

ISABELA COELHO

**EFEITO DO PRÉ-CONDICIONAMENTO ISQUÊMICO SOBRE O
DESEMPENHO FÍSICO**

UBERABA

2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DO TRIÂNGULO MINEIRO

**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA**

Isabela Coelho

**EFEITO DO PRÉ-CONDICIONAMENTO ISQUÊMICO SOBRE O DESEMPENHO
FÍSICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Educação Física, Área de concentração: Biodinâmica (Linha de Pesquisa: Desempenho humano e esporte), da Universidade Federal do Triângulo Mineiro como requisito parcial para obtenção do título de mestre.

Orientador: Dr. Moacir Marocolo Júnior

UBERABA

2016

**Catálogo na fonte: Biblioteca da Universidade Federal do
Triângulo Mineiro**

M311e Marocolo, Isabela Coelho Ribeiro
Efeito do pré-condicionamento isquêmico sobre o desempenho
físico / Isabela Coelho Ribeiro Marocolo. -- 2016.
86 f. : il., fig., graf., tab.

Dissertação (Mestrado em Educação Física) -- Universidade
Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, MG, 2016
Orientador: Prof. Dr. Moacir Marocolo Júnior

1. Isquemia. 2. Reperusão. 3. Teste de esforço. 4. Desempenho
atlético I. Marocolo Júnior, Moacir. II. Universidade Federal do Triân-
gulo Mineiro. III. Título.

CDU 616-005.4

Isabela Coelho

EFEITO DO PRÉ-CONDICIONAMENTO ISQUÊMICO SOBRE O DESEMPENHO FÍSICO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Educação Física, Área de concentração: Biodinâmica (Linha de Pesquisa: Desempenho humano e esporte), da Universidade Federal do Triângulo Mineiro como requisito parcial para obtenção do título de mestre.

Orientador: Dr. Moacir Marocolo Júnior

Aprovada em 17 de fevereiro de 2016.

Banca examinadora:

Dr. Moacir Marocolo Júnior – orientador
Universidade Federal do Triângulo Mineiro

Dr. Maurício Gattás Bara Filho
Universidade Federal de Juiz de Fora

Dr. Gustavo Ribeiro da Mota
Universidade Federal do Triângulo Mineiro

DEDICATÓRIA

Dedico ao meu esposo, a minha mãe e ao meu
filho: Amo vocês!

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço minha família, pois foi ela o meu maior incentivo para esta conquista. Além de conviverem (ou aguentarem) com minha ausência e minha ansiedade. Especialmente meu esposo Moacir, o meu maior impulsor e orientador no trabalho bem como na vida, para finalizar esse momento. Afinal exerceu duplo papel, o de marido e orientador. Obrigada pelos ensinamentos e cobranças, com certeza você é meu maior exemplo. Amo você!

Agradeço ao meu filho, pois com certeza nesse período minha atenção e paciência tiveram seu limiar prejudicados. E até mesmo meu tempo de dedicação. No entanto, que os meus momentos de estudo lhe sirvam de exemplo! Amo você também!

E o que seria de mim se não fosse minha rainha, que sempre me disse que tirar nota boa e estudar não eram mais que minha obrigação. Nunca farei suficiente para agradecer tudo o que fez, em todos os momentos de minha vida, muito menos para ser 1/3 da pessoa que você é! Porém, este título é seu também. Obrigada pelo amor sem limites! Amor!

Agradeço a todos meus parentes em especial, aos meus tios Élio, Marina, Prazeres, Edson e Maria José por sempre me amarem, darem exemplos e incentivarem cada um de um jeito peculiar. E a minha madrinha Vivien e seu esposo Márcio que deram um pontapé inicial em minha carreira na Educação Física, talvez sem vocês os rumos seriam diferentes.

Ao meu padrasto Paulo, por sempre estar ao meu lado e ao meu irmão Daniel. Amo vocês!

Um agradecimento cheio de saudades por, pelo menos fisicamente, você não estar mais entre nós e nesse momento ver essa sua conquista também! Exemplo de enfermeira e de mulher! Vó Clara muitíssimo obrigada!

Ao meu pai, por ter me amado de seu jeito... Saudades eternas! Meu Biriba!

Agradeço MUITO aos que me acompanharam e me ajudaram de perto no âmbito trabalho especialmente aos meus professores do mestrado da UFTM, colegas de pesquisa e todos os funcionários (Angélica, Ana Lúcia, Cleone, Átila, Senhor Roberto e Dejair! Mas de maneira mais que especial aos que corroboraram

imensamente, confiaram em mim e fizeram meu projeto ir em frente prof. Doutor Moacir Marocolo e prof. Doutor Gustavo Mota! Aos professores externos os quais eu tive o prazer em tê-los em minha banca Maurício Bara(defesa e qualificação) e Renato Miranda(qualificação) ambos da UFJF!

Aos meus queridos amigos por torcerem por mim e ouvirem os meus anseios e medos nessa fase. Especialmente a amiga Érika quem leu esta tese, algumas vezes. E claro, não poderia me esquecer de todos os professores (muitos verdadeiros mestres) que passaram por minha vida: MUITO OBRIGADA!

Enfim, agradeço a todos que estão ao meu lado na caminhada da vida!

RESUMO

O pré-condicionamento isquêmico (PCI) consiste em curtas séries de isquemia alternadas por reperfusão. Este tem sido investigado como um recurso de proteção aos tecidos para futuros eventos de isquemia prolongada. No desempenho, seja aplicado imediatamente antes à execução do exercício, minutos ou horas depois, o PCI poderia aperfeiçoar o desempenho e/ou acelerar a recuperação. Contudo, os resultados da aplicação do PCI são controversos. Enquanto mostrou-se capaz de melhorar o VO_2 em ciclistas não teve efeito sobre a mesma variável em outro estudo com metodologia similar. Foi eficaz para desencadear a melhora no tempo de corrida, a atenuação da subida do lactato, melhora da resistência à fadiga e da carga de trabalho, mas resultados contrários mostraram que PCI foi incapaz de melhorar o desempenho. Discussões sobre o tipo de exercício, tempo de oclusão e intervalo entre a aplicação do PCI e execução do exercício são consideradas. Portanto, o objetivo de nosso estudo foi avaliar o efeito do PCI em dois diferentes tipos de exercícios não antes analisados pela literatura: 1) treinamento resistido e 2) teste intermitente específico. Nos dois estudos o desenho utilizado foi crossover, com os protocolos executados de forma randomizada, sendo as intervenções: Pré-condicionamento isquêmico (PCI), Placebo (PLACEBO) e Controle (CON). Participaram do primeiro estudo universitários, saudáveis, praticantes de futsal, após serem alocados nos grupos executaram os procedimentos pré-exercício: para PCI os indivíduos mantiveram sentados com um torniquete aplicado à coxa e passaram por quatro séries de cinco minutos de oclusão (pressão de 200 mm Hg) alternados por 5 minutos de reperfusão (0mm Hg), para placebo os indivíduos foram submetidos a uma pseudo oclusão (20mm Hg) alternada por uma pseudo reperfusão (0 mmHg) tendo o ciclo idêntico ao executado no PCI e para CON os indivíduos mantiveram-se sentados passivamente por 40 minutos. Aguardaram sete minutos para execução do Yo-Yo Intermittent Endurance Level 2 (Yo-YoIE2), tendo a frequência cardíaca monitorada durante todo o tempo de teste, percepção subjetiva de esforço (PSE) imediatamente após e lactato dois minutos após a finalização do teste. Para Estudo 2 participaram indivíduos praticantes de treinamento resistido e saudáveis passaram pelos mesmos procedimentos do Estudo 1 previamente ao teste (PCI, PLACEBO e CON) e após 8 minutos os indivíduos realizaram três séries máximas monitoradas de extensão de perna com uma carga de 12RM pré-estabelecida. Após cada série os indivíduos indicavam a PSE e após quatro minutos do final do exercício foi feita a coleta do lactato. Em conclusão o PCI no primeiro

estudo não foi capaz de melhorar o desempenho durante o Yo-Yo IE2. Para o segundo estudo concluiu-se que o desempenho aumentou para o grupo PLACEBO E PCI em comparação ao CON sugerindo um efeito similar desses dois grupos.

Palavras-chave: Isquemia. Reperusão. Exercício intermitente. Desempenho. Futsal. Oclusão do fluxo sanguíneo. Treinamento de força.

ABSTRACT

Ischemic preconditioning (IPC) consists of alternating short ischemia reperfusion series. This has been investigated as a protection feature to tissues for future prolonged ischemia events. The performance to be applied immediately prior to the execution of the exercise, minutes or hours later, the IPC could improve performance and / or speed recovery. However, the IPC application results are controversial. While it is shown to be able to improve VO₂ cyclists had no effect on the same variable in another study with similar methodology. It was effective in triggering the improvement in the running time, the attenuation of the rising lactate, improved fatigue resistance and workload but opposite results showed that IPC were unable to improve performance. Discussions on the type of exercise, occlusion time and interval between the application of IPC and execution of the exercise are considered. Therefore, the aim of our study was to evaluate the effect of IPC on two different types of exercise not previously analyzed in the literature: 1) resistance training and 2) specific intermittent test. In both studies the design used was crossover with the protocols performed randomly, and interventions: Ischemic preconditioning (IPC), placebo (placebo) and control (CON). Participated in the first study college students, healthy, futsal practitioners, after being allocated to the groups performed the pre-exercise procedures: IPC individuals remained sitting with a tourniquet applied to the thigh and spent four five-minute occlusion series (200 pressure mm Hg) alternated by 5 minutes of reperfusion (0mm Hg) for placebo subjects underwent a pseudo occlusion (20mm Hg) toggled by a pseudo reperfusion (0 mmHg) having the identical cycle to run the IPC and CON individuals. They remained passively sitting for 40 minutes. Waited seven minutes for the implementation of Yo-Yo Intermittent Endurance Level 2 (Yo-YoIE2) and heart rate monitored throughout the test of time, perceived exertion immediately after and lactate two minutes after completion of the test. Study 2 participated practitioners of resistance training and healthy individuals passed through the same procedures as in Study 1 prior to test (IPC, placebo and CON) and after 8 minutes, the subjects underwent three maximum monitored series of leg extension with a load of pre-established 12RM. After every individuals indicated the PSE and after four minutes from the end of the year was made the collection of lactate. In conclusion the IPC in the first study was not able to improve performance during the Yo-Yo IE2. For the second study it was concluded that

performance increased for placebo and PCI group compared to the CON suggesting a similar effect of these two groups.

Keywords: Ischemia. Reperfusion. Intermittent exercise. Performance. Futsal. Occlusion of the blood flow. Resistance training.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
2 OBJETIVO	13
2.1 GERAL	13
2.2 ESPECÍFICO	13
3 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA	14
4 ESTUDOS DESENVOLVIDOS	15
4.1 ARTIGO 1	15
4.2 ARTIGO 2	31
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
6 REFERÊNCIAS	50
APÊNDICE	51
ANEXO	54

1 INTRODUÇÃO

O pré-condicionamento isquêmico (PCI) é definido como breves períodos de isquemia, intercalados por reperfusão, que antecedem um período de isquemia sustentada. Sendo isquemia definida pela diminuição ou suspensão da irrigação sanguínea, em alguma parte do organismo, resultante de uma obstrução arterial e reperfusão é retorno da irrigação sanguínea, logo, como o resultado da desobstrução arterial [5]. A figura abaixo representa a aplicação do torniquete:



Figura 1: Aplicação do torniquete.

O desenho experimental do PCI normalmente é realizado de forma alternada, enquanto um lado recebe a oclusão, o outro a recebe a reperfusão, oscilando o número de séries entre um e quatro, o tempo de oclusão e o intervalo entre sua aplicação e o início do exercício. Contudo, a pressão utilizada no momento de ocluir não diverge na literatura, é utilizado 220 mmHg.

A figura abaixo mostra um desenho bastante utilizado e o qual foi adotado no presente trabalho. Quatro séries de oclusão com duração de cinco minutos, alternadas por reperfusão com igual duração e desempenhadas em momentos distintos para cada lado (direito e esquerdo).

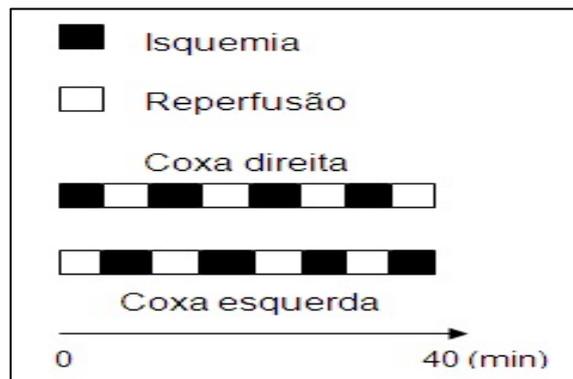


Figura 2: Desenho Experimental do Pré-condicionamento Isquêmico

O termo pré-condicionamento isquêmico (PCI) foi introduzido na literatura científica em 1986 com o experimento de Murry e colaboradores [1]

. Eles mostraram que um tecido submetido a curtos eventos isquêmicos sofria menos danos quando posteriormente era submetido a um longo período de isquemia (patológica) comparado a um tecido que não passava por esse processo. Para a oclusão *in vitro* eles entubaram, ventilaram e anestesiaram, fazendo também uma toracotomia. Isolaram a artéria coronária e essa foi comprimida por um tubo, tendo a pressão controlada por cateter, observaram então que, após quarenta de minutos de isquemia prolongada e intermitente. o segundo grupo apresentou um menor tamanho do infarto e concluíram que essa manobra tinha como efeito a proteção do miocárdio.

