

**Efeito agudo do condicionamento isquêmico aplicado antes de testes de força isométrica e endurance muscular sobre as variáveis hemodinâmicas em homens treinados**

**Acute effect of ischemic preconditioning applied before isometric strength and muscular endurance tests on hemodynamic variables in trained men**

DOI:10.34119/bjhrv4n1-257

Recebimento dos originais: 15/01/2021

Aceitação para publicação: 10/02/2021

**Luiz Guilherme da Silva Telles**

Mestre em Educação Física

Universidade Federal do Rio de Janeiro-EEFD/UFRJ

Universidade Estácio de Sá

Endereço: Av. Carlos Chagas Filho, 540 - Cidade Universitária da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro - RJ, 21941-599

E-mail: guilhermetellesfoa@hotmail.com

**Aline Aparecida de Souza Ribeiro**

Mestre em Educação Física

Universidade Federal do de Juiz De Fora UFJF/FAEFID

Rua José Lourenço Kelmer, s/n (na última saída antes do Pórtico Sul) - São Pedro, Juiz de Fora - MG, 36036-900

E-mail: alinevalencaedfisica@gmail.com

**Estêvão Monteiro Rios**

Mestre em Educação Física

Universidade Federal do Rio de Janeiro-EEFD/UFRJ

Endereço: Av. Carlos Chagas Filho, 540 - Cidade Universitária da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro - RJ, 21941-599

E-mail: profestevaomonteiro@gmail.com

**Gleisson da Silva Araújo**

Mestre em Educação Física

Universidade Estácio de Sá

Universidade Federal do Rio de Janeiro-EEFD/UFRJ

Endereço: Av. Carlos Chagas Filho, 540 - Cidade Universitária da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro - RJ, 21941-599

E-mail: profgleisson@hotmail.com

**Giovanni da Silva Novaes**

Doutor em Educação Física

Centro Universitário Universus Veritas - UNIVERITAS Rio de Janeiro

R. Marquês de Abrantes, 55 - Flamengo, Rio de Janeiro - RJ, 22230-060

E-mail: giovanninovaes@gmail.com

**Michelle de Souza Ribeiro**

em Educação Física

Universidade Federal do Rio de Janeiro EEFD/UFRJ

Endereço: Av. Carlos Chagas Filho, 540 - Cidade Universitária da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro - RJ, 21941-599

E-mail: prof.michelleribeiro@gmail.com

**Jeferson Macedo Vianna**

Doutor em Educação Física

Professor da Universidade Federal de Juiz de Fora UFJF/FAEFID

Rua José Lourenço Kelmer, s/n (na última saída antes do Pórtico Sul) - São Pedro, Juiz de Fora - MG, 36036-900

E-mail: jeferson.vianna@ymail.com

**Jefferson da Silva Novaes**

Pós-Doutor em Educação Física

Professor Titular da Universidade Federal do Rio de Janeiro EEFD/UFRJ

Endereço: Av. Carlos Chagas Filho, 540 - Cidade Universitária da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro - RJ, 21941-599

E-mail: jeffsnovaes@gmail.com

**RESUMO**

O pré-condicionamento isquêmico (PCI) é um procedimento que consiste na aplicação de um aparelho para a oclusão vascular (OV), alternando momentos de OV e reperusão. O PCI é um método de trabalho empregado para bloquear o fluxo sanguíneo de maneira remota e não invasiva, através de um torniquete pneumático antes de realização de um exercício. Diversos estudos têm investigado os efeitos do PCI no desempenho esportivo e muscular. Entretanto, poucos estudos investigaram os efeitos do PCI sobre as respostas hemodinâmicas após o exercício. Portanto, o objetivo do presente estudo foi investigar o efeito agudo do PCI aplicado antes de testes de força isométrica e de endurance muscular sobre a pressão arterial sistólica (PAS), pressão arterial diastólica (PAD), frequência cardíaca (FC), duplo produto (DP), pressão arterial média (PAM) e saturação de oxigênio (SPO<sub>2</sub>) em homens treinados. A amostra foi composta por 12 indivíduos saudáveis, treinados recreacionalmente. O estudo foi realizado em um total de 3 visitas em dias não consecutivos (3 a 7 dias de intervalo). Durante a primeira visita ao laboratório foram assinalados os Termos de Consentimentos Livres e Esclarecidos (TCLE), de acordo com a declaração de Helsinki, em seguida, respondidos os *Physical Activity Readiness Questionnaire* / PAR-Q, imediatamente após foram avaliados a antropometria e em seguida uma familiarização com os testes e o método. Na segunda e terceira visita os voluntários foram divididos aleatoriamente com entrada contrabalanceada e alternada, nos seguintes protocolos experimentais: a) PCI + testes de força isométrica e testes de endurance muscular (PCI); b) protocolo controle (CON) testes de força isométrica e testes de endurance muscular, logo após os foram mensuradas as variáveis hemodinâmicas. Os resultados mostraram que as respostas da PAS, PAD, FC, DP, PAM e SPO<sub>2</sub> não apresentaram diferenças significativas entre os protocolos PCI e CON ( $p > 0.05$ ). A PAS foi significativamente maior no PCI comparando o momento pré vs. pós ( $p = 0.01$ ). A FC foi significativamente maior, comparando pré vs. pós, no PCI ( $p = 0.01$ ) e no CON ( $p = 0.01$ ). O DP foi significativamente maior, comparando pré vs. pós, no PCI ( $p = 0.01$ ) e no CON ( $p = 0.01$ ). A PAM não apresentou diferenças significativas, comparando pré

vs. pós, nos protocolos PCI e CON ( $p > 0.05$ ). A  $SPO_2$  não apresentou diferenças significativas, comparando pré vs. pós, nos protocolos PCI e CON ( $p > 0.05$ ). Em conclusão, nossos achados demonstraram que aplicação do PCI antes de teste de força isométrica e de endurance muscular não alteraram significativamente as respostas hemodinâmicas (PAS, PAD, FC, DP, PAM e  $SPO_2$ ) em homens treinados.

