

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA**  
**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA**  
**CURSO DE EDUCAÇÃO FÍSICA – BACHARELADO**  
**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**CARLOS JÚNIOR ARSENIO GOMES**

**EFEITO AGUDO DO PRÉ CONDICIONAMENTO ISQUÊMICO SOBRE  
A FORÇA MÁXIMA NOS EXERCÍCIOS RESISTIDOS**

VOLTA REDONDA

2018

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA**  
**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA**  
**CURSO DE EDUCAÇÃO FÍSICA – BACHARELADO**  
**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**EFEITO AGUDO DO PRECONDICIONAMENTO ISQUÊMICO SOBRE  
A FORÇA MÁXIMA NOS EXERCÍCIOS RESISTIDOS**

Artigo apresentado ao Curso de Educação Física como requisito à obtenção do título de Bacharel em Educação Física.

Aluno: Carlos Junior Arsenio Gomes

Orientador(a): Prof. Me Christian Geórgia Spithourakis Junqueira

Coorientador: Prof. Esp. Luiz Guilherme da Silva Telles

Volta Redonda – RJ

2018

## FOLHA DE APROVAÇÃO

CARLOS JUNIOR ARSENIO GOMES

EFEITO AGUDO DO PRECONDICIONAMENTO ISQUÊMICO SOBRE A FORÇA  
MÁXIMA NOS EXERCÍCIOS RESISTIDOS

Orientadora: Prof. Me. Christian Geórgea Spithourakis Junqueira

Coorientador: Prof. Esp. Luiz Guilherme da Silva Telles

Banca Examinadora:

---

Prof<sup>a</sup>. Me. Christian Geórgea Spithourakis Junqueira

---

Prof. Me. Daniel Alves Ferreira Júnior

---

Prof. Dr. Igor Dutra Braz

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, á minha mãe Maria da Conceição Arsenio e ao meu pai Carlos Gomes por serem minha inspiração e principal motivação. Muito obrigado pela paciência e lutas diárias para tornar meu caminho mais fácil e me proporcionar o sonho de me formar em Educação Física.

Agradeço também aos meus professores que me orientaram durante minha formação acadêmica e minha profissionalização.

## RESUMO

O pré-condicionamento isquêmico (PCI) é um procedimento que consiste em uma manobra para a oclusão vascular (OV), alternando momentos de OV e reperfusão, de maneira não invasiva, através de um torniquete pneumático antes de realização de um exercício. Além de causar efeitos protetores cardiovasculares, o PCI também promove melhorias musculares e orgânicas. Já se observa na literatura estudos investigando os efeitos do PCI sobre o exercício físico, mas ainda não foram identificados estudos que avaliassem seus efeitos sobre a força máxima nos exercícios resistidos. Assim, o objetivo do presente estudo foi verificar o efeito agudo da aplicação do PCI antes dos testes de força máxima no exercício resistido em pessoas treinadas. Participaram da pesquisa 16 homens ( $25,3 \pm 1,7$  anos,  $78,4 \pm 6,2$  kg,  $176,9 \pm 5,4$  cm,  $25,1 \pm 1,5$  m<sup>2</sup> kg<sup>-1</sup>) normotensos, fisicamente ativos em exercício resistido (ER) a pelo menos um ano ( $5,0 \pm 1,6$  anos). Os exercícios utilizados na pesquisa foram o supino reto (SR) e o leg press 45° (LP). O PCI consistiu em 4x5 minutos de OV a 220 mmHg alternado com 5 minutos de reperfusão, usando um torniquete pneumático aplicado na região proximal dos braços. O protocolo SHAM (PLACEBO) seguiu o mesmo método do PCI, porém com 20mmHg de OV. No protocolo CON (CONTROLE) foi realizado o reteste de 1RM para reprodutibilidade das cargas. Os principais achados do estudo constataram que o PCI aumentou 3,4% no desempenho no teste de 1 RM no exercício SR e aumentou 6,7% no exercício LP quando comparado ao protocolo CON (CONTROLE). Entretanto, o protocolo SHAM (PLACEBO) também foi capaz de aumentar 3,2% no desempenho do SR e 6,8% no exercício LP quando comparado ao protocolo CON e na comparação entre PCI e PLACEBO não foram encontradas diferenças significativas. Podemos concluir que o PCI gerou efeitos positivos estatísticos sobre a força máxima nos ER em comparação a condição controle, entretanto não superou o PLACEBO, que também apresentou efeitos agudos sobre a força máxima quando comparado à condição controle.

**Palavras-chave:** Pré-Condicionamento Isquêmico, força máxima, exercícios resistido

## **ABSTRACT**

Ischemic preconditioning (IPC) is a procedure that consists of a maneuver for vascular occlusion (VO), alternating moments of VO and reperfusion, in a remote and non-invasive way, through a pneumatic tourniquet before performing an exercise. In addition to causing cardiovascular protective effects, IPC also promotes muscle and organ improvements. Studies have already been carried out in the literature investigating the effects of IPC on physical exercise, but the impact of IPC on maximal strength is still unclear. Thus, the objective of the present study was to verify the acute effect of IPC before the maximum strength tests in resistance exercise in trained people. We recruited 16 men ( $25.3 \pm 1.7$  years,  $78.4 \pm 6.2$  kg,  $176.9 \pm 5.4$  cm,  $25.1 \pm 1.5$  m<sup>2</sup> kg<sup>-1</sup>) normotensive, physically active RE for at least one year ( $5.0 \pm 1.6$  years) to participate in this study. The exercises modalities used in this research were bench press (BP) and leg press 45° (LP). PCI consisted of 4x5 minutes of VO at 220 mmHg alternated with 5 minutes of reperfusion using a pneumatic tourniquet applied to the proximal region of the arms. The SHAM protocol followed the same method of IPC, but with 20mmHg of VO. The main findings of the study found that IPC increased 3.4% in performance in the 1 RM test in BP exercise and increased 6.7% in LP exercise when compared to the CON (control) protocol. However, the SHAM protocol was also able to increase 3.2% in BP performance and 6.8% in LP exercise when compared to the CON protocol and in the comparison between IPC and SHAM no significant differences were found. It is possible to conclude that the IPC maximal strength in RE compared to the control condition, However the SHAM, protocol also maximum force in a similar magnitude of the IPC when compared to the control condition.