Isquemia é definida pela diminuição ou suspensão da irrigação sanguínea em alguma parte do organismo, resultante de uma obstrução arterial, e reperfusão é o retorno da irrigação sanguínea, logo, como o resultado da desobstrução arterial [2].

Os efeitos do PCI em tecido isolado, principalmente no músculo cardíaco, foram largamente investigados por pesquisadores de todo o mundo. Os resultados são amplos e mostram que o PCI em miocárdio, quando aplicado em cães, pôde atenuar a morte celular em comparação ao grupo controle que não foi submetido previamente a curtas séries de isquemia, esse apresentando maior área de infarto [2]. Outro estudo analisou ratos após o PCI e encontrou uma redução na arritmia e taquicardia ventricular em comparação ao controle [3].

Contudo, esse protocolo a fim de deixar uma área livre de sangue, deve ser pautado em diversos critérios de segurança como uma regulação segura dos equipamentos, a aplicação por uma pessoa experiente, o tempo de aplicação da

oclusão e reperfusão, bem como contraindicações (comorbidades), pois sua aplicação está relacionada com morbidades e até mortalidades. Aplicações superiores a três horas, por exemplo, podem causar danos irreversíveis aos tecidos [4].

O conceito de que um tecido com “alguma história” de condições isquêmicas se torna mais resistente à isquemia e seus potenciais efeitos deletérios [5, 6] despertou o interesse dos pesquisadores do esporte e exercício, durante as últimas décadas, resultando em um razoável número de estudos com intuito de mostrar os possíveis benefícios ou efeitos do PCI sobre o desempenho físico.

Dentre esses os estudos, há os que apontam para um efeito benéfico do PCI no desempenho físico, os que não mostram diferenças, e ainda, os que apontam uma queda do desempenho em comparação ao controle e ou placebo.

O PCI melhorou a potência média e o pico de potência em atletas amadores na realização de seis séries sprints, quando comparado ao placebo [7]. Foi capaz de melhorar o VO_{2max} em um teste incremental máximo realizado na bicicleta em indivíduos bem treinados de ambos os sexos, comparando-o ao controle [8]. Barbosa e colaboradores (2014) [9] mostraram que o PCI provocou um atraso na fadiga em exercício rítmico de preensão de mão intenso em comparação ao controle. Beaven e colaboradores (2012), analisou exercício resistido e encontrou melhora na produção de força e na recuperação. Outro estudo mostrou que PCI ocasionou um ganho na distância percorrida em nado subaquático e melhora do tempo de apneia estática em relação a um grupo controle [10].

No entanto, o PCI foi incapaz de promover efeito nas variáveis hemodinâmicas e no pico carga de trabalho em indivíduos altamente treinados (ciclistas e triatletas) em comparação ao grupo sem PCI, durante um teste máximo realizado no cicloergômetro, ao nível do mar e em alta altitude [11]. Também se mostrou ineficaz para alterar as variáveis fisiológicas, como lactato e vo_{2max} , e melhorar desempenho de corredores saudáveis durante uma corrida de 5000 m comparando PCI ao placebo [12]. Clevidence e colaboradores (2012) não encontraram melhorias em desempenho submáximo e no tempo de exaustão em ciclistas competitivos da categoria amadora, sob a aplicação de um teste incremental no cicloergômetro.

Gibson não encontrou diferenças significativas entre placebo e PCI em séries curtas de *sprint* para homens com histórico de participação em esportes de

invasão (como rugby), encontrou, no entanto, efeitos deletérios no desempenho para mulheres nas mesmas condições.

Analisando esses resultados nota-se que a ambiguidade dos mesmos persiste em estudos atuais.

De acordo com evidências anedóticas, o PCI era usado por indígenas sul-americanos antes de eles percorrerem longas distâncias (comunicação entre tribos e transmissão de informações, etc.) usando torniquetes, supostamente com folhas de árvores nativas enroladas em forma de corda, nas coxas, algum tempo antes de começarem a se deslocar. Mas não há comprovação do mesmo.

Contudo, estudos anteriores datados década de 1950 e alguns trabalhos subsequentes foram quase esquecidos. O fisiologista alemão E.A. Müller [13], publicou um estudo já em 1958 confirmando de forma plena os resultados de um estudo ainda anterior de seu colega Nukada (1955)[14]. Eles ocluíram completamente o fluxo sanguíneo das extremidades inferiores e submeteram os indivíduos a cargas de trabalho de várias intensidades imediatamente após o período de reperfusão. De acordo com o estudo, o tempo máximo de permanência em exercício depende de a) duração do tempo de oclusão; b) intensidade da carga de trabalho (maior intensidade maiores aumentos do PCI), c) da duração do intervalo entre o fim do tempo de isquemia e o início do exercício (com maiores aumentos em períodos mais curtos).

Eles explicaram que os resultados eram consequência da hiperemia reativa decorrente do período de oclusão. Pouco tempo depois, em 1959, Collier e Percival, pesquisadores ingleses, duvidaram desses resultados e repetiram o experimento de forma similar, mas não encontraram aumentos na capacidade de trabalho muscular durante a hiperemia após cinco minutos de oclusão [15]

Praticamente duas décadas depois, outro estudo [16] tentou replicar os experimentos de Müller usando exercícios rítmicos em cicloergômetros e contração sustentada em dinamômetros de preensão de mão, mas seus resultados falharam completamente ao tentar comprovar os achados de Müller e Nukada [13, 14]. Esses estudos clássicos já direcionam a ambiguidades e inconsistências no contexto de PCI e desempenho.

Por cerca de 20 anos, os experimentos com objetivo de mostrar algum efeito do PCI sobre o desempenho ficaram esquecidos na literatura, até que no final dos

anos 90 e início dos anos 2000 o grupo de Libonati e colaboradores , publicaram dois estudos mostrando os efeitos do PCI sobre o desempenho muscular. Eles associaram um maior desenvolvimento de força após eventos de PCI [17]. Os mesmos especularam que um aumento do fluxo sanguíneo de aproximadamente três ou quatro vezes, na região do antebraço, após o período de oclusão, poderia ser um mecanismo potencial envolvido no aumento de desempenho em decorrência do PCI. Esse grupo publicou dois estudos com resultados contraditórios. Enquanto nenhum aumento significativo de 40 segundos de oclusão sobre potência de salto vertical foi encontrada [18], aumentos na contração voluntária máxima durante contração isométrica de punho em homens e mulheres foram descritos [17].

Diante dessas perspectivas, entendemos que o PCI e suas aplicações, como um provável recurso, seja para aperfeiçoar a recuperação ou melhorar o desempenho imediato, necessita de que os seus mecanismos sejam esclarecidos bem como sua possível eficácia correlacionada com o tipo de exercício envolvido.

Esse esclarecimento contribuirá para meio científico, no qual desenvolvem-se várias pesquisas com objetivo de aperfeiçoar os resultados do desempenho esportivo, corroborando para o esclarecimento do efeito dúbio do PCI. Além de contribuir para aplicação prática, auxiliando treinadores na formulação de estratégias e na melhoria dos resultados de seus atletas, ou inibindo o uso de uma manobra ineficaz. Um ponto positivo apontado pelo uso do PCI, quando esse é sugerido como contribuinte para uma melhora do desempenho, é o fato de o mesmo ser um recurso barato, de fácil aplicação e não invasivo.

Ademais a diversidade dos exercícios envolvidos é um dos pontos que pode elucidar os benefícios ou a ineficácia dessa manobra, logo aplicamos dois protocolos não antes desenvolvidos posteriormente ao momento de PCI.

A tabela 1 ilustra a maioria dos estudos sobre PCI e desempenho publicados na literatura, descrevendo os tipos de exercícios ou testes, o protocolo de PCI e seus principais efeitos, bem como as variáveis analisadas.

Tabela 1 Características dos estudos que investigaram o efeito do PCI sobre o desempenho.

Data-Autor	Exercício ou teste	Sujeitos	N	Sets PCI	Grupos	Tempo total PCI (min)	Pressão de Isquemia (mmHg)/Membro	Tempo para o teste	Protocolo de teste	Variável Analisada	Efeito do PCI
2001 Howell	Salto Vertical	Treinado e saudáveis		1x1.5min	C/PCI	1.5	200/coxa	10 sec	40 SV	Potência de SV	Não melhorou o desempenho
2001 Libonati	Flexão de Punho	Saudáveis	14	1x2min	C/PCI	2	200/antibráço	10 sec	CVM	Contração Isométrica	Aumentou a força de voluntária máxima de contração isométrica
2010 De Groot	Ciclismo	Saudáveis	15	3x5min	C/PCI	15	220/coxa	5 min	Incremental Máximo	Potência VO _{2max} Lactato	Aumentou a Potência Aumentou o VO _{2max}
2011 Barr	Ciclismo	Ativos	24	3x5min	C/PCI	15	220/coxa	20min	Wingate	Pico de Força Média de Força Índice de Fadiga	Não teve efeito sob o índice de fadiga e potência
2011 Crisafulli	Ciclismo	Saudáveis	17	3x5min	C/PCI	15	50>PAS/coxa	5min	Incremental Máximo	VO _{2max} Carga de Trabalho	Não houve diferenças no VO _{2max} . Aumentou o tempo total de trabalho, FCmáx e a carga máx. de trabalho e a carga de trabalho.
2011 Foster	Ciclismo	Ciclistas Amadores	8	4x5min	C/PCI	20	20>PAS/coxa	90 min	100 KJ Normóxia 100KJ Hipóxia	Tomada de tempo	Atenuou a Hipóxia
2011 Jean-St-Michel	Natação	Nadadores de Elite	18	4x5min	P/PCI	20	15>PAS-10/braço	~45min	100 m Time Trial	Tomada de tempo	Melhorou o tempo de exercício
2012 Bailey	Corrida	Saudáveis	13	4x5min	P/PCI	20	220-20/coxa	45min	Incremental 5 Km	VO _{2max} Tomada de Tempo FC Tempo de Exaustão	Melhorou o tempo de corrida, atenuou a subida do lactato em teste incremental.
2012 Beaven	Saltos/Sprint	Saudáveis	14	2x3 min	C/PCI	6	220-15/coxa	0-24h	Agachamento com salto SCM	Agachamento com saltos (w) SCM (w) Peso do SCM Peso do Agachamento com salto	Melhorou o peso de agachamento com salto, a média do pico de velocidade excêntrica, e aceleração do salto contramovimento, melhorou a taxa de recuperação de força em SCM, porém a velocidade do <i>sprint</i> caiu.
2012 Clevidence	Ciclismo	Ciclistas	20	3x5min	C/PCI	15	220-0/coxa	5min	Incremental+90%max	Média da FC* FC de Pico** Toler.Ex.	Não melhorou o desempenho