**Palavras-chave:** Pré-condicionamento isquêmico, força isométrica, endurance muscular, hemodinâmica.

## ABSTRACT

Ischemic preconditioning (IPC) is a procedure that consists of the application of a device for vascular occlusion (VO), alternating moments of VO and reperfusion. IPC is a working method used to block blood flow remotely and non-invasively, through a pneumatic tourniquet before performing an exercise. Several studies have investigated the effects of IPC on sports and muscle performance. However, few studies have investigated the effects of IPC on hemodynamic responses after exercise. Therefore, the aim of the present study was to investigate the acute effect of IPC applied before isometric strength and muscle endurance tests on systolic blood pressure (SBP), diastolic blood pressure (DBP), heart rate (HR), rate pressure product (RPP), mean arterial pressure (MAP) and oxygen saturation ( $SPO_2$ ) in trained men. The sample consisted of 12 healthy, recreational trained individuals. The study was carried out in a total of 3 visits on non-consecutive days (3 to 7 days apart). During the first visit to the laboratory, the Free and Informed Consent Terms were signed, according to the Helsinki statement, then the Physical Activity Readiness Questionnaire / PAR-Q was answered, immediately after anthropometry was evaluated and then a familiarization with the tests and the method. On the second and third visits, the volunteers were randomly divided with balanced and alternate entry, in the following experimental protocols: a) IPC + isometric strength tests and muscle endurance tests (IPC); b) control protocol (CON) isometric strength tests and muscle endurance tests, after which hemodynamic variables were measured. The results showed that the responses of SBP, DBP, HR, RPP, MAP and  $SPO_2$  did not present significant differences between the protocols IPC and CON ( $p > 0.05$ ). The SBP was significantly higher in the IPC when comparing the pre vs. post ( $p = 0.01$ ). The HR was significantly higher, comparing pre vs. post, in the IPC ( $p = 0.01$ ) and in the CON ( $p = 0.01$ ). The RPP was significantly higher, comparing pre vs. post, in the IPC ( $p = 0.01$ ) and in the CON ( $p = 0.01$ ). MAP did not show significant differences, comparing pre vs. post, in the IPC and CON protocols ( $p > 0.05$ ).  $SPO_2$  did not show significant differences, comparing pre vs. pos, in the IPC and CON protocols ( $p > 0.05$ ). In conclusion, our findings demonstrated that application of the IPC before the isometric strength test and muscle endurance did not significantly alter the hemodynamic responses (SBP, DBP, HR, RPP, MBP and  $SPO_2$ ) in trained men.

**Keywords:** Ischemic preconditioning, isometric strength, muscle endurance, hemodynamics.

## 1 INTRODUÇÃO

O condicionamento isquêmico (PCI) é uma manobra que consiste na oclusão vascular (OV), alternando momentos de isquemia e reperfusão. A aplicação do PCI é

através de um torniquete pneumático antes da realização de um exercício e de maneira não invasiva (DA SILVA NOVAES et al. 2020; TELLES et al. 2020). Essa manobra pode aumentar o fluxo sanguíneo nos músculos esqueléticos (WANG *et al.*, 2004), no fígado (KANORIA *et al.*, 2006), no coração (ZHOU *et al.*, 2007) e nos rins (ALI *et al.*, 2007). Primariamente, essa intervenção foi realizada em cães, com objetivo de diminuir os danos causados no miocárdio pela isquemia sustentada, os resultados demonstraram que o PCI foi capaz de reduzir 25% da área de infarto no miocárdio (MURRY *et al.*, 1986).

Em estudos com humanos, no contexto clínico, têm demonstrado importantes efeitos do PCI sobre a pressão arterial (PA) e parece ser uma nova e eficiente estratégia terapêutica no tratamento da hipertensão arterial (TONG et al., 2019). Madias (2011) avaliou efeito do PCI sobre a PA de um indivíduo normotenso por 60 minutos e demonstrou que o PCI reduziu a PA após aplicação de 3 ciclos de 5 minutos de OV, alternados por 3 ciclos de reperfusão nos braços em repouso. Jones et al. (2015) aplicaram 7 dias sucessivos de PCI em jovens normotensos e observaram uma redução na pressão arterial média (PAM) e Battipaglia et al. (2011) observaram redução da pressão arterial sistólica (PAS) e duplo produto (DP) imediatamente após teste ergométrico em pacientes com doença coronariana. Recentemente, Tong et al. (2019) reportaram redução crônica da PA em indivíduos hipertensos com a aplicação do PCI por 30 dias.

Há duas décadas o PCI tem sido aplicado antes dos exercícios e é capaz de gerar melhora sobre o desempenho esportivo e muscular (CARU *et al.*, 2019). Entretanto, os estudos sobre o efeito do PCI sobre as repostas hemodinâmicas, ainda são restritos, pois, a maioria das evidências se concentram no contexto esportivo (DE GROOT et al., 2010; BAYLEI et al. 2012; TOCCO et al., 2015; KAUR et al., 2017; GARCIA et al., 2017; RIBEIRO et al. 2019) e ainda, não apresentaram efeitos hemodinâmicos significativos após o exercício. Por outro lado, poucos estudos verificaram o efeito do PCI na força muscular sobre as variáveis hemodinâmicas (INCOGNITO et al. 2017; PANZA et al. 2020). Incognito et al. (2017) aplicaram PCI e executaram teste de prensão manual e relataram que o PCI não alterou significativamente a PA, a FC e a atividade do nervo simpático muscular. Panza et al. (2020) verificaram o efeito agudo do PCI em uma sessão de treinamento resistido e demonstraram que o PCI não alterou significativamente a PAS, PAD e PAM imediatamente após o exercício.

Os efeitos hemodinâmicos do PCI são mediados pela fosforilação da enzima óxido nítrico sintetase e conseqüentemente liberação de óxido nítrico na circulação causando vasodilatação (KIMURA *et al.*, 2007; LI *et al.*, 2012), aumento do fluxo sanguíneo e no

diâmetro arterial (BAYLEI *et al.*, 2012) e no aumento da atividade parassimpática em humanos (ENKO *et al.*, 2011).