**Keys words:** Ischemic Preconditioning; Maximal Strength; Resistance Exercise

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 METODOLOGIA.....	12
2.1 Sujeitos do estudo.....	12
2.2 Desenho do estudo.....	13
2.3 Protocolo de procedimento isquêmico (PCI) e SHAM.....	14
2.4 Protocolo dos procedimentos dos ER.....	15
2.5 Avaliação antropométrica.....	15
2.6 Teste de 1 RM.....	15
2.7 Protocolo de aquecimento específico.....	16
2.8 Protocolo de alongamento ativo.....	16
2.9 Protocolo de exercício aeróbio.....	17
2.10 Análise estatística.....	17
3 RESULTADOS.....	17
4 DISCUSSÃO.....	22
5 CONCLUSÃO.....	24
REFERÊNCIAS.....	25
ANEXOS.....	26

**LISTA DE FIGURA**

Figura 1 ..... 18  
Figura 2 ..... 19  
Figura 3 ..... 19  
Figura 4 ..... 19

## **LISTA DE ANEXOS**

Anexo 1 QUESTIONÁRIO PHYSICAL ACTIVITY READINESS QUESTIONNAIRE (PAR-Q) TESTE .....	29
Anexo 2 ANAMNESE CLÍNICA SOBRE PATOLOGIAS EXISTENTES.....	30

## INTRODUÇÃO

O pré-condicionamento isquêmico (PCI) é um método que se caracteriza por períodos de isquemia e reperfusão que podem ser realizados de forma não invasiva, através da aplicação de torniquetes nos membros superiores e membros inferiores. Intercalando os ciclos de isquemia e reperfusão que se baseiam em 5 minutos de isquemia e 5 minutos de reperfusão sendo repetidos por 4 vezes, esse protocolo é utilizado de forma comumente em estudos de performance muscular. (MAROCOLO et al., 2016a).

Um dos primeiros estudos sobre PCI foi proposto por Murry et al. (1986) que mostrou que a indução de curtos períodos de oclusão protegia as células do miocárdio contra eventos futuros de isquemia sustentada e diminuindo área de infarto. O PCI além de mostrar efeitos protetores cardiovasculares (MURRY et al., 1986) apresenta melhorias musculares e orgânicas (LAWSON e DOWNEY et al., 1993; PANG et al., 1995).

Neste método de PCI utiliza-se uma manobra que causa efeitos locais na musculatura aplicada, entretanto apresenta efeitos sistêmicos que atingem outros músculos e órgãos (MURRY et al., 1986; PRZYKLENK et al., 1993). Segundo Przyklenk *et al.*, (1993), o PCI por gerar efeitos a longo prazo e também pode ser denominado como pré-condicionamento isquêmico remoto (PCIR). Nesse sentido, o PCIR pode aumentar o fluxo sanguíneo no músculo esquelético (WANG *et al.*, 2004), fígado (KANORIA *et al.*, 2006), coração (ZHOU *et al.*, 2007) e nos rins (ALI *et al.*, 2007).

Os potenciais mecanismos fisiológicos do PCI no músculo esquelético (LAWSON; DONWEY, 1993; PANG et al., 1995) são mediados pela vasodilatação na reperfusão (KIMURA et al., 2007; LI et al., 2012) e pela abertura dos canais de POTÁSSIO+ATP aumentando os estoques de energia após aplicação do PCI (LAWSON; DONWEY, 1993; PANG et al., 1995). Essas evidências têm mostrado que os mecanismos são semelhantes ao músculo cardíaco (PANG et al., 1995; LOUKOGEORGAKIS et al., 2007). Ademais, causam efeitos distintos, como a melhoria na função endotelial, entrega de O<sub>2</sub> e substratos energéticos ao músculo ativo, aumento dos estoques de ATP e CP (CREATINA FOSFATO), aumento do pH

intracelular, retardando acidose e fadiga muscular, resultando na melhoria da função e metabolismo muscular pós reperfusão (LAWSON E DOWNEY, 1993; PANG et al., 1995; KIMURA et al., 2007).

Baseado nessa hipótese, deu-se início a pesquisas no músculo esquelético associado ao exercício físico (LIBONATI et al., 1998) com objetivo de investigar se o PCI aumentaria o desempenho muscular pós reperfusão. Vários estudos associaram o método com a prática esportiva (MAROCOLO et al., 2015) em diversas modalidades, dentre elas, o ciclismo (DE GROOT et al., 2010; CRISAFULLI et al., 2011), a corrida (FOSTER et al., 2014), a natação (JEAN ST-MICHAEL et al., 2011; MAROCOLO et al., 2015), o mergulho e apnéia (KJELD et al., 2014) e o treinamento resistido (COCHRANE et al., 2013; MAROCOLO et al., 2016; MAROCOLO et al., 2016; TANAKA et al., 2016; PARADIS-DESCHÊNES et al., 2016; GRAPAR ZARGI et al., 2016, FRANZ et al., 2018).

