

## EFEITOS PSICOFISIOLÓGICOS DO PRECONDICIONAMENTO ISQUÊMICO EM PRATICANTES DE MOUNTAIN BIKE

Anibal Pires do Amaral Neto<sup>1</sup>, Claudinei Ferreira do Santos<sup>1</sup>, Emanuel Botejara de Campos<sup>2</sup>

### RESUMO

O condicionamento isquêmico é uma técnica que utiliza breves momentos de isquemia seguidos por reperfusão. Algumas evidências sugerem benefícios no desempenho esportivo, mas os resultados são controversos devido a diferenças metodológicas. O objetivo deste estudo foi analisar os efeitos do condicionamento isquêmico aplicado 45 minutos antes de um teste submáximo de tempo até a exaustão em praticantes de Mountain Bike. O estudo foi conduzido com participantes saudáveis do sexo masculino, com idade de  $36,9 \pm 8,1$  anos, com experiência em treinamento. Foram realizadas duas intervenções, um protocolo de condicionamento isquêmico verdadeiro (PCI) e um protocolo falso (SHAM), utilizado como controle, ambos com períodos de oclusão e reperfusão de 5min. Os participantes realizaram testes de tempo até a exaustão com carga correspondente a 75% da potência de pico. Os resultados mostraram que as variáveis TTE, FC6min e RMSSD não apresentaram diferenças, no entanto, os índices de VFC: Média RR 6min e LF/HF apresentaram diferenças significativas, com um tamanho de efeito considerável para LF/HF ( $p=0,021$  e  $g=-1,33$ , IC95% -2,13 a -0,24). Para a PSE foi verificado que a maior parte dos participantes atribuiu uma nota menor na escala após a aplicação do PCI, quando comparado com aqueles que indicaram esforço maior ou igual. Conclui-se que a realização do condicionamento isquêmico antes do teste submáximo pode reduzir a PSE e influenciar nas respostas do sistema nervoso autônomo. Esses achados podem ter implicações relevantes para o desempenho esportivo, embora mais pesquisas sejam necessárias para elucidar completamente os efeitos dessa técnica.

**Palavras-chave:** Oclusão Vascular. Aptidão Aeróbia. Condicionamento isquêmico.

1 - Universidade Estadual do Norte do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano, Jacarezinho, Paraná, Brasil.

### ABSTRACT

Psychophysiological effects of ischemic preconditioning in mountain bikers

Ischemic preconditioning is a technique that uses brief moments of ischemia followed by reperfusion. Some evidence suggests benefits in sports performance, but the results are controversial due to methodological differences. The aim of this study was to analyze the effects of ischemic preconditioning applied 45 minutes before a submaximal time-to-exhaustion test in Mountain Bike practitioners. The study was conducted with healthy male participants, aged  $36.9 \pm 8.1$  years, with training experience. Two interventions were performed, a true ischemic preconditioning protocol (PCI) and a sham protocol (SHAM) used as a control, both with occlusion and reperfusion periods of 5 minutes. Participants performed time-to-exhaustion tests with a load corresponding to 75% of peak power. The results showed that the variables TTE, FC6min, and RMSSD did not show differences. However, the HRV indices: Mean RR 6min and LF/HF showed significant differences, with a considerable effect size for LF/HF ( $p=0.021$  and  $g=-1.33$ , 95% CI -2.13 to -0.24). Regarding the perceived exertion scale (PSE), it was observed that most participants rated their effort lower on the scale after the application of PCI, compared to those who indicated higher or equal effort. It is concluded that performing ischemic preconditioning before a submaximal test may reduce PSE and influence autonomic nervous system responses. These findings may have relevant implications for sports performance, although further research is needed to fully elucidate the effects of this technique.

**Key words:** Vascular Occlusion. Aerobic Fitness. Ischemic Preconditioning.

2 - Universidade Estadual do Norte do Paraná, Jacarezinho, Paraná, Brasil.

E-mail dos autores:

neto\_pmpr@yahoo.com.br

neief@uenp.edu.br

emanuelbotejara@hotmail.com

## INTRODUÇÃO

O Ciclismo é uma modalidade esportiva muito ampla, cada subespecialidade possui características próprias e demandas fisiológicas específicas.

No ciclismo de estrada, por exemplo, os competidores percorrem longas distâncias em ritmo predominantemente constante com altimetria considerável, exigindo do atleta uma alta capacidade energética por períodos prolongados. Já na modalidade Mountain Bike (MTB), as demandas energéticas se diferem em virtude das exigências do próprio terreno.

Nessa modalidade, a dificuldade de deslocamento em percurso não pavimentado, os obstáculos, as irregularidades do terreno e as grandes variações altimétricas exigem maior esforço e concentração, bem como o desenvolvimento de potência acima do limiar reiteradas vezes (Lucas e colaboradores, 2010; Stapelfeldt e colaboradores, 2004).

Desde o seu surgimento, a modalidade MTB cresceu rapidamente, sendo incluída como modalidade olímpica cerca de duas décadas depois.

Essa popularização fez com que o número de praticantes aumentasse de forma exponencial e na mesma proporção o número de competições. Com o crescente interesse pela modalidade e maior número de competidores, pesquisas relacionadas ao desempenho no MTB têm buscado estratégias e técnicas que possibilitem um aumento de performance, modulando alguns processos metabólicos, seja através do treinamento, alimentação ou suplementação nutricional; seja através da aplicação de técnicas e procedimentos externos que auxiliem na recuperação (Silva, Oliveira, Caputo, 2013), da potencialização pós ativação (Kuntz e colaboradores, 2017) e do condicionamento isquêmico (Groot e colaboradores, 2010).

A ideia do condicionamento isquêmico (PCI) surgiu na década de 80, quando pesquisadores observaram, em modelos animais, que a indução de episódios isquêmicos subsequentes, seguidos de reperfusão, provocavam respostas metabólicas diferentes após a segunda indução isquêmica, sugerindo um potencial efeito protetor de episódios isquêmicos posteriores, observável principalmente no miocárdio (Reimer e colaboradores, 1986).

Após essa descoberta, novos estudos foram realizados ao longo dos anos para tentar

compreender os mecanismos fisiológicos envolvidos na “resistência” induzida a episódios isquêmicos (Hausenloy, Yellon, 2008).