Portanto, parece que o PCI, além ser uma eficiente estratégia para melhora do desempenho dos exercícios (CARU *et al.*, 2019), também parece ser eficiente sobre as respostas hemodinâmicas (TONG *et al.*, 2019; PANZA *et al.* 2020). Entretanto, ainda existem poucos estudos que verificaram a resposta hemodinâmica em exercícios de força muscular (INGOGNITO *et al.* 2017; PANZA *et al.* 2020). Emergindo a necessidade verificar a segurança da aplicação do PCI nesse contexto. Diante disso, nossa hipótese é que o PCI quando aplicado antes dos testes de força isométrica e endurance muscular, seja uma intervenção segura sobre as respostas agudas das variáveis hemodinâmicas. Assim, o objetivo do presente estudo foi investigar o efeito agudo do PCI aplicado antes de testes de força isométrica e de endurance muscular sobre a pressão arterial sistólica (PAS), pressão arterial diastólica (PAD), frequência cardíaca (FC), duplo produto (DP), pressão arterial média (PAM) e saturação de oxigênio (SPO<sub>2</sub>) em homens treinados.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 DESENHO EXPERIMENTAL DO ESTUDO

O presente estudo foi realizado em um total de 3 visitas em dias não consecutivos (3 a 7 dias de intervalo), sempre no mesmo horário do dia, para evitar a influência circadiana. Durante a primeira visita ao laboratório foram assinalados os Termos de Consentimentos Livres e Esclarecidos (TCLE), de acordo com a declaração de Helsinki, em seguida, respondidos os *Physical Activity Readiness Questionnaire / PAR-Q*, imediatamente após foram avaliados a antropometria e em seguida uma familiarização com os testes e o método. Na segunda e terceira visita os voluntários foram divididos aleatoriamente com entrada contrabalanceada e alternada, nos seguintes protocolos experimentais: a) protocolo de PCI com 220 mmHg + testes de força isométrica e testes de endurance muscular (PCI); b) protocolo controle (CON) testes de força isométrica e testes de endurance muscular, logo após os foram mensuradas as variáveis hemodinâmicas.

Durante o período do estudo, os participantes foram instruídos a abster-se de exercício, bem como evitar cafeína, chocolate, suplementos nutricionais, ingestão de álcool, 48 horas antes, durante e após todo estudo, dormir por um mínimo de seis horas na noite anterior à sessão dos exercícios, não realizarem a manobra de valsalva durante a

execução dos exercícios. O desenho experimental do estudo pode ser observado na figura 1.

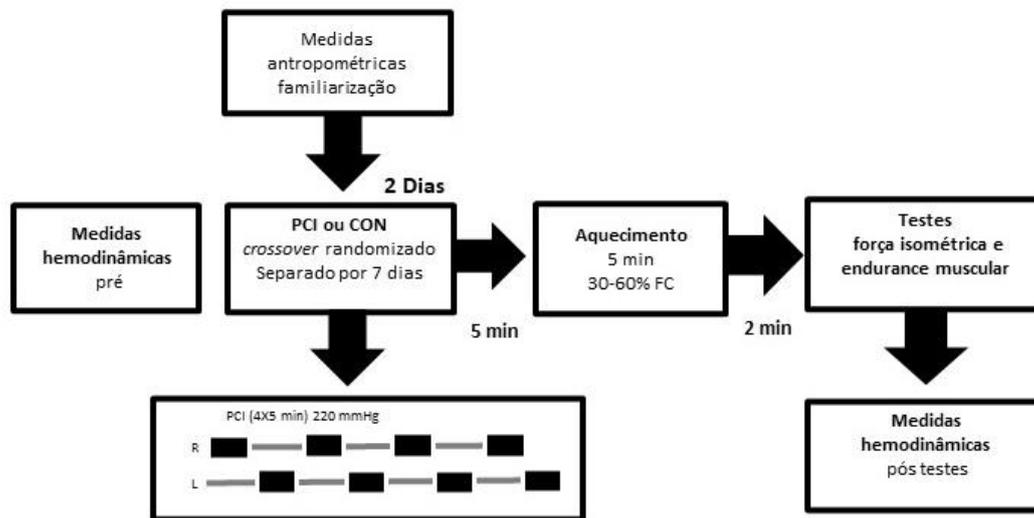


Figura 1 –Desenho experimental do estudo. PCI: Pré-condicionamento isquêmico; CON: protocolo controle.

## 2.2 SUJEITOS DO ESTUDO

Foram incluídos no estudo 12 homens, normotensos, treinados recreacionalmente em exercício resistido a pelo menos 1 ano. Foram excluídos do estudo, os sujeitos que responderam positivamente a quaisquer dos itens do Physical Activity Readiness Questionnaire (PAR-Q) (SHEPHARD, 1988), os que faltaram uma das sessões dos procedimentos de coleta no laboratório, os que apresentaram algum tipo de lesão osteomioarticular nos membros superiores ou inferiores e os fumantes. Após serem explicados os riscos e benefícios da pesquisa os sujeitos assinaram o termo de consentimento livre esclarecido elaborado de acordo com a declaração de Helsinque. Este estudo foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa local, sob o nº do parecer 2.699.294.

Tabela 1. Características dos sujeitos (n=12)	Mean ± SD
Idade (anos)	26.5 ± 7.2
Estatura (cm)	175.3 ± 6.5
Peso (kg)	83.7 ± 13.4
IMC (kg.)	27.2 ± 3.8
Tempo de Treinamento (anos)	4.8 ± 3.1

### 2.3 PROTOCOLO DE PRÉ-CONDICIONAMENTO ISQUÊMICO (PCI)

A sessão do protocolo de PCI consistiu em 4 ciclos de 5 minutos de oclusão a 220 mmHg de pressão, usando um garrote pneumático 57 cm x 9 cm aplicada em torno da região subaxilar do braço (komprimeter Riester®, Jungingen, Alemanha) com alternância de 5 minutos de reperfusão a 0 mmHg. Isso resultou numa intervenção total de 40 minutos (TELLES et al., 2020; NOVAES et al., 2020). O protocolo CON consistiu em repouso, sem aplicação de nenhuma manobra, durante 40 min.