As pesquisas sobre os efeitos do PCI no treinamento resistido ainda são muito escassas, Libonati et al. (1998) foram os primeiros a investigar os efeitos do PCI na força isométrica através da preensão manual. Já Cochrane et al. (2013) estudaram os efeitos do PCI associado ao exercício excêntrico na potência de membros inferiores através do teste de salto vertical e recuperação muscular. Marocolo et al. (2016a) pesquisaram o PCI na melhoria do desempenho do número de repetições na cadeira extensora, tanto o PCI quanto o PLACEBO mostraram um número significativamente maior de repetições para CON durante a primeira e segunda série, mostrando assim, pequenos efeitos benéficos do PCI e PLACEBO sobre o desempenho do exercício de extensão de joelhos em relação ao CON. Marocolo et al. (2016b) no desempenho do número de repetições do teste de força de flexão de cotovelo ao longo de quatro semanas e os resultados mostraram um aumento significativo no desempenho do teste na primeira e na segunda visita, nas intervenções PCI e PLACEBO entretanto diminuiu com tempo, pois durante a terceira e a quarta visita o número de repetições foi significativamente menor do que na primeira visita. Paradis-deschênes et al. (2016) investigaram os efeitos do PCI na perfusão muscular, consumo de oxigênio e força muscular através da extensão de joelhos isométrica e o PCI aumentou significativamente a força de pico e força total em comparação com o PLACEBO e além disso, o PCI também acelerou a

velocidade de desoxigenação da Hb/Mb. Já Tanaka et al. (2016) verificaram os efeitos do PCI sobre a força isométrica dos extensores de joelhos e o resultado mostrou que o PCI aumentou a resistência muscular durante o exercício isométrico quando comparado ao controle. Recentemente, Franz et al. (2018) demonstraram que o PCI atenuou o dano muscular, a dor de início tardio e preservou a função muscular após exercício resistido excêntrico.

O protocolo SHAM (PLACEBO) é um método que constitui também na aplicação 4 ciclos de 5 minutos de oclusão a 20mmHg de pressão, propostos em estudos anteriores (JEAN ST-MICHAEL et al., 2011; MAROCOLO et al., 2015), intercalando 5 minutos a 0mmHg para um total de 40 minutos. Os voluntários ficaram sentados em repouso durante a intervenção com duração de 40 minutos (MAROCOLO et al., 2015). Neste trabalho foi aplicado o protocolo SHAM de forma secundária ao PCI com o objetivo de mostrar que não houve nenhuma interferência motivacional no PCI.

Face ao exposto, existem lacunas no conhecimento científico sobre os efeitos do PCI sobre a força muscular, dentre elas, sobre a força máxima. Segundo o American College of Sports Medicine (2014), a força máxima é definida como a maior resistência de um músculo ou grupamento muscular que pode ser movida ao longo da AMA (amplitude de movimento da articulação) total de modo controlado com a postura correta. A força máxima oferece benefícios a saúde e aptidão física como aumento de força, aumento da massa magra, diminuição da gordura corporal e melhora do desempenho físico em atividades esportivas e da vida diária. Além disso, uma abordagem conservadora para a verificação da força muscular máxima deve ser levada em consideração para pacientes de alto risco ou com DCV, doenças pulmonar e metabólica e condições de saúde conhecidas. Para esses grupos, pode ser prudente a avaliação de 10 a 15- RM que se aproxime das recomendações do treinamento. Com isso torna-se uma importante capacidade física para melhoria do desempenho tanto em esportes (ACSM, 2009) quanto em praticantes de exercícios resistidos. Portanto o objetivo do presente estudo é verificar o efeito agudo do PCI antes dos testes de força máxima no exercício resistido em pessoas treinadas.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 Sujeitos do estudo

Foram incluídos no estudo 16 homens entre 18 e 30 anos, normotensos, fisicamente ativos em ER há pelo menos um ano. A dimensão amostral já foi realizada utilizando o software *G\*Power* 3.1 ([FAUL et al., 2007](#)). Com base em uma análise *a priori*, foi calculado um N de 16 indivíduos, adotando-se uma potência de 0,80,  $\alpha = 0,05$ , coeficiente de correlação de 0,5, a correção *Nonsphericity* de 1 e um tamanho de efeito de 0,32, constatando que o tamanho da amostra será suficiente para fornecer 83,8% do poder estatístico. Para o cálculo da amostra foram adotados os procedimentos sugeridos por Beck (2013), cuja análise será realizada a fim de reduzir a probabilidade do erro tipo II e determinar o número mínimo de participantes necessários para esta investigação.

Foram excluídos do estudo: os sujeitos que responderem positivamente a quaisquer dos itens *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, os que tivessem fazendo uso de alguma medicação ou suplementos 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. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa local de Volta Redonda sob o numero de protocolo 2.699.294.

### 2.2 Desenho do Estudo

O presente estudo foi realizado em um total de 4 visitas em dias não consecutivos (de 3 a 7 dias de intervalo), sempre no mesmo horário 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 foi realizado o teste de 1RM. Na segunda visita foi realizado o reteste de 1RM para

reprodutibilidade das cargas (CONTROLE). Na terceira e quarta visita os voluntários foram divididos aleatoriamente com entrada contrabalançada e alternada nos seguintes protocolos experimentais: a) protocolo de PCI utilizando 220 mmHg + teste de 1 RM (PCI+1RM); b) protocolo PLACEBO com 20 mmHg + teste de 1 RM (PLACEBO+1RM).

Durante o período do estudo, os participantes foram instruídos a abster-se de exercício, bem como evitar cafeína, chocolate, suplementos nutricionais, ingestão de álcool, quatro semanas 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 valsava durante a execução dos exercícios. O desenho experimental do estudo pode ser observado na figura 1.