Com o avanço na compreensão das respostas fisiológicas a episódios isquêmicos seguidos de reperfusão, surge a teoria de que essas adaptações poderiam influenciar o desempenho durante o exercício.

As principais hipóteses da melhora de desempenho podem estar relacionadas ao aumento da adenosina, de prostaglandinas e de óxido nítrico, potentes vasodilatadores; na ativação de proteínas específicas ativadas pelo maior aporte de radicais livres; e ainda através da abertura de canais de potássio dependentes de ATP.

Esse conjunto de alterações metabólicas, após eventos subsequentes de isquemia/reperfusão, foi denominado de condicionamento isquêmico (PCI), sendo cada vez mais estudado no campo de desempenho físico (Eisen e colaboradores, 2004).

Posto que essas substâncias vasodilatadoras endógenas e uma maior permeabilidade de potássio dependentes de ATP (KATP) estão intimamente relacionados a entrega de oxigênio e substratos energéticos durante a demanda muscular, teorizou-se que o PCI poderia, em alguma medida, potencializar o desempenho físico, melhorando o custo do oxigênio e promovendo maior produção de força, principalmente em esportes que necessitem de recrutamento de grandes grupos musculares como o ciclismo (Groot e colaboradores, 2010).

Esses efeitos já foram observados por Salvador e colaboradores (2016) em um estudo de Revisão Sistemática e Meta Análise, na ocasião os autores relataram aumentos de performance principalmente no desempenho aeróbio após a realização de protocolos de PCI, aumento esse atribuído, possivelmente, a melhora da função cardíaca e de parâmetros hemodinâmicos, modificando o padrão de oferta de oxigênio para a musculatura demandada no exercício, minimizando o declínio do fluxo sanguíneo após exercícios de alta intensidade. Outra possível explicação estaria relacionada a melhor distribuição de fluxo sanguíneo para a região da musculatura especificamente ativada, o que poderia melhorar a extração de oxigênio devido ao maior tempo de trânsito capilar e maior atividade mitocondrial (Kido e colaboradores, 2015).

Outra hipótese para justificar as adaptações positivas relacionadas ao desempenho esportivo, decorrentes de eventos isquêmicos, poderia estar relacionada a sensibilidade do corpo a fadiga, através da diminuição de alguns estímulos aferentes, potencializando a ativação motora central, uma das causas da fadiga, aumentando o recrutamento de unidades motoras. Pode haver também um aumento significativo de substâncias endógenas circulantes que minimizariam as respostas do sistema nervoso simpático e aumentariam a ativação dos canais de potássio sensíveis a ATP (Salvador e colaboradores, 2016).

Em que pese os resultados promissores da utilização do PCI para melhora do desempenho físico em ciclistas, ainda há uma carência de evidências sobre o assunto, uma vez que não há padronização dos protocolos aplicados.

Enquanto alguns estudos utilizam o PCI diretamente no grupo muscular que será submetido ao esforço, outros avaliam o condicionamento isquêmico remoto, quando a isquemia é realizada em um membro diferente do submetido ao esforço. Há ainda uma grande diversidade de testes e modalidades avaliadas, dificultando o entendimento dos mecanismos relacionados ao condicionamento isquêmico, frente a diversidade de respostas (Crisafulli e colaboradores, 2011; Foster e colaboradores, 2011; Jean-St-Michel e colaboradores, 2011; Kraus e colaboradores, 2015; Lalonde, Curnier, 2015).

Ainda que existam pontos controversos sobre os benefícios do PCI, diversos achados apontam para maiores efeitos sobre atividades predominantemente aeróbias (Groot e colaboradores, 2010; Kido e colaboradores, 2015), sendo que os principais benefícios relatados são o aumento do tempo sustentado em esforço com carga constante, alteração no consumo de oxigênio na fase final do teste e redução da percepção subjetiva de esforço (PSE) (Cruz e colaboradores, 2015). Esses dados sugerem que os benefícios do PCI são mais evidentes em esforços intensos que exijam alta demanda metabólica.

A literatura mais recente ainda não deixa claro se a utilização do PCI melhora o desempenho em ciclistas, essa inconclusões se devem principalmente à diferença de esportes avaliados (natação, corrida, salto, preensão manual etc.) e diferentes variáveis de

desfecho mensuradas (percepção de esforço, potência, força isométrica, capacidades aeróbias e anaeróbias etc.), no entanto, a maior parte dos estudos tem relatado melhoras em alguns mecanismos envolvidos na PSE e na modulação da vasodilatação (Marocolo e colaboradores, 2019).

Considerando essas variáveis, esse artigo tem por objetivo analisar os efeitos do condicionamento isquêmico aplicado 45 minutos antes de um teste de tempo até a exaustão (TTE) com uma carga submáxima, sobre os indicadores psicofisiológicos associados ao desempenho aeróbio em ciclistas treinados e moderadamente treinados.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido como um ensaio clínico randomizado cruzado (cross-over), simples-cego, em que os participantes foram submetidos a duas intervenções. Um protocolo de condicionamento isquêmico (PCI) com uma pressão de oclusão de 220mmHg e um protocolo de condicionamento isquêmico falso (SHAM), com pressão de oclusão de 20mmHg, utilizado como controle nesse estudo.

Os participantes foram inicialmente orientados verbalmente e por escrito sobre os protocolos a que seriam submetidos e sobre possíveis sensações de desconforto decorrente da oclusão, assinando em seguida o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Este projeto de pesquisa foi submetido ao comitê de ética em Pesquisa da Universidade Estadual do Norte do Paraná e autorizado através do Parecer Consubstanciado de nº 4.170.632.

Para a realização desse estudo, foram selecionados por conveniência através de convites pessoais, 14 homens saudáveis, sem histórico de doenças cardiovascular, que não estivessem fazendo uso de nenhuma medicação de forma crônica, sendo todos praticantes de ciclismo há pelo menos um ano e que estivessem realizando sessões de treinamento com frequência de pelo menos três vezes por semana e duração de pelo menos uma hora por dia.

Através do cálculo amostral (Software GPower, versão 3.1), foi estabelecido que a amostra necessária seria de 10 participantes, considerando um tamanho de efeito de 0,77 (Marocolo e colaboradores, 2019), um nível de

significância de 5% ( $p < 0,05$ ) e um poder da amostra de 80%.