2013 Cochrane	Execício Excêntrico	Saudáveis e praticantes de exercício	10	30min-30s alternados	C/PCI	15	10>pressão de pulso/perna	24-48- 72h	Exercício EXC (3 x 100 rep)	C PFSV	Não melhorou o desempenho
2013 Gibson	<i>Sprint</i>	Atletas de esportes coletivos	25	3x5min	C/P/PCI	15	220-50/coxa	15min	10 m <i>sprint</i> 20 m <i>sprint</i> 30 m <i>sprint</i>	Tempo	Negativo efeito em mulheres
2014 Barbosa	Prensão de mão	Saudáveis	9/13	3x5min	C/IPC	15	200-10/coxa	25min	Pressão de mão rômica	T. Fat.	Atrasou a fadiga
2014 Foster	Saudáveis	Corrida	12	5 dias- 4x5min	P/PCI	20	~200-40/coxa	antes	12.8 Km	Contra-relógio	Atenuou a hipóxia e melhorou a saturação de oxigênio.
2014 Gibson	<i>Sprint</i>	Treinados	16	3x5min	C/P/PCI	15	220-50/coxa	5min	<i>Sprint</i> 5 x 6 s	Lactato Pico de Força Força Total	Não melhorou o desempenho.
2014 Kjeld	Remo/Apneia	rowers/divers	11- 6-14	4x5min	C/IPC	20	40>SAP/forearm	30min	Apneia Dinâmica Apneia Estática Tempo Distância	Tempo Tempo T. 1000 m	Aumentou o tempo de apneia e o tempo de nado.
2014 Paixão	Ciclismo	ciclistas	15	4x5min	P/PCI	20	250-20/coxa	12min	3 Wingate/10 min de pausa	Força Máx. 1 Força Média. 1 Força Média. 2	Não melhorou o desempenho.
2014 Paterson	Ciclismo	Recreacionalmente ativos em esportes de <i>SPRINT</i>	14	3x5min	P/PCI	20	220-20/coxa	30	12 x 6 s <i>sprints</i>	Pico de Potência VO ₂ (l.min ⁻¹)	Melhorou a potência.
2015 Hittinger	Ciclismo	Ciclistas altamente treinados e triatletas	28	4x5min	C/PCI	20	10-20>PAS/coxa	45min	Incremental/nível do mar Incremental/alta altitude	Capacidade no Ex. Capacidade no Ex.	Não melhorou o desempenho.
2015 Lalonde	Ciclismo	Saudáveis	17	4x5min	P/PCI	20	50>SAP-10/braço direito	-	Progressivo 6x6s Wingate	Pico de Potência Potência Média Pico de Potência Potência Média	Não melhorou o desempenho
2015 Marocolo	Natação	Atletas Recreacionais	15	4x5min	C/P/PCI	20	220-5/braço	15min	100 m contra-relógio	Contra-relógio	Não houve diferenças entre placebo e PCI
2015 Tocco	Corrida	Corredores habilidosos	11	3x5min	C/P/PCI	15	50>PAS- 10<PAD/coxa	5	5 Km	Velocidade (m.s ⁻¹) mVO ₂ (l.min ⁻¹) Tempo para 5km	Não melhorou
2015 Cruz	Ciclismo	Ciclistas recreacionalmente treinados	12		PCI/P		220-20	36min	Teste Incremental	Percepção subjéctiva de esforço (PSE) Eletromiografia de superfície Consumo de oxigênio(VO ₂)	Atenuou o aumento do PSE E melhorou o Vo ₂
2015 Kraus	Ciclismo	Adultos recreacionalmente	43	4x5	Sham/PCI	20min		15min	Wingate	Pico de potência Média de	Aumentou a potência

ativos

 $\frac{\text{potência}}{\text{Índice de fadiga}}$

*Média da Frequência cardíaca (bpm) 30% VO₂max; **Frequência cardíaca (bpm) 30% VO₂max; SV = Salto Vertical; CVM = Contração Voluntária Máxima; PPSV = Pico de Potência de Salto Vertical; SCM= Salto Contra o Movimento C=Controle; P=Placebo; PCI= Pré-condicionamento Isquêmico; Tempo de Exaustão=tempo para exaustão;Toler. Exer.= Tolerância ao Exercício; Índice de Fad. = Índice de Fadiga; T.Fad.=tempo para fadiga; T. 1000 m = tempo para 1000m; Força Max. =Força Máxima em Wingate; Força Média1=Força Média em Wingate 1; Média de FW. 2=Média de Força em Wingate 2; capacidade no Ex.=capacidade no Exercício; mVO₂(l.min⁻¹)= média VO₂;

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Avaliar os efeitos do pré-condicionamento isquêmico sobre o desempenho em exercícios resistidos e um teste específico intermitente em indivíduos saudáveis praticantes de treinamento resistido e em atletas universitários amadores de futsal.

2.2 ESPECÍFICOS

Verificar os efeitos do pré-condicionamento isquêmico sobre:

1. O desempenho durante o Yo-Yo Intermittent Endurance Level 2 em atletas amadores universitários de futsal;
2. O desempenho de membros inferiores em 3 séries de 12 repetições máximas durante a extensão de perna.

3 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

O presente estudo pode ser justificado pelo escasso número de investigações sobre o PCI e exercício contribuindo para esclarecer os resultados controversos existentes até o momento, especialmente levando em consideração que os dois tipos de exercícios utilizados no presente estudo não foram analisados pela literatura, após a aplicação de PCI.

Sugere-se que a eficiência desse método possa contribuir para a obtenção de novos resultados no desempenho físico, como foi relatado em alguns estudos (melhora do tempo de exaustão, melhora da potência, inibição da fadiga, dentre outros) contribuindo para que treinadores e atletas aperfeiçoem seus resultados em treinos e competições. Ou ainda para que sejam utilizados outros métodos ao invés do PCI sendo este ineficaz.

Sua relevância pode ser caracterizada por ser uma manobra não invasiva com possibilidade de aplicações em diferentes situações, seja durante treinamento ou competições. Sendo de fácil e barata aplicação, podendo ser aplicado durante treinamento, competição ou recuperação, visando melhorar o desempenho.

4 ESTUDOS DESENVOLVIDOS

4.1 ARTIGO 1

Efeito do Pré-Condicionamento Isquêmico em um Protocolo de Exercício Intermitente - Yo-Yo Intermittent Endurance Level 2

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito do Pré-condicionamento isquêmico (PCI), aplicado ao teste Yo-Yo Intermittent Endurance Level 2 (Yo-Yo IE2). Participaram deste estudo treze indivíduos (homens), saudáveis e praticantes de futsal, $22,2 \pm 3,0$ (anos), $70,9 \pm 8,3$ (kg), $173,1 \pm 5,6$ (cm). Os indivíduos compareceram no laboratório por cinco dias, com no mínimo quarenta e oito horas de intervalo. Os dois primeiros dias foram para avaliações e familiarização, e os demais para realização do protocolo experimental, executado de forma randomizada em três intervenções: CONTROLE (CON), PLACEBO (PLACEBO) e (PCI). O exercício utilizado, após a aplicação das intervenções, foi Yo-Yo IE2. A intervenção CON aconteceu sem a presença do torniquete. Os indivíduos permaneceram apenas sentados previamente ao teste. A manobra placebo consistiu em quatro ciclos de uma pseudo-oclusão, aplicada por meio de um torniquete colocado na parte proximal da coxa, inflado à pressão de 20 mmHg, alternada por cinco minutos de pseudo-reperusão, 0 mmHg da coxa. O PCI ocorreu de forma similar ao placebo, porém com promoção de oclusão utilizando a pressão de 220 mmHg alternado por reperusão 0 mmHg. Sete minutos após os procedimentos, os voluntários realizaram o Yo-Yo IE2. Imediatamente após o esse teste, foi verificada a percepção subjetiva de esforço e, quatro minutos depois, lactato. A frequência cardíaca (FC) média foi significativamente maior na intervenção CON $174,8 \pm 10,41$ em comparação ao PLACEBO E PCI, $160,4 \pm 12,30$ e $163,6 \pm 11,09$, respectivamente. A FC de pico também foi significativamente maior para CON $190,4 \pm 9,462$, em relação ao PLACEBO e PCI $178,6 \pm 12,80$ e $180,0 \pm 11,18$, respectivamente. O PCI não foi capaz de promover mudanças significativas no desempenho, lactato e percepção subjetiva de esforço. Em conclusão, o PCI não melhora o desempenho de universitários praticantes de futsal durante o teste Yo-Yo Intermittent Endurance

Level 2.

Palavras-chave: Isquemia. Reperfusão. Exercício intermitente. Desempenho. Lactato. Futsal.

Introdução

As estratégias de aumento do desempenho são amplamente discutidas pela literatura e, dentro dessas discussões, o pré-condicionamento isquêmico (PCI) seria uma forma não invasiva, barata e viável [1].

O PCI consiste em manobra de oclusão do músculo esquelético, seguido por momentos de reperfusão, por meio de um torniquete e é considerado, por alguns estudos, um doping natural [2]. Entretanto, os resultados do PCI são controversos [1-4]. Enquanto alguns estudos mostram melhoras no desempenho máximo após PCI, como De Groot e colaboradores (2011), que mostraram a melhora do VO_{2max} e da potência; e também Beaven e colaboradores (2012), que aplicou a manobra PCI previamente a testes de resistência e potência de membros inferiores, encontrando melhoras significativas no desempenho imediato e, especialmente, em vinte e quatro horas após a aplicação; outros não mostram efeito significativo no desempenho, como, por exemplo, Clevidence e colaboradores (2012), que avaliou potência máxima, FC, ventilação, lactato e glicose em teste de cicloergômetro com atletas amadores, não encontrando diferenças no desempenho entre PCI e controle.

Existem ainda estudos que mostram efeitos deletérios no desempenho, como Gibson e colaboradores (2015) [5], que mostraram uma queda no desempenho em *sprints* de até trinta metros, avaliando mulheres atletas com histórico de competição em esportes coletivos.

Apesar de Gibson e colaboradores (2015) utilizarem atletas com o histórico de participação em esporte coletivo [5], não existe, até o presente momento, um estudo que tenha aplicado o PCI a um protocolo intermitente que tenha correlação com desempenho no esporte coletivo, no caso deste estudo, o futsal, jogo de natureza intermitente [6].

Nesse contexto, optamos por aplicar o Yo-Yo Intermittent Endurance Level 2

(Yo-Yo IE2) por possuir uma característica de exercício anteriormente não analisada em nenhum dos estudos sobre PCI e desempenho. Isso contribui para o esclarecimento da manobra de PCI sob o exercício intermitente. Além disso, esse teste demonstra correlação com o desempenho durante a partida de futsal [7] o que o torna aplicável ao perfil nossa amostra.

Assim, o objetivo do presente estudo foi investigar o efeito do PCI sobre o desempenho no Yo-Yo IE2 em atletas amadores universitários de futsal. Nossa hipótese foi de que PCI prolongaria tempo de exaustão no Yo-Yo IE2 e/ou diminuiria a PSE.

Materiais e Métodos

Sujeitos

Participaram deste estudo 13 indivíduos universitários, saudáveis e praticantes de futsal há pelo menos um ano (frequência semanal de no mínimo três vezes, tendo o treino a duração de pelo menos 1 hora). As características antropométricas dos voluntários estão descritas na Tabela 1. Foram adotados como critérios de exclusão: idade inferior a dezoito anos; possuir histórico de doença venosa e/ou cardíaca; estar fazendo uso de drogas, medicamentos, suplementos e/ou esteroides; possuir ou ter sofrido recente lesão osteomioarticular.

Todos os atletas foram informados, verbalmente e por escrito, sobre o protocolo experimental a que se submeteriam e sobre a intervenção com manobra de oclusão (inclusive sobre a possível sensação de desconforto causada pela mesma). Assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido previamente à coleta dos dados. O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa local (n. 993.636/205/2015) e foi realizado de acordo com as recomendações da declaração de Helsinki.

Tabela 1. Características dos voluntários:

Idade (anos)	Peso (kg)	Altura (cm)	Gordura Corporal (%)	Tempo de Treino
22,2 ± 3,0	70,9 ± 8,3	173,1 ± 5,6	13,0 ± 5,0	12,8 ± 4,4

Valores expressos em média ± desvio padrão **DESENHO EXPERIMENTAL:**

Os voluntários compareceram cinco vezes ao laboratório durante a pesquisa. No primeiro e segundo dias, para a familiarização. No terceiro, quarto e quinto dia, para a realização do protocolo experimental, executado de forma randomizada em três intervenções: Pré-condicionamento Isquêmico (PCI), PLACEBO (PLACEBO) e CONTROLE (CON).

Nas quarenta e oito horas anteriores aos testes, os voluntários foram instruídos a não consumirem cafeína, bebidas alcoólicas, suplementos e/ou esteroides que pudessem influenciar no desempenho dos testes. Além disso, foram orientados a não fazer exercícios físicos e se apresentarem descansados para a realização dos testes.

Familiarização I (Primeiro dia)

A massa corporal foi verificada por uma balança eletrônica (Wiso®, W939), a estatura por estadiômetro portátil (Sanny®) e as dobras cutâneas utilizando um adipômetro científico (Lange®), aplicando o protocolo de três dobras (peitoral, coxa e abdome) de Pollock [8]. Em seguida, foi feita mensuração da frequência cardíaca de repouso (FCR) e aplicação da anamnese - para isto foi elaborado um questionário, tendo como os temas das perguntas: frequência de treinos, tempo de prática dentre outras, a fim de caracterizar a amostra bem como conhecer sobre o contato do jogador com a modalidade e com exercícios físicos-.

Familiarização II (Segundo dia)

Apresentação da Escala de Percepção Subjetiva do Esforço (PSE) e da Escala da Percepção Subjetiva de Recuperação (PSREC) e instruções sobre como são utilizadas. Explicação do teste Yo-Yo Intermittent Endurance Level 2 (Yo-Yo IE2), o que os atletas já haviam realizado previamente durante suas rotinas de treinos e exibição do vídeo do teste.

Logo após a apresentação dos materiais, foi feita a mensuração da pressão de oclusão do fluxo sanguíneo da coxa.

PROTOCOLO EXPERIMENTAL (3º, 4º e 5º dias)

Os voluntários responderam a PSREC, foi então aferida a FCR. De forma randomizada, foi executado o protocolo experimental de PCI, PLACEBO e CON.

Após estas intervenções, os voluntários aguardaram sete minutos e iniciaram a realização do Yo-Yo IE2. Imediatamente ao final do teste, foi aplicada a PSE e, após dois minutos, as amostras sanguíneas para a mensuração do lactato foram coletadas. Cinco minutos depois, foi mensurada FC_{REC} e então finalizado o protocolo experimental. As intervenções foram separadas por setenta e duas horas de intervalo.