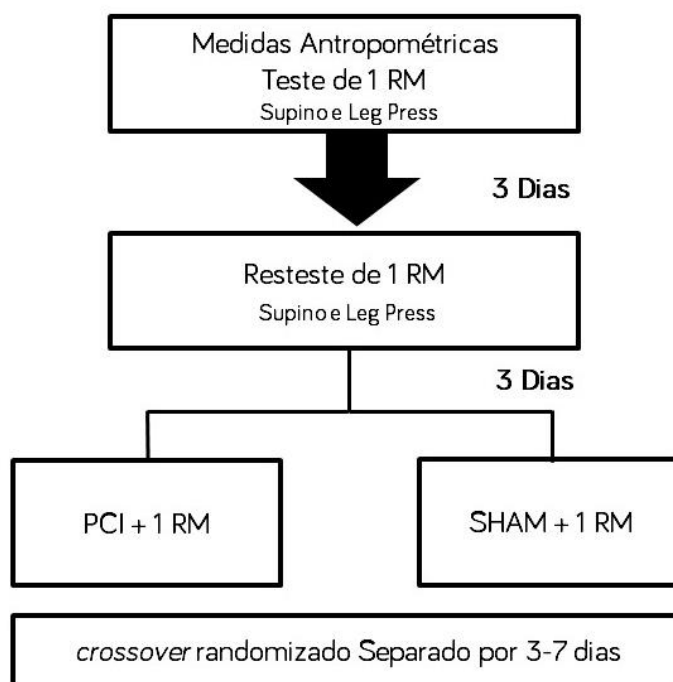


Figura 1: Desenho experimental do estudo <sup>1</sup>

### 2.3 Protocolo de pré-condicionamento isquêmico (PCI) e PLACEBO.

A sessão do protocolo de PCI consistiu na aplicação de 4 ciclos de 5 minutos de oclusão a 220 mmHg de pressão, usando um garrote pneumático 96 cm x 13 centímetros aplicado em torno da região subaxilar na parte proximal do braço

<sup>1</sup> **Legendas:** PCI: pré-condicionamento isquêmico; ER: exercício resistido; EA: exercício aeróbio; AE: aquecimento específico; AA: alongamento ativo; TCLE: termo de consentimento livre esclarecido.

(komprimeter Riester®, Jungingen, Alemanha), com alternância de 5 minutos de reperusão a 0 mmHg, resultando em uma intervenção total de 40 minutos. A pressão utilizada e a largura do manguito foram manuseadas de acordo com estudos anteriores, para certificar que os indivíduos tenham o fluxo de sangue obstruído durante a intervenção, foi verificado a ausência de pulso utilizando um estetoscópio (LOENNEKE, 2012).

A sessão do protocolo PLACEBO consistiu na aplicação 4 ciclos de 5 minutos de oclusão a 20 mmHg de pressão, tal como propostos em estudos anteriores (JEAN ST-MICHAEL et al., 2011; MAROCOLO et al., 2015), alternando com 5 minutos a 0 mmHg para um total de 40 minutos. Os sujeitos permaneceram sentados, em repouso durante a intervenção, com duração de 40 minutos (MARCOLO et al., 2015).

Os protocolos de pré-condicionamento isquêmico de PCI e SHAM (PLACEBO) são apresentados na Figura 2 a seguir.

Figura 2 – Protocolo de pré-condicionamento isquêmico

PRÉ-CONDICIONAMENTO ISQUÊMICO									
220 mmHg	0 mmHg	220 mmHg	0 mmHg	220 mmHg	0 mmHg	220 mmHg	0 mmHg	Intervalo	TESTE DE 1 RM
5 min	10 min	15 min	20 min	25 min	30 min	35 min	40 min	45 min	

SHAM									
20 mmHg	0 mmHg	20 mmHg	0 mmHg	20 mmHg	0 mmHg	20 mmHg	0 mmHg	Intervalo	TESTE DE 1 RM
5 min	10 min	15 min	20 min	25 min	30 min	35 min	40 min	45 min	

Fonte: Adaptado de Paixão et al. (2014)

## 2.5 Avaliação antropométrica

A estatura e a massa corporal foram aferidas com precisão de 0,5 cm e 0,1 kg, respectivamente. Foi utilizado um estadiômetro e balança da marca Filizola® e todas as medidas foram tomadas, seguindo as recomendações do ACSM (2011). Estas

medidas foram equacionadas posteriormente para obtenção do índice de massa corporal (IMC) em  $\text{kg m}^{-2}$ .

## 2.6 Teste de 1RM

A prescrição da carga de treinamento foi avaliada por meio do teste de 1RM (ACSM, 2009). As avaliações foram realizadas nos dias das visitas ao laboratório como descrito na Figura 1. Os exercícios foram realizados de forma bilateral: supino reto (SR) e o leg press 45° (LP). Foi utilizado um padrão de 10 min para o tempo de recuperação entre os exercícios. Para o aquecimento, cada indivíduo realizou duas séries de 5-10 repetições a 40-60% (1 min de intervalo entre as séries), respectivamente, da percepção máxima da força do indivíduo. Depois de 1 min de intervalo, terceira série foi executada entre 3 a 5 repetições a 60-80% da força máxima percebida. Depois de mais um período de descanso (1 min), a avaliação da força foi iniciada, na qual foram realizadas até 5 tentativas, ajustando a carga antes de cada nova tentativa. A duração de recuperação entre as tentativas foi padronizada em 3-5 min. O teste foi interrompido quando o indivíduo não conseguiu executar corretamente o movimento, sendo considerada a carga máxima aquela repetição com a execução completada.

Foram adotadas as seguintes estratégias para reduzir a margem de erro nos procedimentos de coleta de dados: (a) instruções padronizadas dadas antes dos testes, assim, cada sujeito testado ficou ciente de toda a rotina envolvida na coleta de dados, (b) o indivíduo testado foi instruído sobre a técnica adequada da execução do exercício; (c) todos os participantes receberam encorajamento verbal padronizado durante os testes e (d) todos os testes foram realizados na mesma hora do dia para cada sessão. A maior carga alcançada entre os dois dias foi considerada o 1RM.

