobre os reais efeitos deste procedimento (CARU *et al.*, 2019; O'BRIEN; JACOBS, 2021).

Variáveis como volume muscular ocluído, duração do período de oclusão, duração do período de reperfusão, pressão utilizada para a oclusão, número de ciclos de oclusão/reperfusão, tempo entre o fim do período de PCI e o início do exercício ou teste apresentam grande variação na literatura (CARU *et al.*, 2019; INCOGNITO; BURR; MILLAR, 2016; MAROCOLO *et al.*, 2015; O'BRIEN; JACOBS, 2021).

De acordo com a literatura pesquisada, varia entre dois (BEAVEN *et al.*, 2012) e oito (COCKING *et al.*, 2017) o número de ciclos de PCI utilizados. A duração dos períodos de oclusão também é diversa, variando entre dois (ANDREAS *et al.*, 2011) e 10 minutos (TURNES *et al.*, 2018). Este número de ciclos parece influenciar os efeitos protetivos do PCI, pois um estudo encontrou este efeito quando foram realizadas três séries de isquemia/reperfusão, mas não foi observado o mesmo efeito quando foram realizadas apenas duas séries (LOUKOGEORGAKIS *et al.*, 2007). Apesar disso, não é possível fazer qualquer

relação entre o número de ciclos de PCI e o desempenho físico (INCOGNITO; BURR; MILLAR, 2016). Mesmo com falta de consenso, os últimos levantamentos feitos mostram que a maioria dos trabalhos utilizaram três ou quatro ciclos com cinco minutos de oclusão e cinco minutos de reperfusão (CARU *et al.*, 2019; INCOGNITO; BURR; MILLAR, 2016; MAROCOLO *et al.*, 2015, 2019). Um estudo que comparou diferentes protocolos de PCI verificou que o protocolo de 4x5 minutos de oclusão bilateral na coxa, intercalados por 5 minutos de reperfusão foi capaz de induzir uma melhora no desempenho em tarefas contrarrelógio, quando comparado com a situação placebo e também comparado com protocolos de 8x5 minutos de oclusão bilateral na coxa (maior número de séries), 4x5 minutos de oclusão unilateral na coxa (menor volume muscular ocluído) e 4x5 minutos de oclusão bilateral no braço (PCI remoto) (COCKING *et al.*, 2017).

Em geral os trabalhos investigam o efeito agudo do PCI, realizado no mesmo dia do exercício ou teste (CARU *et al.*, 2019). Entretanto, o trabalho de Lindsay *et al.* (2017) se propôs a verificar o efeito crônico do PCI, entre cinco e sete dias antes do exercício ou teste, e encontrou efeitos positivos no desempenho.

Quanto ao volume muscular submetido ao PCI, Loukogeorgakis *et al.* (2007) mostraram haver um pequeno efeito da quantidade de massa muscular ocluída no efeito protetivo proporcionado pelo PCI, pois em seu trabalho só foi possível observar este efeito com dois ciclos de isquemia/reperfusão quando o procedimento foi aplicado nos membros inferiores. Quando aplicado nos membros superiores foram necessários três ciclos para que os efeitos protetivos do PCI aparecessem. Apesar disso, não é possível fazer nenhum tipo de afirmação quanto a este efeito no desempenho físico (INCOGNITO; BURR; MILLAR, 2016).

Outro fator de confusão nos estudos sobre os efeitos do PCI no desempenho físico é a influência do efeito placebo nos resultados, uma vez que diversos trabalhos não tem em seu delineamento experimental a presença de um grupo placebo, colocando em dúvida os reais efeitos fisiológicos daquele procedimento (MAROCOLO *et al.*, 2015).

Ainda neste sentido, alguns trabalhos vem demonstrando que, mesmo com o grupo placebo, os resultados são questionáveis, pois nestes estudos os grupos placebo e PCI apresentaram melhoras similares e estatisticamente maiores do que o grupo controle, que não recebeu nenhum tratamento (MAROCOLO *et al.*, 2016b, 2016a).

Mais um fator de confusão que tem sido apontado nos estudos sobre o PCI é a característica dos voluntários, já que alguns participantes são atletas e a maioria são apenas indivíduos saudáveis e fisicamente ativos (CARU *et al.*, 2019; INCOGNITO; BURR; MILLAR, 2016). Neste sentido, parece que os benefícios do PCI no desempenho físico aparecem mais em indivíduos não atletas do que para os atletas (CARU *et al.*, 2019), tornando difícil que possamos transferir os resultados de aumento de desempenho ocasionado pelo PCI à população de atletas de alto rendimento (MAROCOLO *et al.*, 2015).

A pressão utilizada para realização da oclusão nos procedimentos de PCI também apresenta variações na literatura (INCOGNITO; BURR; MILLAR, 2016; MAROCOLO *et al.*, 2015). Os valores de pressão de oclusão variam de 180 mm Hg (LISBÔA *et al.*, 2017) até 300 mm Hg (KIDO *et al.*, 2015), sendo esses valores fixos durante os experimentos, não variando entre voluntários. Outra forma de determinação de pressão de oclusão utilizada é individualizando esses valores de acordo com cada indivíduo a partir da pressão arterial sistólica (PAS) (HITTINGER *et al.*, 2014; LALONDE; CURNIER, 2015), como forma de reduzir os possíveis riscos de problemas relacionados procedimentos que usam alta pressão de oclusão (O'BRIEN; JACOBS, 2021). Neste caso é medida a PAS de cada indivíduo e a esse valor são acrescidos de 10 a 50 mm Hg para determinação da pressão de oclusão (CARU *et al.*, 2016; HITTINGER *et al.*, 2014).

Outra variável apresentada na literatura é o tempo decorrente entre o fim da aplicação do PCI e o início do exercício ou teste, que varia de imediatamente após (BAILEY *et al.*, 2012b; BEAVEN *et al.*, 2012; GRIFFIN *et al.*, 2018), poucas horas após (LISBÔA *et al.*, 2017) e até 72 horas depois (BIRKELUND *et al.*, 2015). Esta variação é baseada na existência de duas janelas ou fases de efeito do PCI, sendo a fase precoce aquela que acontece logo após o término do PCI e com duração de aproximadamente uma ou duas horas, e a fase tardia, que começa entre 12 e 24 horas após o PCI e tem a duração entre 48 e 72 horas (HAUSENLOY; YELLON, 2010; O'BRIEN; JACOBS, 2021; ZHOU *et al.*, 2018). Em ambas as fases estão presentes os efeitos do PCI, sendo que na fase precoce parecem predominar os mecanismos relacionados à liberação de ON, adenosina e bradicinina, enquanto que na fase tardia aparentam ser mais presentes os mecanismos relacionados à hemóstase, respostas inflamatórias e expressão gênica (KOCH *et al.*, 2014). Não é clara na literatura a relação entre o tempo decorrido após o PCI e seu efeito no desempenho físico (INCOGNITO; BURR; MILLAR, 2016; O'BRIEN; JACOBS, 2021).

Ainda se tratando da duração dos efeitos do PCI, Bailey *et al.* (2012a) investigaram, dentre outras coisas, o efeito do PCI no desempenho físico em um teste progressivo máximo logo após os ciclos de oclusão/reperfusão e também em um exercício de corrida contrarrelógio que foi realizado depois do teste máximo, mas precedido por um período de repouso de 45 minutos na posição deitado. Estes autores puderam verificar efeitos positivos do PCI no desempenho tanto no teste máximo, quando houve uma queda no acúmulo de lactato sanguíneo, quanto na corrida contrarrelógio, quando houve uma redução no tempo. Estes achados sugerem que os efeitos do PCI permanecem mesmo após uma série inicial de esforço e um período de descanso, o que pode representar uma importante informação de aplicação prática, pois em competições esportivas os atletas poderão ser submetidos ao PCI ainda no período de aquecimento e possivelmente poderão usufruir de seus efeitos algum tempo depois, mesmo que já tenham realizados outros esforços e/ou tenham passado por períodos de descanso (BAILEY *et al.*, 2012a).

2.7 Caracterização do taekwondo

O taekwondo é uma modalidade esportiva de combate que pode ser caracterizada como atividade intermitente de alta intensidade (SANT'ANA *et al.*, 2017), na qual as principais ações dos atletas durante a luta são de curta duração e alta intensidade, intercaladas por ações de baixa intensidade porém mais longas, com valores de relação esforço:pausa relatados na literatura de 1:2 a 1:7 (BRIDGE *et al.*, 2014; CAMPOS *et al.*, 2012; LOPES-SILVA *et al.*, 2018). Entretanto, a demanda de uma luta de taekwondo geralmente não acontece de maneira isolada em uma competição, uma vez que todas as fases (classificatória, semifinal e final) são realizadas no mesmo dia, o que faz com que atletas que seguem vencendo possam realizar diversas lutas no dia (3 a 5 lutas), com intervalo de tempo entre elas variando bastante (14 a 227 minutos) (BRIDGE *et al.*, 2018).

Em termos de demanda energética, uma luta de taekwondo tem cerca de 66% da energia proveniente do sistema aeróbio, 30% do sistema anaeróbio alático e apenas 4% da energia é fornecida pelo sistema anaeróbio láctico, caracterizando assim uma modalidade com predominância do sistema aeróbio (CAMPOS *et al.*, 2012). Segundo estes mesmos autores, esta predominância se deve à duração total da luta (3 *rounds* de 2 minutos, com 1 minutos de

intervalo entre eles) (WORD TAEKWONDO, 2019) e à característica intermitente da luta de taekwondo, quando o sistema aeróbio tem importante papel na recuperação entre ações de alta intensidade, entre *rounds* e entre lutas. Sendo assim, apesar de sua predominância aeróbia, o taekwondo apresenta como determinante para o desempenho o metabolismo anaeróbio. A relação esforço/pausa característica da modalidade impõe uma alta demanda ao sistema anaeróbio, tornando-o determinante para o desempenho de um atleta de taekwondo (BRIDGE *et al.*, 2014).

Em seu trabalho de revisão, Bridge *et al.*, (2014) encontraram na literatura altos valores de Pico de Potência Anaeróbia Relativa (Pot_{pico}) e Média de Potência Anaeróbia Relativa ($Pot_{média}$) em testes de Wingate, tanto para homens (8,4 a 17,7 W/kg para Pot_{pico} e 6,6 a 9,2 W/kg para $Pot_{média}$) quanto para mulheres (6,6 a 10,2 W/kg para Pot_{pico} e 5,5 a 7,9 W/kg para $Pot_{média}$).

Também são relatados valores de concentração de lactato sanguíneo após lutas de taekwondo variando entre 10,5 e 13,9 mmol.l⁻¹ (BRIDGE *et al.*, 2018), o que sugere que a dessa capacidade para atletas de taekwondo.

Corroborando com a característica de alta demanda física da modalidade, altos valores de frequência cardíaca (192 a 194 bpm, 94% da $FC_{max.}$) e percepção subjetiva de esforço (PSE=14, na escala de Borg 6-20) são observados após lutas de taekwondo (BRIDGE *et al.*, 2018).

Além disso, são encontrados na literatura valores moderados de Potência Muscular de membros inferiores para atletas de taekwondo quando comparados com atletas de outras MEC no salto com contra movimento (SCM) (39,3 a 43,9 cm para homens e 26,4 a 32,8 para mulheres) (BRIDGE *et al.*, 2014). Desta forma, é possível inferir que o desempenho de atletas de taekwondo é determinado pela capacidade de geração de força através da contração muscular e ciclo alongamento-encurtamento (CAE), e pela capacidade de fornecimento de energia pelos sistemas fosfagênico (ATP-CP) e glicolítico.

Dentre os testes específicos para avaliar capacidades físicas de atletas de taekwondo estão o Frequency Speed of Kick Test (FSKT) e o Teste Progressivo Específico para Taekwondo (TET) (ALBUQUERQUE *et al.*, 2021; SANT'ANA *et al.*, 2017).

O TET representa uma possibilidade de avaliar a potência aeróbia de praticantes de Taekwondo, pois tem como uma de suas características a utilização dos movimentos específicos da modalidade (SANT'ANA *et al.*, 2017).

O FSKT é um teste rápido, barato e de fácil acesso utilizado para avaliar a capacidade anaeróbia de atletas de Taekwondo como uma alternativa a testes pouco acessíveis e nada específicos para a modalidade como o teste de Wingate (ALBUQUERQUE *et al.*, 2021; SANTOS; FRANCHINI, 2016; VILLANI; PETRILLO; DISTASO, 2007).

3 OBJETIVO GERAL

Verificar os efeitos do pré-condicionamento isquêmico no desempenho de atletas de taekwondo.

3.1 Objetivos Específicos

- Verificar os efeitos do pré-condicionamento isquêmico na potência aeróbia e no salto com contramovimento de atletas de taekwondo (estudo 1)
- Verificar os efeitos do pré-condicionamento isquêmico no desempenho anaeróbio e no SCM de atletas de Taekwondo em sucessivas demandas físicas (estudo 2)

4 HIPÓTESES

H₁: Haverá uma melhora na potência aeróbia dos atletas submetidos ao pré-condicionamento isquêmico quando comparados com a situação placebo (estudo 1).

H₂: Haverá melhora no desempenho no salto com contramovimento dos atletas submetidos ao pré-condicionamento isquêmico quando comparados com a situação placebo (estudo 1).

H₃: Haverá um menor aumento na percepção subjetiva do esforço e na frequência cardíaca dos atletas submetidos ao pré-condicionamento isquêmico quando comparados com a situação placebo (estudo 1).

H₄: Haverá uma menor queda nas variáveis de desempenho anaeróbio e no SCM nas sucessivas demandas de desempenho físico dos atletas submetidos ao pré-condicionamento isquêmico quando comparados com a situação placebo (estudo 2).

H₅: Haverá um menor aumento na frequência cardíaca e na percepção subjetiva do esforço nas sucessivas demandas de desempenho físicos dos atletas submetidos ao pré-condicionamento isquêmico quando comparados com a situação placebo (estudo 2).

5 MÉTODO

5.1. Participantes

No estudo 1 participaram 11 atletas de taekwondo, competidores da categoria faixa preta, divididos em níveis competitivos estadual (2), nacional (2) e internacional (7). Eram divididos em quatro mulheres e sete homens (média \pm desvio padrão; idade: $19,4 \pm 2,9$ anos; massa corporal: $62,3 \pm 10,5$ kg; estatura: $169,1 \pm 9,3$ cm; tempo de prática $6,6 \pm 1,6$ anos; tempo de treino semanal: $10,7 \pm 1,6$ horas). Os atletas participavam de aproximadamente 10 sessões de treino semanais, divididas entre treinos técnicos, táticos e físicos. Os atletas estavam fora do período competitivo, portanto não realizando nenhum procedimento para controle de peso, e reportaram não estar com nenhuma lesão em membros inferiores.

No estudo 2 participaram 14 atletas de Taekwondo, competidores da categoria faixa preta, divididos em níveis competitivos estadual (1), nacional (8) e internacional (5). Eram divididos em 6 mulheres e 8 homens (média \pm desvio padrão; idade: $18,21 \pm 2,67$ anos; massa corporal: $61,5 \pm 12,7$ kg; estatura: $169,6 \pm 10,7$ cm; tempo de prática $6,0 \pm 1,5$ anos; tempo de treino semanal: $12,0 \pm 1,9$ horas).

Todos os participantes foram orientados a não fazer qualquer tipo de restrição alimentar severa antes dos dias de coleta, bem como não fazer uso de substâncias de caráter ergogênico ou qualquer outra substância que pudesse afetar seu desempenho físico. Também foram orientados a fazer suas refeições normalmente conforme estavam acostumados, três horas antes do início de cada coleta (BRIDGE *et al.*, 2018).

Durante o tempo de intervalo entre os testes, os participantes permaneceram em repouso, sem uso de nenhum tipo de recurso que pudesse potencializar sua recuperação ou seu desempenho para os testes seguintes (como massagens, compressas, alongamentos, ouvir orientações do treinador, etc.) (BRIDGE *et al.*, 2018; LOPES-SILVA *et al.*, 2018), inclusive o procedimento de PCI, que foi realizado somente uma vez, antes do início dos testes.

Os voluntários foram instruídos e reportaram não realizar nenhuma atividade física vigorosa 24 horas antes dos dias de testes.

5.2 Cuidados Éticos

O trabalho foi submetido à apreciação pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de Minas Gerais e aprovado sob o número 35462920.0.0000.5149. A participação dos atletas foi de caráter anônimo e voluntário. Todos os participantes assinaram Termo de Consentimento Livre Esclarecido (anexo 1) ou Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (anexo 2), e os responsáveis legais também assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (anexo 3).

5.3. Procedimentos

Foi realizado um estudo cruzado randomizado (Figuras 1 e 2), no qual cada voluntário foi submetido a um procedimento inicial no primeiro dia de coleta. Neste procedimento inicial os voluntários participaram dos seguintes passos: 1) Preenchimento e assinatura do TCLE/TALE; 2) Avaliação antropométrica (massa e estatura) ; 3) Familiarização com as escalas CR10 de Percepção Subjetiva do Esforço (PSE) (BORG, 1998) e Percepção Subjetiva de Recuperação (PSR) (LAURENT *et al.*, 2011), 4) Determinação da pressão de oclusão (CARU *et al.*, 2016; HITTINGER *et al.*, 2014; O'BRIEN; JACOBS, 2021).

Posteriormente, cada voluntário foi submetido a duas situações diferentes, em momentos diferentes, com cinco a oito dias de intervalo entre elas: 1) Situação Pré-condicionamento Isquêmico (PCI) – quando o voluntário foi submetido ao protocolo de PCI (previamente estabelecido e apresentado posteriormente) antes da realização dos testes e 2) Situação Placebo (PLA) – quando o voluntário foi submetido ao protocolo que simula o PCI (previamente estabelecido e apresentado posteriormente) antes da realização dos testes.