Consoante o previsto, quatro participantes abandonaram o estudo e não concluíram as intervenções, tendo dois deles alegado desconforto muscular durante a realização de um dos testes e dois alegaram dificuldade de deslocamento e falta de tempo para comparecer ao laboratório da UENP. Ao final, participaram de todas as etapas do estudo um total de 10 participantes do sexo masculino.

Os participantes da pesquisa compareceram três vezes ao Laboratório Multiusuário de Biodinâmica do Movimento Humano - Centro de Ciência da Saúde da Universidade Estadual do Norte do Paraná, em dias distintos, com um intervalo não inferior a quatro dias a fim de evitar qualquer efeito residual.

Na primeira visita foram coletados os dados antropométricos para o cálculo de percentual de gordura corporal (Gord.), Índice de Massa Corporal (IMC) e feitas as orientações referentes a escala de Percepção Subjetiva de Esforço (PSE) composta de 15 categorias (Borg, 1982).

Logo em seguida os participantes realizaram um teste incremental em cicloergômetro utilizando um protocolo adaptado de Cocking e colaboradores (2017). Este teste foi utilizado como familiarização com o cicloergômetro, como ancoragem preliminar para a escala de PSE e ainda para determinação da potência de pico ( $W_{pico}$ ) e potência de pico relativa.

Na segunda e terceira visitas os participantes foram submetidos a um dos protocolos experimentais (PCI ou SHAM), seguidos de uma pausa de 30 minutos antes da realização de um teste de tempo até a exaustão no cicloergômetro. A carga utilizada para o teste permaneceu constante e correspondendo a 75% da  $W_{pico}$  obtida no teste incremental.

A ordem de aplicação dos dois protocolos foi aleatorizada através de sorteio e todos os participantes foram orientados a se absterem de consumir bebidas alcoólicas, bebidas estimulantes (café, chás, energéticos etc.) e a não realizarem exercícios físicos nas 48 horas antes da realização das intervenções.

Para coleta da massa corporal e da estatura foi utilizada uma balança digital (Filizola®) com estadiômetro acoplado, com carga máxima de 150kg e precisão de 0,02kg e 0,5cm. A massa corporal foi obtida com o participante posicionado no centro da balança,

descalço e trajando roupas leves. A estatura foi coletada com o avaliado posicionado o mais próximo possível da haste do estadiômetro, tocando levemente os calcanhares, quadril e escápula, mantendo a cabeça em posição neutra.

Para as medidas de espessura das dobras cutâneas foi utilizado um compasso (Lange®) com abertura entre 2 e 40mm, pressão das molas de 10g/mm<sup>2</sup>, área de contato com a superfície da pele de 30mm<sup>2</sup> e definição de medida graduada a cada 1mm. A técnica de medida das espessuras, bem como a tabela de referência para estimativa da quantidade de gordura relativa ao peso corporal, foram utilizadas com base no proposto por Guedes e Guedes (2006).

Com o propósito de se identificar eventuais diferenças psicofisiológicas no esforço percebido, foi utilizada a classificação de 15 categorias proposta por Borg (1982), coletada a cada três minutos nos testes de tempo até a exaustão. Para inferir maior consistência nos resultados, foi realizada uma ancoragem de memória antes da execução de cada teste, referenciado no proposto por Robertson e colaboradores (2000), ou seja, o participante recebia exemplos práticos de situações correspondentes a cada categoria de esforço existente na escala.

A PSE foi relatada pelo participante ao final de cada estágio de três minutos dos testes de tempo até a exaustão (TTE). A pergunta padronizada utilizada foi: "QUAL A SUA SENSACÃO DE ESFORÇO AGORA?", sendo respondido pelo participante o número correspondente a sensação de esforço daquele instante.

O teste incremental teve como objetivo a determinação da  $W_{pico}$ , referência essa que foi utilizada para o cálculo da carga nos testes de TTE. Para tanto, foi utilizado um cicloergômetro (Cefise®, modelo Biotec 2100), sendo todos os ajustes ergonômicos prévios feitos pelo próprio participante, conforme sua vontade.

O protocolo de teste foi adaptado de Cocking e colaboradores (2017) para ser realizado no cicloergômetro disponível para o estudo.

Durante todo o esforço os participantes foram orientados a manter uma cadência de 70rpm, sendo o teste iniciado com um aquecimento de cinco minutos com uma carga de correspondente a 54W e a cada três minutos, um incremento de 36W foi adicionado até a exaustão volitiva do participante ou até

que ele não conseguisse sustentar a cadência alvo por mais de 30s.

A  $W_{pico}$  foi considerada como aquela correspondente ao último estágio completo pelo participante, sendo desconsiderado o estágio incompleto.

Para a realização do PCI e SHAM foram realizados quatro blocos de cinco minutos de oclusão, seguidos de reperfusão pelo mesmo tempo, aplicados na perna direita na região proximal, com o participante deitado em posição supina e relaxado.

Foi utilizado um manguito inflável (Cardiomed, modelo Scientific Leg - WCS) de dimensões 12,5cm de largura por 84cm de comprimento, acoplados a um manômetro para identificação da pressão de oclusão. No protocolo de PCI a pressão de oclusão foi mantida em 220mmHg e para o SHAM foi adotada uma pressão do manguito de 20mmHg, protocolo já adotado em estudos anteriores (Crisafulli e colaboradores, 2011; Marocolo, 2016).

Os dois testes de tempo até a exaustão foram realizados no mesmo período do dia para evitar interferências do ciclo circadiano e com a adoção de uma carga constante e submáxima até o encerramento voluntário do teste pelo participante ou até que a cadência alvo não fosse sustentada por mais de 30s.

O participante só deu início ao teste após transcorridos 45min do fim do último bloco de oclusão (30min repouso + 15min aquecimento). Para o teste, o participante realizou um aquecimento de 15min com uma carga correspondente a 40% da  $W_{pico}$ , sendo em seguida complementada a carga até o correspondente a 75% da  $W_{pico}$ . Durante todo o teste o participante permaneceu cego para o tempo, recebendo feedback somente da cadência e da frequência cardíaca instantânea. Durante toda realização do teste os participantes receberam incentivos verbais para continuar o esforço.

