

Efeito do pré-condicionamento isquêmico na resistência isométrica de preensão manual em adultos

<https://doi.org/10.11606/issn.1981-4690.2024e38220126>

Victor Facio Bicalho e Silva*
Gabriel Ramos Barbosa Alvim*
Rafael Ribeiro Germano*
Tuany Mageste Limongi*
Mateus Camaroti Laterza*
Daniel Godoy Martinez*

*Unidade de
Investigação
Cardiovascular
e Fisiologia
do Exercício,
Universidade Federal
de Juiz de Fora, Juiz de
Fora, MG, Brasil.

Resumo

O Pré-Condicionamento Isquêmico (PCI), também conhecido como manobra de isquemia e reperfusão, é uma técnica aplicada via manguito de pressão na coxa ou no braço. Estudos mostram o efeito do Pré-Condicionamento Isquêmico Local (PCIL) nas contrações isotônicas em algumas modalidades esportivas, mas não é conhecido na literatura o efeito do PCIL na contração isométrica em exercício de preensão manual. Objetivou-se comparar os efeitos do PCIL e SHAM no Tempo de Resistência Isométrica (TRI) e o comportamento das variáveis hemodinâmicas no exercício isométrico de preensão manual em adultos fisicamente ativos. Foram selecionados 13 voluntários com idade entre 18 e 30 ($22,2 \pm 1,7$) anos, fisicamente ativos com experiência mínima de seis meses em treinamento resistido. O PCIL foi realizado no braço dominante em três ciclos de cinco minutos de insuflação do manguito a 200 mmHg, seguidos por cinco minutos de reperfusão; a sessão SHAM foi similar, mas com o manguito insuflado a apenas 20 mmHg. O TRI foi realizado no dinamômetro digital (EMG System® modelo TRF Man) e os dados gravados em sistema de aquisição de dados biológicos (Windaq Pro, DATAQ Instruments) para posterior análise. O TRI considerado o tempo desde o início da isometria a 40% da contração voluntária máxima até o decaimento de 50% da força-alvo. Frequência cardíaca, pressão arterial sistólica, diastólica e média foram monitoradas (Dixtal 2023) durante todo protocolo experimental. O TRI foi semelhante entre a sessão PCIL e SHAM ($141,0 \pm 41,6$ vs. $144,9 \pm 50,0$ segundos, $p=0,89$, respectivamente). Além disso, não houve diferenças significativas nas respostas hemodinâmicas entre as sessões. Portanto, o PCIL não alterou o TRI e não alterou as respostas hemodinâmicas quando comparadas a sessão SHAM em adultos fisicamente ativos.

PALAVRAS-CHAVE: Exercício; Contração isométrica; Isquemia; Pressão arterial.

Introdução

O Pré-Condicionamento Isquêmico (PCI), também chamado manobra de isquemia e reperfusão, é realizado via manguito de pressão que pode ser colocado na região proximal da coxa ou do braço. Tem como característica breves momentos de oclusão do fluxo sanguíneo, geralmente de 2 a 5 minutos, seguidos pelo reestabelecimento do mesmo, pelo mesmo período de tempo¹.

A manobra pode ser local (PCIL), quando a região avaliada é a mesma da aplicação da isquemia, e remota (PCIR), quando a manobra é realizada em um membro específico, mas suas respostas podem ser observadas ao longo de todo o corpo. Esta técnica pode ser realizada antes da execução do exercício físico e alguns estudos demonstraram melhora no desempenho,

como a recuperação da oxigenação^{2,3}, redução da fadiga², maior capacidade glicolítica³, aumento do número de repetições máximas⁴ e do volume total de treino⁴, em diferentes modalidades esportivas.

Já se tem evidências que o PCI pode acarretar melhorias no desempenho de atletas de alto nível ou amadores, como na diminuição do tempo de realização da tarefa^{5,6}, em diversas modalidades esportivas, como natação⁷, ciclismo⁸ e corrida⁹. FERREIRA et al.¹⁰, em estudo randomizado, observaram que o PCIR proporcionou em nadadores universitários aumento na velocidade durante a prova de séries de “*sprint*” em relação a um grupo SHAM, sendo que, ambos os grupos foram comparados com um terceiro grupo controle e somente o grupo PCIR foi capaz de diminuir o tempo do “*sprint*”. Além disso, não houve piora nos protocolos PCIR e SHAM na velocidade durante a prova em relação ao grupo controle. Em contrapartida, alguns estudos publicados não apresentaram efeitos positivos no desempenho esportivo de atletas treinados ou amadores, e em indivíduos destreinados que utilizaram a manobra do PCI^{11,12,13}, sendo assim, estudos envolvendo o PCI mostram-se necessários para elucidar essa controvérsia.

Na revisão narrativa de SOUZA et al.¹⁴ foram analisados 67 artigos referentes a aplicação do PCI em diversas modalidades, sendo elas ciclismo, natação, corrida, futebol, patinação e exercício resistido. Os resultados demonstram que 40 artigos apresentaram efeitos positivos no desempenho físico e 27 não tiveram nenhum efeito. Porém é possível pensar que os resultados favoráveis ao PCI sobre o desempenho físico e seu efeito, está relacionado ao nível de treinamento, uma vez que os resultados mais evidentes estão em indivíduos destreinados ou pouco treinados. Esses efeitos positivos no desempenho físico estão relacionados com o aumento do fluxo sanguíneo, juntamente com o fornecimento de oxigênio e redução na utilização de glicose, glicogênio muscular e diminuição de lactato sanguíneo, melhorias essas que são percebidas durante o exercício e que estão menos suscetíveis em indivíduos treinados, pois necessitam de maiores estímulos¹⁵.

Com relação a parâmetros hemodinâmicos,

durante o exercício físico isométrico de preensão manual, há aumento da pressão arterial sistólica (PAS) e pressão arterial diastólica (PAD). Esse comportamento tem relação direta com fatores que modificam o grau da oclusão vascular¹⁶. Quando o exercício é realizado entre 30 e 40% da contração voluntária máxima (CVM), ocorre oclusão vascular parcial, e acima de 60% da CVM, produzem oclusão vascular total no leito muscular exercitado. Logo, quanto maior a intensidade do esforço, maior será a oclusão e, conseqüentemente, maior será o acúmulo de metabólitos. Fenômeno que potencializa a elevação da PAS e PAD. Ademais, a duração da contração promove aumento pressórico progressivo graças a ativação do sistema nervoso central e do reflexo pressor do exercício (mecanorreflexo e metaborreflexo)¹⁷.