Em cada uma das situações (PCI e PLA) os voluntários realizaram uma visita ao local das coletas, e essas visitas aconteceram sempre no mesmo turno, com a intenção de minimizar possíveis interferências da hora do dia no desempenho (BAILEY *et al.*, 2012a).

No estudo 1, conforme ilustrado na Figura 1, no primeiro dia de visita do estudo 1 o voluntário foi submetido às coletas iniciais (PSR e FC de repouso) a uma das situações experimentais (PCI ou PLA). Porém, antes de ser submetido à condição experimental o voluntário realizou três SCM, precedidos por três minutos de atividades preparatórias padronizadas (1 min de atividade envolvendo 20 m de corrida leve intercalada por 10 m de sprints , 10 SCM intercalados por corrida leve de 10 metros e um minutos de chutes à escolha do voluntário no boneco bob, dois

minutos de repouso) (SILVA *et al.*, 2018). Logo após a finalização da condição experimental, o voluntário realizou novamente procedimentos de coleta (PSR e FC de repouso), novo procedimento de aquecimento, realizou mais três SCM no tapete de contato e então realizou o teste aeróbio específico para o taekwondo (Teste Progressivo Específico para taekwondo – TET). Ao final do teste foram coletadas FC final e PSE. A concentração de lactato foi medida um e três minutos após o fim do teste. A PSE-sessão foi coletada 10 minutos após o fim do teste.

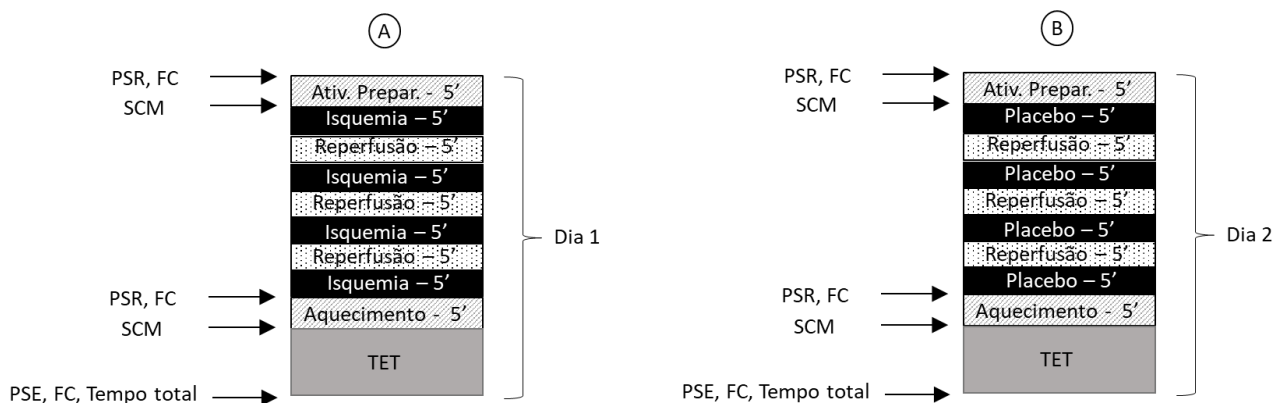
No segundo dia foram repetidos os procedimentos do primeiro dia, porém utilizando a condição experimental não realizada no primeiro dia.

Em cada um dos encontros foram realizadas as seguintes medidas, independentemente da condição experimental realizada (Figura 1):

- Antes do PCI: SCM, PSR, FC
- Antes do teste TET: SCM, PSR, FC
- Após o teste TET: PSE, FC, tempo total do teste.

FIGURA 1: Representação esquemática do delineamento da situação PCI (A) e PLA (B) do estudo 1.

PSR (Percepção subjetiva do esforço), FC (frequência cardíaca), SCM (salto com contramovimento), PSE (percepção subjetivo do esforço), Tempo total (tempo total até a exaustão no teste).



No estudo 2, conforme apresentado mais detalhadamente na figura 2, no primeiro dia de visita do estudo 2 os voluntários foram submetidos às coletas iniciais (PSR e FC de repouso) e a uma

das situações experimentais (PCI ou PLA). Logo após a finalização da situação experimental, os participantes realizaram novos procedimentos de coleta (PSR e FC de repouso). Em seguida foram realizados três minutos de atividades preparatórias padronizadas (um minuto de *sprints* de 10 metros intercalados com corrida leves de 20 metros, 10 saltos com contramovimento intercalados por corrida leve de 10 metros e um minutos de chutes a escolha do voluntário no boneco bob, dois minutos de repouso) (SILVA *et al.*, 2018). Posteriormente realizaram os SCM e então uma bateria de testes que visou se aproximar da demanda de um dia de competição de taekwondo, mas sem perder o controle das principais variáveis de desempenho analisadas, como poderia acontecer em uma competição simulada. Dentro desta lógica, para tentar se aproximar da demanda de uma luta oficial de taekwondo (que pode ter três *rounds* com duração entre um e dois minutos cada, com um minuto de intervalo) (WORLD TAEKWONDO, 2019), foram realizados três testes $FSTK_{mult}$ com intervalo de um minuto entre cada um deles (SILVA *et al.*, 2020). E tentando se aproximar da estrutura de uma competição de taekwondo, quando o atleta realiza diversos combates no mesmo dia (BRIDGE *et al.*, 2018), o procedimento acima (aquecimento, SCM e três testes $FSTK_{mult}$) foi repetido por três vezes, com intervalo de 30 minutos entre eles.

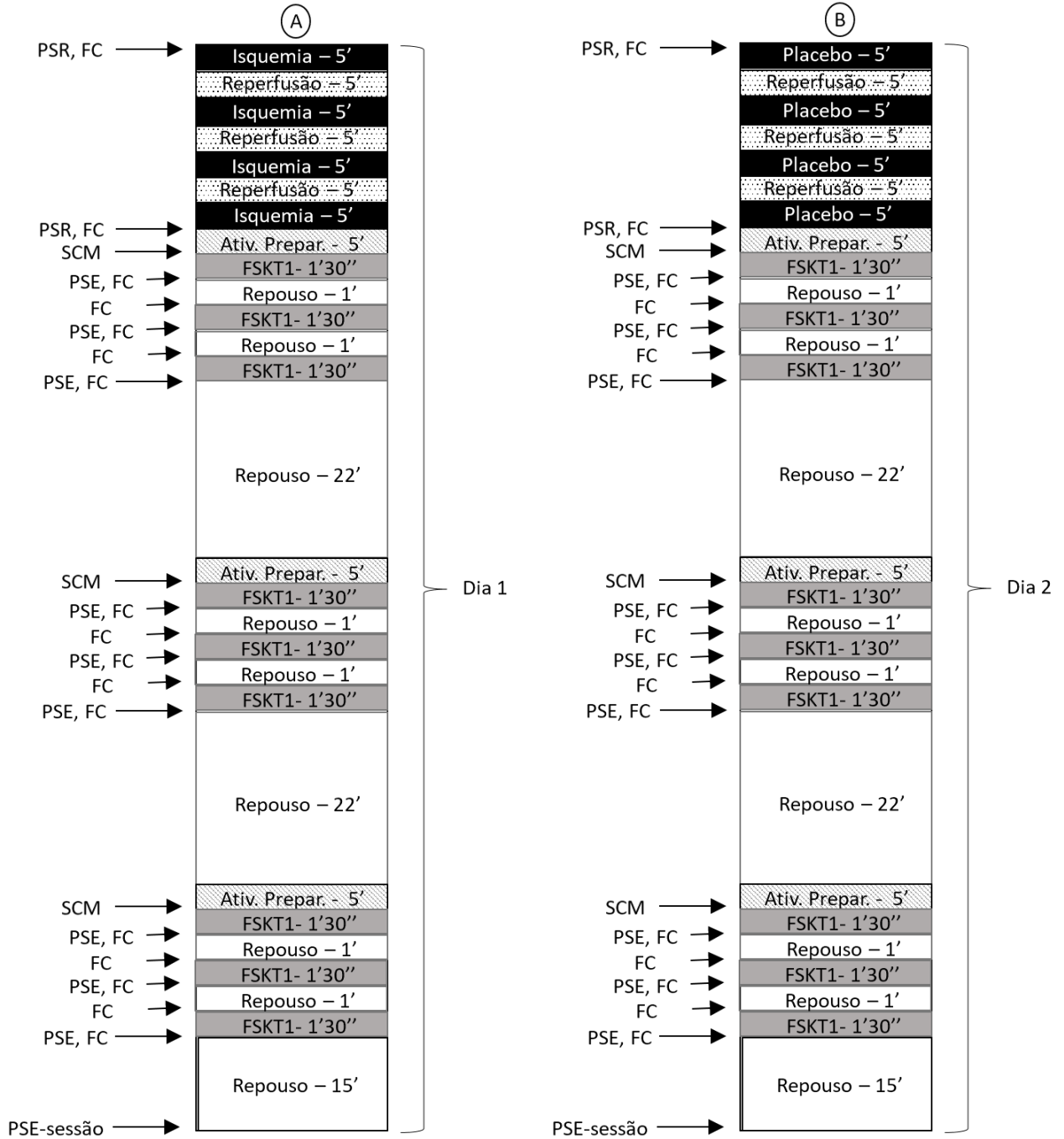
No segundo dia foram repetidos os procedimentos do primeiro dia, porém utilizando a outra situação experimental.

Em cada um dos encontros foram realizadas as seguintes medidas, independentemente da situação realizada (figuras 2):

- Antes do PCI: PSR, FC.
- Antes de cada aquecimento: PSR, FC.
- Após cada aquecimento: SCM.
- Após cada bloco de $FSTK_{mult}$: PSE, FC, número total de chutes por bloco.
- Antes de cada $FSTK_{mult}$: FC.
- Após cada $FSTK_{mult}$: FC, PSE, número total de chutes por teste.

FIGURA 2: Representação esquemática do delineamento da situação PCI (A) e PLA (B) do estudo 2.

PSR (Percepção subjetiva do esforço), FC (frequência cardíaca), SCM (salto com contramovimento), PSE (percepção subjetivo do esforço), PSE-sessão (percepção subjetiva de esforço da sessão), FSKT (teste anaeróbio específico)



5.4. Protocolo de PCI

Variáveis como volume muscular ocluído, duração do período de oclusão, duração do período de reperfusão, número de ciclos de oclusão/reperfusão, tempo entre o fim do período de PCI, pressão de oclusão e o início do exercício ou teste podem ter influência no efeito do PCI (INCOGNITO; BURR; MILLAR, 2016; MAROCOLO *et al.*, 2016b).

Inicialmente foi determinada pressão de oclusão (PO) individualizada, em cada membro inferior. Para isso, primeiramente foi realizada a medida da pressão arterial sistólica (PAS) dos membros inferiores direito e esquerdo utilizando um manguito de pressão arterial, posicionado na região proximal da coxa e um Doppler Vascular Portátil. Após a aferição da PAS, foram acrescentados 20 mm Hg ao encontrado pelo Doppler Vascular sendo esta medida considerada a PO individualizada para cada membro inferior (HITTINGER *et al.*, 2014).

Na situação PCI, os voluntários foram colocados na posição sentado e o mesmo manguito utilizado para determinação da PAS foi posicionado na região proximal de ambas as coxas. Para realizar a oclusão o manguito foi inflado até a PO individualizada para cada membro inferior. Foram realizadas quatro séries de oclusão (isquemia) com duração de cinco minutos cada uma delas, sendo intervaladas por cinco minutos de reperfusão (MAROCOLO *et al.*, 2019) (Figura 20).

Na situação PLA, o procedimento é o mesmo utilizado na situação PCI, com exceção à pressão aplicada pelo manguito, que foi de 20 mm Hg (ARRIEL *et al.*, 2020; GRIFFIN *et al.*, 2018; O'BRIEN; JACOBS, 2021) (Figura 20).

5.5. Testes Específicos

5.5.1. Teste aeróbio específico – Teste Progressivo Específico para taekwondo (TET)

O TET é realizado em um tatame e utiliza um alvo fixo (saco de pancada ou boneco *bob*) para que o voluntário realize os chutes. O teste consiste na realização de chutes alternados (perna direita e esquerda) no alvo, seguindo o ritmo determinado pelos sinais sonoros previstos pelo protocolo original do teste, com intervalos fixos entre os chutes em cada estágio. O primeiro estágio tem a duração de cem segundos e são realizados seis chutes, com um ritmo de 3,6

chutes/minuto. Por se tratar de um teste incremental, a cada estágio este ritmo aumenta, com a redução da duração e do aumento de número de chutes por estágio (tabela 2). Nos intervalos entre os chutes os voluntários devem se manter em posição de luta, preparados para realizar o próximo chute.

Os seguintes critérios são utilizados para a interrupção do teste: a) quando o voluntário não conseguir acompanhar a frequência de chutes determinada por sinal sonoro por duas vezes seguidas; b) não alcançar a altura previamente estipulada no alvo por duas vezes seguidas; c) interrupção voluntária.

TABELA 1: Detalhamento do protocolo do TET quanto a duração e número de chutes por estágio.

Estágios	Duração (s)	Duração ajustada e acumulada (s)
1	100	100
2	84	180
3	77,1	260
4	73,3	330
5	70,9	405
6	69,2	470
7	68,0	540
8	67,1	605
9	66,3	675
10	65,7	740
11	65,2	805
12	64,8	870

Fonte: Sant'ana; Silva; Guglielmo, 2009

O desempenho no teste é dado por algumas variáveis como a duração do teste, ponto de deflexão da FC, frequência máxima de chutes alcançada (SANT'ANA *et al.*, 2017). No presente estudo foi utilizada somente a duração do teste como parâmetro desempenho dos voluntários no teste.

O chute utilizado no TET é o *Bandal Tchagui* e o teste foi realizado utilizando um Boneco Bob de altura ajustável.

5.5.2. Teste anaeróbio específico – Frequency Speed of Kick Test (FSKT)

O FSKT pode ser realizado de duas formas: FSKT_{10s}, que consiste em realizar o maior número de chutes em um alvo pré-determinado, durante 10 segundos, alternando as pernas direita e esquerda; e FSKT_{mult}, que consiste na realização de cinco séries como a realizada no FSKT_{10s}, com 10 segundos de intervalo entre elas (ALBUQUERQUE *et al.*, 2021).

O desempenho no teste é medido pelo número de chutes realizados em cada série, número total de chutes realizados e pelo índice de decréscimo de chutes (IDC), que é calculado a partir da Equação 1 e indica a queda de rendimento durante o teste (SANTOS; FRANCHINI, 2018).

EQUAÇÃO 1: Índice de decréscimo de chutes (IDC)

$$IDC (\%) = 1 - \frac{[FSKT1 + FSKT2 + FSKT3 + FSKT4 + FSKT5]}{\text{melhor série} * \text{número de séries}} \times 100$$

Fonte: Santos; Franchini (2018)

No presente estudo foi utilizado o número total de chutes realizados em cada teste, como parâmetro desempenho dos voluntários no teste.

O chute utilizado no FSTK é o *Bandal Tchagui* e o teste foi realizado utilizando um Boneco Bob de altura ajustável.

5.6. Materiais

Massa e estatura foram medidas em uma balança digital com estadiômetro (modelo W300, Welmy, Santa Bárbara d'Oeste-SP, Brasil).

O SCM foi realizado em um tapete de contato (modelo S2 Elite Jump, S2 Sports, São Paulo-SP, Brasil) juntamente com um software (Elite Jump System, versão 2.10, S2 Sports, São Paulo-SP, Brasil).

A oclusão dos membros inferiores foi realizada por um manguito de pressão (17,5 cm de largura e 92 cm de comprimento; JPJ Materiais Hospitalares, São Paulo-SP, Brasil).

A verificação da PAS foi realizada utilizando um Doppler Vascular Portátil (modelo DV 610B, Medmega Indústria e Equipamentos Médicos, Franca-SP, Brasil).

A frequência cardíaca foi monitorada usando um cardiofrequencímetro (modelo Polar H10, Polar Electro, Kampele, Finlândia) juntamente com um software (Polar Team App, versão 1.9, Polar Electro, Kampele, Finlândia).

O instrumento utilizado para coleta da percepção de esforço foi a escala de PSE CR10 de Borg (BORG, 1998).

O instrumento utilizado para coleta da percepção de recuperação foi a escala de Percepção Subjetiva de Recuperação (PSR) (LAURENT *et al.*, 2011).

A oclusão dos membros inferiores foi realizada por um manguito de pressão (17,5 cm de largura e 92 cm de comprimento; JPJ Materiais Hospitalares, São Paulo-SP, Brasil).

5.7. Medidas

Estudo 1

- Percepção subjetiva de esforço (PSE);
- Percepção subjetiva de esforço da sessão (PSE-sessão)
- Tempo de duração do teste aeróbio máximo específico (TET);
- Altura do salto com contramovimento (SCM);
- Frequência cardíaca (FC).