Durante a realização do teste incremental e dos testes de tempo até a exaustão, o participante utilizou um cardiofrequencímetro (Garmin®, modelo Fênix 5x) em conjunto com uma cinta cardíaca (HRM-DUAL), sendo realizados os registros de frequência cardíaca (FC) e de variabilidade da

frequência cardíaca (VFC) de forma ininterrupta.

Para efeito de análise, somente os últimos seis minutos de teste TTE foram considerados. Para a variável FC foi extraída a média dos batimentos por minuto (FC6min). Para a VFC foram considerados os índices no domínio do tempo: média dos intervalos R-R (MédiaRR6min) e a raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre intervalos R-R normais adjacentes (RMSSD6min). No domínio da frequência foi considerado a relação dos componentes de baixa frequência e alta frequência da análise espectral (LF/HF6min) (Vanderlei e colaboradores, 2009).

Para a extração dos dados foi utilizado o software Kubios HRV Standard, versão 3.4.0 (Tarvainen e colaboradores, 2021), sendo aplicada uma filtragem digital pelo próprio software para eliminar eventuais batimentos ectópicos prematuros ou artefatos que poderiam comprometer a integridade dos dados. Todos os dados foram expressos em média e desvio padrão.

A análise estatística dos dados foi realizada através do Software IBM SPSS Statistics, versão 25.0. A normalidade dos dados foi verificada e confirmada através do teste de Kolmogorov-Smirnov e a comparação das variáveis quantitativas dos protocolos testados foi realizada através do teste "t" de Student. Para a análise dos índices de PSE foi utilizado o teste de Wilcoxon. Para quantificação do tamanho do efeito foi utilizado "g" de Hedges, que aplica uma correção no "d" de Cohen para amostras pequenas (Cohen, 1992; Espirito Santo, Daniel, 2015; Lakens, 2013; Sawilowsky, 2009). Os dados descritivos são apresentados como média e desvio padrão. Para todos os testes, o nível de significância adotado foi de 95% ( $p < 0,05$ ).

## RESULTADOS

O estudo foi desenvolvido com a participação de 10 voluntários, praticantes de ciclismo há pelo menos um ano e com uma frequência de treinamento regular de pelo menos três vezes por semana.

As características gerais dos participantes estão descritas na Tabela 1.

**Tabela 1** - Características dos participantes da pesquisa.

Idade (anos)	Peso (Kg)	Estatura (cm)	IMC (Kg/m <sup>2</sup> )	Gord. (%)	Pot. Absoluta (W)	Pico Pot. Relativa (W/kg)
36,9 ±8,1	84,2 ±14,8	173 ±0,05	28,1 ±4,4	23,6 ±4,7	262,7 ±28,4	3,2 ±0,4

**Legenda:** Dados expressos em média ±DP. IMC: índice de massa corporal, Gord(%): percentual de gordura corporal, Pot. Pico Absoluta: potência absoluta (W) alcançada no último estágio completo do teste incremental, Pot. Pico Relativa: razão entre potência de pico (W) e massa corporal (kg).

Em que pese o tempo para conclusão do teste (TTE) ter sido cerca de 8% superior, após a aplicação do PCI, tal diferença não se mostrou significativa.

Quanto aos indicadores hemodinâmicos nos últimos seis minutos do

teste, foi observado que a FC e o índice RMSSD da VFC não se alteraram na comparação dos dois protocolos. Já para os indicadores de VFC "MédiaRR6min" e "LF/HF6min" apresentaram diferenças significativas (Tabela 2).

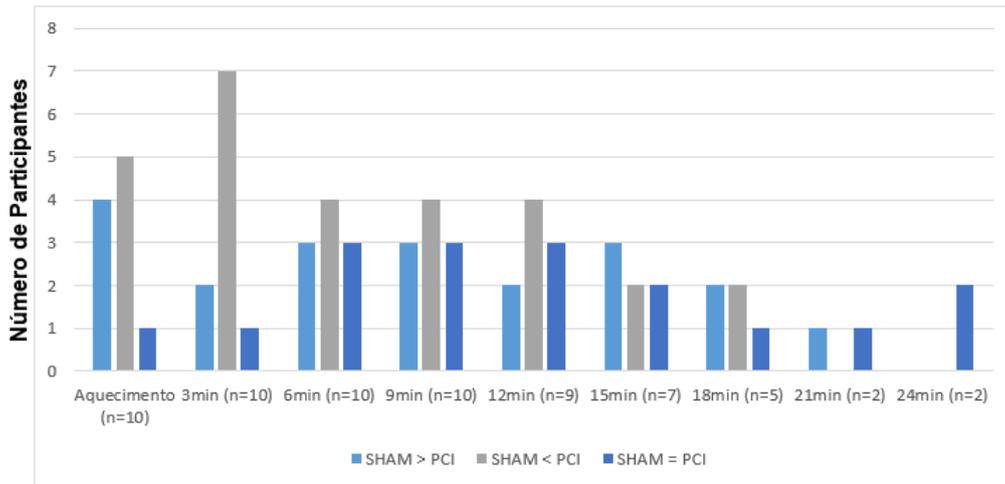
**Tabela 2** - Valores das variáveis hemodinâmicas e de tempo até a exaustão.

Variável	SHAM ±DP	PCI ±DP	p	Tamanho Efeito (g)	IC 95%
TTE (s)	984,50 ±334,8	1066,9 ±319,7	0,124	0,23	-0,34 a 0,81
FC6min (bpm)	178,49 ±7,2	179,40 ±7,5	0,089	0,11	-0,45 a 0,71
MédiaRR6min (ms)	333,89 ±14,1	337,13 ±13,3*	0,037	0,21	-0,44 a 0,78
RMSSD6min (ms)	1,18 ±0,2	1,27 ±0,3	0,230	0,34	-0,24 a 0,91
LF/HF6min	3,99 ±2,1	2,10 ±0,5*	0,021	-1,33	-2,13 a -0,24

**Legenda:** \* Diferença significativa ( $p < 0,05$ ) do PCI comparado com SHAM; TTE - tempo até a exaustão; FC6min - média dos batimentos cardíacos nos últimos 6 min. do teste; MédiaRR6min - média dos intervalos R-R nos últimos 6min, do teste; RMSSD6min - raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre intervalos R-R normais adjacentes nos últimos 6min. do teste; LF/HF6min - razão dos componentes de baixa frequência e alta frequência da análise espectral nos últimos 6min. de teste; g - corresponde ao tamanho de efeito utilizado "g" de Hedges, que aplica uma correção no "d" de COHEN para amostras pequenas.