### 2.4 PROTOCOLO DE TESTES DE FORÇA ISOMÉTRICA

A Força isométrica de membros superiores foi avaliada por meio do teste de Dinamometria Manual. Foi utilizado o Dinamômetro JAMAR com capacidade de 100 Kgf para o teste de dinamometria manual. O participante ficou em pé com os cotovelos estendidos ao longo do corpo com antebraço em leve pronação e punhos na posição neutra. Em seguida o voluntário foi orientado a realizar três tentativas com a mão de maior força com 1 min de intervalo entre elas. O resultado foi obtido pela média entre as três tentativas (CRONIN et al. 2017).

A força da musculatura dorsal foi mensurada por um dinamômetro Crown Dorsal (Filizola) com capacidade de 200 kgf e escala de 1 kgf. Com o dinamômetro zerado, pediu-se que o avaliado se posicionasse em ortostatismo, com os pés na base do aparelho e paralelos, com joelhos e cotovelos estendidos. Inicialmente, a coluna estava fletida e, a partir desta posição, solicitou-se ao voluntário que fizesse extensão da coluna segurando, com os membros superiores, a barra de alavanca para marcação no dinamômetro. Realizaram-se três tentativas, e foi feita a média destas (BERTOR et al., 2013).

A avaliação da força dos membros inferiores foi adaptada de Bertor et al. (2013), utilizando o mesmo dinamômetro usado para avaliar a musculatura dorsal. Com o dinamômetro zerado, pediu-se que o avaliado se posicionasse em pé, com os membros inferiores fletidos na base do aparelho e paralelos, quadril e joelhos fletidos. A partir desta posição, solicitou-se ao participante que efetuasse a extensão dos membros inferiores, observando a marcação no dinamômetro. Realizaram-se três tentativas, e foi feita a média destas.

### 2.5 PROTOCOLO DE TESTES DE ENDURANCE MUSCULAR

A flexão de braços foi realizada em 1 minuto, com o máximo de repetições possíveis. O avaliado ficou em decúbito ventral, mãos sobre o chão, braços estendidos,

alinhadados e na altura do ombro. A cada movimento o cotovelo deve flexionar abaixando o corpo até o peito tocar o chão e na volta braços estendidos (ACSM, 2018)

Na flexão de tronco o avaliado ficou em decúbito dorsal, joelho flexionado a 90°, plantas do pé no solo e mão sobre a nuca, pés fixos com ajuda do avaliador. Flexionar tronco e quadril até que os cotovelos toquem nos joelhos, voltar a posição inicial até que os cotovelos toquem o solo. O teste consistiu em avaliar o número máximo de repetições (ACSM, 2018).

## 2.6 MONITORAMENTO DAS VARIÁVEIS HEMODINÂMICAS

Foi utilizado um monitor automático de pressão arterial *MicroLife® modelo BP3BTO-A*, validado de acordo com os critérios da Associação Britânica de Cardiologia para medidas de repouso (CUKSON *et al.*, 2002). O manguito foi colocado no braço esquerdo e foi envolvido completamente, abrangendo pelo menos dois terços da parte superior do braço. Este equipamento foi utilizado para todas as medições da pressão arterial pré e após sessão de testes. O duplo produto (DP) foi obtido por meio da multiplicação da FC (bpm) x PAS (mm Hg). Para monitorar a frequência cardíaca (FC) será utilizado o frequencímetro (Polar® RS800CX, Finlândia). O nível de saturação de oxigênio (SpO<sub>2</sub>) foi avaliado por meio do oxímetro de dedo modelo: CMS50DL (OXYM2000) nos momentos pré e pós-sessão. As medidas foram feitas com os voluntários na posição sentada durante os 10 primeiros minutos de repouso e imediatamente após os testes (RAMOS *et al.* 2019). Todas as medições foram realizadas de acordo com as diretrizes da *American Heart Association* (PICKERING *et al.*, 2005) e foram realizadas na mesma hora do dia, para evitar interferências do ritmo circadiano sobre a PA. Foram medidas a PAS, PAD e PAM. A PAM foi calculada utilizando a equação  $(PAS + 2PAD) \div 3$ .

## 2.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados são apresentados em valores de média  $\pm$  desvio padrão. A normalidade foi testada e não reprovada pelo teste de Shapiro-Wilk e a homoscedasticidade foi confirmada pelo teste de Levene. A análise de variância ANOVA-two-way para medidas repetidas foi realizada para determinar as diferenças dos protocolos experimentais sobre as variáveis dependentes (PAS, PAD, PAM, FC, DP e SPO<sub>2</sub>). Para determinar as diferenças específicas foi realizado o teste post hoc de *sidak*.

Todas as análises foram realizadas no software *Graphpad Prism* (Prism 6.0, San Diego, CA, USA) e considerado valor de alpha em 5% ( $p < 0.05$ )

### 3 RESULTADOS

Todas as variáveis testadas demonstraram uma distribuição normal ( $p > 0.05$ ). A respostas da PAS e PAD não apresentaram diferenças significativas entre os protocolos PCI e CON ( $p > 0.05$ ) (Figura 2). A PAS foi significativamente maior no PCI comparando o momento pré vs. pós ( $119.1 \pm 10.3$  vs.  $130.8 \pm 14.9$ ,  $p = 0.01$ ) (Figura 2A).