Estudo 2

- Percepção subjetiva de recuperação (PSR);
- Percepção subjetiva de esforço (PSE);
- Percepção subjetiva de esforço da sessão (PSE-sessão);

- Número de chutes no teste anaeróbio específico (FSKT);
- Número de chutes totais por bloco no teste anaeróbio específico (FSKT);
- Número total de chutes por dia no teste anaeróbio específico (FSKT);
- Frequência cardíaca (FC);

5.8. Análise Estatística

Em ambos os estudos a normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk. Média e desvio padrão foram utilizadas para apresentar os dados. No estudo 1 o Teste *t* pareado foi utilizado para verificar a diferença da variável FC de repouso entre os momentos (pré PCI e pós PCI), e para verificar a diferença das variáveis FC final, tempo até a exaustão entre as condições (placebo e PCI) e a pressão de oclusão entre os membros direito e esquerdo. O Teste de Wilcoxon foi utilizado para verificar a diferença nas variáveis PSR entre os momentos (pré PCI e pós PCI) e para verificar as diferenças das variáveis PSE e PSE-sessão entre as condições (placebo e PCI). Para identificar possíveis diferenças na variável SCM foi utilizada a Anova *Two-way* de medidas repetidas [2 momentos (pré intervenção x pós-intervenção) x 2 condições (PLA x PCI)]. No estudo 2 o Teste *t* pareado foi utilizado para verificar a diferença das variáveis Chutes totais por dia e PSE-sessão entre as condições (placebo e PCI). O Teste de Wilcoxon foi utilizado para verificar a diferença PSR entre os momentos (pré PCI e pós PCI). Para identificar possíveis diferenças nas variáveis Chutes totais por bloco, FC ao final do bloco, SCM do bloco foi utilizado Anova *Two-way* de medidas repetidas [3 momentos (bloco 1, bloco 2 e bloco 3) x 2 condições (PLA x PCI)]. Para identificar possíveis diferenças nas variáveis PSR antes do bloco e PSE do bloco foi utilizado o teste o Two-Way não paramétrico de medidas repetidas [3 momentos (bloco 1, bloco 2 e bloco 3) x 2 condições (PLA x PCI)]. Para a estimativa do tamanho do efeito nas análises usando o Teste *t* foi utilizado o “d” de Cohen. Foi utilizado o tamanho do efeito “r” para o Teste de Wilcoxon. A seguinte escala foi utilizada para classificação do tamanho do efeito: trivial (<0,20), pequeno (0,2 a 0,49), moderado (0,50 a 0,79) e grande ($\geq 0,80$) (COHEN, 1988). Para o tamanho do efeito nas análises utilizando ANOVA foi utilizado o *eta* ao quadrado parcial (η^2). A seguinte escala foi utilizada para classificação do tamanho do efeito: trivial (>0,01), pequeno (0,01 a 0,05), moderado (0,06 a 0,13) e grande ($\geq 0,14$) (FIELD, 2013). O teste de *Bonferroni* foi usado como *post-hoc*. Nível de significância

adotado foi de $\alpha < 0,05$. A análise estatística dos dados foi realizada no software R, versão 4.0.5 (R CORE TEAM, 2021).

6 RESULTADOS

6.1 Resultados do Estudo 1

6.1.1. Pressão de Oclusão

Não foi encontrada diferença estatisticamente significativa [$t(10)=1,00$; $p=0,34$] na pressão de oclusão entre o membro inferior esquerdo (186 ± 22 mm Hg) e membro inferior direito (190 ± 19 mm Hg).

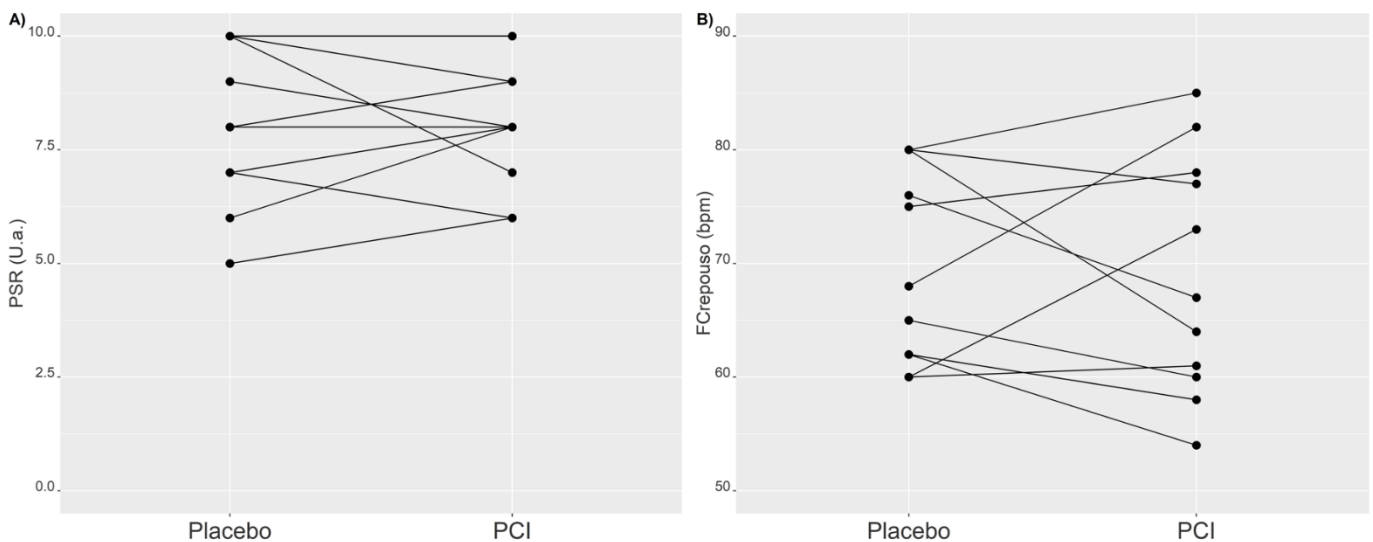
6.1.2. Variáveis pré-teste

Como pode ser visto no Gráfico 1A, o qual apresenta os resultados da PSR, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas [$t(10)=0,43$; $p=0,676$; $d=0,12$ (trivial)] entre condição PLA ($8,1\pm 1,7$) e condição PCI ($8,0\pm 1,2$).

Na medida de frequência cardíaca de repouso (Gráfico 1B), não foram observadas diferenças estatisticamente significativas [$t(10)=0,30$; $p=0,774$; $d=0,086$ (trivial)] entre as condições PLA ($69,8\pm 8,5$ bpm) e PCI ($69,0\pm 10,5$ bpm).

GRÁFICO 1: A) Percepção Subjetiva de Recuperação e B) Frequência Cardíaca de repouso para as condições PCI e PLA.

PSR (Percepção subjetiva do esforço), FCrepouso (frequência cardíaca de repouso), PCI (condição pré-condicionamento isquêmico).

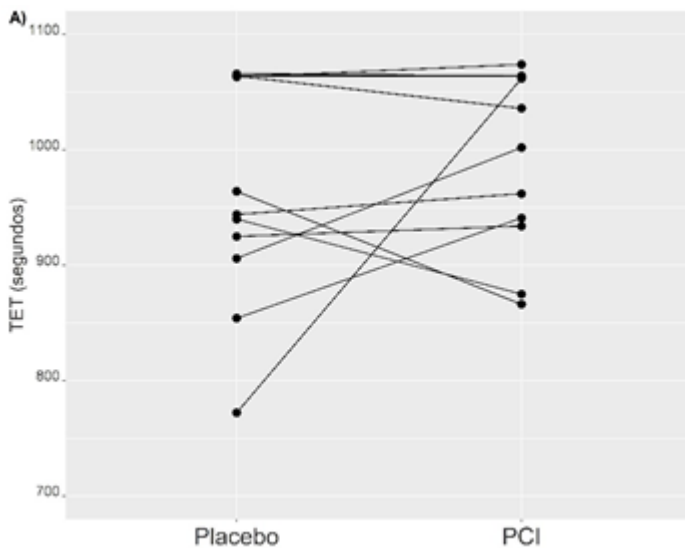


6.1.3. Variáveis pós-teste

Na medida de frequência cardíaca ao final do teste não foram observadas diferenças estatisticamente significativas [$t(10)=0,06$; $p=0,955$; $d=0,010$ (trivial)] entre as condições PLA (194 ± 9 bpm) e PCI (194 ± 7 bpm).

Na medida de tempo até a exaustão (Gráfico 2A) não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas [$t(10)=0,93$; $p=0,375$; $d=0,328$ (pequeno)] entre as condições PLA ($960,2,6\pm 97,4$ segundos) e PCI ($989,1\pm 77,7$ segundos).

GRÁFICO 2: Gráfico Tempo até a exaustão (TET) no TET para as condições PCI e PLA. TET (teste aeróbio específico), PCI (condição pré-condicionamento isquêmico).

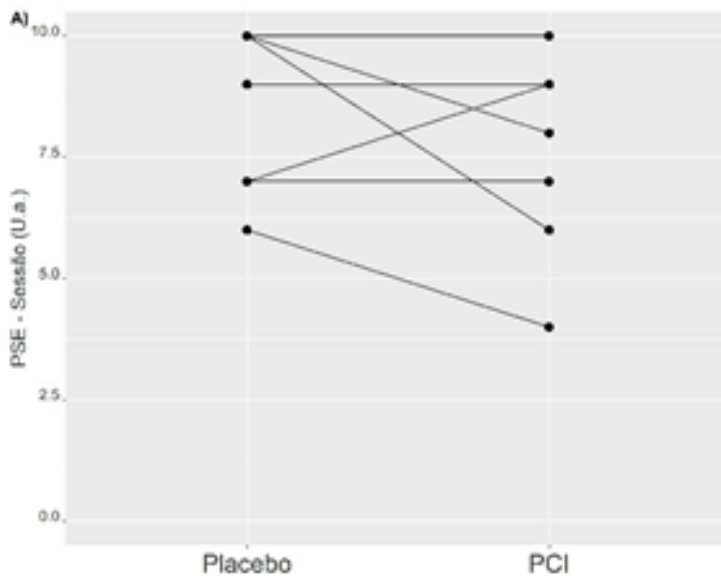


Na medida PSE não foram verificadas diferenças estatisticamente significativas [$v=1,5$; $p=1$; $r=0$ (trivial)] entre condição PLA ($9,6\pm 0,7$ u.a.) e condição PCI (0 u.a.).

Por fim, na PSE-sessão (Gráfico 3A) não foram observadas diferenças estatisticamente significativas [$v=5$; $p=0,571$; $r=0,088$ (trivial)] entre as condições PLA ($8,18\pm 1,6$) e PCI ($7,60\pm 1,78$).

GRÁFICO 3: Gráfico da PSE-sessão para as condições PCI e PLA.

PSE-sessão (Percepção Subjetivo de Esforço da Sessão), PCI (condição pré-condicionamento isquêmico).



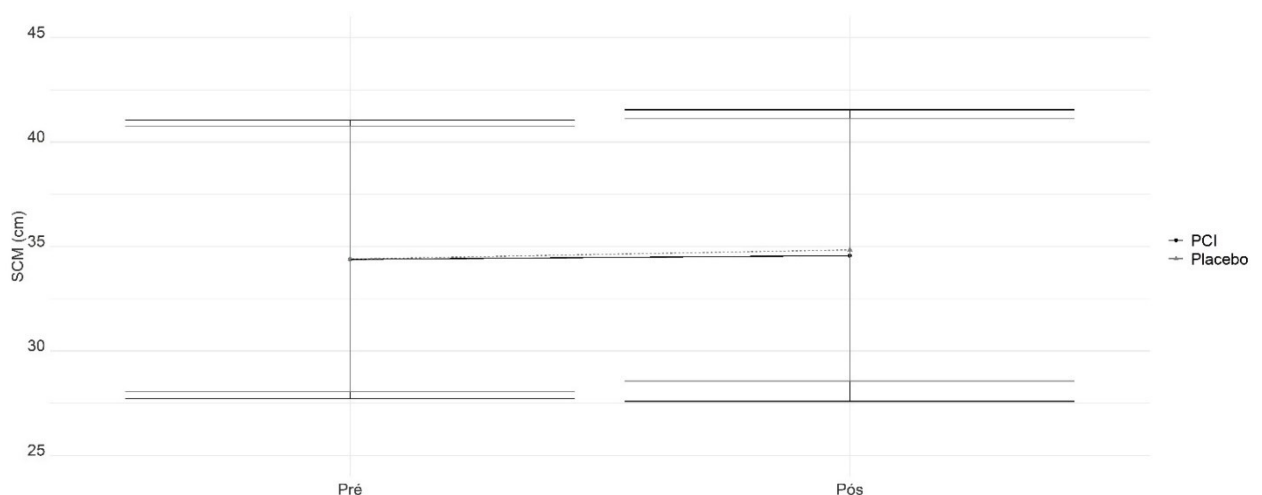
6.1.4. Salto com contramovimento (SCM)

Na medida de altura do SCM não houve efeito principal do momento [$F(1,38)=0,013$; $p=0,908$; $\eta^2=0,00027$ (trivial)], da condição [$F(1,38)=0,243$; $p=0,625$; $\eta^2=0,00038$ (trivial)] ou da interação entre momento e condição [$F(1,38)=0,010$; $p=0,921$; $\eta^2=0,00025$ (trivial)] (Gráfico 4).

GRÁFICO 4: Gráfico com média e desvio padrão do salto com contramovimento para as condições PCI e PLA nos momentos pré e pós.

SCM (salto com contramovimento), PCI (condição pré-condicionamento isquêmico).

Fonte: Elaboração própria



6.2 Resultados do Estudo 2

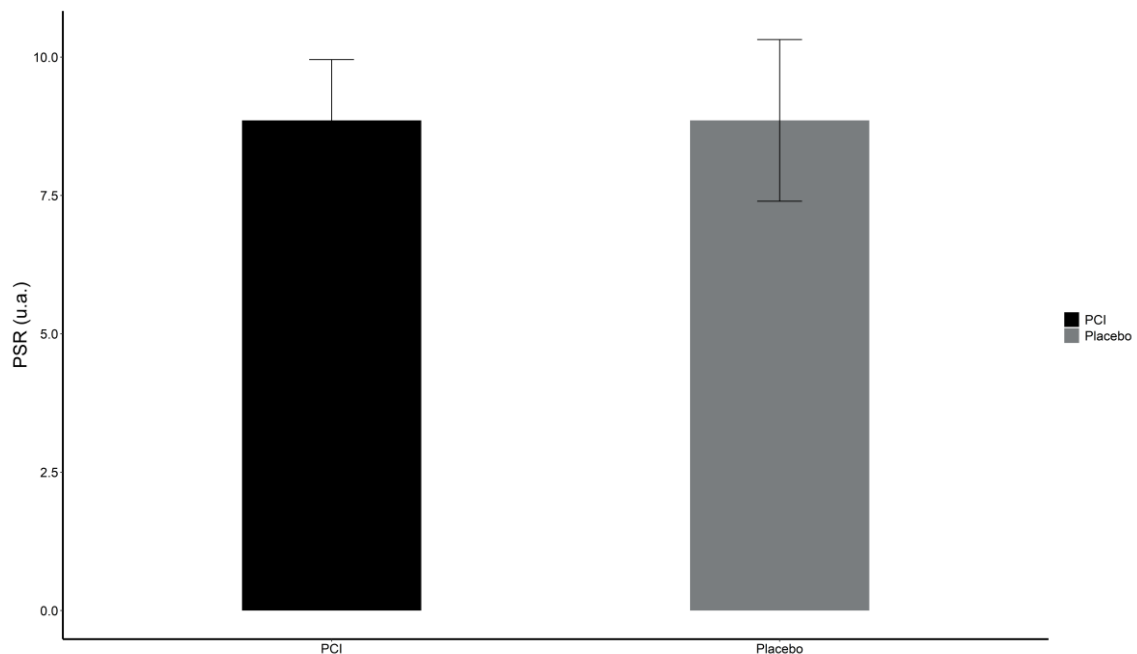
6.2.1. Pressão de Oclusão

Não foi encontrada diferença estatisticamente significativa [$t(13)=0,249$; $p=0,807$] na pressão de oclusão entre o membro inferior esquerdo ($192,1\pm 18,5$ mm Hg) e membro inferior direito ($191,4\pm 19,9$ mm Hg).

6.2.2. Variável pré-teste

Nos resultados referentes a Percepção Subjetiva de Recuperação (PSR) não foram observadas diferenças estatisticamente significativas [$v=21$; $p=0,901$; $r=0,028$ (trivial)] entre condição PLA ($8,9\pm 1,1$) e condição PCI ($8,9\pm 1,5$) (Gráfico 5).

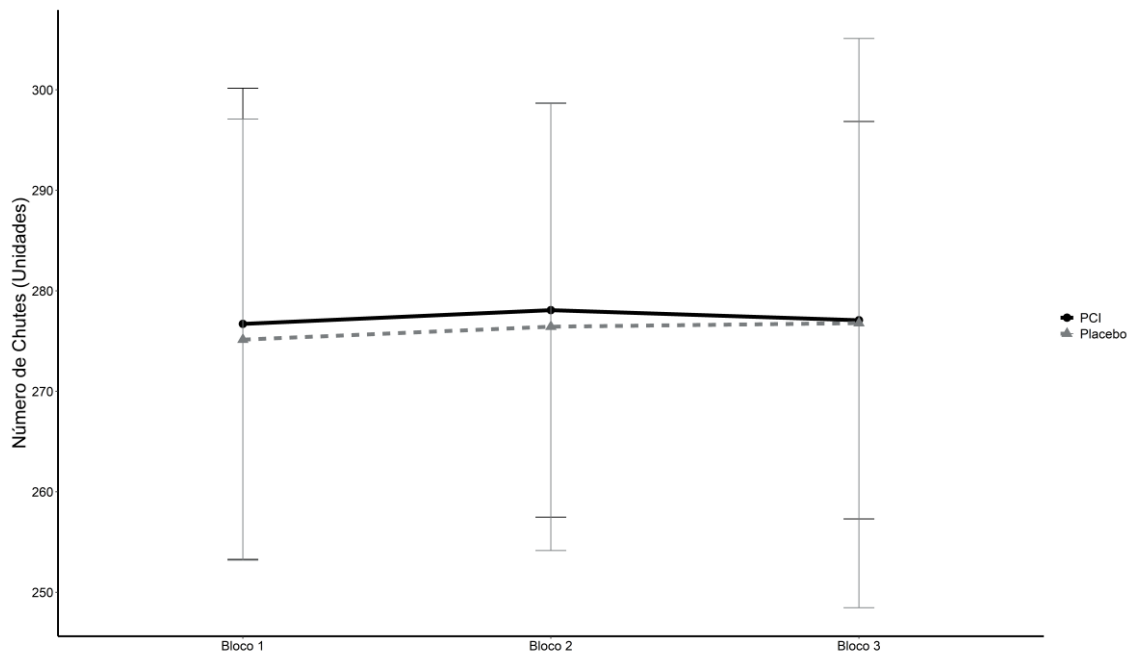
GRÁFICO 5: Gráfico de média e desvio padrão da PSR entre as condições PCI e Placebo. PSR (percepção subjetiva de recuperação), PCI (pré-condicionamento isquêmico)



6.2.3. Variáveis dos testes

Não houve efeito principal no Chutes Totais por Bloco (Chutes_Bloco) da condição [F(1,13)=0,171; p=0,686; η^2 =0,0007 (trivial)], do momento [F(2,26)=0,412; p=0,667; η^2 =0,0007 (trivial)] ou da interação entre momento e condição [F(2,26)=0,110; p=0,896; η^2 =0,0002 (trivial)] (Gráfico 6).