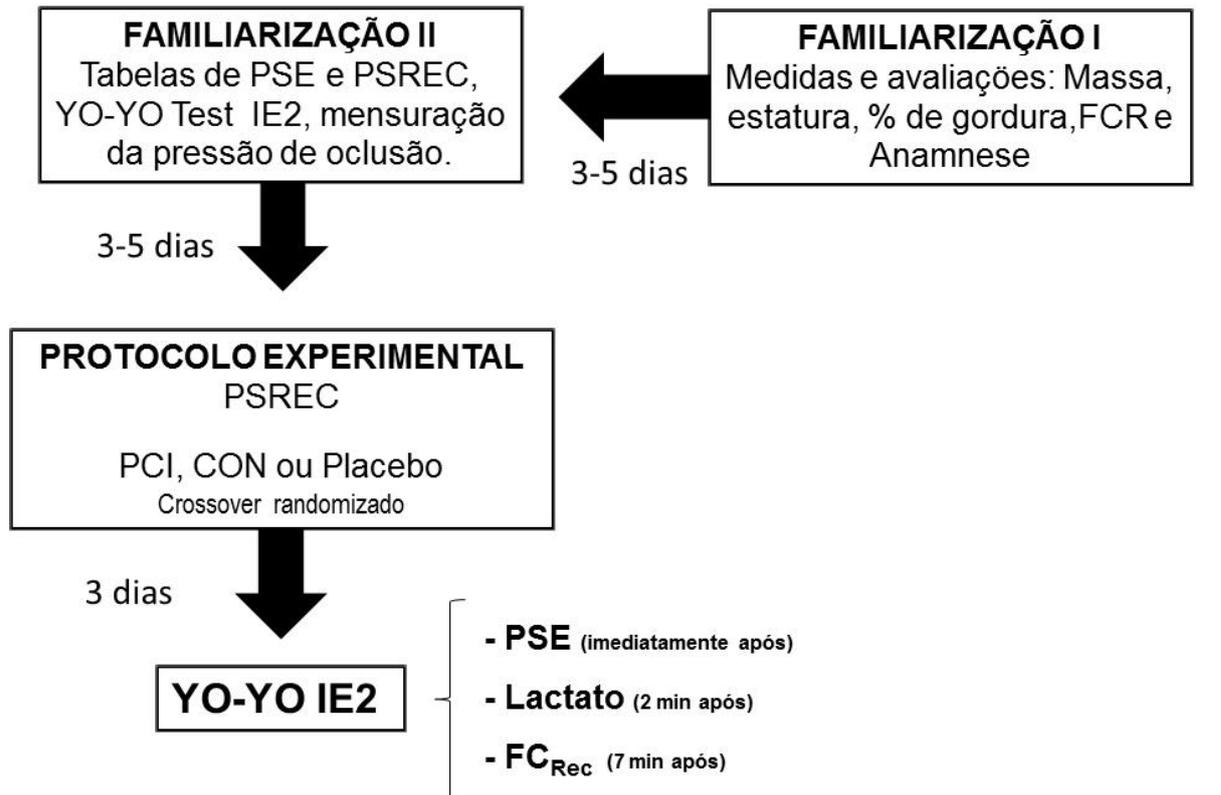


Figura 1. Desenho Experimental do estudo

Pré-condicionamento Isquêmico (PCI):

Mensuração da pressão de oclusão: anteriormente ao início da aplicação do PCI, durante a familiarização II, foram colocados nos voluntários os torniquetes na parte proximal da coxa. Os torniquetes (komprimeter Riester®, Jungingen, Alemanha) foram inflados e o pulso do tornozelo foi detectado pelo método auscultatório nas artérias próximas ao joelho. Determinando o momento da oclusão [9].

O PCI foi aplicado previamente ao Yo-Yo IE2. Os voluntários, em posição sentada, tiveram os torniquetes posicionados na região proximal das coxas. A intervenção consistiu em quatro períodos de cinco minutos (pressão de 220 mmHg), alternados por cinco minutos de reperfusão (pressão de 0 mmHg), para o PCI ou o mesmo para o PLACEBO, com pressão de 20mmHg, provocando uma pseudo-oclusão, alternados por períodos de cinco minutos com 0 mmHg. As pressões utilizadas são baseadas em estudos anteriores [10, 11]. No CON, os indivíduos permaneceram quarenta minutos sentados.

Frequência Cardíaca (FC):

A frequência cardíaca foi monitorada, durante todo o experimento, por um monitor cardíaco individual RS800CX[®] (Polar Electro, Kempele, Finlândia). Logo que os indivíduos se apresentaram ao laboratório, os monitores cardíacos foram colocados nos mesmos, que permaneceram sentados por dez minutos para a aferição da frequência cardíaca de repouso. Foram continuamente monitorados e, a cada volta do Yo-Yo IE2, tiveram a FC registrada. Para finalizar, os voluntários mantiveram-se sentados. Aproximadamente sete minutos após o final do teste, foi feito o (Ver pág. 18) registro da frequência de recuperação.

Escala de recuperação (PSREC) e escala de percepção subjetiva de esforço (PSE):

A PSREC trata-se de uma escala que avalia o estado de recuperação individual, o quanto recuperado o indivíduo está no momento, sendo numerada de zero a dez [12]. Os voluntários foram instruídos sobre sua leitura, finalidade e aplicabilidade durante a familiarização II. Optamos por utilizar essa escala subjetiva por ser um método não invasivo, de fácil aplicação e que demonstra eficácia para identificação subjetiva individual dos padrões psicofisiológicos da recuperação.

Uma escala foi aplicada para verificar a percepção subjetiva do esforço: a PSE foi avaliada pela escala de, BORG de zero a 11 [13], pela qual é dada a percepção individual do esforço, o quanto intenso é o exercício. Os indivíduos foram instruídos sobre a leitura, finalidade e aplicabilidade da PSE durante também durante a familiarização II.

Todos os voluntários foram familiarizados com ambas as escalas e as

instruções utilizadas foram: para a escala PSREC, em cada dia, antes do protocolo experimental "nós queremos saber como você se sente". Esse sentimento deve refletir a sua quantidade total de energia, fadiga, combinando todas as sensações e sentimentos de estresse, dor, sono. Para a escala PSE, depois de cada teste, "nós queremos que você preste muita atenção para o quão forte você vai sentir o ritmo de trabalho. Esse sentimento deve refletir o seu montante total de esforço e fadiga, que combina todas as sensações e sentimentos de estresse físico, esforço e fadiga". Para ambas as escalas: "Não se preocupe com qualquer um dos fatores tais como dor nas pernas, falta de ar ou intensidade do exercício, mas tente se concentrar em seu total, o sentimento interior de esforço. Tente não subestimar ou superestimar os seus sentimentos de esforço e ser tão preciso o quanto possível".

Teste Yo-Yo Intermittent Endurance Level 2 (Yo-Yo IE2):

O teste específico para jogadores de futebol [7, 14] consiste em séries de vinte metros de deslocamento [15], com velocidade progressiva, o ritmo é determinado por um áudio bip, que, ao decorrer do teste, tem o seu intervalo diminuído e, conseqüentemente, o aumento da velocidade. Na marca de entrada, há um recuo de dois metros e meio onde os voluntários podem se movimentar ou permanecerem imóveis de seu retorno até o próximo bip de saída. O teste foi finalizado após dois sucessivos erros do voluntário e durou entre três a quinze minutos. Foi desenvolvido em uma quadra de futsal com as marcações de vinte metros e o recuo de dois metros e meio, utilizando um cone e com o áudio padrão executado por um sistema de som previamente testado, espalhado por pontos específicos da quadra, para que o som fosse ouvido claramente pelos voluntários envolvidos.

Coleta do Lactato

Com uma lanceta descartável foi feita uma punção no dedo na região da falange distal já esterilizada, uma leve pressão nas laterais do dedo para facilitar a coleta. Descartou-se a primeira amostra e a segunda foi colocada sobre a fita (ROCHE BM-Lactate) e imediatamente inserida em um lactímetro portátil (ROCHE Accu-Check, Basel Switzerland) validado. [16].

Análise estatística

O teste de Shapiro-Wilk foi aplicado para verificar a distribuição normal dos dados. ANOVA de uma entrada para medidas repetidas, seguido de teste *post-hoc* de *Tukey* foram realizados para comparações. O nível de significância foi de 0,05 e o software utilizado para a análise dos dados foi GraphPad® (Prism 6.0, San Diego, CA, EUA).

Resultados

A frequência cardíaca de repouso, bem como a de recuperação, não apresentaram diferenças significativas (tabela 2). A frequência média (FCmed) e a frequência de pico (FCpico) apresentaram diferenças significativas para ambos os grupos PLACEBO e PCI. Comparados ao CON a PSE e a PSREC, não apresentaram diferenças significativas entre os protocolos (tabela 2).

Tabela 2: Valores das variáveis hemodinâmicas e Escalas de Percepção Subjetiva do Esforço:

Variável	Controle	Placebo	PCI	Valor de p
Frequência de repouso	73,33 ± 15,94	70,33 ± 17,00 ^a	75,75 ± 12,81	p = NS
Frequência de reserva	117,1 ± 17,56	108,3 ± 23,24	104,3 ± 12,63	p = NS
Frequência cardíaca média	174,8 ± 10,41	160,4 ± 12,30 _a	163,6 ± 11,09 _b	^a p = 0,0055; ^b p = 0,0006
Frequência cardíaca de pico	190,4 ± 9,462	178,6 ± 12,80 _a	180,0 ± 11,18 _b	^a p = 0,0020; ^b p < 0,0001
PSE	8,542 ± 1,033	8,375 ± 1,334	8,750 ± 1,215	p = NS
PSREC	7,583 ± 0,6686	7,250 ± 1,603	6,500 ± 1,834	p = NS

^a p < 0.05 vs controle, por exemplo. Os dados foram expressos em média ± desvio padrão

Na distância do YOYOIE2, foram encontradas diferenças significativas entre

CONTROLE e PLACEBO ($p = 0,042$), mas não entre PCI e CONTROLE (figura 2a). A variável tempo não apresentou diferenças significativas entre os protocolos (figura 2b). O lactato apresentou valores altos, mas sem diferenças entre os protocolos (figura 3).

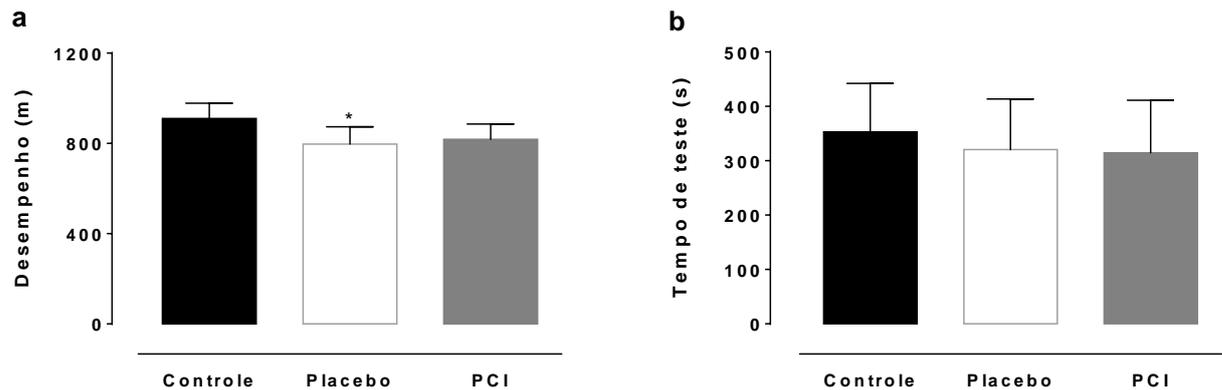


Figura 2: Desempenho para as intervenções Controle, Placebo e PCI: Em a, temos a distância percorrida em metros e em b, tempo de duração do teste em segundos. Valores expressos em médias \pm desvio padrão.* $p = 0,042$ vs. Controle.

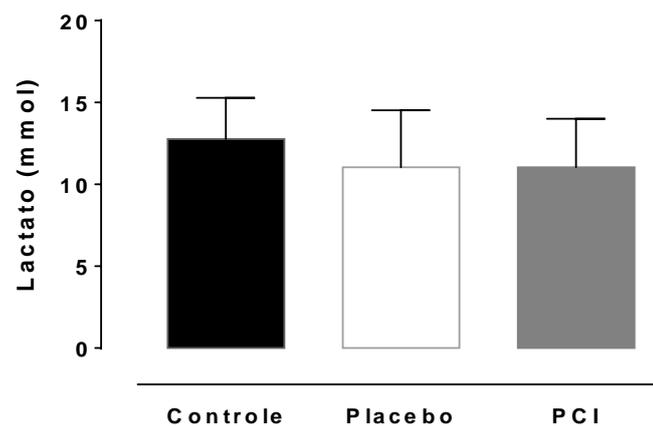


Figura 3: Concentração de lactato (mmol) após Yo-YoIE2 para as condições de Controle, Placebo e PCI. Valores expressos em médias \pm desvio padrão.