Os dados de PSE foram analisados a cada três minutos do teste, sendo ainda estratificados em três grupos para uma melhor compreensão: "Grupo SHAM>PCI", para os participantes que atribuíram um valor de PSE menor para o PCI em cada estágio; "Grupo SHAM<PCI", para os participantes que atribuíram uma PSE mais alta para o PCI e "Grupo SHAM=PCI" para aqueles que atribuíram a mesma intensidade para as duas intervenções.

Agrupando os participantes que atribuíram uma nota de PSE maior (SHAM>PCI) com aqueles que atribuíram uma nota igual (SHAM=PCI), é possível observar que a pontuação de PSE atribuída após a intervenção permaneceu menor em praticamente todos os estágios, exceto para o estágio "3min", conforme demonstrado na Figura 1.



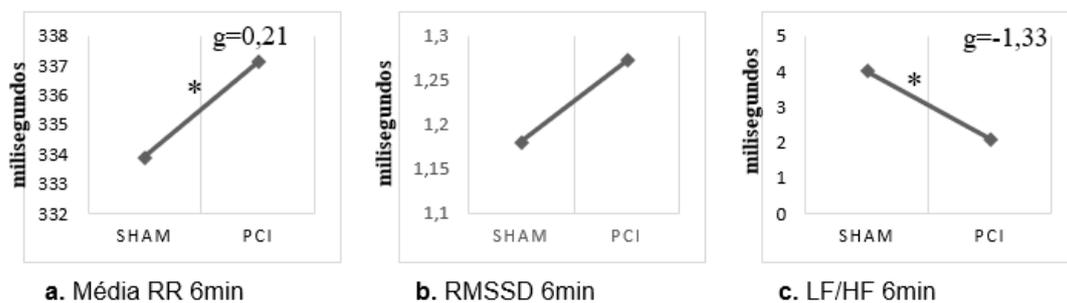
**Figura 1** - Número de participantes agrupados de acordo com a nota atribuída à PSE. SHAM>PCI participantes que atribuíram PSE maior para o protocolo SHAM; SHAM<PCI participantes que atribuíram PSE maior para o PCI; SHAM=PCI participantes que atribuíram a mesma PSE para os dois protocolos.

Para a análise do comportamento da VFC nos 6 minutos finais do teste foram observadas a média dos intervalos R-R (Média RR 6min) e a raiz quadrada da média das diferenças sucessivas ao quadrado entre R-R adjacentes (RMSSD 6min), índices relativos ao domínio do tempo.

No domínio da frequência foi analisada a relação das variáveis LF (componente espectral de baixa frequência) e HF (componente espectral de alta frequência), representados pela variável "LF/HF 6min".

Na Figura 2 está representada uma linha de tendência comparativa entre os dois protocolos para os indicadores de VFC analisados. É possível observar que para na média dos intervalos RR (a) houve um aumento significativo de cerca de 7,6% após o PCI.

Apresentando diferença igualmente significativa, o índice LF/HF (c) apresentou uma redução de cerca de 47%. O indicador RMSSD (b) não apresentou diferença entre os proto



**Figura 2** - Linha de tendência comparativa entre SHAM x PCI, referente aos índices de VFC: Média RR 6min, RMSSD 6min e LF/HF 6min. "g" corresponde ao tamanho de efeito utilizado "g" de Hedges, que aplica uma correção no "d" de COHEN para amostras pequenas. \* representa diferença significativa ( $p < 0,05$ ).

## DISCUSSÃO

O principal achado desse estudo foi que o PCI não melhorou de forma significativa o tempo até a exaustão com carga submáxima, entretanto, é possível observar que, em que pese a falta de significância estatística, mudanças dessa magnitude podem representar uma relevância prática.

De fato, a diferença média de 84 segundos a favor do protocolo PCI ( $p=0,124$ ,  $g=0,23$ , IC 95%, -0,34 a 0,80) em um teste submáximo que durou cerca de 15 minutos, pode inferir ganhos maiores a depender do tipo de prova realizada, podendo as variações altimétricas e de intensidade influenciar tais parâmetros.

Estes achados corroboram outros estudos que identificaram melhoras em testes de tempo até a exaustão em torno de 5,8% e tamanhos de efeito variando de 0,28 a 0,51 (Salvador e colaboradores, 2016).

Tais resultados reforçam a hipótese de que o condicionamento isquêmico pode induzir adaptações metabólicas e neuromusculares que beneficiam atividades com demanda metabólica predominantemente aeróbia, uma vez que as principais efeitos relatados estão associados a um aumento da perfusão muscular, permitindo um fluxo sanguíneo otimizado e conseqüentemente uma maior extração periférica de oxigênio (Kido e colaboradores, 2015).

O protocolo utilizado nesse estudo com quatro ciclos de isquemia com pressão de oclusão de 220mmHg, durante cinco minutos, seguidos de reperfusão pelo mesmo período, parece não ter influenciado os resultados, uma vez que a maior parte das pesquisas seguem esse mesmo protocolo (Marocolo e colaboradores, 2017).

Da mesma forma, o intervalo entre a intervenção isquêmica e o início do esforço de 45 minutos seguiram os achados de (Marocolo e colaboradores, 2019) que sugeriram que esse intervalo parece ser a janela mínima para a obtenção de resultados significativos.

No entanto, não descartamos a possibilidade da aplicação da oclusão no membro diretamente envolvido na atividade ter sofrido algum grau de influência nos achados, conforme relatados em experimentos anteriores (Loukogeorgakis e colaboradores, 2005).

A população recrutada para o presente foi classificada como de indivíduos

moderadamente treinados, com alguma experiência em sustentar esforços intensos, a exemplo de teste de tempo até a exaustão aplicado.