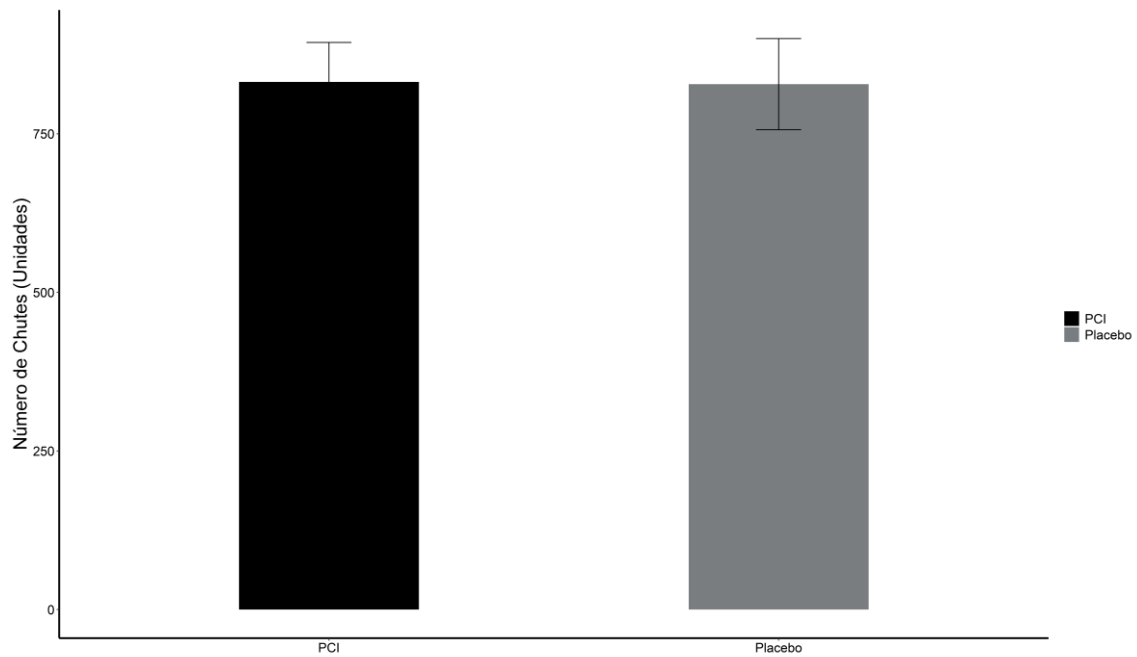
GRÁFICO 6: Gráfico de média e desvio padrão, de Chutes Totais por Bloco entre as condições PCI e Placebo.
PCI (pré-condicionamento isquêmico)



Para a variável Chutes Totais não foram observadas diferenças estatisticamente significativas [$t(13)=0,414$; $p=0,686$; $d=0,011$ (trivial)] entre condição PLA ($828,4\pm 71,8$ chutes) e condição PCI ($831,9\pm 62,1$ chutes) (Gráfico 7).

GRÁFICO 7: Gráfico de média e desvio padrão de Chutes Totais entre as condições PCI e Placebo.

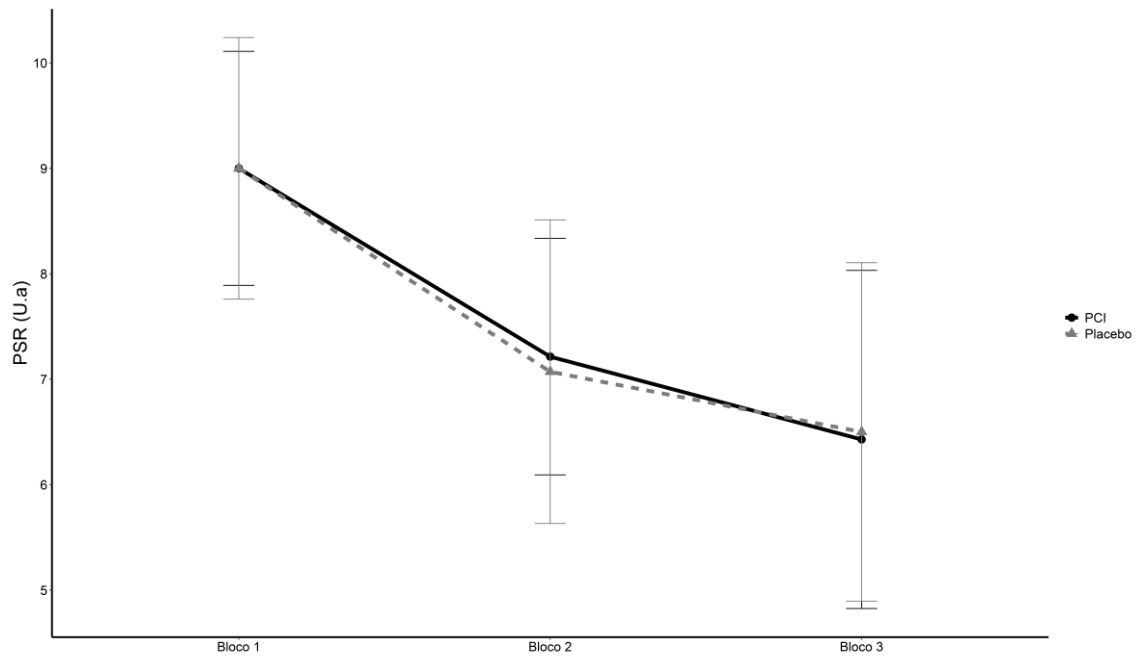
PCI (pré-condicionamento isquêmico)



Para os dados da PSR entre os blocos (PSR_Bloco) houve efeito principal do momento [F=49,25; p<0,001;], mas não houve efeito da condição [F=0,0078; p=0,929;] ou da interação entre condição e momento [F=0,403; p=0,818] (Gráfico 8). Houve uma redução progressiva estatisticamente significativa da PSR a cada bloco (bloco1>bloco2>bloco3) (p<0,001).

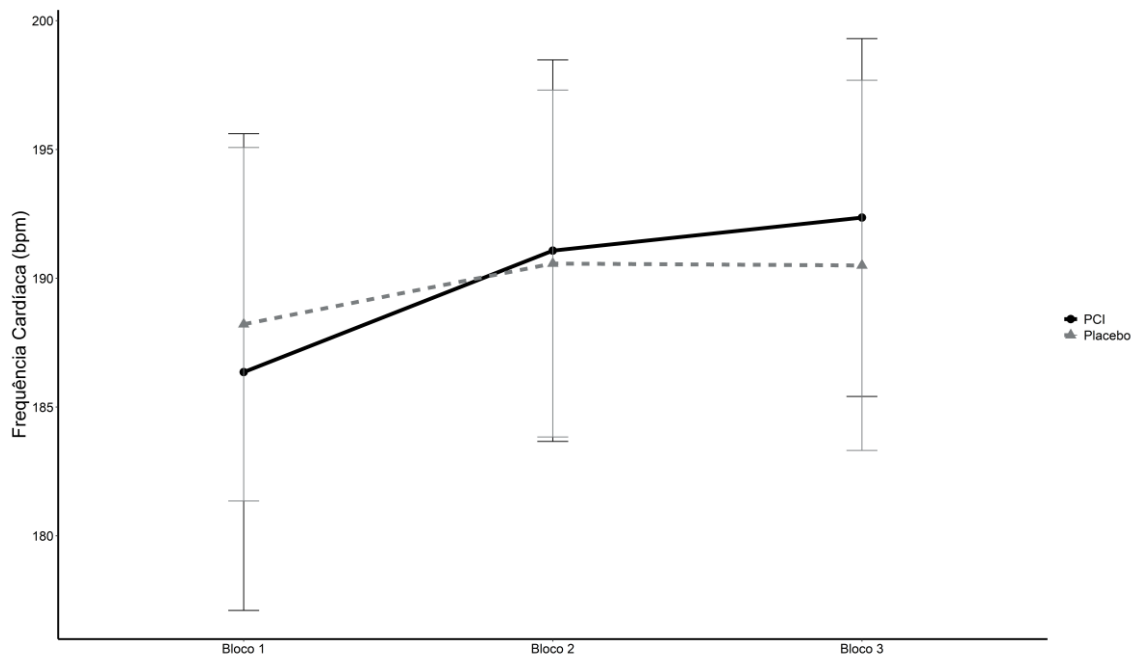
GRÁFICO 8: Gráfico de média e desvio padrão, de PSR_Bloco entre as condições PCI e Placebo.

PSR (percepção subjetiva da sessão); PCI (pré-condicionamento isquêmico).



Nos dados de FC Final por Bloco (FC_Bloco) foi encontrado efeito principal do momento [$F(2,26)=10,78$; $p=0,0004$; $\eta^2 =0,061$ (moderado)], mas não houve efeito da condição [$F(1,13)=0,009$; $p=0,924$; $\eta^2 =0,0001$ (trivial)] ou da interação entre condição e momento [$F(2,26)=3,21$; $p=0,057$; $\eta^2 =0,011$ (pequeno)] (Gráfico 9). Houve um aumento estatisticamente significativo da FC final do bloco 1 para o bloco 2 e do bloco 1 para o bloco 3 ($p<0,001$).

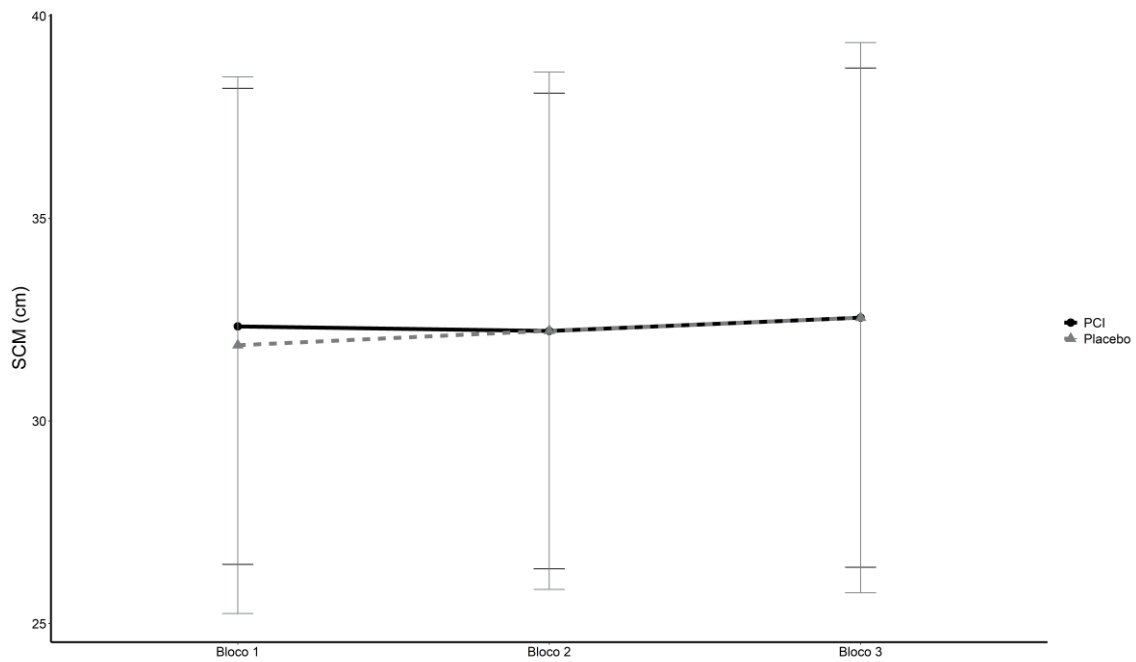
GRÁFICO 9: Gráfico de média e desvio padrão, da FC Final por bloco entre as condições PCI e Placebo.



Para a variável SCM não houve efeito principal da condição [$F(1,13)=0,124$; $p=0,731$; $\eta^2=0,00016$ (trivial)], do momento [$F(2,26)=0,798$; $p=0,414$; $\eta^2=0,00097$ (trivial)] ou da interação entre momento e condição [$F(2,26)=0,292$; $p=0,749$; $\eta^2=0,00033$ (trivial)] (Gráfico 10).

GRÁFICO 10: Gráfico de interação, com média e desvio padrão, de SCM por Bloco entre as condições PCI e Placebo.

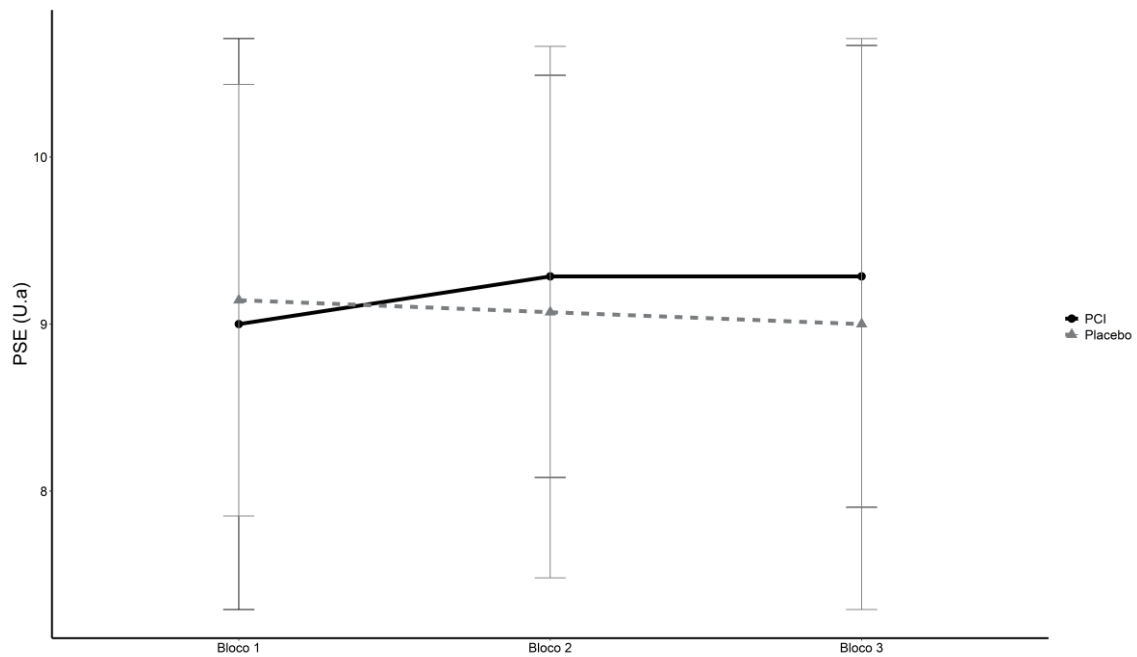
SCM (salto com contramovimento), PCI (pré-condicionamento isquêmico).



Para a variável PSE por Bloco (PSE_Bloco) não houve efeito principal da condição [$F=0,642$; $p=0,423$], do momento [$F=0,432$; $p=0,806$] ou da interação entre momento e condição [$F=0,956$; $p=0,620$]; (Gráfico 11).

GRÁFICO 11: Gráfico com média e desvio padrão, de PSE por Bloco entre as condições PCI e Placebo.

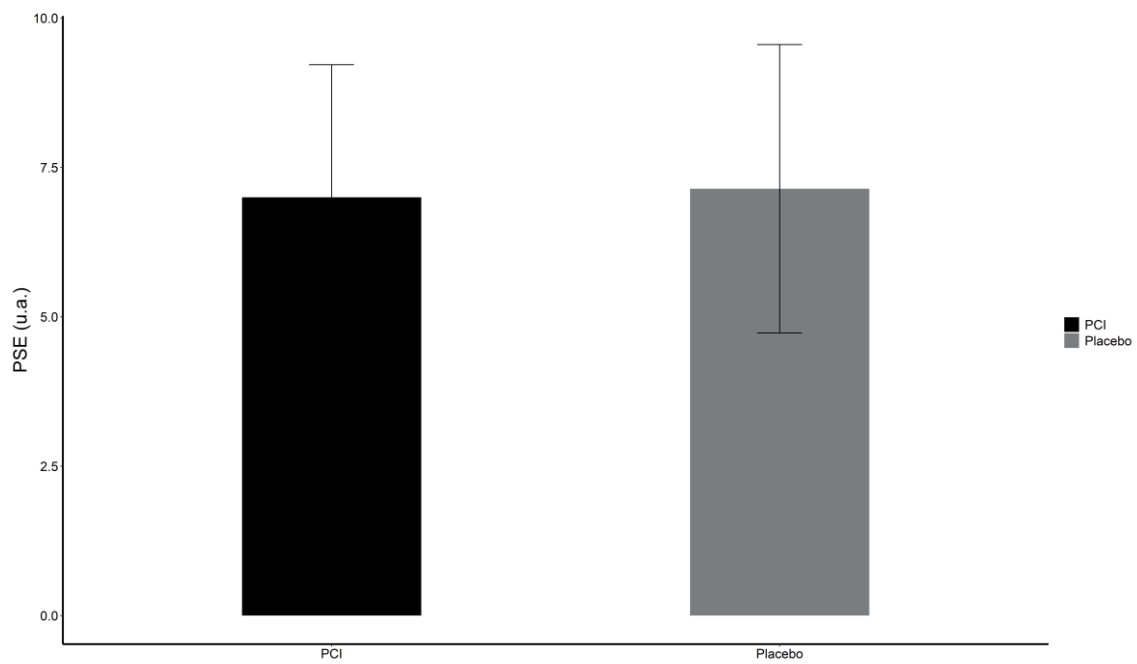
PSE (percepção subjetiva de esforço), PCI (pré-condicionamento isquêmico).