No trabalho de BARBOSA et al.¹⁸, os autores demonstraram que o PCIR prévio a realização do exercício de preensão manual dinâmico (*handgrip*) melhorou o tempo até a falha da tarefa e retardou o surgimento da fadiga em uma amostra total de treze homens fisicamente ativos pela redução da desaceleração no processo de contração e relaxamento durante o exercício de preensão manual dinâmico em comparação ao grupo controle. Sobre as evidências fisiológicas encontradas, consente-se que há possível efeito ergogênico na manobra de PCIR e o mesmo possa se dar pelas vias humorais e neurais, que é ocasionado graças ao aumento do fluxo sanguíneo após a oclusão e reperfusão do membro, tendo uma maior estimulação da liberação de óxido nítrico (NO), um composto vasodilatador.

Dessa forma, observa-se efeito do PCIL nas contrações isotônicas (dinâmicas) em exercícios com *sprint*⁷, *handgrip*¹⁸ e outras modalidades^{8,9,10}. Porém, durante a contração muscular seja de forma isotônica (dinâmica) ou isométrica (estática) há utilização de ATP para que se realize a contração muscular. Adicionalmente, a utilização do PCI tem mostrado melhoria de desempenho em exercício físico dinâmico de característica aeróbia e anaeróbia. Um dos mecanismos fisiológicos citado da literatura para explicar tal efeito está no fato do PCI acelerar a ativação dos canais de K mitocondriais sensíveis a

ATP (mitoKATP) podendo assim, proteger a mitocôndria contra isquemia¹⁹. Outro mecanismo possível, é a ativação dos canais de K sensíveis a ATP da vasculatura^{20,21,22} o que resultaria em maior liberação de NO, o que favoreceria a vasodilatação e aumento do fluxo sanguíneo, conseqüentemente possível aumento no fornecimento de oxigênio e de nutrientes para geração de ATP. A literatura nos apresenta estudos sobre efeito do PCI no desempenho em exercícios isotônicos (dinâmicos), porém, ainda são necessários mais estudos sobre o efeito do PCI no exercício físico isométrico. Além disso, a resposta cardiovascular, principalmente pressórica, durante exercício físico resistido isotônico e isométrico é diferente. Durante exercício resistido isotônico observa-se aumento da pressão arterial com oscilação,

caracterizado por aumento durante a fase concêntrica e redução na excêntrica. Por outro lado, durante a contração isométrica há aumento progressivo e sustentado da pressão arterial e fatores como massa muscular envolvida, intensidade e duração da isometria influenciam tal resposta. A possível vasodilatação em resposta ao PCI poderia afetar a resposta cardiovascular ao exercício isométrico? Considerando que são escassos os estudos de contração isométrica precedidos por PCI, justifica-se a realização desse estudo.

Portanto, objetivou-se comparar os efeitos do PCIL e SHAM no tempo de resistência isométrica (TRI) e no comportamento das variáveis hemodinâmicas antes e após exercício isométrico de preensão manual em adultos fisicamente ativos.

Método

Participantes

Foram recrutados 13 voluntários (por conveniência) com os seguintes critérios de inclusão: os voluntários deveriam ser do sexo masculino, com ausência de doenças crônico-degenerativas, ter idade entre 18 e 30 anos, ter experiência mínima de seis meses em treinamento resistido e estar com o esquema vacinal completo contra a COVID-19. Os critérios de exclusão foram: 1) Histórico de tabagismo durante os últimos 3 meses; 2) Utilizar esteroides anabólicos androgênicos; 3) Possuir qualquer fator de risco ou doença cardiovascular que pudesse comprometer os dados da pesquisa; 4) Fazer uso contínuo de medicamentos; 5) Fazer uso de qualquer suplemento alimentar; 6) Responder positivamente para pelo menos uma das perguntas do Questionário de Estratificação de Risco (PAR-Q). Foi realizada anamnese registrando dados pessoais (sexo, idade, tempo de prática de treinamento resistido), além de mensuradas as variáveis antropométricas (massa corporal, estatura, circunferências de cintura e quadril) e hemodinâmicas em repouso, sendo frequência cardíaca (FC), pressão arterial sistólica (PAS), pressão arterial diastólica (PAD) e pressão arterial média (PAM). Posteriormente,

foram calculados o índice de massa corporal (IMC) e a Relação Cintura-Quadril (RCQ).

Trata-se de um estudo randomizado cruzado, aprovado pelo Comitê de Ética do Hospital Universitário (HU/CAS) da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), com o número de parecer 5.553.803 e registro CAAE 56800422.2.0000.5133. A pesquisa foi realizada na Unidade de Investigação Cardiovascular e Fisiologia do Exercício do Hospital Universitário, seguindo os princípios da Declaração de Helsinki.

Inicialmente, todos os voluntários foram esclarecidos e orientados sobre a participação no estudo, aos procedimentos, o caráter não invasivo e possíveis riscos e desconfortos. Para isso, após concordarem em participar da pesquisa, leram e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido que atende a resolução nº 196/96 do Conselho Nacional de Saúde. Após estes procedimentos, foram familiarizados com o ambiente na qual ocorreu a coleta dos dados, bem como com os profissionais envolvidos no experimento.