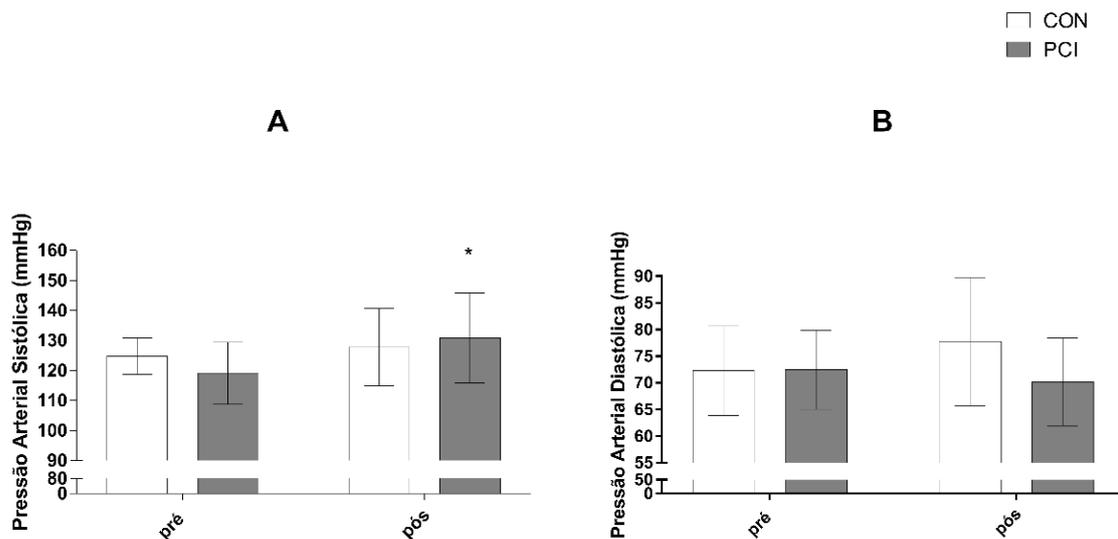


Figura 2: (A) Resposta da pressão arterial sistólica; (B) Resposta da pressão arterial diastólica; CON: protocolo controle; PCI: pré-condicionamento isquêmico. \*diferenças significativas entre pré vs. pós.

As respostas da FC e DP não apresentaram diferenças significativas entre os protocolos PCI e CON ( $p > 0.05$ ) (Figura 3). A FC foi significativamente maior, comparando pré vs. pós, no PCI ( $78.3 \pm 14.1$  vs.  $96.1 \pm 20.3$ ,  $p = 0.01$ ) e no CON ( $76.7 \pm 13.1$  vs.  $94.7 \pm 14.4$ ,  $p = 0.01$ ) (Figura 3B). O DP foi significativamente maior, comparando pré vs. pós, no PCI ( $6873.9 \pm 1931.4$  vs.  $12554.2 \pm 24848.4$ ,  $p = 0.01$ ) e no CON ( $7154.4 \pm 1049.1$  vs.  $12088.2 \pm 2103.1$ ,  $p = 0.01$ ) (Figura 3A).

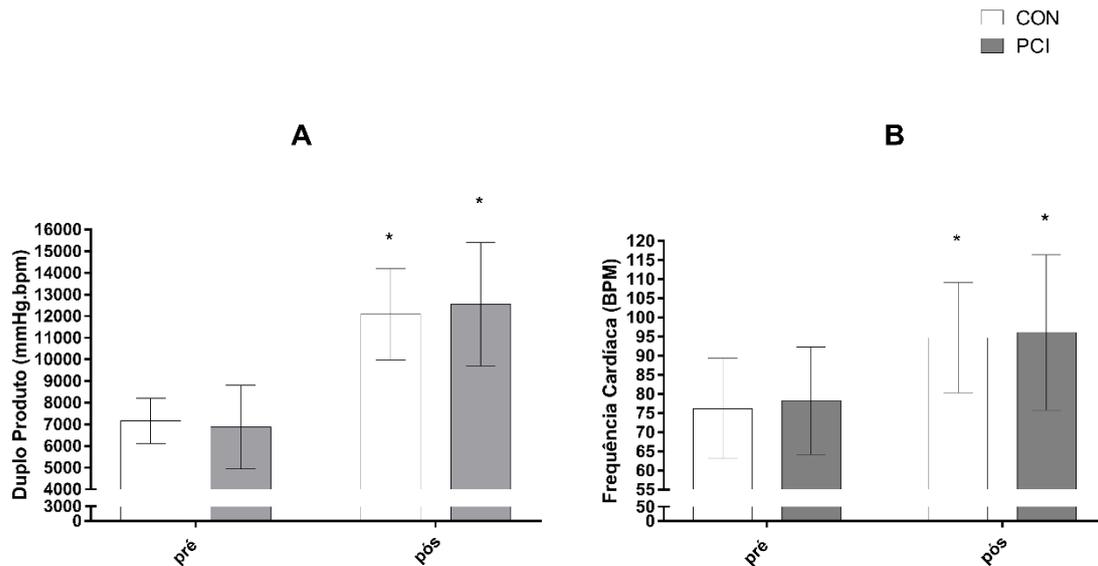


Figura 3: (A) Resposta do duplo produto; (B) Resposta da frequência cardíaca; CON: protocolo controle; PCI: pré-condicionamento isquêmico. \*diferenças significativas entre pré vs. pós.

As respostas da PAM e SPO<sub>2</sub> não apresentaram diferenças significativas entre os protocolos PCI e CON ( $p > 0.05$ ) (Figura 4). A PAM não apresentou diferenças significativas, comparando pré vs. pós, nos protocolos PCI e CON ( $p > 0.05$ ) (Figura 4A). A SPO<sub>2</sub> não apresentou diferenças significativas, comparando pré vs. pós, nos protocolos PCI e CON ( $p > 0.05$ ) (Figura 4B).