Essa característica de participantes é predominante nos estudos sobre PCI, o que permitiu comparar os resultados com uma literatura mais ampla, ao contrário de atletas altamente treinados que representam um pequeno percentual de evidências (Caru e colaboradores, 2019). Outro ponto de destaque nesse estudo foi a aplicação de um protocolo falso (SHAM) que teve por objetivo “cegar” os participantes sobre o tipo de intervenção realizada.

Esse procedimento é considerado mais adequado do que a simples utilização de um grupo controle (sem nenhuma intervenção), uma vez que estudos com esse delineamento parecem inferir resultados enviesados pelo “efeito placebo” (Marocolo e colaboradores, 2023).

Um fator que pode ter mascarado os resultados desse estudo pode estar vinculado ao poder estatístico da amostra, prejudicada pelo número reduzido de participantes ( $n=10$ ) e a existência de participantes respondedores e não respondedores, ocorrência que pode prejudicar a interpretação das médias de resultados (Incognito, Burr, Millar, 2016).

Contudo, a fim de minimizar esse efeito, realizamos uma análise individual, sendo possível constatar que oito dos dez participantes conseguiram permanecer mais tempo no teste de tempo até a exaustão, com melhoras percentuais variando de 3,2% até 35,9%, sendo que somente dois participantes pioraram o desempenho em cerca de 2%.

A existência de indivíduos respondedores e não respondedores já foi relatada em estudos anteriores como o de Incognito, Burr e Millar (2016), ocasião em que identificou através de um estudo de Revisão Sistemática que, em testes de predominância metabólica aeróbia, a taxa de resposta dos participantes foi de cerca de 70% de respondedores, abrindo a hipótese da existência de indivíduos não respondedores, fato que poderia explicar a grande variabilidade observada nas respostas dos estudos sobre o PCI.

Assim, recomendamos em estudos posteriores amostras que representem um poder estatístico maior a fim de detectar pequenas mudanças no desempenho e

amenizar os erros decorrentes da responsividade.

A existência de indivíduos não respondedores pode estar associada, em parte, a magnitude dos estímulos metabólicos e/ou hipóxicos induzidos, sendo necessário, para alguns participantes, um estímulo amplificado para a observância do efeito ergogênico.

Essa hipótese foi reforçada pelos achados de Slys e Burr (2018) que induziu efeitos ergogênico em indivíduos não respondedores após aplicar uma “amplificação” dos estímulos através da adição de contrações musculares concomitantes com o PCI.

Referente as variáveis hemodinâmicas foi observado que a frequência cardíaca relativa aos últimos seis minutos do TTE não apresentou diferenças significativas entre os protocolos, no entanto, esse resultado já era esperado, uma vez que a fase final do teste apresenta uma intensidade mais elevada e conseqüentemente FC próximas do máximo, tornando a variação muito pequena e de difícil detecção.

Soma-se a isso outros fatores externos como hidratação, alimentação, qualidade do sono, nível de fadiga e estressores do cotidiano que potencialmente poderiam causar flutuações na frequência cardíaca (Mitchell, 2012).

O monitoramento dos índices de VFC permitiu observar o comportamento do sistema nervoso autônomo frente aos dois protocolos aplicados, nos últimos seis minutos dos testes, situação que, em tese, dispenderia maior esforço do participante da pesquisa. No domínio do tempo foram analisadas as médias dos intervalos R-R (MédiaRR6min) e o índice RMSSD, que reflete o comportamento do nervo vago, portanto, a atividade parassimpática.

Já no domínio da frequência, foi observada a relação da densidade espectral dos componentes de baixa frequência (LF), indicador da ação conjunta dos componentes vagal e simpático sobre o coração e de alta frequência (HF), responsável pela modulação respiratória e pela atuação parassimpática no músculo cardíaco, relação representada pela variável “LF/HF 6min” (Vanderlei e colaboradores, 2009).

Todos os índices de VFC foram registrados para avaliar o mesmo fenômeno, o equilíbrio da atividade vagal e simpática, sendo assim, foi observado nesse estudo que dois índices apresentaram diferenças significativas, a “MédiaRR6min” ( $p=0,037$ ,  $g=0,21$ , IC95%, -

0,44 a 0,78) e “LF/HF6min” ( $p=0,021$ ,  $g=-1,33$ , IC95%, -2,13 a -0,24).

O aumento de “Média RR6min” e a redução de “LF/HF6min”, após a aplicação do protocolo PCI, pode ter ocorrido em decorrência de uma maior atividade parassimpática nos momentos finais do teste, uma vez que a intensidade do esforço progressivamente aumenta a atividade simpática e reduz a atividade parassimpática (Fronchetti e colaboradores, 2006), sendo possível inferir que o PCI pode ter diminuído a atividade simpática durante o período analisado.

Em contrapartida, o índice “RMSSD6min” não apresentou diferença, provavelmente por apresentar valores muito reduzidos em altos esforços, o que facilmente pode ser mascarado pelo desvio padrão.

Vale ressaltar que os estudos envolvendo análise de VFC durante exercícios possuem algumas limitações, sendo a principal delas a hiperventilação que pode modular o ritmo cardíaco e influenciar a interpretação dos dados, bem como o estado pré esforço (Vanderlei e colaboradores, 2009). Dessa forma, os dados desse estudo não devem ser considerados de forma absoluta.

Como variável perceptual foi analisada a PSE, num primeiro momento, através do teste estatístico de Wilcoxon, no entanto, como já era esperado, nenhuma diferença foi identificada, pois como se trata de uma escala ordinal, pontuada de 6 a 20, pequenas diferenças são difíceis de serem detectadas nesse tipo de análise.

Entretanto, para aprofundar o entendimento dessa variável, foram constituídos subgrupos agrupados de acordo com a nota de esforço percebido. Esses subgrupos foram arranjados em “SHAM>PCI”, grupo composto pelos participantes que indicaram uma percepção de esforço mais alta após o protocolo falso; grupo “SHAM<PCI”, para aqueles que indicaram valores maiores para o protocolo PCI e SHAM=PCI, para os que indicaram valores iguais para os dois protocolos.