Procedimentos

Para avaliação da contração voluntária

máxima (CVM) e da realização do exercício, foi utilizado o dinamômetro eletrônico de prensão manual, EMG System® modelo TRF Man. Os dados obtidos foram gravados por um sistema de aquisição de dados biológicos (*Windaq Pro, DATAQ Instruments*) com 500Hz, para que houvesse posterior análise offline. Foram realizadas três tentativas de CVM no braço dominante, pressionando por 3 segundos, com intervalo de 15 segundos entre as tentativas. A força de CVM foi determinada pela média aritmética das três tentativas²³. Para a realização da medida, foi utilizada a posição padronizada pela *American Society of Hand Therapists*, a qual o voluntário permaneceu confortavelmente sentado, com o ombro levemente abduzido e sem rotação, o antebraço fletido a 90° e em posição neutra e a posição do punho variando entre 0 a 30° de extensão. Na sequência, todos os voluntários foram randomizados para a sessão PCIL ou SHAM por sorteio em envelope pardo respeitando, para todos, a mesma probabilidade de ordem de execução das sessões. Assim que sorteado, a cédula foi descartada juntamente com uma cédula da sessão oposta. Os participantes tiveram coletadas medidas antropométricas, sendo elas: massa corporal, estatura, circunferências de cintura e quadril, e com os dados obtidos, foi calculado o IMC (massa corporal (Kg)/estatura (m²)) e a Relação Cintura/Quadril (Circunferência da Cintura/Circunferência do Quadril) antes das sessões SHAM ou PCIL. Em seguida, os voluntários foram posicionados na posição sentada para que as variáveis hemodinâmicas fossem mensuradas por meio do monitor multiparamétrico Dixtal 2022. Para tanto, PAS, PAD, PAM foram mensuradas automaticamente, de forma não invasiva no membro superior não dominante, juntamente com a frequência cardíaca (FC). Ao permanecer sentado por 5 minutos, a Escala Subjetiva de Recuperação²⁴, também chamada de *Perceived Recovery Status* (PRS) e a Escala de Noção Subjetiva de Dor²⁵ foram aplicadas. Posteriormente, durante um período de 3 minutos, foi mensurada a cada minuto a FC, a PAS, a PAD e a PAM de repouso dos voluntários. Ao final, os voluntários realizaram a avaliação da CVM do antebraço (apenas na primeira visita). Novamente, ambas as escalas foram aplicadas e a manobra previamente sorteada, era realizada.

Para realização do PCIL ou SHAM foi utilizado um esfigmomanômetro aneróide com manguito modelo adulto para circunferência de braço entre 18 e 35 cm, com tamanho da braçadeira de 52 x 14,5 cm, posicionado no terço proximal do braço dominante. Os voluntários foram submetidos randomicamente a duas visitas com intervalo mínimo de 3 dias entre cada uma delas. O PCIL foi composto por três ciclos de 5 minutos de isquemia, seguido por 5 minutos de reperfusão, utilizando 200 mmHg durante a isquemia e 0 mmHg durante a reperfusão. A sessão SHAM foi da mesma forma, porém com o manguito insuflado a 20 mmHg no período que representa a isquemia PCIL. Além disso, durante o quarto minuto de cada insuflação, a escala de Noção Subjetiva de Dor²⁵ foi mostrada ao voluntário (nos dois protocolos). Exclusivamente, durante o protocolo PCIL houve a utilização do aparelho Doppler para verificar o fluxo sanguíneo na artéria radial dos voluntários durante a primeira insuflação do manguito. Após a realização de todos os ciclos, novamente a PAS, PAD, PAM e a FC eram aferidas, inclusive no quarto minuto de cada ciclo de insuflação do manguito, tanto no grupo PCIL quanto no SHAM.

Posteriormente à aplicação do PCIL ou SHAM, a PAS, PAD, PAM e FC foram aferidas novamente, e em seguida, diante dos resultados da avaliação da força de CVM, a força-alvo para a realização do exercício (TRI) foi definida e considerada 40% da contração voluntária máxima. Os voluntários permaneceram em exercício isométrico de prensão manual pelo maior tempo possível até atingirem a fadiga. O tempo para a falha da tarefa foi considerado o tempo desde o início da isometria até o decaimento de 50% da força-alvo. Durante a realização, foram utilizados encorajamentos verbais para incentivar os voluntários como “Vamos lá”, “Segure Firme”, “Força!”, “Mantenha a força”, e tais encorajamentos foram constantemente proferidos ao longo do exercício de forma semelhante entre as sessões PCIL e SHAM. E logo após a finalização do teste, aferimos novamente as variáveis hemodinâmicas.

Para o segundo dia, os mesmos procedimentos foram realizados, com exceção dos questionários e da mensuração da CVM, pois foi utilizado os

mesmos valores do primeiro dia.

Na FIGURA 1 está representado o fluxograma do procedimento conduzido durante a pesquisa, na FIGURA 2 está representado o design do teste de contração voluntária máxima (CVM) e do tempo de

resistência isométrica (TRI) até a queda da força muscular alvo calculada e na FIGURA 3 está representado o teste de contração voluntária máxima (CVM) e o tempo de resistência isométrica (TRI) até a queda da força muscular alvo calculada.

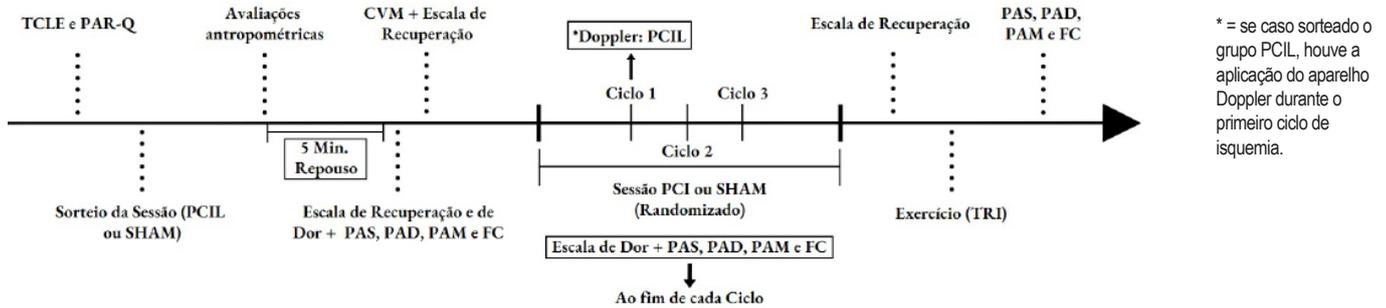


FIGURA 1 - Fluxograma do protocolo experimental (Primeiro Dia).