Discussão

O principal achado de nosso estudo foi que o PCI não melhorou o desempenho, expresso em metros (Figura 2a). A frequência cardíaca foi avaliada continuamente durante o exercício. Interessantemente, os valores de FC de pico e FC média se apresentaram significativamente mais altos na intervenção CON comparando-a com PLACEBO E PCI. No estudo de Clevidence e colaboradores (2012) [17], foram encontrados valores significativamente mais altos para FC de pico e FC média, em ciclistas, aplicando um teste submáximo na comparação entre PCI e CON, porém, ao contrário do que aconteceu no presente estudo, os valores foram mais altos após a intervenção de PCI. Para esses autores, o aumento da FC poderia ser explicado por uma compensação da queda do volume sistólico e débito cardíaco no momento da manobra de PCI, como anteriormente encontrado por Lida e colaboradores (2007) [18], porém é preciso notar que, no segundo estudo, isso foi constatado no momento da oclusão e não em exercício.

Logo, dizer que esse efeito se prolongou até o momento do teste é apenas uma especulação. Além do mais, o presente estudo mostrou aumento nos valores de CON, o que descarta totalmente essa hipótese, visto que nem ao menos houve oclusão.

Uma hipótese que consideramos foi a de que, quando não se usou uma intervenção PLACEBO/PCI anteriormente ao teste, os voluntários aumentaram as passadas durante o deslocamento, até as marcas, a fim de compensar a falta de um possível efeito dessas manobras (já que os voluntários tinham a informação de que estávamos verificando o efeito de duas pressões de oclusão no desempenho). Esse aumento da atividade do músculo esquelético gerou um aumento na FC para suportar a demanda, no entanto, o número de passadas não foi mensurado, para uma afirmação categórica. Para posteriores estudos, sugerimos essa medida.

A PSE foi verificada imediatamente ao final de cada teste, apresentando valores altos, média de 8.5, o que nos leva a considerar que o teste foi realmente máximo ou muito intenso. Porém sem diferenças significativas entre as intervenções de CON, PLACEBO e PCI ($p > 0,05$). A PSE é utilizada em vários estudos, como mais um indicador de intensidade do exercício, além das variáveis fisiológicas tradicionais mensuradas [13].

Como sugerido por Marocolo e colaboradores (2015) [19], o PCI poderia ter um efeito placebo, considerando que nesse estudo os indivíduos se apresentavam mais motivados após as intervenções de PLACEBO E PCI. Uma variável que mede parâmetros psicofísicos auxiliaria nas medidas de intensidade. No entanto, tanto o PLACEBO, quanto o PCI não tiveram quaisquer efeito sob a PSE.

Em estudos anteriores, corroborando com esses resultados, o PCI não teve efeito sob a PSE após séries de *sprints* em comparação ao PLACEBO [5] e após cinco quilômetros de corrida em relação à intervenção controle [1].

Em nosso estudo, não houve diferenças significativas nos valores de PSREC entre CON, PLACEBO e PCI. A recuperação é um dado que exerce interferência direta sobre o desempenho, podendo este ser maior ou menor, de acordo com o estado recuperativo do indivíduo [12]. Destacamos que, em nenhum estudo anterior relacionando PCI e desempenho, analisou-se essa variável. A aplicação da escala de PSREC contribuiu para identificar o estado de recuperação para que o mesmo não exercesse influência sobre os resultados.

O principal achado desse estudo foi que o PCI não alterou o desempenho no YO-YO IE2 e que a manobra PLACEBO reduziu o desempenho após o teste. No presente estudo, o PCI não foi capaz de promover diferenças significativas aplicando um protocolo de exercício intermitente máximo. As variáveis tempo e distância não apresentaram diferenças significativas quando comparadas ao CONTROLE.

Os resultados da aplicação do PCI no desempenho são bastante controversos e inconsistentes. Alguns estudos [1, 2, 4] vêm mostrando uma melhora significativa do desempenho máximo após aplicação de PCI. Crisafuli e colaboradores (2010) [2], utilizando um teste incremental máximo em cicloergômetro, encontraram um aumento de quarenta segundos na duração do teste em relação ao teste referência sem diferenças no VO_{2max} em indivíduos saudáveis.

De Groot e colaboradores (2010) [4] analisaram o efeito de PCI, em ciclistas bem treinados, também em cicloergômetro e encontraram, diferentemente de Crisafuli e colaboradores (2010), uma melhora significativa de 3% no VO_{2max} , além de um aumento 1.6% na potência, comparado ao controle em desempenho máximo, e nenhuma alteração sob as mesmas circunstâncias em um protocolo submáximo.

Jean St Michel e colaboradores (2011) [11] verificaram um melhor tempo em 100 metros de natação (teste máximo) após PCI, mas não em teste submáximo (200 metros), em uma comparação entre placebo e PCI, utilizando atletas de natação treinados.

Em contrapartida, outros estudos não mostraram melhoras no desempenho máximo e submáximo. Enquanto um grupo [17] analisou o efeito do PCI em variáveis associadas ao desempenho submáximo (consumo de oxigênio, ventilação e razão de trocas gasosas) e tempo de exaustão, não encontrando diferenças significativas em relação à intervenção ao placebo, outros [20], avaliando homens saudáveis e ativos, encontrou que o PCI não foi capaz de atenuar a perda de força (imediatamente após e nas vinte e quatro, quarenta e oito e setenta e oito horas após a manobra PCI). Gibson e colaboradores (2015) aplicou o PCI a séries repetidas de *sprints*, de curta duração, não encontrando diferenças significativas na potência em relação ao placebo.

Há ainda estudos em que o PCI aplicado ao exercício foi responsável pela queda no desempenho tempo. Paixão e colaboradores (2014) [21] verificaram uma queda na potência anaeróbia quando comparada com a manobra placebo.

Acompanhando essa inconsistência dos resultados sobre o efeito do PCI, está o fato de que os mecanismos fisiológicos envolvidos entre PCI e a melhora do desempenho em humanos são apenas especulações [1, 22].

O que é descrito na literatura são hipóteses baseadas em estudos *in vitro* na tentativa de explicar o efeito no desempenho [23]. Essas sugerem que o PCI melhora a sensibilidade dos canais de ATP e provoca aumento da adenosina, essa ocasiona uma vasodilatação [24]. Além disso, esses canais estão envolvidos com uma maior entrega de oxigênio e substratos para o aumento metabólico, atendendo a demanda dos músculos, logo, melhorando a função muscular. Ou até que uma menor sensibilidade à fadiga é promovida pelo PCI, aumentando o tempo de esforço. No entanto, nenhum estudo que avaliou o desempenho em humanos, após PCI, analisou esses mecanismos, o que reforça a necessidade de um maior esclarecimento sobre a aplicação desse protocolo.

Porém, não foi objetivo de nosso estudo investigar os mecanismos envolvidos

na aplicação do PCI, e sim o efeito da aplicação desta intervenção no desempenho de jogadores de futebol de salão universitário durante o YO-YO IE2. Sugerimos que posteriores pesquisas sejam em torno do esclarecimento desse mecanismo.

Outro achado do presente estudo foi que não houve diferenças significativas com a aplicação do PCI no lactato. O lactato é produzido constantemente, mas principalmente em grandes taxas de glicólise e glicogenólise [25]. A mudança da estabilidade durante o exercício, como no YO-YO IE2, é outro fator que contribui para a produção de lactato [26]. No presente estudo, as concentrações de lactato podem ser consideradas elevadas, o que condiz com a característica do teste, intermitente e máximo. Apenas um estudo, relacionando PCI e desempenho, encontrou diferenças significativas no lactato [1], porém essa diferença não foi após o exercício, e sim uma atenuação na subida do lactato durante o exercício, o que foi relacionado com a melhora do desempenho, uma vez que essa atenuação pode representar uma melhora na capacidade aeróbia. No entanto, ao final do exercício, não houve diferenças assim como em nosso estudo, o que sugere que o PCI não exerce efeito sobre o lactato.

A temperatura e umidade foram verificadas para a realização dos testes, garantindo que os mesmos fossem realizados sob uma mesma condição ambiental. Alguns estudos não controlam essas variáveis, porém sabe-se que suas variações podem influenciar as respostas dos marcadores fisiológicos [27], como FC e volume sistólico, os quais podem interferir nos resultados.

Outro problema encontrado sobre a aplicação de PCI é a inconsistência na metodologia. Há protocolos que apresentam dois, três, quatro períodos de oclusão, alternados por reperusão, a duração desses períodos varia de trinta segundos a cinco minutos. Além disso, o tempo prévio de aplicação do PCI ao exercício também oscila de cinco minutos a noventa minutos. São necessários mais investigações a fim de esclarecer o tempo ideal de oclusão, a permanência desse possível efeito para então a aplicação do teste.

A especificação do torniquete também é um fator que deve ser levado em consideração. Os estudos envolveram PCI e desempenho, exceto [28], não descrevem as dimensões dos torniquetes utilizados. Alguns ainda não descrevem a marca do torniquete utilizado [10]. Estudos anteriores mostraram que torniquetes

mais espessos são capazes de exercer uma maior oclusão do que os estreitos. [9] Nesse contexto, poderia ser especulado que, em alguns dos estudos prévios, não tenha ocorrido a oclusão completa do fluxo sanguíneo durante a manobra de isquemia. Todavia há ainda muitas discussões acerca das características fisiológicas envolvidas no teste, se é máximo ou submáximo, se é aeróbio ou anaeróbio.

O presente estudo utilizou um teste antes não mencionado na literatura em condições de PCI. Contudo, um teste de esforço máximo, característica de teste já mencionada em estudos anteriores, em que o PCI mostrou melhora no desempenho. Podemos sugerir que estudos futuros investiguem os possíveis mecanismos acerca dos efeitos fisiológicos em desempenho, em vez de se pautarem no efeito do PCI sob o desempenho, para que então esse seja aplicado de forma efetiva ao desempenho de acordo com metabolismo envolvido.

Conclusão

O PCI não melhora o desempenho de universitários de praticantes de futebol de salão durante o YO-YO IE2. A PSE, e o lactato não apresentaram diferenças entre as intervenções Controle, PLACEBO e PCI.

Investigações sobre a metodologia do PCI, como tempo de oclusão; intervalo entre a oclusão e o início do teste; bem como o tempo de efeito de manobras de oclusão seriam interessantes para melhor direcionar este tópico.

Referências

1. Bailey, T.G., et al., *Effect of ischemic preconditioning on lactate accumulation and running performance*. Med Sci Sports Exerc, 2012. **44**(11): p. 2084-9.
2. Crisafulli, A., et al., *Ischemic preconditioning of the muscle improves maximal exercise performance but not maximal oxygen uptake in humans*. J Appl Physiol, 2011. **111**(2): p. 530-6.
3. Beaven, C.M., et al., *Intermittent lower-limb occlusion enhances recovery after strenuous exercise*. Appl Physiol Nutr Metab, 2012. **37**(6): p. 1132-9.
4. de Groot, P.C., et al., *Ischemic preconditioning improves maximal performance in humans*. Eur J Appl Physiol, 2010. **108**(1): p. 141-6.
5. Gibson, N., et al., *Effect of ischemic preconditioning on repeated sprint ability in team sport athletes*. J Sports Sci, 2015. **33**(11): p. 1182-8.
6. Dellal, A., et al., *Physiologic effects of directional changes in intermittent exercise in soccer players*. J Strength Cond Res, 2010. **24**(12): p. 3219-26.
7. Bradley, P.S., et al., *The maximal and sub-maximal versions of the Yo-Yo intermittent endurance test level 2 are simply reproducible, sensitive and valid*. Eur J Appl Physiol, 2012. **112**(5): p. 1973-5.