Numa comparação entre os três grupos categorizados, é possível observar na Figura 6 que, numericamente, o número de participantes que atribuíram valores de PSE maiores para o teste após o PCI foi superior na maioria dos estágios, mas ao agrupar SHAM>PCI e SHAM=PCI, é possível observar que, com exceção do estágio “3min”, a maior parte dos

participantes atribuiu valores iguais ou maiores de PSE para o protocolo falso, o que pode indicar que as adaptações decorrentes do condicionamento isquêmico tenham influenciado em alguma medida os estímulos aferentes, levando a uma menor percepção de esforço após a intervenção, achados que estão em concordância com estudos anteriores (Marocolo e colaboradores, 2023).

Ainda que o desenho do estudo cruzado tenha diminuído a influência de fatores de confusão fisiológicos como a frequência respiratória, acidose muscular e o consumo de oxigênio, outras variáveis transitórias podem ter influenciado na PSE dos participantes.

Fatores psicológicos como fadiga mental, medo, ansiedade e estado de humor têm potencial para enviesar a interpretação dessa variável, no entanto, o processo de ancoragem de memória feito antes de cada testes pode ter minimizado essas interações (Lopes, Pereira, Silva, 2022; Robertson e colaboradores, 2000).

## CONCLUSÃO

Este estudo demonstrou que a aplicação de um protocolo de Condicionamento Isquêmico pode alterar o equilíbrio simpato-vagal em esforços contínuos submáximos, reduzindo a ativação simpática e a percepção subjetiva de esforço.

No entanto, não levou a um aumento significativo do tempo até a exaustão, provavelmente devido a existência de participantes não-respondedores ao protocolo.

Esses achados reforçam evidências anteriores de que o PCI pode melhorar o desempenho em atividades predominantemente aeróbias, mas novos estudos devem ser realizados com estímulos amplificados para os indivíduos não-respondedores, a fim de esclarecer o verdadeiro potencial ergogênico do PCI.

## REFERÊNCIAS

1-Borg, G.A.V. Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. Vol 14. Num 5. 1982. p. 377-381.

2-Caru, M.; Levesque, A.; Lalonde, F.; Curnier, D. An overview of ischemic preconditioning in exercise performance: A systematic review.

*Journal of Sport and Health Science*. Vol. 8, Num. 4. 2019. p. 355-369

3-Cocking, S. Wilson, M.G.; Nichols, D.; Cable, N.T.; Green, D.J.; Thijssen, D.H.J.; Jones, H. Is There an Optimal Ischaemic Preconditioning Dose to Improve Cycling Performance? *International Journal of Sports Physiology and Performance*. Vol. 13. Num. 3. 2017. p. 274-282.

4-Cohen, J. A Power Primer. *Psychological Bulletin*. Vol. 112. Num. 1. 1992. p. 155-159.

5-Crisafulli, A. Tangianu, F.; Tocco, F.; Concu, A.; Marni, O.; Mulliri, G. Caria, M.A. Ischemic preconditioning of the muscle improves maximal exercise performance but not maximal oxygen uptake in humans. *Journal of Applied Physiology*. Vol. 111. Num. 2. 2011. p. 530-536.

6-Cruz, R.S.O.; Aguiar, R.A.; Turnes, T.; Salvador, A.F.; Caputo, F. Effects of ischemic preconditioning on maximal constant-load cycling performance. *Journal of Applied Physiology*. Vol. 119. Num. 9. 2015. p. 961-967.

7-Eisen, A.; Fisman, E.Z.; Rubenfire, M.; Freimark, D.; McKechnie, R.; Tenenbaum, A.; Motro, M.; Adler, Y. Ischemic preconditioning: Nearly two decades of research. A comprehensive review. *Atherosclerosis*. Vol. 172. Num. 2. 2004. p. 201-210.

8-Espirito Santo, H.; Daniel, F. Calcular e apresentar tamanhos do efeito em trabalhos científicos: As limitações do  $p < 0,05$  na análise de diferenças de médias de dois grupos. *Revista Portuguesa de Investigação Comportamental e Social*. Vol. 1. Num. 1. 2015. p. 3-16.

9-Foster, G.P.; Westerdahl, D.E.; Foster, L.A.; Hsu, J.V.; Anholm, J.D. Ischemic preconditioning of the lower extremity attenuates the normal hypoxic increase in pulmonary artery systolic pressure. *Respiratory Physiology and Neurobiology*. Vol. 179. Num. 2-3. 2011. p. 248-253.

10-Fronchetti, L.; Nakamura, F.Y.; Aguiar, A.; Oliveira, R. Indicadores de regulação autonômica cardíaca em repouso e durante exercício progressivo. Aplicação do limiar de variabilidade da frequência cardíaca. *Revista*

Portuguesa de Ciência do Desporto. Vol. 6. Num. 1. 2006. p. 21-28.

11-Guedes, D.P.; Guedes, J.E.R.P. Manual prático para avaliação em educação física. Manole, 2006.

12-Groot, P.C.E.; Thijssen, D.H.J.; Sanchez, M.; Ellenkamp, R. Hopman, M.T.E. Ischemic preconditioning improves maximal performance in humans. *European Journal of Applied Physiology*. Vol. 108. Num. 1. 2010. p. 141-146.

13-Hausenloy, D.J.; Yellon, D.M. Remote ischaemic preconditioning: Underlying mechanisms and clinical application. *Cardiovascular Research*. Vol. 79. Num. 3. 2008. p. 377-386.

14-Incognito, A.V.; Burr, J.F.; Millar, P. J. The Effects of Ischemic Preconditioning on Human Exercise Performance. *Sports Medicine*. Vol. 46. Num. 4. 2016. p. 531-544.

15-Jean-St-Michel, E.; Manlihot, C.; Li, J.; Tropak, M.; Michelsen, M.M.; Schmidt, M.R.; McCrindle, B.W.; Wells, G.D.; Redington, A.N. Remote preconditioning improves maximal performance in highly trained athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. Vol. 43. Num. 7. 2011. p. 1280-1286.

16-Kido, K.; Suga, T.; Tanaka, D.; Honjo, T.; Homma, T.; Fujita, S.; Hamaoka, T.; Isaka, T. Ischemic preconditioning accelerates muscle deoxygenation dynamics and enhances exercise endurance during the work-to-work test. *Physiological Reports*. Vol. 3. Num. 5. 2015. p. 1-10.