FIGURA 2 - Design do teste de contração voluntária máxima (CVM) e do tempo de resistência isométrica até a queda da força alvo calculada.

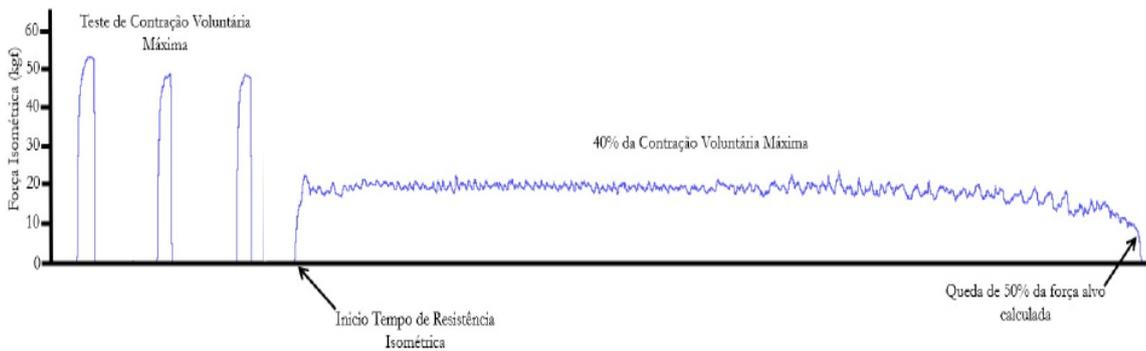


FIGURA 3 - Teste de contração voluntária máxima (CVM) e do tempo de resistência isométrica até a queda da força alvo calculada de um voluntário de 22 anos.

Análise estatística

Os dados foram apresentados como média \pm desvio padrão ou mediana com intervalo interquartil, de acordo com a sua distribuição. Os dados foram testados quanto aos pressupostos de normalidade, pelo teste Shapiro-Wilk, homogeneidade pelo teste de Levene, esfericidade pelo teste de Mauchly e quando violado foi utilizada a correção de Huynh-Feldt. O Teste-T de *Student* pareado foi utilizado para comparação do TRI da sessão SHAM vs. sessão PCIL. O teste

ANOVA de 2 fatores para medidas repetidas, seguido do *pos hoc de Bonferroni*, foi utilizado para analisar o comportamento das variáveis hemodinâmicas pré, durante e após aplicação do protocolo de PCIL e também após o TRI. Para o partial eta foi considerado os valores de referência: pequeno= 0,01 a 0,06; médio= 0,06 a 0,14; grande > de 0,14 e para D de Cohen foi considerado: pequeno=0,20; médio=0,50; grande > 0,80. O nível de significância adotado foi $p \leq 0,05$. O software utilizado foi o SPSS *Statistic* para *Windows* versão 24.0 (IBM corp.).

Resultados

As características antropométricas, demográficas e contração voluntária máxima

dos voluntários $n = (13)$ estão representadas na tabela abaixo (TABELA 1).

TABELA 1 - Características demográficas, antropométricas e de força muscular da amostra.

IMC = Índice de Massa Corporal;
RCQ = Relação Cintura Quadril;
CVM = Contração Voluntária Máxima.

Variáveis	Voluntários (n=13)
Idade (anos)	22,2 \pm 1,7
Massa Corporal (Kg)	76,5 \pm 8,57
Estatura (cm)	176 \pm 6
IMC (Kg/m ²)	24,5 \pm 2,8
Cintura (cm)	80 \pm 7,6
Quadril (cm)	97,5 \pm 5,6
RCQ	0,82 \pm 0,06
CVM (Kgf)	49,7 \pm 9,5
40% CVM (Kgf)	19,9 \pm 3,8
Tempo de Treinamento Resistido (n)	
6 meses a 1 ano (n)	7
1 ano a 3 anos (n)	2
Acima de 3 anos (n)	4

O Tempo de Resistência Isométrica (TRI) não apresentou diferença significativa entre as sessões SHAM e PCIL (SHAM: 144,9 \pm 50,0; PCIL:

141, 0 \pm 41,6 s, $p=0,89$, tamanho do efeito= 0,47 e poder estatístico amostral de 0,64), como mostra a FIGURA 4 a seguir.

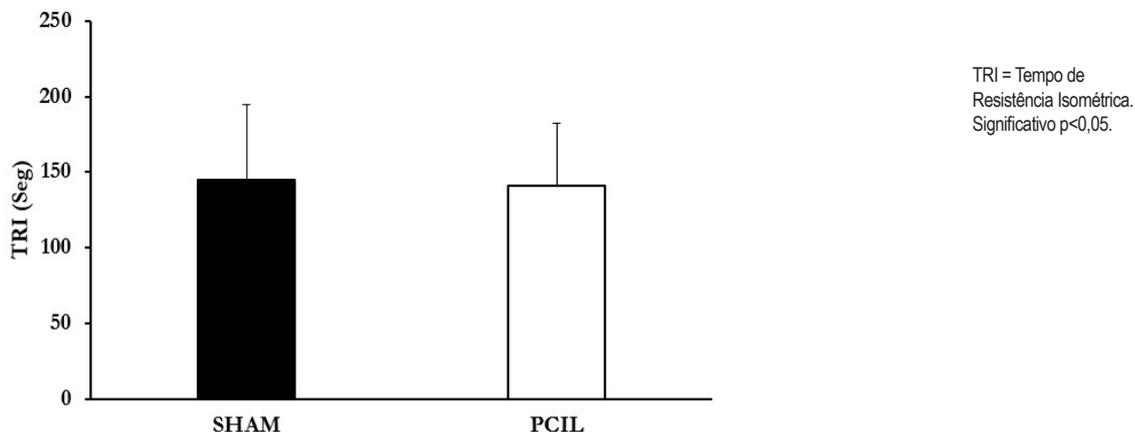


FIGURA 4 - Tempo de Resistência Isométrica.