8. Ward, A., et al., *A comparison of body fat determined by underwater weighing and volume displacement*. Am J Physiol, 1978. **234**(1): p. E94-6.
9. Loenneke, J.P., et al., *Effects of cuff width on arterial occlusion: implications for blood flow restricted exercise*. Eur J Appl Physiol, 2012. **112**(8): p. 2903-12.
10. Foster, G.P., et al., *Ischemic preconditioning improves oxygen saturation and attenuates hypoxic pulmonary vasoconstriction at high altitude*. High Alt Med Biol, 2014. **15**(2): p. 155-61.
11. Jean-St-Michel, E., et al., *Remote preconditioning improves maximal performance in highly trained athletes*. Med Sci Sports Exerc, 2011. **43**(7): p. 1280-6.
12. Laurent, C.M., et al., *A practical approach to monitoring recovery: development of a perceived recovery status scale*. J Strength Cond Res, 2011. **25**(3): p. 620-8.
13. Borg, E. and L. Kaijser, *A comparison between three rating scales for perceived exertion and two different work tests*. Scand J Med Sci Sports, 2006. **16**(1): p. 57-69.
14. Bradley, P.S., et al., *The application of the Yo-Yo intermittent endurance level 2 test to elite female soccer populations*. Scand J Med Sci Sports, 2014. **24**(1): p. 43-54.
15. Rebelo, A., et al., *Physical match performance of youth football players in relation to physical capacity*. Eur J Sport Sci, 2014. **14 Suppl 1**: p. S148-56.
16. Fell, J.W., et al., *Evaluation of the Accusport Lactate Analyser*. Int J Sports Med, 1998. **19**(3): p. 199-204.
17. Clevidence, M.W., R.E. Mowery, and M.R. Kushnick, *The effects of ischemic preconditioning on aerobic and anaerobic variables associated with submaximal cycling performance*. Eur J Appl Physiol, 2012. **112**(10): p. 3649-54.
18. Iida, H., et al., *Hemodynamic and neurohumoral responses to the restriction of femoral blood flow by KAATSU in healthy subjects*. Eur J Appl Physiol, 2007. **100**(3): p. 275-85.
19. Marocolo, M., et al., *Are the Beneficial Effects of Ischemic Preconditioning on Performance Partly a Placebo Effect?* Int J Sports Med, 2015. **36**(10): p. 822-5.
20. Cochrane, D.J., et al., *Does intermittent pneumatic leg compression enhance muscle recovery after strenuous eccentric exercise?* Int J Sports Med, 2013. **34**(11): p. 969-74.
21. Paixao, R.C., G.R. da Mota, and M. Marocolo, *Acute Effect of Ischemic Preconditioning is Detrimental to Anaerobic Performance in Cyclists*. Int J Sports Med, 2014.
22. Barbosa, T.C., et al., *Remote ischemic preconditioning delays fatigue development during handgrip exercise*. Scand J Med Sci Sports, 2014.
23. Vander Heide, R.S., K.A. Reimer, and R.B. Jennings, *Adenosine slows ischaemic metabolism in canine myocardium in vitro: relationship to ischaemic preconditioning*. Cardiovasc Res, 1993. **27**(4): p. 669-73.
24. Pan, S.J. and L.R. Li, *Adenosine A2 receptors are involved in the activation of ATP-sensitive K⁺ currents during metabolic inhibition in guinea pig ventricular myocytes*. Can J Physiol Pharmacol, 2011. **89**(3): p. 187-96.

25. Hashimoto, T. and G.A. Brooks, *Mitochondrial lactate oxidation complex and an adaptive role for lactate production*. Med Sci Sports Exerc, 2008. **40**(3): p. 486-94.
26. Buchheit, M., et al., *Improving repeated sprint ability in young elite soccer players: repeated shuttle sprints vs. explosive strength training*. J Strength Cond Res, 2010. **24**(10): p. 2715-22.
27. Costa, R.J., et al., *Heat acclimation responses of an ultra-endurance running group preparing for hot desert-based competition*. Eur J Sport Sci, 2014. **14 Suppl 1**: p. S131-41.
28. Patterson, S.D., et al., *The Effect of Ischemic Preconditioning on Repeated Sprint Cycling Performance*. Med Sci Sports Exerc, 2015. **47**(8): p. 1652-8.

4.2 ARTIGO 2

Pré-condicionamento isquêmico e intervenção placebo melhoram o desempenho em exercícios resistido

RESUMO

Este estudo avaliou o efeito do pré-condicionamento (PCI) no desempenho de exercício resistido (ER) em membros inferiores. Foram voluntários de modelo crossover randomizado 13 homens, saudáveis e praticantes de treinamento resistido, que envolveram três sessões diferentes (pré-condicionamento isquêmico, placebo e controle). A carga de 12-RM para o exercício de extensão de perna foi estabelecida por teste e reteste, anteriormente à primeira sessão experimental. A sessão de PCI consistiu em quatro ciclos de cinco minutos de oclusão com pressão 220 mmHg alternada por cinco minutos de reperfusão com 0 mmHg totalizando minutos. A sessão PLACEBO consistiu em quatro ciclos com o manguito inflado por cinco minutos, à pressão de 20 mmHg, alternado por cinco minutos de uma pseudoreperfusão a 0 mmHg por um total de 40 minutos. As fases de oclusão e reperfusão foram conduzidas de forma alternada entre as pernas, com os indivíduos sentados. O grupo controle (CON) foi realizado sem aplicação do PCI, os indivíduos permaneceram passivamente sentando por 40 minutos. Após oito minutos das intervenções PCI, PLACEBO ou CON, os voluntários fizeram três séries de máximas repetições de extensão de perna (2min de intervalo entre as séries) com a carga pré-determinada de 12-RM. Quatro minutos após o final da terceira série de cada intervenção, o lactato sanguíneo foi mensurado. Os resultados mostraram que, para a primeira série, o número de repetições foi significativamente maior para as condições de PCI ($13,08 \pm 2,11$; $p = 0,0036$) e PLACEBO ($13,15 \pm 0,88$; $p = 0,0016$), mas não para a condição de CON ($11,88 \pm 1,07$; $p > 0,99$). Além disso, as condições PCI e PLACEBO resultaram em aumentos significantes comparados ao CON na 1ª ($p = 0,015$; $p = 0,007$) e 2ª séries ($p = 0,011$; $p = 0,019$), mas não na 3ª série ($p = 0,68$; $p > 0,99$). Não foram encontradas diferenças no índice de fadiga e concentração de lactato entre as intervenções ($p = 0,465$). Esses resultados indicaram que PCI e PLACEBO talvez tenha um pequeno aumento no desempenho do número de repetições em comparação à condição CON.

Devido a um potencial desconforto associado com a aplicação PCI, é sugerido que o pré-condicionamento isquêmico deva ser aplicado gradualmente, para aumentar a tolerância e potencializar os ganhos para o desempenho do exercício.

Palavras-chaves: Oclusão do fluxo sanguíneo. Treinamento de força. Isquemia. Músculo esquelético.

Introdução

Muitos estudos têm investigado os efeitos do pré-condicionamento isquêmico (PCI) no desempenho. O PCI mostrou ser capaz de melhorar o desempenho máximo no ciclismo [1, 2], desempenho na corrida [3], *sprints* [4] e no teste de Wingate [5, 6].

De Groot e colaboradores [1] encontraram que o PCI antes de um teste incremental aumenta a potência e o consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}). Em um teste incremental de ciclismo similar, Crisafulli e colaboradores [2] observaram 4% de aumento na carga total de trabalho. Por outro lado, não foram observadas diferenças significativas nas variáveis fisiológicas analisadas, como frequência cardíaca, volume sistólico e débito cardíaco. Outro estudo com nadadores, classificados como de elite [7], mostrou que PCI melhorou o desempenho nos 100m estilo livre, mas não o desempenho em repetidas séries de *sprints* (i.e. 7 x 200 metros).

Com base em premissas anteriores de que o PCI pode aumentar a produção de ATP via glicolíticas [8] e fosfatogêneses [9] vias e que o exercício resistido comumente depende desses substratos e mecanismos metabólicos [10, 11], é razoável supor que o PCI potencialize o desempenho. De fato, o PCI tem sido associado com a potencialização da produção de força [12] e pode ser que hiperemia reativa (durante a fase de reperfusão após a oclusão) de algum modo possa gerar algum efeito benéfico.

Existem somente dois estudos envolvendo PCI e exercícios resistidos (ER). Um examinou a fadiga depois de exercício rítmico de pressão e encontrou que o PCI resulta na sustentação da força gerada [13]. Outro estudo, sobre a recuperação muscular após o exercício excêntrico, não encontrou efeitos do PCI sobre a recuperação muscular, medida através de pico de potência no salto vertical [14].

Considerando-se que o treinamento de resistido é um componente integral de um programa de exercícios bem estruturado e que o treinamento contribui para melhorias no desempenho desportivo, bem como no tratamento e prevenção de algumas doenças, uma investigação mais aprofundada sobre os efeitos do PCI no desempenho de exercícios de resistência seria útil para os profissionais (quais). [15-17].

Até o presente momento, de acordo com as nossas pesquisas, não há estudos anteriores que examinaram os efeitos do PCI sobre o desempenho ER, executado de uma forma mais prática e caracterizado por múltiplas séries e repetições. Por conseguinte, o objetivo do presente estudo foi avaliar os efeitos de PCI no desempenho dos membros inferiores.

Nossa hipótese é de que o PCI poderia aumentar o número de repetições para o exercício de extensão da perna.

Métodos

Abordagem experimental para o problema

Trinta e três voluntários do sexo masculino participaram de um experimento crossover e randomizado, que envolveu três sessões separadas de pré-condicionamento isquêmico (PCI), intervenção placebo (placebo) e intervenção controle (CON). Com o objetivo de testar o efeito da intervenção de PCI no desempenho do ER, o protocolo experimental prático incluiu três séries de 12 RM depois de quatro ciclos de oclusão/reperfusão do fluxo sanguíneo, e, depois dos outros tipos de intervenções, respectivamente). Uma carga de 12RM para o exercício de extensão de perna foi avaliada através de sessões de teste e reteste, antes da primeira sessão experimental. A sessão de PCI consistiu em quatro ciclos de cinco minutos de oclusão a 220 mmHg de pressão alternadas com cinco minutos de reperfusão, a 0 mmHg durante em um total de 40 minutos.

A sessão PLACEBO consistiu de quatro ciclos de cinco minutos de administração do torniquete a 20 mmHg de pressão alternadas com cinco minutos de pseudo-reperfusão, a 0 mmHg durante um total de 40 minutos. As fases de oclusão e reperfusão foram conduzidas alternadamente entre coxas direita e esquerda, com os indivíduos na posição sentada.

A isquemia não foi aplicada durante a sessão CON, os indivíduos permaneceram sentados os 40 minutos. Oito minutos após o pré-condicionamento isquêmico (PCI e PLACEBO) ou, no caso de a condição CON (sem pré-condicionamento isquêmico), os indivíduos realizaram três séries de repetições máximas da extensão da perna (2 min de descanso entre as séries) com a carga de 12RM pré-determinada. Quatro minutos após a terceira série para cada condição, o lactato sanguíneo foi avaliado. Foi medido também o número de repetições por série, volume total e índice de fadiga após cada sessão de ER.

Sujeitos

Foram voluntários do estudo treze homens saudáveis, praticantes de treinamento resistido, há pelo menos um ano por no mínimo três horas semanais (Tabela 1). Os critérios de exclusão foram: 1) histórico de tabagismo nos últimos três meses, 2) presença de doença cardíaca ou metabólica, 3) hipertensão sistêmica ($\geq 140/90$ mmHg ou uso de medicamento hipotensor), 4) uso de suplementação com creatina, 5) uso de esteroides anabólicos, drogas ou medicamentos que podem ter potencial impacto no desempenho (auto-reportado), ou 6) presença de recente lesão no músculo esquelético. Os procedimentos do estudo foram aprovados pelo Comitê de Ética para Experimentos com Humanos e realizados de acordo com a Declaração de Helsinki. Além disso, todos os voluntários assinaram o termo de esclarecimento e consentimento antes das coletas.

Tabela 1. Características dos sujeitos do estudo

Idade (anos)	Estatura (cm)	Massa (kg)	Peso de Gordura (%)	<i>Histórico de Treinamento</i>	
				Anos	Dias/Semana
25,9 ± 4,6	178,4 ± 5,7	86,5 ± 10,1	12,1 ± 6,6	5,2 ± 3,2	4,1 ± 0,8

Valores expressos em média ± desvio padrão

Desenho Experimental do Estudo

Além das medidas antropométricas e procedimentos de familiarização, os voluntários compareceram ao laboratório cinco vezes, com no mínimo três e no máximo cinco dias entre sessões.

Para a triagem inicial, medidas antropométricas foram tomadas e os indivíduos foram familiarizados com os equipamentos e os testes. Durante o 1º e 2º dias de visitas, foram realizados o teste de 12RM extensão de perna e procedimentos de reteste. Durante o 3º, 4º e 5º dias de visitas, um protocolo crossover e randomizado (PCI, PLACEBO e CON) foi adotado (Figura 1). Os voluntários foram informados que ambos os protocolos [PCI e PLACEBO] poderiam melhorar o desempenho.

Em cada dia, a ordem individual de intervenções foi determinada aleatoriamente por sorteio e os sujeitos não tiveram contato com outros voluntários do estudo (a coleta de dados foi individualizada). Amostras de sangue da falange distal foram coletadas quatro minutos após cada ER condição, usando uma retração de uma lanceta automática (ROCHE Accu-Check, Basel Suíça), Um [18] analisador portátil validado (ROCHE Accu-Check, Basel Suíça) foi utilizado para a determinação de concentração de lactato.

Todos os testes foram realizados pelo mesmo investigador experiente em um ambiente constante (23 ± 2 ° C, humidade: $75 \pm 4\%$) e no mesmo momento do dia (9: 00-11: 00 AM). O consumo de café, chá e álcool foram proibidos, bem como o exercício extenuante durante 48 horas antes do teste. A organização do desenho experimental é apresentada na Figura 1.