## 2.10 Análise Estatística

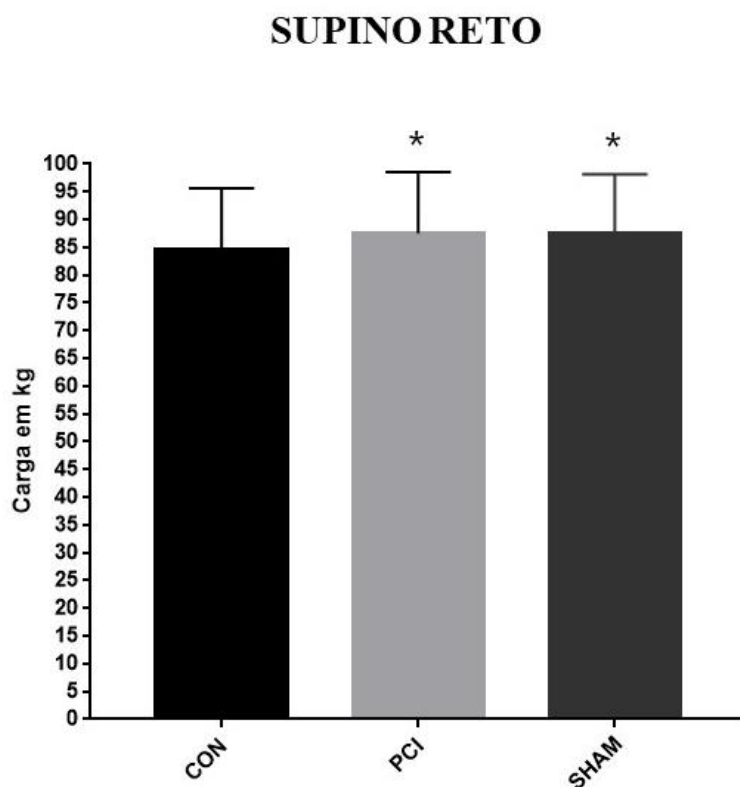
Os resultados são apresentados em valores de média  $\pm$  desvio padrão. A normalidade foi testada e não reprovada pelo teste de *Shapiro-Wilk* e a homoscedasticidade foi confirmada pelo teste de *Levene*. ANOVA com medidas repetidas foi utilizada para testar interações e comparar as médias. Diferenças

significativas foram identificadas através do teste de *post-hoc* de *Tukey*. Todas as análises foram realizadas no *software* SPSS (SPSS Inc., V.21, Chicago, IL, USA) e considerado valor de alpha em 5% ( $p < 0.05$ ).

### 3 RESULTADOS

Um ICC elevado foi encontrado para o teste e reteste de 1RM para o exercício SR (0.988,  $p = 0.000$ ), exercício LP (0.982,  $p = 0.000$ ).

Na análise comparativa entre os protocolos de testes de 1RM do exercício SR foi observada diferença significativa entre PCI e CONTROLE ( $87,5 \pm 10,7$  vs.  $84,3 \pm 10,6$ , 3,4%,  $p = 0,0007$ ), PLACEBO e CON ( $87,4 \pm 10,5$  vs.  $84,3 \pm 10,6$ , 3,2%,  $p = 0,0075$ ). Porém, não foram encontradas diferenças significativas entre os protocolos PCI e SHAM ( $87,5 \pm 10,7$  vs.  $87,4 \pm 10,5$ , 0,1%,  $p = 0,9923$ ) (Figura 3).

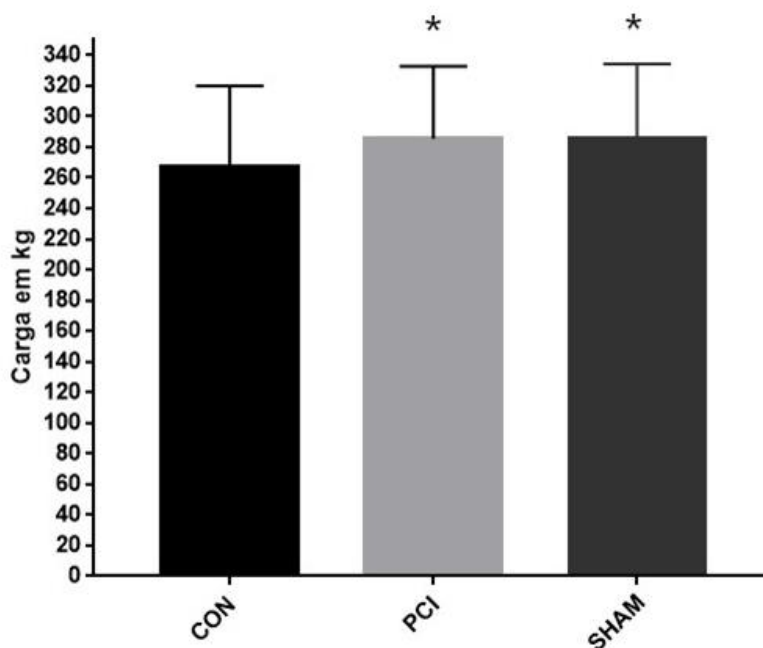


**Figura 3:** Desempenho no teste de 1RM; CON: controle; PCI: pré-condicionamento isquêmico; \*= Diferenças significativas comparado com o protocolo CON.

Na análise comparativa entre os protocolos de testes de 1RM do exercício LP foi observada diferença significativa entre PCI e CON ( $267,4 \pm 50,8$  vs.  $285,3 \pm 46,1$ ,

6,7%,  $p= 0,0054$ ), PLACEBO e CON ( $285,6\pm 47,3$  vs.  $267,4\pm 50,8$ , 6,8%,  $p= 0,0129$ ). Porém, não foram encontradas diferenças significativas entre os protocolos PCI e PLACEBO ( $285,3\pm 46,1$  vs.  $285,6\pm 47,3$ , -0,1%,  $p= 0,9938$ ) (Figura 4).

### LEG PRESS 45°



**Figura 4:** Desempenho no teste de 1RM; CON: controle; PCI: pré-condicionamento isquêmico; \*= Diferenças significativas comparado com o protocolo CON.