17-Kraus, A.S.; Pasha, E.P.; Machin, D.R.; Alkatan, M.; Kloner, R.A.; Tanaka, H. Bilateral Upper Limb Remote Ischemic Preconditioning Improves Anaerobic Power. *The Open Sports Medicine Journal*. Vol. 9. Num. 1. 2015. p. 1-6.

18-Kuntz, M.G.M.B.; Ribeiro, M.J.; Leite, M.M.; Silva, A.O.; Dutras, M.T.; Ferreira, D.V. Potencialização pós-ativação: uma revisão integrativa. *Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício*. Vol. 16. Num. 5. 2017. p. 293-303.

19-Lakens, D. Calculating and reporting effect sizes to facilitate cumulative science: A practical

primer for t-tests and ANOVAs. *Frontiers in Psychology*. Vol. 4. 2013. p. 1-12.

20-Lalonde, F.; Curnier, D.Y. Can Anaerobic Performance Be Improved By Remote Ischemic Preconditioning? *Journal of Strength and Conditioning Research*. Vol. 29. Num. 1. 2015. p. 80-85.

21-Lopes, T.R.; Pereira, H.M.; Silva, B.M. Perceived Exertion: Revisiting the History and Updating the Neurophysiology and the Practical Applications. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. Vol. 19. Num. 21. 2022.

22-Loukogeorgakis, S.P. Panagiotidou, A.T.; Broadhead, M.W.; Donald, A.; Deanfield, J.E.; MacAllister, R.J.I. Remote ischemic preconditioning provides early and late protection against endothelial ischemia-reperfusion injury in humans: Role of the autonomic nervous system. *Journal of the American College of Cardiology*. Vol. 46. Num. 3. 2005. p. 450-456.

23-Lucas, R.D.; Polazzo, C.E.; Souza, K.M.O.; Guglielmo, M.F.M.; Vleck, L.G.A.; Denadai, V.; Sergio, B. Aspectos fisiológicos do mountain biking competitivo. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. Vol. 16. Num. 6. 2010. p. 459-464.

24-Marocolo, I.C. Efeito do pré-condicionamento isquêmico sobre o desempenho físico. *Dissertação de Mestrado*. Universidade Federal do Triângulo Mineiro. Minas Gerais. 2016.

25-Marocolo, M.; Coriolano, H.J.A.; Mourão, C.A.J.; Mota, G.R. Crucial Points for Analysis of Ischemic Preconditioning in Sports and Exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. Vol. 49. Num. 7. 2017. p. 1495-1496.

26-Marocolo, M.; Simim, M.A.M.; Bernardino, A.; Monteiro, I.R.; Patterson, S.D.; Mota, G.R. Ischemic preconditioning and exercise performance: shedding light through smallest worthwhile change. *European Journal of Applied Physiology*. Vol. 119. Num. 10. 2019. p. 2123-2149.

27-Marocolo, M.; Hohl, R.; Arriel, R.A.; Mota, G.R. Ischemic preconditioning and exercise performance: are the psychophysiological

responses underestimated? European journal of applied physiology. Vol. 123. Num. 4. 2023.

28-Mitchell, J.H. Neural control of the circulation during exercise: Insights from the 1970-1971 Oxford studies. *Experimental Physiology*. Anais. Jan. 2012. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1113/expphysiol.2011.058156>>. Acesso em: 18/08/2018

29-Reimer, K.A.; Murry, C.E.; Yamasawa, I.; Hill, M.L.; Jennings, R.B. Four brief periods of myocardial ischemia cause no cumulative ATP loss or necrosis. *American Journal of Physiology - Heart and Circulatory Physiology*. Vol. 251. Num. 6. 1986. p. 1306-1315.

30-Robertson, R.J.; Moyna, N.M.; Sward, K.L.; Millich, N.B.; Goss, F.L.; Thompson, P.D. Relative Physiological Criteria. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. Vol. 32. Num. 12. 2000. p. 2120-2129.

31-Salvador, A.F.; Aguiar, R.A.; Lisbôa, F.D.; Pereira, K.L.; Souza, R.; Cruz, O.; Caputo, F. Ischemic Preconditioning and Exercise Performance: A Systematic Review and Meta-Analysis Data Extraction and Quality Assessment. *Brief Review International Journal of Sports Physiology and Performance*. Vol. 11. 2016. p. 4-14.

32-Sawilowsky, S.S. Very large and huge effect sizes. *Journal of Modern Applied Statistical Methods*. Vol. 8. Num. 2. 2009 p. 597-599.

33-Silva, L.P.O.; Oliveira, M.F.M.; Caputo, F. Métodos de recuperação pós-exercício. *Revista da Educacao Fisica*. Vol. 24. Num. 3. 2013. p. 489-508.

34-Slysz, J.T.; Burr, J.F. Enhanced metabolic stress augments ischemic preconditioning for exercise performance. *Frontiers in Physiology*. Vol. 9. 2018. p. 1-8.

35-Stapelfeldt, B.; Schwirtz, A.; Schumacher, Y.O.; Hillebrecht, M. Workload demands in mountain bike racing. *International Journal of Sports Medicine*. Vol. 25. Num. 4. 2004. p. 294-300.

36-Tarvainen, M.P.; Lipponen, J.; Niskanen, J.; Ranta-aho, P.O. Kubios HRV Software USER'S GUIDE. Vol. 3. 2021. p. 4-39.

37-Vanderlei, L.C.M.; Pastre, C.M.; Hoshi, R.A.; Carvalho, T.D.; Godoy, M.F. Basic notions of heart rate variability and its clinical applicability. *Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovascular : órgão oficial da Sociedade Brasileira de Cirurgia Cardiovascular*. Vol. 24. Num. 2. 2009. p. 205-217.

Orcid dos autores:

<https://orcid.org/0000-0003-0361-6081>

<https://orcid.org/0000-0001-8741-4051>

<https://orcid.org/0009-0002-4246-2644>

Autor correspondente:

Anibal Pires do Amaral Neto.

neto\_pmpr@yahoo.com.br

Alameda Padre Magno, 841.

Centro de Ciências da Saúde - UENP.

Jacarezinho, Paraná, Brasil.

CEP: 86400-000.

Recebido para publicação em 27/07/2023

Aceito em 24/09/2023