Durante o protocolo experimental, foi observado o aumento da PAS e da PAM após o TRI em relação aos valores de repouso (REP) tanto na sessão SHAM (PAS em REP: 128 ± 8 ; PAS pós TRI: 141 ± 12 mmHg, $p < 0,01$, tamanho do efeito=0,42; PAM em REP: 88 ± 5 ; PAM pós TRI: 93 ± 7 mmHg, $p < 0,01$, tamanho do efeito=0,26), quanto na sessão PCIL (PAS em REP: 127 ± 12 ; PAS pós TRI: 139 ± 12 mmHg, $p < 0,01$, tamanho do efeito=0,42; PAM em REP: 87 ± 9 ; PAM pós TRI: 93 ± 7 mmHg, $p < 0,01$, tamanho do efeito=0,26), porém sem diferença estatística entre as sessões (PAS: $p = 0,63$, tamanho do efeito=0,01; PAM: $p = 0,39$, tamanho do efeito=0,03) (FIGURA 5 – A e C). Entretanto, não foram observadas alterações da PAD durante o protocolo experimental em comparação ao repouso (PAD em REP no SHAM: 70 ± 7 ; PAD pós TRI no SHAM: 69 ± 8 mmHg; PAD em REP no PCIL: 68 ± 8 ; PAD pós TRI no PCIL: 69 ± 8 mmHg, $p = 0,46$, tamanho do efeito=0,03). Todavia, não foi observada

diferença estatística entre as sessões (PAD: $p = 0,34$, tamanho do efeito=0,03) (FIGURA 5 – B). Já na FC, foi observada redução no terceiro ciclo de PCIL (FC em REP: 78 ± 13 ; FC em CICLO 3: 73 ± 13 bpm, $p < 0,01$, tamanho do efeito=0,63) e SHAM (FC em REP: 72 ± 9 ; FC em CICLO 3: 69 ± 11 bpm, $p < 0,01$, tamanho do efeito=0,63) e imediatamente pós PCIL (FC em REP: 78 ± 13 ; FC em PÓS PROT.: 73 ± 13 bpm, $p < 0,01$, tamanho do efeito=0,63) e SHAM (FC em REP: 72 ± 9 ; FC em PÓS PROT.: 70 ± 8 bpm, $p < 0,01$, tamanho do efeito=0,63), quando comparado ao repouso, porém sem diferença estatística entre as sessões (FC: $p = 0,35$, tamanho do efeito=0,03). Além disso, houve aumento da FC após TRI quando comparado ao repouso de forma semelhante e ambos os protocolos (FC em REP no SHAM: 72 ± 9 ; FC pós TRI no SHAM: 94 ± 13 bpm; FC em REP no PCIL: 78 ± 13 ; FC pós TRI no PCIL: 95 ± 14 bpm, $p < 0,01$, tamanho do efeito=0,63) (FIGURA 5 – D).

A - Comportamento Pressão Arterial Sistólica (PAS);
 B - Comportamento da Pressão Arterial Diastólica (PAD);
 C - Comportamento da Pressão Arterial Média (PAM);
 D - Comportamento da Frequência Cardíaca (FC);
 * = $p < 0,05$ vs. REP.
 Tempo: $p < 0,01$.

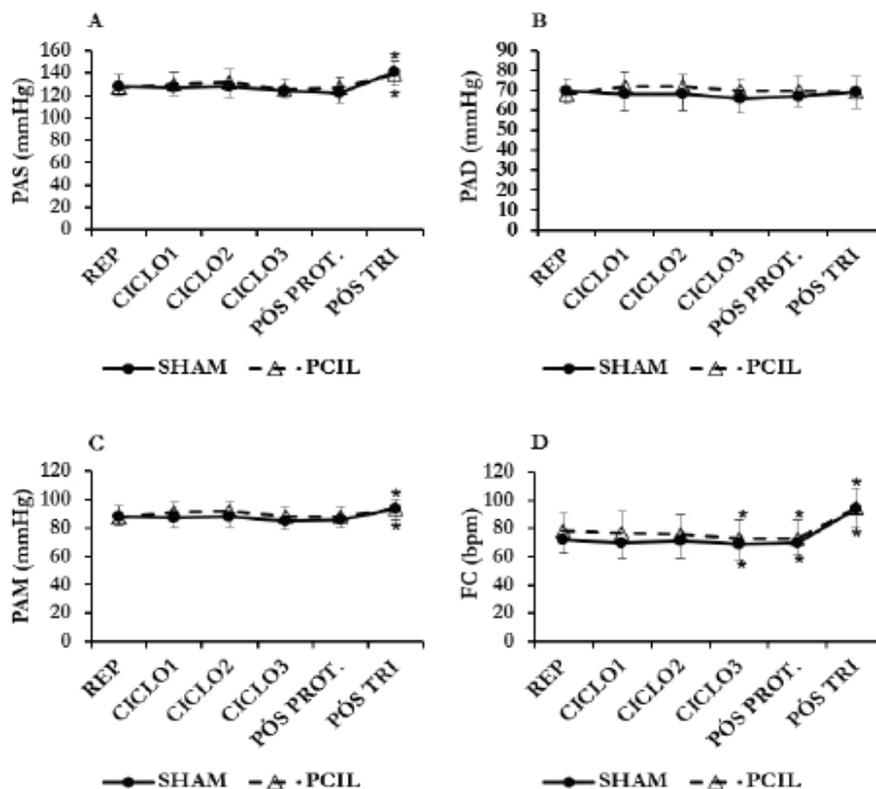


FIGURA 5 - Comportamento das variáveis hemodinâmicas.

Com relação às mensurações de recuperação e dor durante o protocolo experimental, observamos que não houve diferença significativa entre as sessões SHAM e PCIL na Escala de Recuperação. Desta forma, ambos os protocolos foram semelhantes. Já na Escala de Dor, observamos que, durante o CICLO 1, CICLO 2 e CICLO 3, houve diferença

significativa no protocolo PCIL em comparação ao repouso. Porém, no protocolo SHAM não houve diferença significativa em nenhum dos momentos avaliados. Além disso, ao comparar o protocolo PCIL com o protocolo SHAM, foi observado que há diferença significativa entre eles no CICLO 1, CICLO 2 e CICLO 3 nos valores da Escala de Dor (TABELA 2).