## 4 DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi verificar o efeito agudo da aplicação do PCI antes do teste de força máxima no exercício resistido em indivíduos treinados. Os principais achados desse estudo foram que o PCI aumentou 3,4% no desempenho no teste de 1 RM no exercício SR e aumentou 6,7% no exercício LP quando comparado ao protocolo CON. Entretanto, o protocolo PLACEBO também foi capaz de aumentar 3,2% no desempenho do SR e 6,8% no exercício LP quando comparado ao protocolo CON e na comparação entre PCI e PLACEBO não foram encontradas diferenças significativas.

Esse resultado vai de encontro ao estudo de Marocolo et al. (2016a), onde foi

analisado o efeito do PCI no desempenho de repetições na cadeira extensora. Para a primeira série, o número de repetições aumentou significativamente tanto para o PCI como para o PLACEBO mas não para o CON. Além disso, o PCI e PLACEBO mostraram um número significativamente maior de repetições para CONTROLE durante a primeira e segunda série, mostrando assim, pequenos efeitos benéficos do PCI e PLACEBO sobre o desempenho do exercício de extensão de joelhos em relação ao CON, o que corrobora para nosso estudo. Em um segundo estudo de Marocolo (2016b), que avaliou o desempenho do teste de 12 RM no exercício de flexão de cotovelo no *banco Scott*, onde os efeitos do PCI e PLACEBO foram avaliados ao longo de 4 sessões de PCI e PLACEBO aplicado nos braços e nas coxas. Os resultados mostraram um aumento significativo no desempenho do teste na primeira e na segunda visita, nas intervenções PCI e PLACEBO tanto aplicado nos braços quanto nas coxas, entretanto diminuiu com tempo, pois durante a terceira e a quarta visita o número de repetições foi significativamente menor do que na primeira visita. Entretanto, não foi diferente significativamente entre eles. Marocolo et al. (2016b) sugere que há um possível efeito psicofisiológico da aplicação das manobras, o que explica o aumento de desempenho em ambas condições experimentais quando comparada com a condição CONTROLE observadas no presente estudo.

Tanaka *et al.* (2016) examinaram os efeitos do PCI sobre a resistência muscular e o tempo de desoxigenação da hemoglobina. O estudo foi composto por 12 indivíduos saudáveis submetidos a duas intervenções, PCI e controle. O PCI consistiu em três ciclos de cinco minutos de oclusão com pressão maior que 300 mmHg e cinco minutos de reperfusão. O protocolo controle foi semelhante ao PCI, porém sem inflar o torniquete. O estudo foi composto por duas sessões randomizadas com entrada contrabalanceada, onde ambas envolviam testes de força voluntária máxima e teste de fadiga submáxima no exercício de extensão de joelhos isométrica, mensuração da atividade elétrica muscular e mensuração da oxigenação tecidual. O estudo mostrou que o PCI aumentou a resistência muscular durante o exercício isométrico quando comparado ao controle, corroborando com o presente estudo, porém, cabe ressaltar que não foi realizado a condição experimental PLACEBO, o que não permite comparar com o PCI, como tem sido

feito em estudos anteriores (MAROCOLO et al 2016a, 2016b). Além disso, acelerou a dinâmica de desoxigenação muscular durante o exercício. Entretanto, no estudo de Barbosa *et al.* (2014) apesar dos resultados do PCI terem sido superiores ao controle no retardo do aparecimento da fadiga, prolongando o tempo para falha muscular da tarefa, não foram acompanhados por quaisquer alterações fisiológicas, nem na hemodinâmica do antebraço nem na velocidade de desoxigenação muscular, o que reforça o efeito psicofisiológico da manobra (MAROCOLO et al., 2016b) e também corrobora com o presente estudo. Os mecanismos fisiológicos do PCI no músculo esquelético (LAWSON; DONWEY, 1993; PANG et al., 1995) são mediados pela vasodilatação na reperfusão (KIMURA et al., 2007; LI et al., 2012) e pela abertura dos canais de K<sup>+</sup>ATP aumentando os estoques de energia após aplicação do PCI (LAWSON; DONWEY, 1993; PANG et al., 1995). A intensidade de 100% 1RM nos exercícios realizados no presente estudo é predominantemente pela atuação do metabolismo anaeróbio que mantém o fornecimento de energia pela via ATP-PC (Creatina Fosfato) (GASTIN, 2001). Em estudos anteriores, (MIYAMAE et al. 1993; KORZENIEWSKI; ZOLADZ, 2005; ANDREAS et al. 2011) ao avaliarem o metabolismo muscular após PCI sobre o consumo simultâneo de ATP-CP e PH, mostraram uma supercompensação de PCr e foi relatado em conjunto com o aumento da relação ATP / ADP (BUTTGEREIT; BRAND, 1995). Esse aumento na formação de PCr foi observado durante reperfusão quatro horas após o PCI, o que indica que o metabolismo energético foi melhorado durante o período pós-isquêmico (ANDREAS et al. 2011). Além disso, é possível que o PCI possa alterar o nível do limiar de ativação dos receptores, dessensibilizando as fibras aferentes dos grupos III e IV. Este fenômeno, por sua vez, aumenta o drive neural e o número de unidades motoras recrutadas, aumentando assim a produção de força, conseqüentemente a capacidade anaeróbia (CRISAFULLI *et al.*, 2011).

Em contraste, no estudo de Paradis-Deschênes et al. (2016) foi comparado o efeito entre PCI e PLACEBO sobre o teste de força isocinética, a oxigenação muscular e a perfusão sanguínea no exercício de extensão de joelhos. A manobra PCI aumentou significativamente a força de pico e força total em comparação com o SHAM, o que não corrobora com o presente estudo. Além disso, o PCI acelerou a velocidade de desoxigenação da Hb/Mb, o que indica aumento na saturação de

oxigênio muscular e melhora no metabolismo das fibras musculares do tipo 2 (CLELAND et al., 2012). Porém, ainda existe a limitação do estudo não ter comparado ambas condições com o controle.