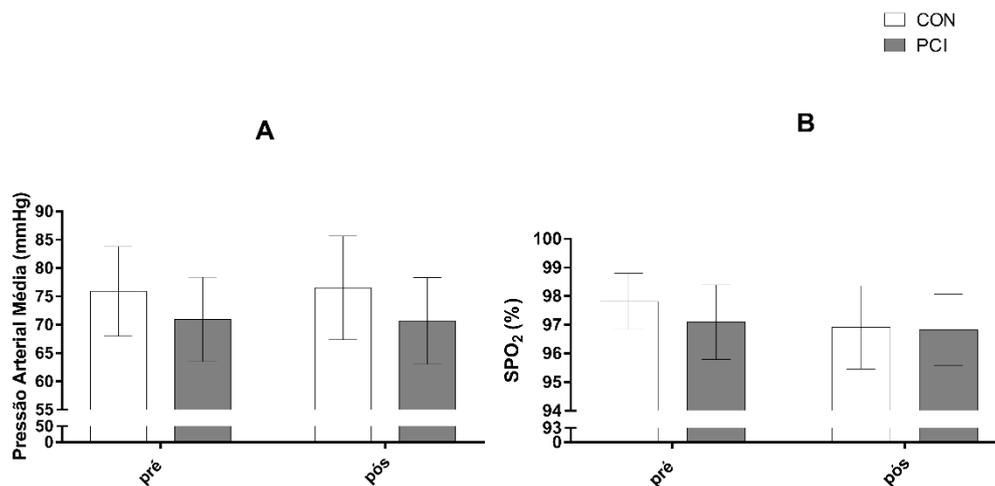


Figura 4: (A) Resposta da pressão arterial média; (B) Resposta da SPO<sub>2</sub>; CON: protocolo controle; PCI: pré-condicionamento isquêmico.

#### 4 DISCUSSÃO

O presente estudo teve como o objetivo do presente estudo foi investigar o efeito agudo do PCI aplicado antes de testes de força isométrica e de endurance muscular sobre a PAS, PAD, FC, DP, PAM e SPO<sub>2</sub> em homens treinados. Os principais achados deste

estudo foram que o protocolo PCI não apresentou diferenças significativas sobre as variáveis hemodinâmicas quando comparado com o protocolo CON. Essa descoberta indica que o PCI é um método seguro para ser aplicado antes de testes de força isométrica e de endurance muscular sobre o ponto de vista hemodinâmico.

Nossos achados mostraram que o PCI não apresentou diferenças significativas sobre as respostas hemodinâmicas quando comparado com o protocolo CON após os testes de força isométrica e de endurance muscular. Resultados similares são reportados em estudos anteriores que verificaram o efeito do PCI no contexto esportivo (DE GROOT *et al.*, 2010; BAYLEI *et al.* 2012; TOCCO *et al.*, 2015; KAUR *et al.*, 2017; GARCIA *et al.*, 2017; RIBEIRO *et al.* 2019). De Groot *et al.* (2010) ao relatarem os efeitos do PCI em ciclistas não observaram alteração significativa na FC, PAS e PAD. Bailey *et al.* (2012a) e Bailey *et al.* (2012b) mostraram que em teste de 5km de corrida contrarrelógio não foi encontrada diferença significativa na FC após o teste comparando o PCI e o protocolo CON realizado. Já Tocco *et al.* (2015) mostraram que após aplicação do PCI não ocorreram mudanças significativas na FC de corredores. Kaur *et al.* (2017), ao estudarem corredores habituais verificaram que a FC, a PA e a economia de corrida não tiveram mudança significativa. Garcia *et al.* (2017) analisaram os efeitos do PCI em jogadores de Rugby e constataram que a FC foi similar entre os grupos analisados. Ribeiro *et al.* (2019) ao aplicarem PCI em atletas de judô verificaram que o desempenho dos atletas aumentou, porém a PAS e a PAD não apresentaram diferenças significativas entre os grupos. Apesar, de os resultados das pesquisas anteriores corroborarem com nossos achados, o fato de os estudos terem sido realizado no contexto esportivo, não nos permite extrapolar nossos achados.

No entanto, algumas evidências verificaram o efeito do PCI na força muscular sobre as variáveis hemodinâmicas e vão de encontro com nossos achados (INCOGNITO *et al.* 2017; PANZA *et al.* 2020). Incognito *et al.* (2017) aplicaram PCI e executaram teste de prensão manual e relataram que o PCI não alterou significativamente a PA, a FC e a atividade do nervo simpático muscular. Panza *et al.* (2020) verificaram o efeito agudo do PCI em uma sessão de treinamento resistido. Os resultados demonstraram que o PCI não alterou significativamente a PAS, PAD e PAM imediatamente após o exercício. Entretanto, o PCI gerou HPE significativo a partir dos 20 min após o exercício.

Alguns estudos (HITTINGER *et al.*, 2014; TANAKA *et al.*, 2016; PARADIS-DESCHENÊS *et al.*, 2018) analisaram os efeitos da aplicação do PCI sobre a saturação de O<sub>2</sub> (SPO<sub>2</sub>). Nossos achados apontaram que a SPO<sub>2</sub> não obteve diferença significativa

PCI vs. CON. Hittinger *et al.* (2014) realizaram PCI em ciclistas e triatletas e observaram que não houve mudança significativa na potência máxima, bem como nas variáveis hemodinâmicas cardiovasculares e na saturação de oxigênio corroborando com nossos achados. No entanto, Tanaka *et al.* (2016) verificaram em homens saudáveis os efeitos do PCI na endurance da musculatura local durante exercício isométrico. Os sujeitos da pesquisa realizaram extensão isométrica unilateral de joelho a 20% da CVM até a falha. O estudo constatou que o PCI pode aumentar a resistência muscular durante exercícios isométricos fatigantes e pode acelerar a dinâmica da desoxigenação muscular durante o exercício. Por fim, os autores sugerem que o possível aumento do desempenho nos exercícios pode estar ligado ao metabolismo mitocondrial no musculo esquelético. Além disso, Paradis-Deschênes, Joannis e Billaut (2018) estudaram o impacto do PCI na saturação de O<sub>2</sub>, nas variáveis hemodinâmicas, no fornecimento de oxigênio e extração dinâmica, percepção subjetiva de esforço e tempo total de *endurance* em ciclistas treinados em simulação de moderada altitude. Os achados principais do estudo foram proteção de hipoxemia após PCI e provável melhora na performance no tempo total de 5km em simulação de 2400m de altitude.