6.2.4. Variável pós-teste

Para os dados de PSE-sessão não foram observadas diferenças estatisticamente significativas [$t(13)=0,434$; $p=0,671$; $d=0,116$ (trivial)] entre condição PLA ($7,1\pm 2,4$) e condição PCI ($7,0\pm 2,2$) (Gráfico 12).

GRÁFICO 12: Gráfico de média e desvio padrão PSE-sessão entre as condições PCI e Placebo.



7 DISCUSSÃO

7.1 Discussão do Estudo 1

O objetivo do estudo 1 foi verificar os efeitos do pré-condicionamento isquêmico (PCI) na potência aeróbia de atletas de taekwondo em teste específico para a modalidade e no desempenho no SCM realizado pré e pós condição PCI e placebo. Os principais resultados do presente estudo mostraram que a realização de quatro ciclos de cinco minutos de oclusão de fluxo sanguíneo bilateral dos membros inferiores com pressão de oclusão definidas de forma individualizada, intercalados por cinco minutos de reperfusão, não influenciou a potência aeróbia e o desempenho no SCM em atletas de taekwondo, assim como não causou alterações nas respostas de FC e PSE durante as coletas. Deste modo, os resultados do estudo 1 não confirmam a hipótese dos efeitos benéficos do PCI na potência aeróbia e no SCM em atletas de taekwondo.

É possível encontrar um número considerável de estudos que reportaram efeitos positivos do PCI no: 1) desempenho em tarefas contrarrelógio e tempo até a exaustão (BAILEY *et al.*, 2012a; CRISAFULLI *et al.*, 2011; CRUZ *et al.*, 2015; KIDO *et al.*, 2015); 2) e em variáveis como consumo de oxigênio e potência gerada (CRUZ *et al.*, 2015; DE GROOT *et al.*, 2010; LARSEN *et al.*, 2011). Em testes incrementais máximos, como o do presente estudo, é possível verificar uma série de trabalhos que demonstraram ausência de efeito do PCI no desempenho (BAILEY *et al.*, 2012a; DE GROOT *et al.*, 2010; HITTINGER *et al.*, 2014; JAMES *et al.*, 2016).

Apesar de os mecanismos do PCI (tanto na proteção tecidual, quando no aumento do desempenho) ainda não estarem totalmente claros, a literatura apresenta algumas possíveis explicações que sustentam um aumento de desempenho da potência aeróbia causado pelo PCI. Por exemplo, uma menor taxa de depleção de ATP em músculos esqueléticos durante um período de isquemia, indicando uma redução do metabolismo energético durante a situação de estresse (ADDISON *et al.*, 2003; PANG *et al.*, 1994), e uma menor concentração de lactato durante a isquemia. Em outras palavras, esses trabalhos ajudam explicar resultados de estudos que encontram um aumento do tempo até a exaustão na situação PCI, mas não encontraram um aumento do consumo máximo de oxigênio, como Crisafulli *et al.* (2011). Esta maior eficiência metabólica também pode ser explicada pela maior utilização do oxigênio disponível na

musculatura, como foi encontrado no trabalho de Kido *et al.* (2015), que também verificou um maior tempo até a exaustão na condição PCI, mas sem um aumento no consumo máximo de oxigênio. Neste trabalho os autores encontraram uma maior taxa de desoxigenação da musculatura exercitada na condição PCI, que foi relacionada a uma maior atividade mitocondrial, mecanismo que utilizaram para explicar seus achados.

Ainda, uma maior eficiência muscular, apontada por diversos autores como mecanismo para explicar o aumento do desempenho ocasionado pelo PCI, parece ter grande relação com o Óxido Nítrico (ON) (CHO *et al.*, 2005; GRIFFIN *et al.*, 2018; INCOGNITO; BURR; MILLAR, 2016). Larsen *et al.* (2011), através do aumento da concentração de ON plasmático via suplementação oral, verificaram que o grupo suplementado apresentou uma redução do consumo de oxigênio em exercício submáximo e aumento do trabalho mecânico realizado por volume de oxigênio consumido, que foram explicados por um aumento da eficiência de oxidação de substratos para ressíntese de ATP, medida através da Eficiência de Fosforilação Oxidativa da mitocôndria (razão P/O), que foi um dos achados do estudo. O ON também está relacionado com outro mecanismo que ajuda a explicar a melhora do desempenho aeróbio causada pelo PCI: o aumento do fluxo sanguíneo observado no tecido muscular. Este aumento de fluxo sanguíneo está relacionado com um aumento da função endotelial, que por sua vez está relacionada com a liberação ON causada pelo aumento do estresse de cisalhamento ocasionado pelo PCI (especialmente durante a reperfusão). Neste sentido, Bailey *et al.* (2012b) utilizaram um eco doppler para medir uma variável de função do endotélio (Dilatação Mediada por Fluxo Sanguíneo - DMFS) em repouso e durante exercício físico extenuante, assim como na situação PCI e placebo. Em seus resultados foi possível observar que o exercício físico causa uma disfunção endotelial importante (medida pela redução da DMFS) e que o PCI foi responsável por anular esta disfunção endotelial causada pelo exercício, deixando os valores de DMFS similares àqueles encontrados pré-exercício. Outro resultado encontrado pelos autores foi um aumento do estresse de cisalhamento nos vasos sanguíneos durante o PCI (especialmente durante a reperfusão), que por sua vez está relacionada com o aumento da síntese de ON, que foi usada como explicação para a redução da disfunção endotelial encontrada na condição PCI.

Apesar de todos os mecanismos favoráveis ao aumento do desempenho aeróbio proporcionado pelo PCI apresentados, nossos resultados mostraram que o PCI não foi capaz de aumentar a potência aeróbia em teste incremental em atletas de taekwondo.

Quanto ao desempenho no SCM, poucos trabalhos são encontrados na literatura, e os resultados são divergentes. Page; Swan; Patterson (2017) avaliaram a influência do PCI no desempenho e dano muscular após uma tarefa de indução de dano muscular. Dentre as variáveis analisadas estava o SCM, que foi medido 24 e 72 horas após a realização do procedimento de PCI e exercício de indução de dano muscular. Os resultados encontrados pelos autores corroboram em parte com os nossos, uma vez que eles também não encontraram aumento no desempenho no SCM, ainda que em nosso trabalho foi avaliada a influência da primeira janela de efeito do PCI, no artigo acima citado as medidas de SCM aconteceram durante a segunda janela de efeito do PCI. Em direção oposta, Beaven *et al.* (2012) realizaram um trabalho no qual um dos objetivos foi avaliar a influência do PCI no desempenho no SCM e salto agachado (SA) nas duas janelas de efeito (imediatamente após e 24 horas após), e verificaram uma clara influência positiva do PCI em algumas variáveis do SCM e SA (velocidade, aceleração e potência) nas medidas realizadas 24 horas após, mas não tão clara assim imediatamente após. Os autores especularam que a melhora nestas variáveis possa ser explicada por um aumento na atividade eletromiográfica (EMG) causado pelo PCI e verificado anteriormente em estudos em modelo animal (PHILLIPS *et al.*, 1997). Esse aumento da atividade EMG é corroborado pelos trabalhos de Cruz *et al.* (2016) e Patterson *et al.* (2015), mas desta vez em humanos, durante o exercício anaeróbio. Os autores buscaram verificar, dentre outras coisas, o efeito do PCI na ativação muscular através da EMG e encontraram um aumento da atividade EMG na condição PCI durante o exercício. Estes aumentos na ativação muscular e sua íntima relação com o aumento de desenvolvimento de potência muscular nos induziu a hipotetizar um possível efeito positivo do PCI no desempenho no SCM, mas isso não foi confirmado pelos resultados.

Em relação à FC, há uma grande quantidade de estudos que, de uma maneira ou de outra, tentaram verificar se o PCI tem alguma influência nessa variável. Todavia, em nenhum deles a FC foi o objeto principal de investigação (CLEVIDENCE; MOWERY; KUSHNICK, 2012; DE GROOT *et al.*, 2010; KIDO *et al.*, 2015; PARADIS-DESCHÊNES; JOANISSE; BILLAUT, 2018). Em grande parte dos estudos não foram encontradas variações na FC durante diversos tipos de esforços (teste máximo, contrarrelógio, *sprints* repetidos, exercícios resistidos, etc.) ocasionadas pelo PCI. Por exemplo, nos trabalhos de De Groot *et al.* (2010) e Kido *et al.* (2015) foi possível observar uma ausência de efeito do PCI na FC máxima ao final de testes incrementais em cicloergômetros, o que corrobora com os resultados do presente estudo.

Os mecanismos do PCI previamente abordados nessa discussão, como o aumento da liberação de ON em tecidos pré-condicionados (GRIFFIN *et al.*, 2018; INCOGNITO; BURR; MILLAR,

2016), que está relacionada com o aumento da eficiência energética da célula muscular (LARSEN *et al.*, 2011) e também com o aumento da função endotelial e consequente aumento do fluxo sanguíneo (BAILEY *et al.*, 2012b) podem sugerir um menor aumento da FC durante exercícios aeróbios máximos. Entretanto, essa resposta, apesar de esperada, não é confirmada pelos resultados dos estudos presentes na literatura, assim como também não foi encontrada por nós no presente estudo.

Os efeitos do PCI sobre a PSE encontrados na literatura também variam bem entre redução e ausência de efeito, com uma leve tendência favorável a redução da PSE após o exercício observada em indivíduos pré-condicionados (INCOGNITO; BURR; MILLAR, 2016; MAROCOLO *et al.*, 2019). Um exemplo de trabalhos com efeito positivo do PCI sobre a PSE é o artigo de Lalonde; Curnier (2015), que encontrou menores valores de PSE em teste de Wingate nos indivíduos pré-condicionados. Neste mesmo sentido, Cruz *et al.* (2015) encontraram menores valores de PSE em exercício com alta intensidade e até a exaustão na situação PCI, quando comparada com a situação placebo. A explicação mais comum na literatura para esta menor sensibilidade do organismo pré-condicionado à fadiga está relacionada a uma inibição dos mecanismos de fadiga central, ocasionado pelo processo de PCI (CRISAFULLI *et al.*, 2011; CRUZ *et al.*, 2015). Inclusive, parte da explicação para o aumento do desempenho físico de indivíduos pré-condicionados pode estar relacionada a esta menor percepção de fadiga e um consequente aumento do recrutamento de unidades motoras. Há evidências que existe uma espécie de “reserva” de recrutamento da musculatura esquelética, mantida pelo sistema nervoso central (SNC) que evita que todas as unidades motoras presentes na musculatura exercitada sejam acionadas, mesmo durante o exercício máximo. Esta “reserva” é causada por uma resposta do SNC ao nível de esforço da musculatura exercitada. O SNC recebe uma sinalização do esforço realizado (indicação de fadiga), e gera uma inibição do *drive* motor central. Entretanto, parece haver uma influência do PCI na inibição desta sinalização de fadiga enviada ao SNC, o que proporciona uma redução da inibição do *drive* motor central, rompendo essa “reserva” e aumentando o número de unidades motoras recrutadas, que por consequência, aumenta a geração de contração muscular para o exercício físico (CRISAFULLI *et al.*, 2011; NOAKES, 2011).

Contraopondo os estudos acima, alguns trabalhos não encontraram efeito do PCI na PSE em *sprints* repetidos (GRIFFIN *et al.*, 2018), tarefas contrarrelógio (PARADIS-DESCHÊNES; JOANISSE; BILLAUT, 2018), exercícios resistidos (MAROCOLO *et al.*, 2016a), teste anaeróbio (LALONDE; CURNIER, 2015) e especialmente em testes incrementais máximos

(HITTINGER *et al.*, 2014; MAROCOLO *et al.*, 2017; SABINO-CARVALHO *et al.*, 2017), o que corrobora os resultados do presente estudo.

A primeira possível explicação para nossos resultados diz respeito às duas janelas de efeito do PCI. Ambas são capazes de oferecer os benefícios do PCI, entretanto, por mecanismos diferentes (ZHOU *et al.*, 2018). Em seus artigos de revisão, Koch *et al.* (2014) e Zhou *et al.* (2018) discorrem sobre os efeitos de proteção tecidual do PCI e citam os mecanismos relacionados às duas janelas. Na primeira janela de efeito do PCI, que vai de imediatamente após até aproximadamente duas horas após, os principais mecanismos que levam aos benefícios do PCI são mediados pela liberação de ON, adenosina e bradicinina, que tem como principais efeitos a vasodilatação e aumento da permeabilidade das paredes dos vasos sanguíneos. Na segunda janela de efeito, que começa entre 12 e 24 horas após o procedimento oclusão e reperfusão e tem duração de 48 a 72 horas, os principais mecanismos do PCI estão relacionados à expressão gênica e síntese de proteínas envolvidas na saúde endotelial (como o HIF-1 α , que ativa ações de angiogênese e controle vasomotor), respostas inflamatórias, hemóstase e metabolismo energético celular. Como no presente trabalho o exercício foi realizado alguns minutos após o procedimento de PCI, é possível que um dos principais mecanismos de aumento de desempenho aeróbio citado na literatura, que é o aumento da eficiência energética da célula, não tenha favorecido o desempenho dos atletas no teste aeróbio, uma vez que sua principal atuação acontece na segunda janela de efeito do PCI.

Apesar dos indícios apontados acima, ainda não é clara a relação entre os efeitos do PCI no desempenho e o tempo decorrido entre os ciclos de oclusão/reperfusão e o início dos exercícios (O'BRIEN; JACOBS, 2021). Segundo esses autores, a escolha do tempo entre o PCI o exercício nos trabalhos parece arbitrária (apesar de 70% dos trabalhos usarem o tempo de 30 minutos após) e são necessários mais estudos comparando estes diferentes tempos no desempenho.

Outra plausível explicação para os resultados é a grande variedade de protocolos utilizados nos estudos. Por exemplo, não é possível comparar entre si os trabalhos como o de Crisafulli *et al.* (2011) e James *et al.* (2016), que utilizaram tarefas incrementais e encontram resultados opostos no tempo até a exaustão entre a situação PCI e placebo. As configurações do protocolo de PCI entre os estudos apresentam diferenças consideráveis como ciclos oclusão/reperfusão (3x5 minutos / 4x5 minutos), pressão de oclusão (50 mm Hg acima da PAS / 220 mm Hg para todos) e volume muscular afetado pela oclusão (as duas coxas simultaneamente / apenas uma coxa por vez), que podem, por si só, ser motivo para a diferença nos resultados. Assim como o exemplo

acima, há uma enorme variedade de protocolos de PCI reportados em trabalhos na literatura, mostrando claramente a falta de consenso sobre um protocolo ótimo para gerar efeito no desempenho, o que torna a comparação entre os resultados encontrados bastante difícil (CARU *et al.*, 2019; O'BRIEN; JACOBS, 2021). Dessa forma, podemos presumir que, trabalhos que não encontraram efeito do PCI no desempenho podem simplesmente não ter utilizado um protocolo que seja capaz de otimizar esse efeito.

Uma terceira explicação para a ausência de efeito no desempenho encontrada em nosso trabalho pode ter relação com o tipo de tarefa utilizada e a sensibilidade do teste. A maioria dos trabalhos que encontra influência do PCI no desempenho aeróbio avaliou ciclistas em testes utilizando cicloergômetros (MAROCOLO *et al.*, 2019), que pode ser uma medida com mais sensibilidade, por se tratar de uma tarefa cíclica, contínua e com menos graus de liberdade do que a utilizada no presente estudo. Apesar de nosso trabalho ter utilizado o TET, um teste aeróbio específico para atletas de taekwondo já validado (SANT'ANA *et al.*, 2017) e ao qual os voluntários já estavam familiarizados, não encontramos estudos que reportassem a sensibilidade desse teste para aferir alterações sutis de desempenho. Um trabalho utilizou o TET para verificar a influência da estimulação transcraniana de corrente contínua (ETCC) no desempenho aeróbio de atletas de taekwondo também não encontrou efeito do tratamento no tempo até a exaustão (MESQUITA *et al.*, 2020). Dentre os diversos aspectos discutidos no artigo, os autores citam a complexidade motora do teste (quando comparada tarefas como o ciclismo) e o pouco controle de intensidade do teste (potência do chute e intensidade do *stepping* entre um chute e outro) como possíveis causas para a ausência de efeito do tratamento no desempenho no teste.