Vale registrar algumas limitações metodológicas do estudo, a aplicação da manobra dura cerca de 40 minutos, o que representa uma limitação na aplicabilidade prática deste método. Assim, recomenda-se em futuras pesquisas a comparação dos efeitos dos diferentes tempos dos ciclos de isquemia-reperfusão no PCI, com objetivo de aumentar a aplicabilidade prática desse método como um recurso ergogênico no aumento da força máxima dos ER.

## **5 CONCLUSÃO**

Finalmente, podemos concluir que o PCI aumentou a força máxima de maneira aguda nos ER em comparação a condição CONTROLE, entretanto não superou o PLACEBO, que também aumentou a força máxima de maneira aguda quando comparado a condição CONTROLE, o que corrobora com os estudos anteriores que relataram alguns mecanismos fisiológicos. Marocolo et al. (2016b) sugere que há um possível efeito psicofisiológico da aplicação das manobras, o que explica o aumento de desempenho em ambas condições experimentais quando comparada com a condição CONTROLE observadas no presente estudo. Face o exposto podemos observar que o PLACEBO, mesmo sendo um protocolo menos invasivo, ele obteve resultados similares ao PCI o que talvez não seja necessário uma oclusão total para provocar os efeitos agudos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACSM. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 41, n. 3, p. 687, 2009.

ALI, Z. A. *et al.* Remote ischemic preconditioning reduces myocardial and renal injury after elective abdominal aortic aneurysm repair: a randomized controlled trial. **Circulation**, v. 116, n. 11 Suppl, pp. I98-105, 2007.

ANDREAS, M. *et al.* Effect of ischemic preconditioning in skeletal muscle measured by functional magnetic resonance imaging and spectroscopy: a randomized crossover trial. **J Cardiovasc MagnReson**, v. 13, pp. 32, 2011.

BARBOSA, T. C. *et al.* Remote ischemic preconditioning delays fatigue development during handgrip exercise. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 25, n. 3, p. 356-64, 2014.

BECK, T. W. The importance of a priori sample size estimation in strength and conditioning research. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 27, n. 8, p. 2323-2337, 2013.

BUTTGEREIT F, BRAND MD: A hierarchy of ATP-consuming processes in mammalian cells. **Biochem J**, 312(Pt 1):163-167, 1995.

COCHRANE, D.J. *et al.* Does intermittent pneumatic leg compression enhance muscle recovery after strenuous eccentric exercise? **International Journal of Sports Medicine**, v. 34, n. 11, p. 969–974, 2013.

CRISAFULLI, A. et al. Ischemic preconditioning of the muscle improves maximal exercise performance but not maximal oxygen uptake in humans. **J Appl Physiol**, v. 111, n. 2, p. 530-6, 2011.

CLELAND, SM, MURIAS, JM, KOWALCHUK, JM, PATERSON, DH. Effects of prior heavy-intensity exercise on oxygen uptake and muscle deoxygenation kinetics of a subsequent heavy-intensity cycling and knee-extension exercise. *Appl. Physiol. Nutr. Metab*; 37:138–148, 2012.

DE GROOT, P.C. et al. Ischemic preconditioning improves maximal performance in humans. **European Journal Applied Physiology**, v.108, n.1, p.141–146, 2010.

FAUL, F. et al. G\* Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. **Behavior Research Methods**, v. 39, n. 2, p: 175-191, 2007.

FOSTER, G.P. et al Ischemic preconditioning improves oxygen saturation and attenuates hypoxic pulmonary vasoconstriction at high altitude. **High altitude medicine & biology**, v. 15, n. 2, p. 155–161, 2014.

FRANZ, A.; WOOD, W.; MARTIN, P. Fat Body Cells Are Motile and Actively Migrate to Wounds to Drive Repair and Prevent Infection. **Developmental Cell**, v. 44, n. 4, 460-470, 2018.

GASTIN, Paul B. Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. **Sports Medicine**, v. 31, n. 10, p. 725-741, 2001.

GRAPAR, Z.T. et al. The effects of preconditioning with ischemic exercise on quadriceps femoris muscle atrophy following anterior cruciate ligament reconstruction: a quasi-randomized controlled trial. **Eur. J.Phys. Rehabil. Med**,

v. 52, n. 3, p. 310–320, 2016.

JEAN-ST-MICHEL, E. et al. Remote preconditioning improves maximal performance in highly trained athletes. **Medicine Science Sports Exercise**, v. 43, n. 7, p. 1280-1286, 2011.

KANORIA, S. et al. Remote ischaemic preconditioning of the hind limb reduces experimental liver warm ischaemia-reperfusion injury. **Br J Surg**, v. 93, n. 6, p. 762-8, 2006.

KIMURA, M, UEDA, K, GOTO, C, JITSUIKI, D, NISHIOKA, K, UMEMURA, T, NOMA, K, YOSHIKAZUMI, M, CHAYAMA, K, HIGASHI, Y. Repetition of ischemic preconditioning augments endothelium-dependent vasodilation in humans: role of endothelium-derived nitric oxide and endothelial progenitor cells. **ArteriosclerThrombVasc Biol**. v.27, p.1403–1410, 2007.

KJELD, T. et al. Ischemic preconditioning of one forearm enhances static and dynamic apnea. **Medicine Science of Sports Exercise**, v. 46, n. 1, p. 151–5, 2014.

KORZENIEWSKI B, ZOLADZ JA: Some factors determining the PCr recovery overshoot in skeletal muscle. **Biophys Chem** 116(2):129-136, 2005.

LAWSON, C.S.; DOWNEY, J.M. Preconditioning: state of the art myocardial protection. **Cardiovascular Research**, v. 27, n. 4, p. 542–550, 1993.