O fato do PCI não afetar variáveis hemodinâmicas pode ter ligação com a sua ação periférica muscular (CRISAFULLI *et al.*, 2011) e pode ser justificada pela redução na concentração de lactato (BAILEY *et al.*, 2012<sup>a</sup>), pela maior vasodilatação (BAILEY *et al.*, 2012b), pelo aumento na velocidade de desoxigenação da Hb/Mb e saturação de O<sub>2</sub> (TANAKA *et al.*, 2016; PARADIS-DESCHENÊS *et al.*, 2018), pelo aumento na quantidade de ATP e CP (ANDREAS *et al.*, 2011), e pelo aumento no drive neural pela ativação das fibras aferentes do tipo III e IV no músculo esquelético (AMANN *et al.*, 2011) advindo da utilização da manobra. Além disso, o PCI aumenta a produção da adenosina e da ativação de canais de potássio na mitocôndria, estimulando a liberação de ATP (DE GROOT *et al.*, 2010).

Outro possível mecanismo do efeito do PCI na hemodinâmica, neste caso apresentando efeitos na PAS e PAD, parece estar relacionado com a melhora da função endotelial no tecido da circulação central e no acoplamento arteriopulmonar, levando a eficiência das trocas gasosas na ventilação pulmonar (HONG *et al.*, 2019; KIM *et al.*, 2019). Dessa forma destacamos que a aplicação do protocolo PCI pode ser realizada sem que haja preocupação com danos cardiovasculares. Tong *et al.* (2019) encontraram redução na pressão arterial e melhora na função endotelial pesquisando o PCI em pacientes hipertensos. Dentre as funções do endotélio estão a regulação do tônus vagal e

a modulação da inflamação, caso haja oferta ineficiente de óxido nítrico ao endotélio pode acarretar inflamação e estresse oxidativo. Desta forma, o PCI pode atuar como restaurador do sistema endotelial, já que melhora a oferta de óxido nítrico e tem efeito vasodilatador (GUO et al., 2019).

No presente estudo, identificamos algumas limitações. a) As variáveis hemodinâmicas não foram monitoradas por um maior tempo após os testes de força isométrica e endurance muscular, impossibilitando que fosse investigado a HPE. b) Não monitoramos o comportamento das variáveis hemodinâmicas durante os teste e protocolo PCI. Portanto, recomendamos para futuros estudos o monitoramento das variáveis hemodinâmicas durante a manobra de PCI, durante e após os testes por um maior período (60 min à 24h). Além disso, elucidar os mecanismos fisiológicos do PCI sobre as respostas hemodinâmicas em homens normotensos.

## 5 CONCLUSÃO

Em conclusão, nossos achados demonstraram que aplicação do PCI antes de teste de força isométrica e de endurance muscular não alteraram significativamente as respostas hemodinâmicas (PAS, PAD, FC, DP, PAM e SPO<sub>2</sub>) em homens normotensos treinados. Isto sugere que o PCI é uma manobra de baixo custo, não invasiva e segura sobre o ponto de vista hemodinâmico, a ser utilizada em homens treinados normotensos.

## REFERÊNCIAS

1. AMANN, Markus et al. Implications of group III and IV muscle afferents for high-intensity endurance exercise performance in humans. **The Journal of Physiology**, v. 589, n. 21, p. 5299-5309, 2011.
2. ACSM. American College of Sports Medicine's guidelines for exercise testing and prescription, Guidelines for exercise testing and prescription Description: Tenth edition. | Philadelphia, PA : Wolters Kluwer Health, 2018.
3. ANDREAS, Martin 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. 1, p. 32, 2011.
4. BAILEY, Tom G. et al. Effect of ischemic preconditioning on lactate accumulation and running performance. **Med Sci Sports Exerc**, v. 44, n. 11, p. 2084-9, 2012<sup>a</sup>.
5. BAILEY, Tom 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, n. 5, p. H533-H538, 2012<sup>b</sup>.
6. BATTIPAGLIA, I.; SCALONE, G.; MILO, M.; DI FRANCO, A.; LANZA, G.A.; CREA, F. Upper arm intermittent ischaemia reduces exercise-related increase of platelet reactivity in patients with obstructive coronary artery disease. **Heart**, v.97, p.1298-1303, 2014.
7. BERTOR, W. R. R., DE ARAÚJO FRACARO, G., DA SILVA, L. I., ZILIO, M., ARAGÃO, F. A., & de Carvalho, A. R.. Subclassificação da lombalgia crônica e nível de incapacidade: efeito no desempenho funcional e força muscular. **ConScientiae Saúde**, v.12, n.4, p.563-571, 2013.
8. CARU, M.; LEVESQUE, A.; LALONDE, F.; CURNIER, D. An overview of ischemic preconditioning in exercise performance: A systematic review. **J. Sport Health Sci.**, v.8, p.355-369, 2019.
9. CRISAFULLI, Antonio et al. Ischemic preconditioning of the muscle improves maximal exercise performance but not maximal oxygen uptake in humans. **Journal of Applied Physiology**, v. 111, n. 2, p. 530-536, 2011.
10. CRONIN, J., LAWTON, T., HARRIS, N., KILDING, A., & MCMASTER, D. T. A brief review of handgrip strength and sport performance. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v.31, n.11, p.3187-3217, 2017.
11. CUKSON, A.; REINDERS, A.; SHABEEH, H.; SHENNAN, A.H. Validation of the Microlife BP 3BTO-A oscillometric blood pressure monitoring device according to a modified British Hypertension Society. **Blood Press. Monit**, v.14, p.12-17, 2002.
12. DA SILVA NOVAES, Jefferson et al. Ischemic Preconditioning Improves Resistance Training Session Performance. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, 2020.
13. TELLES, LGST et al. Effects of ischemic preconditioning as a warm-up on leg press and bench press performance. **Journal of Human Kinetics**, v. 75, n. 1, p. 267-277, 2020.
14. DE GROOT, Patricia CE et al. Ischemic preconditioning improves maximal performance in humans. **European Journal of Applied Physiology**, v. 108, n. 1, p. 141, 2010.