O nível de condicionamento físico dos voluntários também é outro fator que pode influenciar os resultados, uma vez que no presente estudo a amostra foi composta por atletas de nível competitivo na modalidade, com volume semanal médio de treinamento de quase 11 horas por semana, enquanto que estudos que encontraram efeito do PCI no desempenho aeróbio tiveram como amostra indivíduos saudáveis e/ou praticantes recreacionais de alguma modalidade esportiva, mas não atletas, que provavelmente têm maior possibilidade de aumento de desempenho (CRISAFULLI *et al.*, 2011; DE GROOT *et al.*, 2010; SABINO-CARVALHO *et al.*, 2017). A partir dos resultados de sua revisão, que analisou diversos artigos e verificou a influência do PCI no desempenho pelo tamanho do efeito (ES) e a *Smallest Worthwhile Change* (SWC), Marocolo *et al.* (2019) sugerem que o PCI possui um efeito de baixa magnitude em grande parte dos trabalhos analisados, e que, quando foram observados efeitos positivos e de grande magnitude, a amostra era composta por indivíduos sem altos níveis de treinamento.

Concluindo, os resultados do primeiro estudo mostram que o PCI, composto por 4x5 minutos de oclusão, intercalados por cinco minutos de reperfusão, realizados bilateralmente em membros inferiores, com pressão oclusão individualizada e imediatamente antes do exercício não foi capaz de provocar mudanças significativas no desempenho aeróbio e no desempenho no SCM de atletas de taekwondo. Entretanto, continua incerta a influência do PCI no desempenho físico, sendo necessário que sejam desenvolvidos mais estudos com esse intuito, com uma atenção especial para o tempo decorrido entre a aplicação dos ciclos de oclusão/reperfusão e a realização do exercício, uma vez que ainda não é claro a influência das diferentes janelas de efeito do PCI, assim como o possível efeito placebo presente no procedimento. Devido essa dúvida, atletas, treinadores e outros profissionais envolvidos na área devem repensar e fazer uma análise aprofundada caso a caso sobre a possível utilização do PCI como ferramenta de aumento de desempenho.

7.2 Discussão do Estudo 2

O objetivo do estudo 2 foi verificar os efeitos do pré-condicionamento isquêmico no desempenho anaeróbio de atletas de taekwondo em teste específico e no SCM em demandas sucessivas de esforço (três blocos separados por um intervalo de 30 minutos). Os principais resultados mostraram que a realização de quatro ciclos de cinco minutos de oclusão de fluxo sanguíneo bilateral de membros inferiores, com pressão de oclusão definida individualmente, intercalados por cinco minutos de reperfusão, não influenciou o desempenho anaeróbio dos atletas e o desempenho no SCM no protocolo testado. Também não causou alterações nas respostas de FC e PSE durante os sucessivos blocos. Com esses resultados, as hipóteses levantadas para o estudo 2 não foram confirmadas.

A despeito disso, os resultados corroboram com alguns trabalhos na literatura que não encontram influência do PCI no desempenho anaeróbio (LALONDE; CURNIER, 2015; MARTIN *et al.*, 2015). Por exemplo, em um desenho experimental que incluía esforços repetitivos (três testes de Wingate seguidos, intercalados por três minutos de pausa ativa), Martin *et al.* (2015) buscaram verificar a influência do PCI no desempenho anaeróbio em atletas universitários de hóquei, e não encontraram esse efeito em nenhuma das variáveis de desempenho anaeróbio analisadas (pico de potência, potência média e índice de fadiga). Nesse

mesmo sentido, Lalonde; Curnier (2015) realizaram um estudo com homens e mulheres fisicamente ativos utilizando o teste de Wingate para verificar se o PCI tem algum efeito sobre o desempenho anaeróbio e seus resultados mostraram que não houve nenhuma alteração no desempenho nas variáveis do teste de Wingate (potência máxima absoluta e relativa, potência média absoluta e relativa, índice de fadiga) na condição PCI quando comparada com a condição placebo.

Apesar dos resultados na literatura serem controversos e aparentemente com uma tendência à ausência de efeito do PCI no desempenho anaeróbio (MAROCOLO *et al.*, 2019), alguns mecanismos nos levaram a hipotetizar que esse efeito poderia ser positivo. Por exemplo, o estudo conduzido por Murry; Jennings; Reimer (1986) verificou os efeitos do PCI na proteção tecidual e indicava como possíveis mecanismos o menor acúmulo de metabólitos nos tecidos pré-condicionados. Estudos posteriores em modelo animal encontraram alguns resultados nesse mesmo sentido, como menor concentração de lactato na musculatura submetida ao PCI, assim como maior fluxo sanguíneo, que foi apontado como um dos mecanismos que explicavam essa menor concentração de lactato (PANG *et al.*, 1994). Estes achados foram corroborados em estudos com humanos durante o exercício físico, como por exemplo no trabalho de Bailey *et al.* (2012a), que pode observar um menor acúmulo de lactato em indivíduos submetidos ao PCI durante teste incremental máximo. Os autores afirmam não estar claro se esse menor acúmulo ocorre por uma menor produção ou uma maior remoção e reutilização desse lactato, mas citam como possível mecanismo para explicar esse resultado o aumento da função endotelial e um consequente aumento do fluxo sanguíneo, que pode ser responsável por sua maior remoção/reutilização. Esse aumento do fluxo sanguíneo em função do aumento da função endotelial já foi discutido em nosso estudo 1 e tem íntima relação tanto com a liberação de ON (que é um dos mecanismos prioritariamente observados na primeira janela de efeito do PCI), quanto com a expressão gênica e síntese de proteínas envolvidas na saúde endotelial (que são mecanismos prioritariamente observados na segunda janela de efeito do PCI) (KOCH *et al.*, 2014; ZHOU *et al.*, 2018).

Outro mecanismo possivelmente ligado ao aumento do desempenho anaeróbio ocasionado pelo PCI está relacionado à reprogramação gênica como uma das respostas teciduais à isquemia (STENZEL-POORE *et al.*, 2007). Em condições de hipóxia, o Fator de Indução de Hipóxia 1 Alfa (HIF-1 α) desencadeia uma série de reprogramações gênicas que estão relacionadas, dentre outras funções, ao metabolismo energético celular (DIRNAGL; BECKER; MEISEL, 2009), mais especificamente estimulando um processo de autofagia celular, que redistribui os

nutrientes de processos celulares menos necessários para os mais essenciais, estimulando então o processo de glicólise e aumentando a produção e disponibilidade de ATP no tecido pré-condicionado (KAELIN; RATCLIFFE, 2008). Em outra via deste mesmo processo relacionado ao HIF-1 α , parece haver uma menor demanda energética e uma consequente menor depleção de ATP no tecido muscular pré-condicionado, devido a uma concentração significativamente maior de fosfocreatina no tecido (KAELIN; RATCLIFFE, 2008; PANG *et al.*, 1994).

De acordo com Zhou *et al.* (2018) a reprogramação gênica e atuação do HIF-1 α está ligada a segunda janela de efeito do PCI. A exemplo do estudo 1, no presente estudo os testes também foram realizados no período de ação da primeira janela de efeito do PCI. É possível supor que uma parte dos mecanismos que levam ao aumento da função endotelial, e também os mecanismos de redução de depleção e aumento de produção de ATP no tecido muscular ainda não tenham sido acionados no momento da realização dos testes, o que pode ajudar a explicar a ausência de efeito do PCI no desempenho anaeróbio encontrada em nossos resultados.

Nossas hipóteses ainda foram motivadas, em parte, pelo trabalho de Bailey *et al.* (2012a) no qual os autores encontraram um efeito do PCI no desempenho em tarefas incrementais máximas e contrarrelógio com um intervalo de 45 minutos de pausa passiva entre elas. Martin *et al.* (2015) também investigaram o efeito do PCI no desempenho em sucessivos esforços vigorosos, porém com intervalos curtos (três minutos). Bailey *et al.* (2012a) foi o único estudo que encontramos que testou se os efeitos positivos do PCI no desempenho eram mantidos mesmo depois da realização de um esforço vigoroso, seguido por um grande intervalo de tempo, o que nos motivou a investigar esse efeito, devido a sua potencial importância para um atleta de taekwondo nos dias de competição. Entretanto, nossos resultados não corroboraram aqueles encontrados por Bailey *et al.* (2012a).

Não foram encontrados na literatura estudos que verificaram a influência do PCI no desempenho no SCM em demandas de esforços sucessivos em um mesmo dia, como fizemos em nosso trabalho. Desta forma, o mecanismo que nos levou a acreditar em um possível aumento do desempenho causado pelo PCI em uma única sessão de SCM, já amplamente discutido no estudo 1, foi o mesmo que nos levou a hipotetizar que haveria uma menor queda no desempenho no SCM em demandas de esforços sucessivos (estudo 2): aumento da atividade EMG nos músculos pré-condicionados. Esse aumento foi encontrado em estudo com animais (PHILLIPS *et al.*, 1997) e também em trabalhos realizados com seres humanos (CRUZ *et al.*, 2016; PATTERSON *et al.*, 2015). Porém, nossas hipóteses não foram confirmadas.

Nossas possíveis explicações para a falta de efeito do PCI sobre desempenho em sucessivos esforços anaeróbios e de SCM encontradas no presente estudo são essencialmente as mesmas que explicam essa falta de efeito também encontrada no estudo 1 desta tese. Desta forma, não entraremos em detalhes sobre essas explicações aqui novamente, uma vez que foi discutido previamente no estudo 1. Todavia, de forma rápida, podemos relembrar estes tópicos: a) a relação dos resultados encontrados com as janelas de efeito do PCI e seus diferentes mecanismos (KOCH *et al.*, 2014; ZHOU *et al.*, 2018); b) a variedade de protocolos de PCI utilizados nos estudos, mostrando uma falta de consenso sobre um protocolo ótimo que possa gerar efeitos do PCI no desempenho (O'BRIEN; JACOBS, 2021), c) o tipo de tarefa utilizada no presente estudo, que apresenta uma complexibilidade motora superior àquelas utilizadas nos principais estudos sobre o tema encontrados na literatura (ciclismos e corrida) (MAROCOLO *et al.*, 2019), e por consequência, provavelmente uma menor sensibilidade para verificar alterações de desempenho; d) o nível de condicionamento físicos dos participantes, uma vez que em nosso trabalho foram avaliados atletas bem treinados, enquanto na maioria dos estudos sobre PCI que foram observados efeito sobre o desempenho a amostra foi composta por indivíduos fisicamente ativos (CRUZ *et al.*, 2016; PATTERSON *et al.*, 2015; SABINO-CARVALHO *et al.*, 2017), que apresentam maior possibilidade de aumento de rendimento (MAROCOLO *et al.*, 2019).

Em conclusão, os resultados do estudo 2 mostram que o PCI, composto por 4x5 minutos de oclusão, intercalados por cinco minutos de reperfusão, realizados bilateralmente em membros inferiores, com pressão de oclusão individualizada, e imediatamente antes do exercício não foi capaz de provocar mudanças significativas no desempenho em demandas anaeróbias sucessivas com longos intervalos e de SCM de atletas de taekwondo. A exemplo do estudo 1, ainda restam diversas incertezas a respeito do efeito do PCI sobre o desempenho físico, sendo necessários mais estudos para que se possa tentar chegar a um consenso. Por fim, permanece a recomendação para que atletas, treinadores e todos aqueles envolvidos no treinamento esportivo façam uma avaliação criteriosa antes de decidirem pela utilização do PCI para aumento do desempenho físico.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O PCI pode ser considerado uma técnica com potencial influência no desempenho físico humano. Entretanto, os resultados encontrados na literatura são controversos. A indefinição sobre um protocolo ótimo de PCI para induzir alterações no desempenho e a impossibilidade de realização de um estudo cego que envolva procedimentos de PCI impedem que haja uma conclusão definitiva sobre seus possíveis efeitos no desempenho físico. Além disso, estudos sobre PCI e desempenho realizados com atletas e tarefas específicas para modalidades esportivas são bastante escassos. Até onde sabemos, o nosso é o primeiro trabalho envolvendo PCI e realizado com atletas de modalidades esportivas de combate.

Os resultados da presente tese demonstraram que o PCI, composto por quatro séries de cinco minutos de oclusão sanguínea, intercalados por cinco minutos de reperfusão, realizado bilateralmente nos membros inferiores, não foi capaz de gerar algum efeito no desempenho de atletas de taekwondo. No estudo 1 não foram verificadas variações impostas pelo PCI nas variáveis de desempenho do teste aeróbio incremental específico para o taekwondo e do SCM, assim como nas respostas de FC e PSE. Resultados similares foram encontrados no estudo 2, quando o PCI não foi capaz de induzir alterações no desempenho em demandas de esforço sucessivas em teste anaeróbio específico para o taekwondo e no SCM, e também nas respostas de FC e PSE nestas mesmas demandas sucessivas.

Uma hipótese é que estes resultados são explicados pelos seguintes fatores: a) tempo decorrido entre a realização do PCI e a aplicação dos testes de esforço, e sua relação com as janelas de efeito do PCI e seus diferentes mecanismos; b) a variedade de protocolos de PCI encontrados na literatura, levando a uma ausência de um protocolo ótimo que possa gerar efeitos do PCI no desempenho; c) a utilização de tarefas motoras mais complexas no presente estudo, o que limita a possibilidade de observação de variações sutis no desempenho; d) alto nível de condicionamento dos participantes deste trabalho, que tem menor possibilidade de aumento de desempenho quando comparados com indivíduos destreinados ou apenas fisicamente ativos. Novos estudos que se atentem às considerações acima levantadas se mostram necessários para que seja possível alguma afirmação sobre o real efeito do PCI sobre o desempenho físico.

Uma limitação do presente estudo foi a não utilização da concentração do lactato como uma variável relacionada ao desempenho. Devido a sua importância e seu potencial para ajudar a

encontrar e explicar possíveis efeitos do PCI no desempenho, ela inicialmente fazia parte do estudo e todo o procedimento de coleta foi feito incluindo esta variável. Entretanto, em ambos os estudos deste trabalho, devido a uma falha no equipamento, não foi possível analisar as amostras coletadas, o que nos obrigou a abrir mão desta variável.

Por fim, atletas, treinadores e demais envolvidos no treinamento esportivo devem fazer uma análise criteriosa antes de decidir utilizar o PCI como ferramenta para aumento do desempenho físico. A literatura ainda não é clara e apresenta resultados conflitantes, impossibilitando qualquer conclusão sobre a relação entre o PCI e o desempenho físico.

REFERÊNCIAS

- ADDISON, P. D. *et al.* Noninvasive remote ischemic preconditioning for global protection of skeletal muscle against infarction. **American Journal of Physiology - Heart and Circulatory Physiology**, v. 285, p. H1435–H1443, 2003.
- ALBUQUERQUE, M. R. *et al.* Relationship between Indirect Measures of Aerobic and Muscle Power with Frequency Speed of Kick Test Multiple Performance in Taekwondo Athletes. **International journal of sports medicine**, p. 1–8, 2021.
- ANDREAS, M. *et al.* Effect of ischemic preconditioning in skeletal muscle measured by functional magnetic resonance imaging and spectroscopy: A randomized crossover trial. **Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance**, v. 13, n. 32, p. 1–10, 2011.
- ARRIEL, R. A. *et al.* Ischemic preconditioning improves performance and accelerates the heart rate recovery. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 60, n. 9, p. 1209–1215, 2020.
- BAILEY, T. G. *et al.* Effect of ischemic preconditioning on lactate accumulation and running performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 44, n. 11, p. 2084–2089, 2012a.
- BAILEY, T. G. *et al.* Remote ischemic preconditioning prevents reduction in brachial artery flow-mediated dilation after strenuous exercise. **American Journal of Physiology - Heart and Circulatory Physiology**, v. 303, p. H533–H538, 2012b.
- BEAVEN, C. M. *et al.* Intermittent lower-limb occlusion enhances recovery after strenuous exercise. **Applied Physiology, Nutrition and Metabolism**, v. 37, p. 1–8, 2012.
- BIRKELUND, T. *et al.* Remote ischemic preconditioning does not increase circulating or effector organ concentrations of proopiomelanocortin derivatives. **Scandinavian Cardiovascular Journal**, v. 49, p. 257–263, 2015.
- BORG, G. **Borg's perceived exertion and pain scales**. Champaign: Human Kinetics, 1998.
- BRIDGE, C. A. *et al.* Physical and Physiological Profiles of Taekwondo Athletes. **Sports Medicine**, v. 44, n. 6, p. 713–733, 19 jun. 2014.
- BRIDGE, C. A. *et al.* Repeated Exposure to Taekwondo Combat Modulates the Physiological and Hormonal Responses to Subsequent Bouts and Recovery Periods. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 32, n. 9, p. 2529–2541, 2018.
- CAMPOS, F. A. D. *et al.* Energy demands in taekwondo athletes during combat simulation. **European Journal of Applied Physiology**, v. 112, n. 4, p. 1221–1228, 2012.

CARU, M. *et al.* Remote ischaemic preconditioning shortens QT intervals during exercise in healthy subjects. **European Journal of Sport Science**, v. 16, n. 8, p. 1005–1013, 2016.

CARU, M. *et al.* An overview of ischemic preconditioning in exercise performance: A systematic review. **Journal of Sport and Health Science**, v. 8, p. 355–369, 2019.

CHO, S. *et al.* Obligatory role of inducible nitric oxide synthase in ischemic preconditioning. **Journal of Cerebral Blood Flow and Metabolism**, v. 25, p. 493–501, 2005.

CLEVIDENCE, M. W.; MOWERY, R. E.; KUSHNICK, M. R. The effects of ischemic preconditioning on aerobic and anaerobic variables associated with submaximal cycling performance. **European Journal of Applied Physiology**, v. 112, p. 3649–3654, 2012.

COCKING, S. *et al.* Is there an optimal ischemic-preconditioning dose to improve cycling performance? **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 13, n. 3, p. 274–282, 2017.

COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. 2^a edição ed. New York: Routledge, 1988.