TABELA 2 - Escala de Dor e Escala de Recuperação durante o protocolo experimental.

Variáveis	Sessão SHAM (n=13)	Sessão PCIL (n=13)	p	
EREC (Repouso)	8 [7,5-10]	9 [6-10]	0,55	EREC = Escala de recuperação; EDOR = Escala de Dor; VH = Variáveis Hemodinâmicas. Valores apresentados em mediana com 1°, 3° quartil e valores absolutos. Teste U Mann Whitney. Significativo p<0,05.
EREC (Após VH)	8 [7-10]	9 [6-10]	0,62	
EREC (Pós Protocolo)	8 [7-10]	8 [6,5-9,5]	0,28	
EDOR (Repouso)	0 [0-0]	0 [0-0]	1,00	
EDOR (Após VH)	0 [0-2]	0 [0-0]	0,27	
EDOR (Ciclo 1)	0 [0-0]	3 [1,5-5,5]	<0,01*	
EDOR (Ciclo 2)	0 [0-0]	3 [2-5]	<0,01*	
EDOR (Ciclo 3)	0 [0-0]	3 [2-5]	<0,01*	

Discussão

O principal achado do presente estudo foi a semelhança no TRI entre a sessão SHAM e a sessão PCIL. Além disso, as respostas hemodinâmicas durante o protocolo experimental foram semelhantes entre as sessões (SHAM e PCIL).

Foi observado melhora de 17,2% no tempo até a exaustão após aplicação do PCIL na perna direita dos voluntários, em relação ao grupo controle em exercício isométrico de extensão de joelho unilateral a 20% da CVM²⁶. Os autores atribuíram o efeito ergogênico observado do PCI à resposta acelerada de desoxigenação muscular durante o exercício físico, que foi interpretada como melhora na eficiência metabólica. Em contrapartida, para o mesmo exercício de extensão de joelho unilateral a 20% da CVM, em comparação a um grupo SHAM, não foi observada diferença significativa entre as sessões no tempo até a exaustão²⁷. Os autores concluíram que supostamente existam indivíduos que “respondem” e aqueles que “não respondem” ao PCI. Ao compararmos com os resultados obtidos no presente estudo, pode-se dizer que a utilização do manguito, possivelmente apresenta efeitos ergogênicos positivos^{14,28}, entretanto, como não há um grupo controle, é necessário que hajam mais estudos incluindo um grupo controle para a avaliação dos efeitos do PCIL no exercício isométrico de prensão manual relacionado ao TRI.

Encontrou-se aumento da PAM durante o exercício de prensão manual dinâmico no pico do exercício, utilizando 45% da CVM¹⁸.

No presente estudo também foi observado o aumento da PAM, entretanto, logo após o exercício de prensão manual isométrico, utilizando 40% da CVM. O aumento da PAM pode relacionar-se com a duração do exercício e intensidade do esforço¹⁷, que possivelmente permitiu um maior aumento da atividade simpática^{29,30}. No estudo de BARBOSA et al.¹⁸, a sessão PCIR obteve um tempo significativamente maior em relação à sessão controle (PCIR: 198 ± 70 vs. CON: 179 ± 66 s). Outrossim, no presente estudo, não houve diferenças significativas entre as sessões PCIL e SHAM (PCIL: 141,0 ± 41,6 vs. SHAM: 144,9 ± 50,0 s).

Destacam-se as respostas cardiovasculares centrais e o mecanismo neural, que envolve a dessensibilização de neurônios metabonociceptivos metabolicamente sensíveis, chamados de aferentes musculares do grupo III/IV, e os mecanismos de feedback de vias aferentes musculares desses grupos, que são capazes de iniciar o reflexo pressor do exercício, responsáveis pela resposta cardiovascular ao exercício físico³¹. Tais aferentes musculares, atuam em diversos processos essenciais de respostas fisiológicas ao exercício físico, dentre eles, a indução de fadiga central, a inibição da ativação do neurônio motor, e a modulação da sinalização de dor ascendente em resposta a estímulos metabólicos nocivos produzidos como subprodutos da contração muscular. Em teoria, se o PCI reduzisse a estimulação desses aferentes musculares, possivelmente o desempenho do exercício poderia ser prolongado através

da redução da fadiga do sistema nervoso central, atrasando a inibição de neurônios motores alfa, melhorando a percepção de dor dos indivíduos, e aumentando a resposta cardiovascular aos exercícios intensos³¹. Houve diminuição da FC após a manobra de PCIR, quando comparado ao repouso em estudantes universitários quando verificados os efeitos cardiovasculares da manobra. Quanto aos níveis plasmáticos de noradrenalina, foram significativamente mais baixos após o PCIR, e os níveis cíclicos de adrenalina tenderam a ser menores após a manobra, quando comparados aos níveis anteriores à aplicação do PCIR³². No presente estudo, tanto a sessão SHAM, quanto PCIL, apresentaram redução da FC pós protocolo, corroborando com o achado do estudo de ENKO et al.³². Entretanto, se tratando dos mecanismos neurais anteriormente citados³¹, e dos marcadores de FC, adrenalina e noradrenalina³², somente o grupo PCIL seria capaz de gerar tal feedback de redução da sinalização aferente.

Sobre a possível atuação das vias neurais e das vias humorais, que por meio de agentes na corrente sanguínea, possivelmente gerariam uma melhora na entrega de oxigênio (O₂) através de mecanismos vasodilatadores, e ainda citam a respeito de um possível recrutamento de unidades motoras (UM) adicionais por meio da aplicação do PCI bem como a melhora do fluxo sanguíneo e o aumento da desoxigenação muscular²⁸. Em divergência, os autores falam a respeito de pesquisas recentes que fazem com que tais melhorias fisiológicas induzidas pelo PCI pareçam ser refutadas, como no estudo de BEHRENS et al.²⁷.