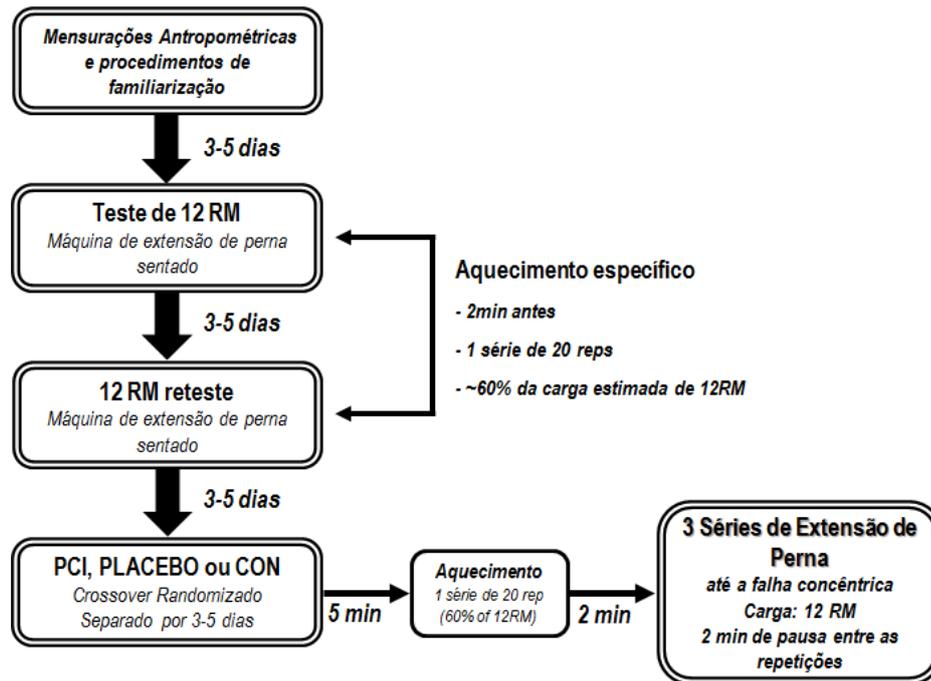


Figura 1. Desenho experimental do estudo

Medidas antropométricas

A massa corporal foi mensurada utilizando uma balança calibrada com escala de 0,1kg (modelo 31, Filizola, São Paulo, Brasil), com os homens vestindo shorts. A estatura foi determinada sem sapatos usando um estadiômetro com a escala de 0,1cm (modelo 31, Filizola) após uma profunda respiração voluntária. O percentual de gordura (%) foi estimado utilizando os método de sete dobras, de acordo com a recomendações do Colégio Americano de Medicina do Esporte [19]. **Intervenção de isquemia e reperfusão**

A sessão de PCI consistiu em quatro ciclos de cinco minutos de oclusão com 220mmHg de pressão usando um pneumático torniquete de 96 cm x 13cm aplicado em volta da prega inguinal na região superior da coxa (komprimeter Riester®, Jungingen, Germany) alternado por cinco minutos de reperfusão a 0 mmHg resultando em um tempo total de intervenção de 40 minutos.

A pressão usada e o torniquete estavam de acordo com estudos anteriores [20], para certificar que os indivíduos tinham o fluxo sanguíneo ocluído durante a intervenção. A sessão placebo foi similar consistiu em quatro ciclos de cinco minutos de administração do torniquete a 20 cincommHg de pressão, como o

proposto em outros estudos [2, 7, 21] alternados com cinco minutos de pseudo-reperfusão a 0 mmHg por um total de 40 minutos. A oclusão e a reperfusão foram conduzidas alternadamente entre as coxas, com os sujeitos sentados. A efetividade da oclusão foi checada por auscultação das artérias próximas ao joelho [20] durante as fases, quando o torniquete estava inflado e foi desinflado, e também controlada durante a manobra de oclusão. O mesmo foi feito no grupo placebo para controlar a ausência de deficiência de fluxo de sangue arterial. A sessão CON foi sem a aplicação do torniquete, na qual os participantes permaneceram sentados passivamente por 40 minutos. Oito minutos após as intervenções (PCI, PLACEBO e CON), os indivíduos realizaram três séries de repetições máximas da extensão da perna (2 min descanso entre as séries) com a carga de 12 RM pré-determinado.

12 repetições máximas (12-RM teste) e séries de repetições até a falha

Os testes para a extensão do joelho foram realizados sentados em uma máquina de extensão de perna (Modelo Element, Technogym®, Gambetolla, Itália). Em primeiro lugar, os voluntários realizaram um aquecimento geral (3-5 min de atividade leve e alongamento estático envolvendo o grupo muscular a ser testado), seguido de um aquecimento específico (um conjunto de 20 repetições com 60% de uma carga pré-determinada de 12 RM). Intervalos de descanso de 8-10 min foram dados entre cada tentativa para assegurar a recuperação do sistema fosfagênico [22, 23].

O teste de 12 RM variou entre 2 e 3 séries. O teste foi considerado válido, foi concluída com êxito a 12^a, mas não a 13^a repetição, de uma forma controlada e sem assistência.

O procedimento de teste de 12 RM foi descrito anteriormente [24, 25] e para a confiabilidade do mesmo, foram adotadas as seguintes estratégias: (a) instruções padronizadas sobre os procedimentos de teste foram dadas a indivíduos antes de testar; (b) os indivíduos receberam instruções padronizadas relativas à técnica de exercício; (c) o incentivo verbal foi fornecido durante os testes; e) a massa de todos os pesos foi determinada utilizando uma balança de precisão [15, 26].

O período de oito minutos entre a intervenção e as séries de ER envolveram a remoção dos torniquetes e um aquecimento específico de uma série de 20 repetições de extensão de joelho com 60% da carga de 12RM (vide figura 1).

Três séries de repetições máximas de extensão de perna (2 min de descanso entre as séries) foram feitas com uma carga pré-determinada para 12RM. A velocidade do movimento foi controlada em todas as séries (~2 sec para cada fase - concêntrica/excêntrica) por um metrônomo (SQ-50V, Seiko® Instruments, Chiba, Japão) e uma amplitude de 90° foi avaliada por meio de um eletrogoniômetro (TSD130B, Biopac, CA, EUA).

O índice de fadiga foi considerado como o grau de declínio no número de repetições, durante as três séries de extensão de perna, expressos como uma variação percentual. Ele foi calculado com as repetições completadas na primeira série, menos as repetições concluídas na terceira série divididas pelas repetições completadas na primeira série, e multiplicadas por 100 [27].

Escalas de percepção subjetiva do esforço (PSE) e percepção subjetiva de recuperação (PSREC)

Antes de iniciar cada intervenção, indivíduos indicaram uma pontuação na escala de PSREC [28, 29] (que varia de 0 a 10), sobre o seu estado de recuperação física subjetiva.

A escala PSREC é uma representação 0-10, escalar de níveis variáveis do nível de um indivíduo de PSREC. Além disso, a taxa de esforço percebida foi determinada utilizando a escala de Borg PSE (variando entre 0-10), depois de cada conjunto de extensão de perna para todos os protocolos, para verificar a intensidade subjetiva do exercício. [30] Todos os voluntários foram familiarizados com ambas as escalas e as instruções seguintes foram utilizadas para 1) escala PSREC, em cada dia antes do protocolo experimental: "nós queremos saber como você se sente. Esse sentimento deve refletir a sua quantidade total de energia, fadiga, combinando todas as sensações e sentimentos de estresse, dor, sono; 2) escala PSE: "Depois de cada série, nós queremos que você preste muita atenção para o quão forte você sentiu o ritmo de trabalho da série. Esse sentimento deve refletir o seu esforço total e fadiga, que combina todas as sensações e sentimentos de estresse físico, esforço e fadiga". Para ambas as escalas: "Não se preocupe com qualquer um dos fatores tais como dores nas pernas, falta de ar ou intensidade do exercício, mas tente se

concentrar na totalidade, no sentimento interior de esforço. Tente não subestimar ou superestimar os seus sentimentos de esforço e ser tão precisos quanto possível. ”

Análise estatística

O teste de Shapiro-Wilk foi aplicado para verificar a distribuição normal dos dados. O coeficiente de correlação intra-classe (CCI) foi utilizado para verificar a confiabilidade do teste de 12RM e reteste, e o erro padrão da média (EPM) e diferença mínima foi realizado para estimar os valores de uma mudança verdadeira esperados das intervenções experimentais [31].

O teste do sinal ranqueado de Wilcoxon ou ANOVA não paramétrica (teste de Friedman), seguida de um teste *post-hoc* de *Dunn* foi aplicado para a comparação entre os protocolos nas repetições por série, volume total e índice de fadiga. ANOVA de uma entrada para medidas repetidas, seguido de teste *post-hoc* de *Tukey* foram realizados para comparações PSE e PSREC.

Quando foram encontradas diferenças significativas, o tamanho do efeito (TE) foi calculado para determinar a significância da diferença usando o ômega generalizado ao quadrado (ω^2) e teste ranqueado de Wilcoxon [32]. A magnitude do TE foi classificada como trivial (<0,2), pequena (> 0,2-0,6), moderada (> 0,6-1,2), grande (> 1,2-2,0) e muito grande (> 2,0-4,0) com base nas orientações de Batterham e Hopkins [33] e classificada como trivial (<0,25), pequena (0,25-0,5), moderada (0,5-1) e grande (> 1,0), com base nas diretrizes específicas para treinamento resistido [34]. O nível de significância foi de 0,05 e o software utilizado para a análise dos dados foi GraphPad[®] (Prism 6.0, San Diego, CA, EUA).

Resultados

Um alto coeficiente de correlação intraclass (0.985; 95% CI = 0.978-0.996; $p = 0.021$) foi encontrado para 12 RM teste e reteste, com EPM de 0,0388 e diferença mínima de 0,53. Não foram encontradas diferenças significativas comparando os valores da escala de PSREC (PLACEBO: $8,5 \pm 1,3$, PCI: $8,4 \pm 1,3$ e CON: $8,7 \pm 1,1$; $p = 0,79$). Além disso, a escala de PSE mostrou valores altos, mas não diferenças depois da 1ª ($8,5 \pm 1,2$; $8,3 \pm 1,3$; $8,6 \pm 1,5$), 2ª ($8,6 \pm 1,1$; $8,7 \pm 1,3$; $8,6 \pm 1,0$) e 3ª

($8,9 \pm 1,4$ vs $8,8 \pm 1,3$; $9,0 \pm 1,3$) séries entre PLACEBO, PCI e CON, respectivamente ($p = 0,098$).

Para a primeira série, o número de repetições foi significativamente maior em todas para PCI ($13,08 \pm 2,11$) e PLACEBO ($13,15 \pm 0,88$), mas não para condições de CON ($11,88 \pm 1,07$) (Figura 2A). Além disso, as condições de PCI e PLACEBO resultaram em um significativo maior número de repetições comparado a condição de CON durante a 1ª e 2ª séries, mas não na 3ª série (Figure 2A).

O volume total também foi significativamente maior para as condições de PLACEBO e PCI comparado à condição de CON para a 1ª e 2ª séries, mas apenas PCI foi diferente do CON após a 3ª série (Figura 2 B).