CRISAFULLI, A. *et al.* Ischemic preconditioning of the muscle improves maximal exercise performance but not maximal oxygen uptake in humans. **Journal of Applied Physiology**, v. 111, p. 530–536, 2011.

CRUZ, R. S. DE O. *et al.* Effects of ischemic preconditioning on maximal constant-load cycling performance. **Journal of Applied Physiology**, n. 119, p. 961–967, 2015.

CRUZ, R. S. DE O. *et al.* Effects of ischemic preconditioning on short-duration cycling performance. **Applied Physiology, Nutrition and Metabolism**, v. 41, n. 8, p. 825–831, 2016.

DE GROOT, P. C. E. *et al.* Ischemic preconditioning improves maximal performance in humans. **European Journal of Applied Physiology**, v. 108, p. 141–146, 2010.

DIRNAGL, U.; BECKER, K.; MEISEL, A. Preconditioning and tolerance against cerebral ischaemia: from experimental strategies to clinical use. **The Lancet Neurology**, v. 8, n. 4, p. 398–412, 2009.

FIELD, A. **Discovering statistics using IBM SPSS Statistics**. 4. ed. London: Sage, 2013.

GARCIA-BONILLA, L. *et al.* Immune mechanisms in cerebral ischemic tolerance. **Frontiers in Neuroscience**, v. 8, n. 44, p. 1–19, 2014.

GIBSON, N. *et al.* Effect of ischemic preconditioning on land-based sprinting in team-sport athletes. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 8, n. 6, p. 671–676, 2013.

GIBSON, N. *et al.* Effect of ischemic preconditioning on repeated sprint ability in team sport athletes. **Journal of Sports Sciences**, v. 33, n. 11, p. 1182–1188, 2014.

GINIS, I. *et al.* TNF- α -induced tolerance to ischemic injury involves differential control of NF- κ B transactivation: The role of NF- κ B association with p300 adaptor. **Journal of Cerebral Blood Flow and Metabolism**, v. 22, p. 142–152, 2002.

GRIFFIN, P. J. *et al.* Effects of local versus remote ischemic preconditioning on repeated sprint running performance. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 59, n. 2, p. 187–194, 2018.

GÜRKE, L. *et al.* Mechanisms of ischemic preconditioning in skeletal muscle. **Journal of Surgical Research**, v. 94, p. 18–27, 2000.

HAILE, W. B. *et al.* Tissue-type plasminogen activator has a neuroprotective effect in the ischemic brain mediated by neuronal TNF- α . **Journal of Cerebral Blood Flow and Metabolism**, v. 32, p. 57–69, 2012.

HAUSENLOY, D. J.; YELLON, D. M. The Second Window of Preconditioning (SWOP) where are we now? **Cardiovascular Drugs and Therapy**, v. 24, p. 234–254, 2010.

HITTINGER, E. A. *et al.* Ischemic preconditioning does not improve peak exercise capacity at sea level or simulated high altitude in trained male cyclists. **Applied Physiology, Nutrition and Metabolism**, v. 40, n. 1, p. 65–71, 2014.

INCOGNITO, A. V.; BURR, J. F.; MILLAR, P. J. The Effects of Ischemic Preconditioning on Human Exercise Performance. **Sports Medicine**, v. 46, n. 4, p. 531–544, 2016.

JAMES, C. 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, 2016.

JEFFRIES, O. *et al.* Enhanced local skeletal muscle oxidative capacity and microvascular blood flow following 7-day ischemic preconditioning in healthy humans. **Frontiers in Physiology**, v. 9, n. 463, p. 1–12, 2018.

KAELIN, W. G.; RATCLIFFE, P. J. Oxygen Sensing by Metazoans: The Central Role of the HIF Hydroxylase Pathway. **Molecular Cell**, v. 30, n. 4, p. 393–402, 23 maio 2008.

KAWATA, H. *et al.* Ischemic preconditioning upregulates vascular endothelial growth factor mRNA expression and neovascularization via nuclear translocation of protein kinase C ϵ in the rat ischemic myocardium. **Circulation Research**, v. 88, n. 7, p. 696–704, 2001.

KIDO, K. *et al.* Ischemic preconditioning accelerates muscle deoxygenation dynamics and enhances exercise endurance during the work-to-work test. **Physiological Reports**, v. 35, n. 5, p. 1–10, 2015.

KILDING, A. E.; SEQUEIRA, G. M.; WOOD, M. R. Effects of ischemic preconditioning on economy, VO₂ kinetics and cycling performance in endurance athletes. **European Journal of Applied Physiology**, v. 118, p. 2541–2549, 2018.

KOCH, S. *et al.* Biomarkers for ischemic preconditioning: Finding the responders. **Journal of Cerebral Blood Flow and Metabolism**, p. 933–941, 2014.

KOTI, R. S.; SEIFALIAN, A. M.; DAVIDSON, B. R. Protection of the liver by ischemic preconditioning: A review of mechanisms and clinical applications. **Digestive Surgery**, v. 20, p. 383–396, 2003.

LALONDE, F.; CURNIER, D. Y. Can anaerobic performance be improved by remote ischemic preconditioning? **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 29, n. 1, p. 80–85, 2015.

LARSEN, F. J. *et al.* Dietary inorganic nitrate improves mitochondrial efficiency in humans. **Cell Metabolism**, v. 13, p. 149–159, 2011.

LAURENT, C. M. *et al.* A practical approach to monitoring recovery: Development of a perceived recovery status scale. **Journal of Strength and Conditioning Research**, 2011.

LI, S. *et al.* Preconditioning in neuroprotection: From hypoxia to ischemia. **Progress in Neurobiology**, v. 157, p. 79–91, 2017.

LINDSAY, A. *et al.* The effect of 1 week of repeated ischaemic leg preconditioning on simulated Keirin cycling performance: A randomised trial. **BMJ Open Sport and Exercise Medicine**, v. 3, n. 1, p. 1–8, 2017.

LINTZ, J. A. *et al.* Ischemic pre and postconditioning in skeletal muscle injury produced by ischemia and reperfusion in rats. **Acta Cirurgica Brasileira**, v. 28, n. 6, p. 441–446, 2013.

LISBÔA, F. D. *et al.* The time dependence of the effect of ischemic preconditioning on successive sprint swimming performance. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 20, n. 5, p. 507–511, 1 maio 2017.

LIU, G. S. *et al.* Protection against infarction afforded by preconditioning is mediated by A₁ adenosine receptors in rabbit heart. **Circulation**, v. 54, n. 1, p. 350–356, 1991.

LOPES-SILVA, J. P. *et al.* Sodium bicarbonate ingestion increases glycolytic contribution and improves performance during simulated taekwondo combat. **European Journal of Sport Science**, v. 18, n. 3, p. 431–440, 2018.

LOUKOGEORGAKIS, S. P. *et al.* Transient limb ischemia induces remote preconditioning and remote postconditioning in humans by a KATP channel-dependent mechanism. **Circulation**, v. 116, n. 12, p. 1386–1395, 2007.

MALLET, R. T. *et al.* Cardioprotection by intermittent hypoxia conditioning: evidence,

mechanisms, and therapeutic potential. **American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology**, v. 315, n. 2, p. H216–H232, 2018.

MAROCOLO, I. C. *et al.* Acute ischemic preconditioning does not influence high-intensity intermittent exercise performance. **PeerJ**, v. 5, p. 1–13, 2017.

MAROCOLO, M. *et al.* Myths and Facts about the Effects of Ischemic Preconditioning on Performance. **International Journal of Sports Medicine**, v. 37, n. 2, p. 87–96, 2015.

MAROCOLO, M. *et al.* Beneficial Effects of Ischemic Preconditioning in Resistance Exercise Fade over Time. **International Journal of Sports Medicine**, v. 37, n. 10, p. 819–824, 2016a.

MAROCOLO, M. *et al.* Ischemic preconditioning and placebo intervention improves resistance exercise performance. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 35, n. 5, p. 1462–1469, 2016b.

MAROCOLO, M. *et al.* Ischemic preconditioning and exercise performance: shedding light through smallest worthwhile change. **European Journal of Applied Physiology**, v. 119, p. 2123–2149, 2019.

MARTIN, J. S. *et al.* Preconditioning with peristaltic external pneumatic compression does not acutely improve repeated wingate performance nor does it alter blood lactate concentrations during passive recovery compared with sham. **Applied Physiology, Nutrition and Metabolism**, v. 40, n. 11, p. 1214–1217, 2015.

MESQUITA, P. H. C. *et al.* Transcranial direct current stimulation: No effect on aerobic performance, heart rate, or rating of perceived exertion in a progressive taekwondo-specific test. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 4, p. 1–6, 2020.

MOSES, M. A. *et al.* Mitochondrial KATP channels in hindlimb remote ischemic preconditioning of skeletal muscle against infarction. **American Journal of Physiology - Heart and Circulatory Physiology**, v. 288, p. H559–H567, 2005.

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.

NOAKES, T. D. Time to move beyond a brainless exercise physiology: the evidence for complex regulation of human exercise performance. **Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme**, v. 36, n. 1, p. 23–35, fev. 2011.

O'BRIEN, L.; JACOBS, I. Methodological Variations Contributing to Heterogenous Ergogenic Responses to Ischemic Preconditioning. **Frontiers in Physiology**, v. 12, p. 1–12, 2021.

PAGE, W.; SWAN, R.; PATTERSON, S. 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, 2017.

PAIXÃO, R. C.; DA MOTA, G. R.; MAROCOLO, M. Acute Effect of Ischemic Preconditioning is Detrimental to Anaerobic Performance in Cyclists. **International Journal of Sports Medicine**, v. 35, p. 912–915, 2014.

PANG, C. Y. *et al.* Acute ischaemic preconditioning protects against skeletal muscle infarction in the pig. **Cardiovascular Research**, v. 29, p. 782–788, 1994.

PARADIS-DESCHÊNES, P.; JOANISSE, D. R.; BILLAUT, F. Ischemic preconditioning increases muscle perfusion, oxygen uptake, and force in strength-trained athletes. **Applied physiology, nutrition, and metabolism**, v. 41, n. 938–944, 2016.

PARADIS-DESCHÊNES, P.; JOANISSE, D. R.; BILLAUT, F. Sex-specific impact of ischemic preconditioning on tissue oxygenation and maximal concentric force. **Frontiers in Physiology**, v. 7, n. 674, p. 1–9, 2017.

PARADIS-DESCHÊNES, P.; JOANISSE, D. R.; BILLAUT, F. Ischemic Preconditioning Improves Time Trial Performance at Moderate Altitude. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 50, n. 3, p. 533–541, 2018.

PATTERSON, S. D. *et al.* The effect of ischemic preconditioning on repeated sprint cycling performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 47, n. 8, p. 1652–1658, 2015.

PETCU, E. *et al.* Mild Systemic Inflammation has a Neuroprotective Effect After Stroke in Rats. **Current Neurovascular Research**, v. 5, p. 214–223, 2008.

PHILLIPS, D. J. *et al.* Myoelectric and mechanical changes elicited by ischemic preconditioning in the feline hindlimb. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 7, n. 3, p. 187–192, 1997.

PICKARD, J. M. *et al.* Remote ischemic conditioning: from experimental observation to clinical application: report from the 8th Biennial Hatter Cardiovascular Institute Workshop. **Basic Research in Cardiology**, v. 110, p. 453, 2015.

PRZYKLENK, K. *et al.* Regional ischemic “preconditioning” protects remote virgin myocardium from subsequent sustained coronary occlusion.No Title. **Circulation**, v. 87, n. 3, p. 893–899, 1993.

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**Vienna, Austria.R Foundation for Statistical Computing, , 2021. Disponível em: <<https://www.r-project.org/>>

ROESNER, J. P. *et al.* The fibrin-derived peptide B β 15-42 is cardioprotective in a pig model of myocardial ischemia-reperfusion injury. **Critical Care Medicine**, v. 35, n. 7, p. 1730–1735, 2007a.

ROESNER, J. P. *et al.* The fibrin-derived peptide B β 15-42 is cardioprotective in a pig model of myocardial ischemia-reperfusion injury. **Critical Care Medicine**, v. 35, n. 7, p. 1730–1735,

2007b.

SABINO-CARVALHO, J. L. *et al.* Effect of Ischemic Preconditioning on Endurance Performance Does Not Surpass Placebo. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 49, n. 1, p. 124–132, 2017.

SAITO, T. *et al.* Ischemic preconditioning improves oxygenation of exercising muscle in vivo. **Journal of Surgical Research**, v. 120, p. 111–118, 2004.

SANT'ANA, J.; SILVA, J. F. DA; GUGLIELMO, L. G. A. Variáveis fisiológicas identificadas em teste progressivo específico para taekwondo. **Motriz rev. educ. fis. (Impr.)**, v. 15, n. 3, p. 611–620, 2009.

SANT'ANA, J. *et al.* Validity of a taekwondo specific test to measure vo₂peak and the heart rate deflection point. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 33, n. 9, p. 2523–2529, 2017.

SANTOS, J. F. DA S.; FRANCHINI, E. Frequency speed of kick test performance comparison between female taekwondo athletes of different competitive levels. **Journal of Strength and Conditioning Research**, 2018.

SANTOS, J. F.; FRANCHINI, E. Is frequency speed of kick test responsive to training? A study with taekwondo athletes. **Sport Sciences for Health**, v. 12, n. 3, p. 377–382, 2016.

SCHULZ, R. *et al.* Ischemic preconditioning in pigs: A graded phenomenon: Its relation to adenosine and bradykinin. **Circulation**, v. 98, n. 10, p. 1022–1029, 1998.

SEEGER, J. P. H. *et al.* Is delayed ischemic preconditioning as effective on running performance during a 5 km time trial as acute IPC? **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 20, n. 2, p. 208–212, 2017.

SHIMIZU, M. *et al.* Remote Ischemic Preconditioning Decreases Adhesion and Selectively Modifies Functional Responses of Human Neutrophils. **Journal of Surgical Research**, v. 158, p. 155–161, 2010.

SILVA, L. M. *et al.* Effects of Warm-Up, Post-Warm-Up, and Re-Warm-Up Strategies on Explosive Efforts in Team Sports: A Systematic Review. **Sports Medicine**, v. 48, n. 10, p. 2285–2299, 2018.

SILVA, R. *et al.* Effect of 12 hour-fasting promoted by breakfast omission on acute weight loss and physical performance of taekwondo athletes. **Archives of Budo Science of Martial Arts Extreme Sports**, v. 16, n. 1, p. 29–35, 2020.

SPRICK, J. D. *et al.* Ischaemic and hypoxic conditioning: potential for protection of vital organs. **Experimental Physiology**, v. 104, p. 278–294, 2019.

STENZEL-POORE, M. P. *et al.* Preconditioning reprograms the response to ischemic injury and primes the emergence of unique endogenous neuroprotective phenotypes: A speculative synthesis. **Stroke**, v. 38, n. 2, p. 380–385, 2007.

TANAKA, D. *et al.* Ischemic Preconditioning Enhances Muscle Endurance during Sustained Isometric Exercise. **International Journal of Sports Medicine**, v. 37, n. 8, p. 614–618, 2016.

THIJSEN, D. H. J. *et al.* Repeated ischaemic preconditioning: A novel therapeutic intervention and potential underlying mechanisms. **Experimental Physiology**, p. 677–692, 2016.

TOCCO, F. *et al.* Muscle ischemic preconditioning does not improve performance during self-paced exercise. **International Journal of Sports Medicine**, v. 36, n. 1, p. 9–15, 2015.

TURNES, T. *et al.* Impact of ischaemia–reperfusion cycles during ischaemic preconditioning on 2000-m rowing ergometer performance. **European Journal of Applied Physiology**, v. 118, n. 8, p. 1599–1607, 2018.

VILLANI, R.; PETRILLO, D.; DISTASO, M. **Influence of four different methods of training on the specific rapidity.** ANNUAL CONGRESS OF THE ECSS, 12. **Anais...**2007.

WARZECHA, Z. *et al.* Influence of ischemic preconditioning on blood coagulation, fibrinolytic activity and pancreatic repair in the course of caerulein-induced acute pancreatitis in rats. **Journal of Physiology and Pharmacology**, v. 58, n. 2, p. 303–319, jun. 2007.

WORD TAEKWONDO. **World Taekwondo Competition and Rules Interpretation.** Disponível em: <<http://www.worldtaekwondo.org/wp-content/uploads/2019/08/WT-Competition-Rules-Interpretation-Manchester-May-15-2019.pdf>>. Acesso em: 19 out. 2019.

WORLD TAEKWONDO. **World Taekwondo Competition and Rules Interpretation.** Disponível em: <<http://www.worldtaekwondo.org/wp-content/uploads/2019/08/WT-Competition-Rules-Interpretation-Manchester-May-15-2019.pdf>>. Acesso em: 19 out. 2019.

ZARBOCK, A.; KELLUM, J. A. Remote Ischemic Preconditioning and Protection of the Kidney-A Novel Therapeutic Option. **Critical Care Medicine**, v. 44, n. 3, p. 607–616, 2016.

ZHOU, G. *et al.* Remote ischemic conditioning in cerebral diseases and neurointerventional procedures: Recent research progress. **Frontiers in Neurology**, v. 9, n. 339, p. 1–11, 2018.

ZINNER, C.; BORN, D. P.; SPERLICH, B. Ischemic preconditioning does not alter performance in multidirectional high-intensity intermittent exercise. **Frontiers in Physiology**, v. 8, p. 1–7, 2017.

ANEXO 1 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(Terminologia obrigatória em atendimento a resolução 466/12 - CNS-MS)

Você está sendo convidado a participar do estudo **“Efeitos do pré-condicionamento isquêmico no desempenho de atletas de taekwondo”**. O presente estudo tem como objetivo verificar os efeitos do pré-condicionamento isquêmico no desempenho de atletas de taekwondo.