A respeito do recrutamento de UM, verificou-se um maior recrutamento delas após a aplicação do PCI, está relacionada ao aumento da excitabilidade neural induzida por essa manobra³³. O PCI foi associado a uma redução da inibição pré-sináptica e/ou a um aumento da excitabilidade dos motoneurônios, o que pode resultar em um maior comando neural para os músculos durante contrações musculares³³. Portanto, a maior ativação neural proporcionada pelo PCI pode levar a um recrutamento mais eficaz e coordenado das unidades motoras, contribuindo para um desempenho muscular aprimorado durante exercícios físicos.

SOUZA et al.²⁸ ainda reforçam a ideia de que a maior magnitude do efeito placebo ocorra com maior frequência em sujeitos com menor status estado de treinamento em comparação com atletas de elite, já que estes são mais adaptados à intervenção e manipulação de determinadas estratégias para o aumento do desempenho.

O PCI aumentou o tempo até a falha da tarefa apenas em homens em comparação aos grupos SHAM e Controle, quando realizaram contrações isométricas com os músculos flexores plantares da perna dominante a 20% da CVM até a falha da tarefa. Foram recrutados 10 homens e 10 mulheres não treinados e a sessão de PCI foi realizada tanto no braço, quanto na perna não dominante³⁴. Tais achados divergem com os resultados do presente estudo, em que o PCI não resultou em diferença significativa no TRI, possivelmente pela diferença no status estado de treinamento dos homens.

Na revisão sistemática com meta-análise realizada por MAROCOLO et al.³⁵, os autores mostraram que a maioria dos estudos selecionados avaliou participantes com baixo nível de condicionamento físico, e até a publicação desta meta-análise, haviam poucos estudos que tivessem relatado o PCI com resultado significativo. Além disso, a maioria deles não utilizou um procedimento com grupo SHAM para avaliar um potencial efeito placebo dos experimentos.

Observamos aumento da PAS, PAD e FC após o TRI, o que pode ser justificada em parte pela provável ativação do reflexo pressor do exercício físico¹⁷. Assim, durante o TRI estaríamos com ativação do comando central, mecanorreflexo e metaborreflexo culminando no aumento da atividade nervosa simpática (ANS) e, por consequência, aumento na PAS, PAD e FC independente da prévia realização ou não do PCI.

Apesar dos resultados semelhantes entre as sessões, a presente pesquisa é de vital importância para melhor compreender os mecanismos envolvidos na utilização da manobra de PCIL, principalmente em modalidades que necessitam realizar sustentação de força muscular. Contudo, mais pesquisas precisam ser realizadas em modalidades de força muscular com sustentação isométrica para verificar os potenciais benefícios do PCIL.

Conclusão

O TRI e o comportamento isométrico são semelhantes entre o PCIL hemodinâmico antes e após o exercício e o SHAM.

Abstract

Effect of ischemic preconditioning on isometric handgrip strength in adults.

Ischemic Preconditioning (IPC), also known as ischemia-reperfusion maneuver, is a technique applied via a pressure cuff on the thigh or arm. Studies show the effect of Local Ischemic Preconditioning (LIPC) on isotonic contractions in some sports modalities, but the effect of LIPC on isometric contraction in handgrip exercise is not known in the literature. The objective of this study was to compare the effects of LIPC and SHAM on Isometric Contraction Time (ICT) and the behavior of hemodynamic variables during isometric handgrip exercise in physically active adults. Thirteen volunteers aged 18 to 30 ($22,2 \pm 1,7$) years, who were physically active with a minimum of six months of resistance training experience, were selected. LIPC was performed on the dominant arm in three cycles of five minutes of cuff inflation to 200 mmHg, followed by five minutes of reperfusion, while the SHAM session was similar but with the cuff inflated to only 20 mmHg. ICT was assessed using a digital dynamometer (EMG System® TRF Man model), and the data were recorded using a biological data acquisition system (Windaq Pro, DATAQ Instruments) for subsequent analysis. ICT was defined as the time from the start of isometry at 40% of the maximal voluntary contraction until a 50% decrease in target force. Heart rate, systolic blood pressure, diastolic blood pressure, and mean arterial pressure were monitored (Dixtal 2023) throughout the experimental protocol. ICT was similar between the LIPC and SHAM sessions ($141,0 \pm 41,6$ vs. $144,9 \pm 50,0$ seconds, $p=0,89$, respectively). Furthermore, there were no significant differences in hemodynamic responses between the sessions. Therefore, LIPC did not alter ICT and did not affect hemodynamic responses when compared to the SHAM session in physically active adults.

KEYWORDS: Exercise; Isometric contraction; Ischemia; Blood pressure.

Referências

1. Murry CE, Jennings RB, Reimer KA. Preconditioning with ischemia: a delay of lethal cell injury in ischemic myocardium. *Circulation*. 1986;74:1124-36.
2. Griffin PJ, Hughes L, Gissane C, Patterson SD. Effects of local versus remote ischemic preconditioning on repeated sprint running performance. *J Sports Med Phys Fitness*. 2019;59(2):187-194.
3. Seeley AD, Jacobs KA. IPC recovery length of 45 minutes improves muscle oxygen saturation during active sprint recovery. *Eur J Sport Sci*. 2021;1-8.
4. Telles LGS, Carelli LC, Bráz ID, et al. Effects of Ischemic Preconditioning as a warm-up on leg press and bench press performance. *J Hum Kinet*. 2020;75:267-277.
5. Incognito AV, Burr JF, Millar PJ. The Effects of Ischemic Preconditioning on human exercise performance. *Sports Med*. 2016;46(4):531-544.
6. Jean-St-Michel E, Manlhiot C, Li J, Tropak M, et al. Remote preconditioning improves maximal performance in highly trained athletes. *Med Sci Sports Exerc*. 2011;43(7):1280-1286.
7. Williams N, Russell M, Cook CJ, Kilduff LP. The Effect of ischemic preconditioning on maximal swimming performance. *J Strength Cond Res*. 2021;35(1):221-226.