LIBONATI, J. R. et al. Brief periods of occlusion and reperfusion increase skeletal muscle force output in humans. **Cardiologia**, v. 43, n. 12, p. 1355-60, 1998.

LOENNEKE, J. P. et al. Low intensity blood flow restriction training: a meta-analysis. **European Journal Applied Physiology**, v. 112, n. 5, p. 1849–1859, 2012.

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

MAROCOLO, M. et al Are the Beneficial Effects of Ischemic Preconditioning on Performance Partly a Placebo Effect? **International Journal of Sports Medicine**, v. 36, n. 10, p. 822-825, 2015.

MAROCOLO, M. et al. Ischemic preconditioning and placebo intervention improves resistance exercise performance. **Journal Strength Conditioning Research**, v. 30, n. 5, p. 1462–1469, 2016a.

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

MIYAMAE M, FUJIWARA H, KIDA M, YOKOTA R, TANAKA M, KATSURAGAWA M, HASEGAWA K, OHURA M, KOGA K, YABUUCHI Y, et al. Preconditioning improves energy metabolism during reperfusion but does not attenuate myocardial stunning in porcine hearts. **Circulation**, 88(1):223-234, 1993.

MURRY, C.E.; JENNINGS, R.B.; REIMER, K.A. Preconditioning with ischemia: a delay of lethal cell injury in ischemic myocardium. **Circulation**, v. 74, n. 5, p. 1124-36, 1986.

PAIXAO, R.C.; DA MOTA, G.R, MAROCOLO, M. Acute effect of ischemic

preconditioning is detrimental to anaerobic performance in cyclists. **International Journal of Sports Medicine**, v. 35, n.1, p. 912–915, 2014.

PANG, C.Y. et al. Acute ischaemic preconditioning protects against skeletal muscle infarction in the pig. **Cardiovascular Research**, v. 29, n. 6, p. 782-788, 1995.

PARADIS-DESCHÊNES, P.; JOANISSE, D.R.; BILLAUT, F. Ischemic preconditioning increases muscle perfusion, oxygen uptake, and force in strength-trained athletes. **Applied Physiology, Nutrition and Metabolism**, v. 41, n. 9, p. 938–944, 2016.

PRZYKLENK, K. et al. Regional ischemic 'preconditioning' protects remote virgin myocardium from subsequent sustained coronary occlusion. **Circulation**, v. 87, n. 3, p. 893-9, 1993.

SHEPHARD, R.J. PAR-Q, Canadian Home Fitness Test and exercise screening alternatives. **Sports Med**, v. 5, n. 3, p. 185-95, 1988.

SIMÃO, R. et al. Influence of exercise order on the number of repetitions performed and perceived exertion during resistance exercises. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 19, n. 1, p. 152-156, 2005.

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

WANG, Y.; SATOH, A.; WARREN, G. Mapping the functional domains of the Golgi stacking factor GRASP65. **Journal of Biological Chemistry**, v. 280, n. 6, p. 1-39, 2004.

ZHOU, D. et al. Experimental selection for *Drosophila* survival in extremely low O<sub>2</sub> environment. **PLoSOne**, v. 2, n. 5, p. 490, 2007.

**ANEXO 1: QUESTIONÁRIO DE PRONTIDÃO PREVENTIVO PARA REALIZAR EXERCÍCIO FÍSICO (PAR-Q) TESTE**

<b>1. Algum médico já disse que você tem problemas de coração e que só deveria fazer atividades físicas com orientação médica?</b>	<input type="checkbox"/> sim	<input type="checkbox"/> não
<b>2. Você sente dores no peito quando pratica atividade física?</b>	<input type="checkbox"/> sim	<input type="checkbox"/> não
<b>3. No último mês, você teve dores no peito sem que estivesse fazendo atividade física?</b>	<input type="checkbox"/> sim	<input type="checkbox"/> não
<b>4. Você perde o equilíbrio quando sente tonturas ou alguma vez perdeu os sentidos (desmaiou)?</b>	<input type="checkbox"/> sim	<input type="checkbox"/> não
<b>5. Você tem algum problema nas articulações ou nos ossos que poderia piorar se praticar mais atividades físicas?</b>	<input type="checkbox"/> sim	<input type="checkbox"/> não
<b>6. Você toma algum remédio para pressão alta ou problemas cardíacos?</b>	<input type="checkbox"/> sim	<input type="checkbox"/> não
<b>7. Existe qualquer razão pela qual você deveria evitar atividades físicas?</b>	<input type="checkbox"/> sim	<input type="checkbox"/> não

**QUESTÕES 1; 3; 6 SIM = PRONTIDÃO COMPROMETIDA;**

**QUESTÕES 2; 4; 5 E 7 SIM = PRONTIDÃO LIMITADA;**

**QUESTÕES DE 1 A 7 NÃO = PRONTIDÃO PARA O EXERCÍCIO IMEDIATA**

## ANEXO 02: ANAMNESE CLÍNICA SOBRE PATOLOGIAS EXISTENTES

NÚMERO: \_\_\_\_\_

NOME: \_\_\_\_\_ GÊNERO: ( ) M ( ) F

FONE: \_\_\_\_\_ IDADE: \_\_\_\_\_ DATA DE NASC: \_\_\_\_\_

PROFISSÃO: \_\_\_\_\_ GRAU DE ESCOLARIDADE: \_\_\_\_\_

HÁ QUANTO TEMPO PRÁTICA MUSCULAÇÃO: \_\_\_\_\_

HIPERTENSO? SIM ( ) NÃO ( )

FUMA? SIM ( ) NÃO ( )

BEBE? SIM ( ) NÃO ( )

REALIZOU CIRÚRGIAS NOS ÚLTIMOS 6 MESES? \_\_\_\_\_

SOFRE ALGUM TIPO DE LESÃO NOS BRAÇOS OU NAS PERNAS NOS ÚLTIMOS 6 MESES? \_\_\_\_\_