15. ENKO, Kenki et al. Intermittent arm ischemia induces vasodilatation of the contralateral upper limb. **The Journal of Physiological Sciences**, v. 61, n. 6, p. 507, 2011.
16. GARCIA, Cintia A. et al. Ischemic Preconditioning and Acute Recovery of Performance in Rugby Union Players. **Sports Medicine International Open**, v. 1, n. 03, p. E107-E112, 2017.
17. GUO, Zhen-Ni et al. Changes in cerebral autoregulation and blood biomarkers after remote ischemic preconditioning. **Neurology**, p. 10.1212/WNL.0000000000007732, 2019.
18. HITTINGER, Elizabeth 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.
19. HONG, Xing-Yu et al. Cardioprotection and improvement in endothelial-dependent vasodilation during late-phase of whole-body hypoxic preconditioning in spontaneously hypertensive rats via VEGF and endothelin-1. **European journal of pharmacology**, v. 842, p. 79-88, 2019.
20. INCOGNITO, Anthony V. et al. Ischemic preconditioning does not alter muscle sympathetic responses to static handgrip and metaboreflex activation in young healthy men. **Physiological reports**, v. 5, n. 14, p. e13342, 2017.
21. JONES, Helen et al. Impact of eight weeks of repeated ischaemic preconditioning on brachial artery and cutaneous microcirculatory function in healthy males. **European Journal of Preventive Cardiology**, v. 22, n. 8, p. 1083-1087, 2015.
22. KANORIA, S.; JALAN, R.; DAVIES, N.A.; SEIFALIAN, A.M.; WILLIAMS, R.; DAVIDSON, B.R. Remote ischaemic preconditioning of the hind limb reduces experimental liver warm ischaemia-reperfusion injury. **Br. J. Surg**, v.93, p.762–768, 2006.
23. KAUR, Gungeet et al. No influence of ischemic preconditioning on running economy. **European Journal of Applied Physiology**, v. 117, n. 2, p. 225-235, 2017.
24. KIM, Chul-Ho et al. The effect of remote ischemic pre-conditioning on pulmonary vascular pressure and gas exchange in healthy humans during hypoxia. **Respiratory physiology & neurobiology**, v. 261, p. 62-66, 2019.
25. KIMURA M, UEDA K, GOTO C, et al. Repetition of ischemic preconditioning augments endothelium-dependent vasodilation in humans: Role of endothelium-derived nitric oxide and endothelial progenitor cells. **Arterioscler Thromb Vasc Biol**, v.27, p.1403–1410, 2007.
26. LI, XD, CHENG YT, YANG YJ, et al. PKA-mediated eNOS phosphorylation in the protection of ischemic preconditioning against no-reflow. **Microvasc Res** v.84, p.44–54, 2012.
27. MADIAS, J.E. E effect of serial arm ischemic preconditioning sessions on the systemic blood pressure of a normotensive subject. **Med. Hypotheses**, v.76, p.503–506, 2011.
28. MURRY, Charles E.; JENNINGS, Robert B.; REIMER, Keith A. Preconditioning with ischemia: a delay of lethal cell injury in ischemic myocardium. **Circulation**, v. 74, n. 5, p. 1124-1136, 1986.
29. PANZA, Patricia et al. Ischemic Preconditioning Promotes Post-Exercise Hypotension in a Session of Resistance Exercise in Normotensive Trained Individuals. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 1, p. 78, 2020.
30. PARADIS-DESCHÊNES et al. Ischemic Preconditioning Improves Time-Trial Performance at Moderate Altitude. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 50, n. 3, p. 533-541, 2018.

31. PICKERING, T.G.; HALL, J.E.; APPEL, L.J.; FALKNER, B.E.; GRAVES, J.; HILL, M.N.; JONES, D.W.; KURTZ, T.; SHEPS, S.G.; ROCCELLA, E.J. Recommendations for blood pressure measurement in humans and experimental animals part 1: Blood pressure measurement in humans: A statement for professionals from the Subcommittee of Professional and Public Education of the American Heart Association Council on High Blood Pressure Research. **Circulation**, v.111, p.697–716, 2005.
32. RAMOS, Lara Milena Souza et al. Comportamento da pressão arterial e variáveis antropométricas em crianças após um período de férias. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 3, n. 6, p. 16119-16128, 2020.
33. RIBEIRO, Aline AS et al. Acute Effect of Ischemic Preconditioning on the Performance and on the Hemodynamic Responses of High-Performance Male Judo Athletes. **Journal of Professional Exercise Physiology**, v. 16, n. 3, 2019.
34. SHEPHARD, R.J. PAR-Q, Canadian Home Fitness Test and exercise screening alternatives. **Sports Med**, v.5, n.3, p.185-195, 1988.
35. TANAKA, D. et al. Ischemic preconditioning enhances muscle endurance during sustained isometric exercise. **International Journal of Sports Medicine**, v. 37, n. 08, p. 614-618, 2016.
36. TOCCO, F. et al. Muscle ischemic preconditioning does not improve performance during self-paced exercise. **International Journal of Sports Medicine**, v. 36, n. 01, p. 9-15, 2015.
37. TONG, Xin-zhu et al. Chronic remote ischemic preconditioning-induced increase of circulating hSDF-1 $\alpha$  level and its relation with reduction of blood pressure and protection endothelial function in hypertension. **Journal of human hypertension**, p. 1, 2019.
38. WANG, W.Z.; STEPHESON, L.L.; FANG, X.H.; KHIABANI, K.T.; ZAMBONI, W.A. Ischemic preconditioning-induced microvascular protection at a distance. **J. Reconstr. Microsurg.**, v.20, p.175–181, 2004.
39. ZHOU, K.; YANG, B.; ZHOU, X.M.; TAN, C.M.; ZHAO, Y.; HUANG, C.; LIAO, X.B.; XIAO, H.B. Effects of remote ischemic preconditioning on the flow pattern of the left anterior descending coronary artery in normal subjects. **Int. J. Cardiol**, v.122, p.250–251, 2007.