8. Arriel RA, Souza HLR, Silva BVC, Marocolo M. Ischemic preconditioning delays the time of exhaustion in cycling performance during the early but not in the late phase. *Motriz. Rev Educ Fisica.* 2019;25(1):1-6.
9. Paull EJ, Van Guilder GP. Remote ischemic preconditioning increases accumulated oxygen deficit in middle-distance runners. *J Appl Physiol.* 2019;126(5):1193-1203.
10. Ferreira TN, Sabino-Carvalho JLC, Lopes TR, et al. Ischemic Preconditioning and Repeated Sprint Swimming: a placebo and nocebo study. 2016;48.
11. Ter Beek F, Jokumsen PS, Sloth BN, et al. Ischemic preconditioning attenuates rating of perceived exertion but does not Improve maximal oxygen consumption or maximal power output. *J Strength Cond Res.* 2020;36(9):2479-2485.
12. Montoye AHK, Mitchinson CJ, Townsend OR, et al. Ischemic preconditioning does not improve time trial performance in recreational runners. *Int J Exerc Sci.* 2020;13(6):1402-1417.
13. Valenzuela PL, Martín-Candilejo R, Sánchez-Martínez G, et al. Ischemic preconditioning and muscle force capabilities. *J Strength Cond Res.* 2019;35(8):2187-2192.
14. Souza HLR, Meireles A, Oliveira GT, Marocolo M, Arriel RA. Efeito do pré-condicionamento isquêmico sobre o desempenho físico: O atual estado de produção científica. In: Souza LMV, organizador. *Ciências do esporte e educação física: Pesquisas científicas inovadoras, interdisciplinares e contextualizadas.* Atena Editora. 2021;218-235.
15. Laursen PB, Jenkins DG. The scientific basis for high-intensity interval training: optimising training programmes and maximising performance in highly trained endurance athletes. *Sports Med.* 2002;32(1):53-73.
16. Asmussen E. Similarities and dissimilarities between static and dynamic exercise. *Circ Res.* 1981;48(6 Pt 2):13-10.
17. Azevêdo LM, Silva LGO, Sousa JCS, Fecchio RY, Brito LC, Forjaz CLM. Exercício físico e pressão arterial: efeitos, mecanismos, influências e implicações na hipertensão arterial. *Rev Sociedade Cardiol Estado de São Paulo.* 2019;29(4):415-422.
18. Barbosa TC, Machado AC, Braz ID, et al. Remote ischemic preconditioning delays fatigue development during handgrip exercise. *Scand J Med Sci Sports.* 2015;25(3):356-364.
19. Fryer RM, Eells JT, Hsu AK, et al. Ischemic preconditioning in rats: role of mitochondrial K(ATP) channel in preservation of mitochondrial function. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2000;278(1):H305-H312.
20. Loukogeorgakis SP, Williams R, Panagiotidou AT, et al. Transient limb ischemia induces remote preconditioning and remote postconditioning in humans by a K(ATP)-channel dependent mechanism. *Circulation.* 2007;116(12):1386-95.
21. Dickson EW, Tubbs RJ, Porcaro WA, et al. Myocardial preconditioning factors evoke mesenteric ischemic tolerance via opioid receptors and K(ATP) channels. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2001;280(4):H1605-10.
22. Bailey TG, Birk GK, Cable NT, et al. Remote ischemic preconditioning prevents reduction in brachial artery flow-mediated dilation after strenuous exercise. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2012;303(1):H533-8.
23. Fernandes AA, Marins JCB. Teste de força de preensão manual: análise metodológica e dados normativos em atletas. *Fisioter Mov.* 2011;24(3):567-578.
24. Laurent CM, Green JM, Bishop PA, et al. A practical approach to monitoring recovery: development of a perceived recovery status scale. *J Strength Cond Res.* 2011;25(3):620-628.
25. Lalonde F, Curnier DY. Can anaerobic performance be improved by remote ischemic preconditioning? *J Strength Cond Res.* 2015;29(1):80-85.
26. Tanaka D, Suga T, Tanaka T, et al. Ischemic Preconditioning enhances muscle endurance during sustained isometric exercise. *Int J Sports Med.* 2016;37(8):614-618.
27. Behrens M, Zschorlich V, Mittlmeier T, Bruhn S, Husmann F. Ischemic preconditioning did not Affect central and peripheral factors of performance fatigability after submaximal isometric exercise. *Frontiers Physiol.* 2020 ;11.
28. Souza HLR, Arriel RA, Mota GR, Hohl R, Marocolo M. Does ischemic preconditioning really improve performance or it is just a placebo effect? *PLoS ONE.* 2021;16(5).
29. Saito M, Mano T, Iwase S. Sympathetic nerve activity related to local fatigue sensation during static contraction. *J Appl Physiol.* 1989;67(3):980-4.
30. Seals DR, Enoka RM. Sympathetic activation is associated with increases in EMG during fatiguing exercise. *J Appl Physiol.* 1989;66(1):88-95.
31. O'Brien L, Jacobs I. Potential physiological responses contributing to the ergogenic effects of acute ischemic preconditioning during exercise: a narrative review. *Frontiers Physiol.* 2022;13.
32. Enko K, Nakamura K, Yunoki K, et al. Intermittent arm ischemia induces vasodilatation of the contralateral upper limb. *J Physiol Sci.* 2011;61(6):507-513.

33. Cruz R, Tramontin AF, Oliveira AS, et al. Ischemic preconditioning increases spinal excitability and voluntary activation during maximal plantar flexion contractions in men. *Scand J Med Sci Sports*. 2024;34(3):e14591.
34. Pereira HM, Lima FF, Silva BM, Kohn AF. Sex differences in fatigability after ischemic preconditioning of non-exercising limbs. *Biol Sex Differences*. 2020;11(1).
35. Marocolo M, Simim MAM, Bernardino A, Monteiro IR, Patterson SD, Mota GR. Ischemic preconditioning and exercise performance: shedding light through smallest worthwhile change. *Eur J Appl Physiol*. 2019;119(10):2123-2149.

ENDEREÇO

Victor Facio Bicalho e Silva
Rua Jovino Ribeiro, 290/201 - Bairro
36050-220 - Juiz de Fora - MG - Brasil
E-mail: gabrielramosbarbosaalvim@gmail.com
victorfacio@hotmail.com

Submetido: 12/12/2023

Revisado: 02/04/2024

Aceito: 08/05/2024