O estudo ampliará o conhecimento sobre o Treinamento Esportivo, possibilitando a sua utilização para auxiliar praticantes de exercício físico e atletas de forma geral. Além disso, você será pessoalmente beneficiado, pois terá acesso a dados que indicarão sua capacidade aeróbia e anaeróbia.

Durante o estudo, você deverá comparecer ao Laboratório de Estudos e Pesquisa em Esportes de Combate (LEPEC) da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional (EEFFTO) 5 vezes (com duração média aproximada de 60 minutos por visita).

Na primeira visita, você será informado sobre os objetivos e procedimentos da pesquisa, assinará o TCLE. Em seguida, será realizada avaliação antropométrica, massa corporal e estatura. Na segunda e terceira visita, você será submetido a dois diferentes protocolos de oclusão do fluxo sanguíneo dos membros inferiores (um em cada dia) durante 35 minutos e, após um período de repouso, realizará um teste aeróbio específico para o taekwondo. Também serão coletadas amostras sanguíneas do lóbulo da sua orelha em cinco momentos diferentes em cada dia para posterior análise, além de sua frequência cardíaca através de um cardiofrequencímetro durante todo o processo. Na quarta e quinta visita, você será submetido a dois diferentes protocolos de oclusão do fluxo sanguíneo dos membros inferiores (um em cada dia) durante 35 minutos e, após um período de repouso, realizará um teste anaeróbio específico para o taekwondo por três vezes consecutivas, com um intervalo de um minuto entre eles. Esse mesmo procedimento de teste será repetido mais duas vezes, com 30 minutos de intervalo entre eles. Também serão coletadas amostras sanguíneas do lóbulo da sua orelha em 10 momentos diferentes em cada dia para posterior análise, além de sua frequência cardíaca através de um cardiofrequencímetro durante todo o processo.

Ao participar deste estudo, você estará sujeito a alguns riscos comumente associados à prática de exercícios físicos, como o surgimento de lesões musculoesqueléticas e incômodos causados pela dor durante e após a realização de um exercício de elevada intensidade, mas que já faz parte da rotina de treinamentos que está acostumado. Além disso, os protocolos de oclusão sanguínea podem causar algum desconforto, mas não são conhecidos na literatura outros riscos relacionados a tal procedimento. Você também poderá sentir um pequeno desconforto com a coleta sanguínea. Por fim, poderá também haver um desconforto pelo número de visitas ao laboratório exames que deverão acontecer durante toda a coleta (5 ao todo).

Você deverá manter a alimentação que está habituado e evitar a ingestão de qualquer substância que possa afetar seu desempenho físico.

Para minimizar os riscos, o pesquisador que estiver conduzindo o estudo estará presente durante todos os procedimentos para orientá-lo, supervisioná-lo e interromper a pesquisa caso seja necessário. Caso ocorra alguma situação de risco,

o estudo será interrompido e, se necessário, você será levado para o hospital mais próximo do local de coleta pelo serviço de atendimento móvel de urgência (SAMU) ou pelo próprio veículo do pesquisador.

Para participar deste estudo você não terá nenhum custo com transporte, visto que os procedimentos acontecerão em dias de treino, nem receberá qualquer vantagem financeira. Apesar disso, caso sejam identificados e comprovados danos provenientes desta pesquisa, você tem assegurado o direito à indenização. A sua participação é voluntária, e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que você é atendido pelo pesquisador, que tratará a sua identidade com padrões profissionais de sigilo. Os resultados obtidos pela pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada.

Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias originais, sendo que uma será arquivada pelo pesquisador responsável, no LEPEC, e a outra será fornecida a você. Os dados e materiais utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 anos no LEPEC e após esse tempo serão destruídos. Os pesquisadores tratarão a sua identidade com padrões profissionais de sigilo, atendendo a legislação brasileira (Resoluções Nº 466/12; 441/11 e a Portaria 2.201 do Conselho Nacional de Saúde e suas complementares), utilizando as informações somente para fins acadêmicos e científicos.

Eu, _____, portador do documento de Identidade _____ fui informado dos objetivos, métodos, riscos e benefícios da pesquisa “**Efeitos do pré-condicionamento isquêmico no desempenho de atletas de taekwondo**”, de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar minha decisão de participar se assim o desejar.

Declaro que concordo em participar desta pesquisa. Recebi uma via original deste termo de consentimento livre e esclarecido assinado por mim e pelo pesquisador, que me deu a oportunidade de ler e esclarecer todas as minhas dúvidas.

() Concordo que o meu sangue seja utilizado somente para esta pesquisa.

() Concordo que o meu sangue possa ser utilizado em outras pesquisa, mas serei comunicado pelo pesquisador novamente e assinarei outro termo que explique para que será utilizado o material.

Nome completo do voluntário

Data

Assinatura do voluntário

Nome completo do Pesquisador: Cristiano Arruda Gomes Flôr
Endereço: Rua Esmeralda, 1740. Bairro Alphaville, Nova Lima - MG. CEP: 34018-052.
Telefone: (31) 988788116. E-mail: cristianoarruda@ufmg.br

Assinatura do pesquisador (pós-graduando)

Data

Em caso de dúvidas, com respeito aos aspectos éticos desta pesquisa, você poderá consultar:

COEP-UFMG - Comissão de Ética em Pesquisa da UFMG

Av. Antônio Carlos, 6627. Unidade Administrativa II - 2º andar - Sala 2005. Campus Pampulha. Belo Horizonte, MG – Brasil. CEP: 31270-901. E-mail: coep@prpq.ufmg.br. Tel: 34094592.

ANEXO 2 - TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(Anuência do participante da pesquisa, criança, adolescente ou legalmente incapaz)

Você está sendo convidado a participar do estudo “Efeitos do pré-condicionamento isquêmico no desempenho de atletas de taekwondo”. O presente estudo tem como objetivo verificar os efeitos do pré-condicionamento isquêmico no desempenho de atletas de taekwondo.

O estudo ampliará o conhecimento sobre o Treinamento Esportivo, possibilitando a sua utilização para auxiliar praticantes de exercício físico e atletas de forma geral. Além disso, você será pessoalmente beneficiado, pois terá acesso a dados que indicarão sua capacidade aeróbia e anaeróbia.

Durante o estudo, você deverá comparecer ao Laboratório de Estudos e Pesquisa em Esportes de Combate (LEPEC) da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional (EEFFTO) 5 vezes (com duração média aproximada de 60 minutos por visita).

Na primeira visita, você será informado sobre os objetivos e procedimentos da pesquisa, assinará o TALE. Em seguida, será realizada avaliação antropométrica, massa corporal e estatura. Na segunda e terceira visita, você será submetido a dois diferentes protocolos de oclusão do fluxo sanguíneo dos membros inferiores (um em cada dia) durante 35 minutos e, após um período de repouso, realizará um teste aeróbio específico para o taekwondo. Também serão coletadas amostras sanguíneas do lóbulo da sua orelha em cinco momentos diferentes em cada dia para posterior análise, além de sua frequência cardíaca através de um cardiofrequencímetro durante todo o processo. Na quarta e quinta visita, você será submetido a dois diferentes protocolos de oclusão do fluxo sanguíneo dos membros inferiores (um em cada dia) durante 35 minutos e, após um período de repouso, realizará um teste anaeróbio específico para o taekwondo por três vezes consecutivas, com um intervalo de um minuto entre eles. Esse mesmo procedimento de teste será repetido mais duas vezes, com 30 minutos de intervalo entre eles. Também serão coletadas amostras sanguíneas do lóbulo da sua orelha em 10 momentos diferentes em cada dia para posterior análise, além de sua frequência cardíaca através de um cardiofrequencímetro durante todo o processo.

Ao participar deste estudo, você estará sujeito a alguns riscos comumente associados à prática de exercícios físicos, como o surgimento de lesões musculoesqueléticas e incômodos causados pela dor durante e após a realização de um exercício de elevada intensidade, mas que já faz parte da rotina de treinamentos que ele está acostumado. Além disso, os protocolos de oclusão sanguínea podem causar algum desconforto, mas não são conhecidos na literatura outros riscos relacionados a tal procedimento. Você também poderá sentir um pequeno desconforto com a coleta sanguínea. Por fim, poderá também haver um desconforto pelo número de visitas ao laboratório exames que deverão acontecer durante toda a coleta (13 ao todo).

Você deverá manter a alimentação que está habituado e evitar a ingestão de qualquer substância que possa afetar seu desempenho físico.

Para minimizar os riscos, o pesquisador que estiver conduzindo o estudo estará presente durante todos os procedimentos para orientá-lo, supervisioná-lo e

interromper a pesquisa caso seja necessário. Caso ocorra alguma situação de risco, o estudo será interrompido e, se necessário, você será levado para o hospital mais próximo do local de coleta pelo serviço de atendimento móvel de urgência (SAMU) ou pelo próprio veículo do pesquisador.

Para participar deste estudo você não terá nenhum custo com transporte, visto que os procedimentos acontecerão em dias de treino, nem receberá qualquer vantagem financeira. Apesar disso, caso sejam identificados e comprovados danos provenientes desta pesquisa, você tem assegurado o direito à indenização. A sua participação é voluntária, e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que você é atendido pelo pesquisador, que tratará a sua identidade com padrões profissionais de sigilo. Os resultados obtidos pela pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada.

Este termo de assentimento encontra-se impresso em duas vias originais, sendo que uma será arquivada pelo pesquisador responsável, no LEPEC, e a outra será fornecida a você. Os dados e materiais utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 anos no LEPEC e após esse tempo serão destruídos. Os pesquisadores tratarão a sua identidade com padrões profissionais de sigilo, atendendo a legislação brasileira (Resoluções Nº 466/12; 441/11 e a Portaria 2.201 do Conselho Nacional de Saúde e suas complementares), utilizando as informações somente para fins acadêmicos e científicos.

Eu, _____, portador do documento de Identidade _____ fui informado dos objetivos, métodos, riscos e benefícios da pesquisa **“Efeitos do pré-condicionamento isquêmico no desempenho de atletas de taekwondo”**, de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar minha decisão de participar se assim o desejar.

Declaro que concordo em participar desta pesquisa. Recebi uma via original deste termo de consentimento livre e esclarecido assinado por mim e pelo pesquisador, que me deu a oportunidade de ler e esclarecer todas as minhas dúvidas.

() Concordo que o meu sangue seja utilizado somente para esta pesquisa.

() Concordo que o meu sangue possa ser utilizado em outras pesquisa, mas serei comunicado pelo pesquisador novamente e assinarei outro termo que explique para que será utilizado o material.

Nome completo do voluntário

Data

Assinatura do voluntário

Nome completo do Pesquisador: Cristiano Arruda Gomes Flôr

Endereço: Rua Esmeralda, 1740. Bairro Alphaville, Nova Lima - MG. CEP: 34018-052.

Telefone: (31) 988788116. E-mail: cristianoarruda@ufmg.br

Assinatura do pesquisador (pós-graduando)

Data

Em caso de dúvidas, com respeito aos aspectos éticos desta pesquisa, você poderá consultar:

COEP-UFMG - Comissão de Ética em Pesquisa da UFMG

Av. Antônio Carlos, 6627. Unidade Administrativa II - 2º andar - Sala 2005. Campus Pampulha. Belo Horizonte, MG – Brasil. CEP: 31270-901. E-mail: coep@prpq.ufmg.br. Tel: 34094592.

ANEXO 3 - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA RESPONSÁVEIS

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(Terminologia obrigatória em atendimento à resolução 466/12 - CNS-MS)

O menor sob sua responsabilidade está sendo convidado a participar do estudo **“Efeitos do pré-condicionamento isquêmico no desempenho de atletas de taekwondo”**. O presente estudo tem como objetivo verificar os efeitos do pré-condicionamento isquêmico no desempenho de atletas de taekwondo.

O estudo ampliará o conhecimento sobre o Treinamento Esportivo, possibilitando a sua utilização para auxiliar praticantes de exercício físico e atletas de forma geral. Além disso, o seu filho/menor sob sua responsabilidade será pessoalmente beneficiado, pois terá acesso a dados que indicarão sua capacidade aeróbia e anaeróbia.

Durante o estudo, seu filho/menor sob sua responsabilidade deverá comparecer ao Laboratório de Estudos e Pesquisa em Esportes de Combate (LEPEC) da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional (EEFFTO) 5 vezes (com duração média aproximada de 60 minutos por visita).

Na primeira visita, seu filho/menor sob sua responsabilidade será informado sobre os objetivos e procedimentos da pesquisa, assinará o TALE. Em seguida, será realizada avaliação antropométrica, massa corporal e estatura. Na segunda e terceira visita, seu filho/menor sob sua responsabilidade será submetido a dois diferentes protocolos de oclusão do fluxo sanguíneo dos membros inferiores (um em cada dia) durante 35 minutos e, após um período de repouso, realizará um teste aeróbio específico para o taekwondo. Também serão coletadas amostras sanguíneas do lóbulo da orelha em cinco momentos diferentes em cada dia para posterior análise, além da frequência cardíaca através de um cardiofrequencímetro durante todo o processo. Na quarta e quinta visita, seu filho/menor sob sua responsabilidade será submetido a dois diferentes protocolos de oclusão do fluxo sanguíneo dos membros inferiores (um em cada dia) durante 35 minutos e, após um período de repouso, realizará um teste anaeróbio específico para o taekwondo por três vezes consecutivas, com um intervalo de um minuto entre eles. Esse mesmo procedimento de teste será repetido mais duas vezes, com 30 minutos de intervalo entre eles. Também serão coletadas amostras sanguíneas do lóbulo da orelha em 10 momentos diferentes em cada dia para posterior análise, além da frequência cardíaca através de um cardiofrequencímetro durante todo o processo.

Ao participar deste estudo, seu filho/menor sob sua responsabilidade estará sujeito a alguns riscos comumente associados à prática de exercícios físicos, como o surgimento de lesões musculoesqueléticas e incômodos causados pela dor durante e após a realização de um exercício de elevada intensidade, mas que já faz parte da rotina de treinamentos que ele está acostumado. Além disso, os protocolos de oclusão sanguínea podem causar algum desconforto, mas não são conhecidos na literatura outros riscos relacionados a tal procedimento. Seu filho/menor sob sua responsabilidade também poderá sentir um pequeno desconforto com a coleta sanguínea. Por fim, poderá também haver um desconforto pelo número de visitas ao laboratório exames que deverão acontecer durante toda a coleta (13 ao todo).

Seu filho/menor sob sua responsabilidade deverá manter a alimentação que está habituado e evitar a ingestão de qualquer substância que possa afetar seu desempenho físico.

Para minimizar os riscos, o pesquisador que estiver conduzindo o estudo estará presente durante todos os procedimentos para orientá-lo, supervisioná-lo e interromper a pesquisa caso seja necessário.

Para participar deste estudo seu filho/menor sob sua responsabilidade não terá nenhum custo com transporte, visto que os procedimentos acontecerão em dias de treino, nem receberá qualquer vantagem financeira. Apesar disso, caso sejam identificados e comprovados danos provenientes desta pesquisa, seu filho/menor sob sua responsabilidade tem assegurado o direito à indenização. A participação de seu filho/menor sob sua responsabilidade é voluntária, e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que ele é atendido pelo pesquisador, que tratará a identidade dele com padrões profissionais de sigilo. Os resultados obtidos pela pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada. O nome ou o material que indique a participação do seu filho/sua filha/menor sob sua responsabilidade não será liberado sem a sua permissão.

Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias originais, sendo que uma será arquivada pelo pesquisador responsável, no LEPEC, e a outra será fornecida a você. Os dados e materiais (com exceção das amostras de sangue e saliva, que serão descartadas após as análises) utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 anos no LEPEC e após esse tempo serão destruídos. Os pesquisadores tratarão a identidade do seu filho/menor sob sua responsabilidade com padrões profissionais de sigilo, atendendo a legislação brasileira (Resoluções Nº 466/12; 441/11 e a Portaria 2.201 do Conselho Nacional de Saúde e suas complementares), utilizando as informações somente para fins acadêmicos e científicos.

Eu _____, portador do RG _____, concordo de livre e espontânea vontade que o menor _____, nascido (a) em ____/____/____, seja voluntário do estudo "**Efeitos do pré-condicionamento isquêmico no desempenho de atletas de taekwondo**". Declaro que obtive todas as informações necessárias e que todas as minhas dúvidas foram esclarecidas.

() Concordo que o material biológico do meu filho/minha filha/menor sob minha responsabilidade seja utilizado somente para esta pesquisa.

() Concordo que o material biológico do meu filho/minha filha/menor sob minha responsabilidade possa ser utilizado em outras pesquisa, mas serei comunicado pelo pesquisador novamente e assinarei outro termo de consentimento livre e esclarecido que explique para que será utilizado o material.

Nome completo do responsável ou representante legal

Data

Assinatura do responsável ou representante legal

Nome completo do Pesquisador: Cristiano Arruda Gomes Flôr
Endereço: Rua Esmeralda, 1740. Bairro Alphaville, Nova Lima - MG. CEP: 34018-052.
Telefone: (31) 988788116. E-mail: cristianoarruda@ufmg.br

Assinatura da pesquisadora (graduando ou pós-graduando)

Data

Em caso de dúvidas, com respeito aos aspectos éticos desta pesquisa, você poderá consultar:

COEP-UFMG - Comissão de Ética em Pesquisa da UFMG

Av. Antônio Carlos, 6627. Unidade Administrativa II - 2º andar - Sala 2005.

Campus Pampulha. Belo Horizonte, MG – Brasil. CEP: 31270-901.

E-mail: coep@prpq.ufmg.br. Tel: 34094592.