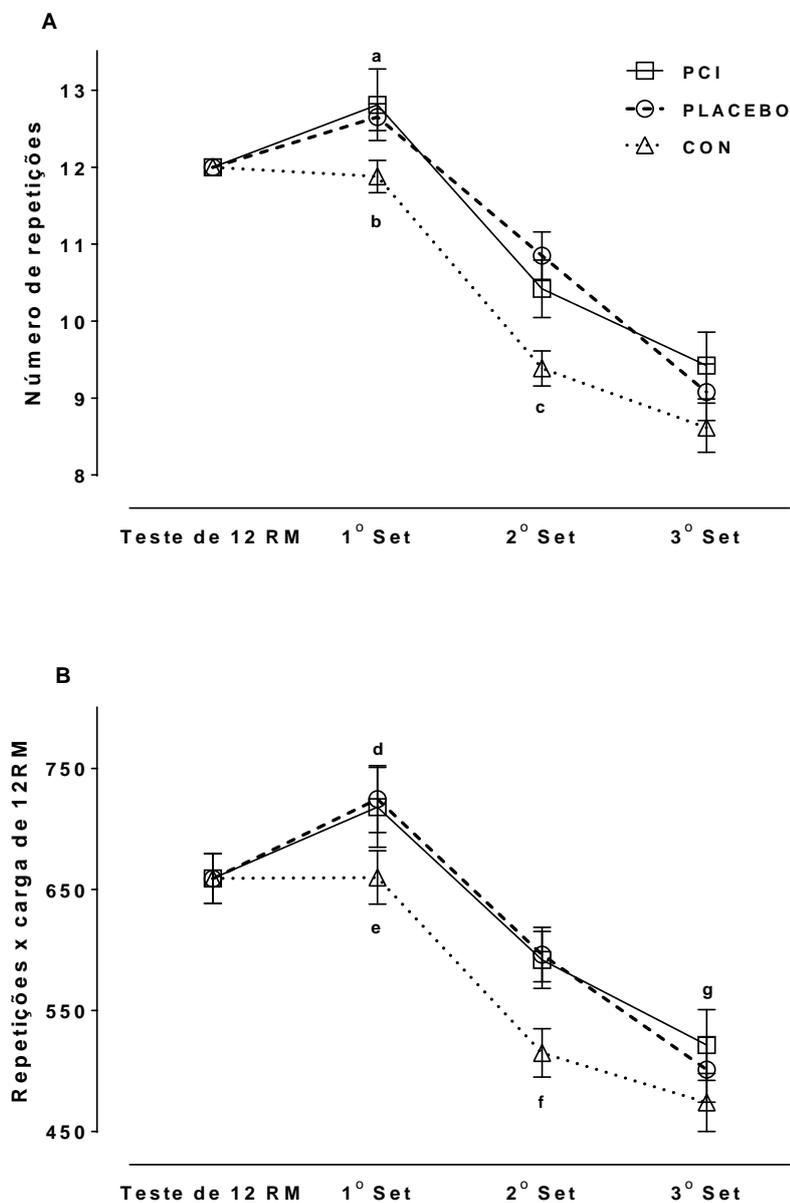


Figura 2. A, número de repetições depois das manobras de CON, PCI and PLACEBO, e B: volume total (número de repetições x carga) em cada série. ^a $p=0.0036$ para PCI e $p=0.0016$ para PLACEBO vs pré-determinado 12 RM, respectivamente. ^b $p=0.0015$ vs PCI e $p=0.007$ vs PLACEBO na 1^a série; ^c $p=0.011$ vs PCI e $p=0.019$ vs PLACEBO na 2^a série; ^d $p < 0.001$ para PCI e PLACEBO vs 12 RM; ^e $p=0.015$ vs PCI e $p=0.008$ vs PLACEBO na 1^a; ^f $p=0.0021$ vs PCI e $p=0.0034$ vs PLACEBO 2^a série; ^g $p=0.0378$ CON vs PCI na 3^a série.

Figura 3 mostra que o índice de fadiga não foi significativamente diferente ($p = 0,46$) entre CON, PCI e PLACEBO. Além disso, não existiu diferença significativa ($p = 0,098$) no lactato sanguíneo entre as condições CON ($5,9 \pm 1,8 \text{ mmol.}^{-1}$), PCI ($6,2 \pm 2,5 \text{ mmol.}^{-1}$) e PLACEBO ($6,5 \pm 1.8 \text{ mmol.}^{-1}$). O tamanho do efeito foi calculado teste ω^2 de Kendall entre a carga de 12RM e o desempenho na 1^a série e para todas condições foi 0,33 ($p < 0,001$). Usando teste do sinal ranqueado de Wilcoxon para comparar 12RM com cada condição, o tamanho do efeito foi 0,56 para o PLACEBO ($p < 0,001$), 0,38 para o PCI ($p < 0,001$), e 0,08 para o CON ($p = 0,548$), respectivamente.

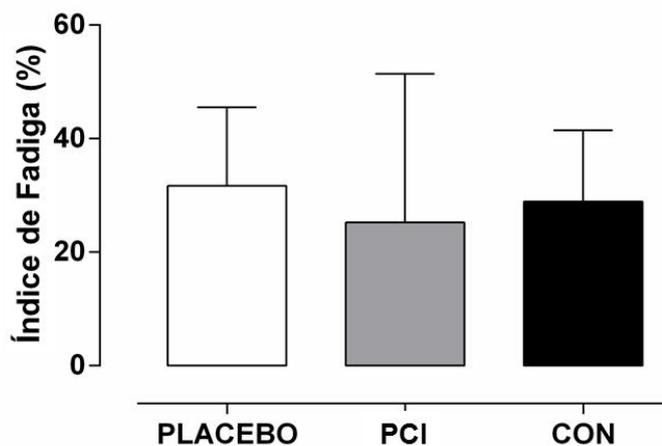


Figura 3. Índice de fadiga para as intervenções PLACEBO, PCI e CON.

Discussão

O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito do PCI sob o desempenho no ER de membros inferiores. Nossa hipótese era de que o PCI poderia aumentar o número de repetições no exercício de extensão de perna. Nossa principal

descoberta foi que a condição de PCI bem como a de PLACEBO aumentaram significativamente os números para o exercício de extensão de perna, em comparação a condição de CON, e todas as condições mostraram um similar índice de fadiga.

A escala de PSREC não apresentou diferenças entre as condições (CON, PCI e PLACEBO), o que sugere que os voluntários tinham o mesmo padrão de recuperação antes de começar qualquer teste. Isso pôde garantir condições ideais para o desempenho do desenho experimental como o presente, em que os mesmos indivíduos realizaram todos os protocolos em dias diferentes.

Nenhum dos estudos, anteriormente publicados com PCI, controlou o estado de recuperação.

A PSE foi mensurada durante cada protocolo mostrando valores altos na tabela de PSE (média 8.4) em uma escala de 0-10, mas não existiram diferenças significativas entre as condições. Isto significa que a percepção subjetiva do exercício não foi influenciada pelo exercício.

Nenhum dos estudos, anteriormente publicados com PCI e treinamento resistido, coletou dados da PSE. Pode-se supor que o PCI não teve qualquer efeito sobre a subjetiva intensidade, uma vez que os valores de PSE não foram diferentes da condição de PLACEBO.

Uma melhoria no desempenho (números de repetições) foi encontrada depois do PCI, o que, a princípio, está de acordo com nossa hipótese. No entanto, uma melhora similar foi notada para o procedimento PLACEBO. Nove voluntários aumentaram o número de repetições para a primeira série e depois da condição de PCI e oito voluntários após a condição de PLACEBO.

Interessantemente, Barbosa e colaboradores (2014) relataram que o PCI atrasou o desenvolvimento da fadiga e prolongou o tempo exaustão em um protocolo de exercício de preensão manual, mas essa melhora no desempenho do exercício não foi acompanhada por mudanças fisiológicas, como fluxo sanguíneo ou consumo de oxigênio.

A proteína heterodimérica, fator indutor de hipóxia -1 (HIF-1) vem sendo proposta para representar um possível mecanismo subjacente de PCI. HIF-1 tem como uma variante, na regulação de oxigênio, uma subunidade variante a HIF-1 α e concomitante expressa pela subunidade variante HIF-1 β . HIF-1 α é hidrolizado pela

hidroxilase prolil prolyl 1-3 (PHD1-3) em resíduos de prolina, imediatamente depois de uma nova [35, 36]. Quando o nível de oxigênio está reduzido, a atividade enzimática do PHDs é inibida. Esse estimula a translocação nuclear da HIF-1 α e induz a transcrição de vários genes hipóxia-adaptativos, envolvendo a eritropoiese, a angiogênese, a glicólises e biossíntese de catecolaminas [37]. Esses sucessivos eventos poderiam melhorar a produção de energia e a utilização durante o exercício resistido. No entanto, estas adaptações não são dependentes da disponibilidade suficiente de oxigênio [38].

Outros autores têm proposto que PCI pode reduzir o consumo de ATP[39] e aumentar a produção de fosfocreatina e o pico de força de contração [40]. Demonstrou-se que o exercício de baixa intensidade combinado com a parcial oclusão vascular provoca um crescimento maior na resposta hormonal do que exercício de intensidade moderada sem oclusão [41].

Esses mecanismos podem ajudar a explicar a melhora no desempenho após PCI, mas certamente não são válidos para a condição PLACEBO. A administração de um manguito inflado com a pressão de apenas 20 mmHg, na melhor das hipóteses, poderia prejudicar a perfusão da pele, mas não teria efeito na perfusão do músculo.

No entanto, outro estudo mostrou que PCI não conseguiu encurtar o tempo de recuperação e atenuar a perda de força muscular em ações musculares isocinéticas [14]. Porém, é importante salientar que o protocolo desse estudo foi consideravelmente diferente do nosso. Eles realizaram três séries de 100 repetições excêntricas em um dinamômetro isocinético enquanto nosso estudo foi focado em um protocolo mais prático usado em sessões de ER convencionais (i.e. fases excêntricas e concêntricas com equipamentos comuns, número de séries e repetições, intensidade de 12 RM, bem como tempo de intervalo entre as séries).

As concentrações de lactato aumentaram de forma similar para as intervenções, e as concentrações encontradas são comuns a ER de relativa intensidade (média de 6,2mmol). Além disso, o lactato observado ilustra a via metabólica glicolítica rápida, representada pelo tempo de esforço muscular do protocolo do estudo (~ 48 s cada série) e moderados períodos de repouso entre as séries (2 min). Janier e cols. [8] mostraram que o PCI pode aumentar a taxa de produção de ATP, pela via glicolítica rápida. O fato das concentrações de lactato não terem sido diferentes, entre as três intervenções, nos permite concluir que: i) as

concentrações de lactato não foram influenciadas pela manobra PLACEBO, a qual, como mencionado acima, não afeta o fluxo sanguíneo, e consequentemente ii) o PCI não exerce nenhum efeito sobre o lactato.

O TE entre o teste basal para a carga de 12 RM e o número de repetições na primeira(o quê?) após PCI ou PLACEBO foi pequeno (~ 0.3).

É importante salientar que utilizamos a classificação tradicional para o TE [33] e, também uma escala específica para indivíduos treinados em ER [34]. Como indivíduos treinados apresenta uma menor “janela de adaptação” [42], um pequeno TE pode ser importante para aplicações práticas.

Considerando que encontramos uma diferença mínima de 0,53 e a média de aumento do número de repetições foi maior que uma repetição (12 vs. 13,15 repetições), pode-se destacar que os resultados das intervenções experimentais estão acima do erro de medida.

Estudos com PCI têm utilizado períodos de oclusão entre seis e 20 minutos [4]. O intervalo entre o período de oclusão (seguido por reperfusão) também tem variado entre 30 segundos a cinco minutos [43].

O presente estudo foi o primeiro a avaliar PCI e desempenho e descrever mais detalhadamente as especificações do torniquete utilizado para a oclusão. Isto se torna particularmente importante porque estudos prévios mostraram que a oclusão do fluxo sanguíneo é dependente, tanto da largura do torniquete quanto da pressão aplicada, e demonstrou que um torniquete mais largo (normalmente utilizado em membros inferiores, como em muitos estudos prévios com PCI e desempenho) restringe o fluxo sanguíneo em pressões menores quando comparado a torniquetes mais estreitos, que requerem maior pressão para oclusão [20].

De um ponto de vista mecânico, a pressão do torniquete deve definitivamente ser um fator mais decisivo do que a largura do torniquete para uma efetiva oclusão do fluxo sanguíneo. Portanto, as considerações metodológicas sobre a largura do torniquete parecem ter considerações de relevância e não se pode descartar a possibilidade de que o uso de torniquetes estreitos e altas pressões de oclusão podem potencialmente ter um efeito sobre a condução nervosa, o que por si só, reduziria o desempenho.

No presente estudo, as sessões de PCI consistiram em quatro ciclos de 5 minutos de oclusão a 220 mmHg de pressão, com o pulso checado ao nível do tornozelo previamente a cada protocolo de PCI, alternado com 5 minutos de reperfusão com 0mmHg de pressão, totalizando 40 minutos, assim como utilizado em outros estudos [4, 7]. A intervenção PLACEBO consistiu de quatro ciclos de 5 minutos de pseudo-oclusão a 20mmHg de pressão alternados com 5 minutos de pseudo-reperfusão a 0 mmHg. As series de extensão de joelho foram realizadas 8 minutos após PCI (ou PLACEBO). Aparentemente não há um consenso sobre o intervalo entre o pré-condicionamento isquêmico e o início dos testes. Enquanto alguns autores descrevem aumentos na potência e carga de trabalho em testes em cicloergômetro realizados após 5 min [1, 2], outros realizaram testes para mensuração do desempenho em cicloergômetro ou em *sprints* doze ou até cinco min após o PCI [6, 44]. Considerando como um todo, a metodologia de administração do PCI necessita de estudos sistemáticos futuros.

Nossos resultados demonstraram pequenos benefícios das intervenções PCI e PLACEBO em ER, comparados à intervenção CON. O número médio de repetições na 1^a, 2^a e 3^a séries foram significativamente maiores comparados à condição CON. O índice de fadiga e as concentrações de lactato não foram diferentes entre as três intervenções.

Podemos então concluir que uma baixa pressão de oclusão pode ser suficiente para aumentar o desempenho em relação ao número de repetições, o qual sem a presença de efeitos fisiológicos poderia ser considerado mais como uma manobra de mobilização para o aumento do desempenho.

Aplicações Práticas

Treinadores e praticantes dedicam a maior parte do planejamento dos períodos preparatórios e competitivos às apropriadas estratégias de treinamento e recuperação, visando garantir desempenho ótimo durante as competições [45]. Considerando que tanto o PCI quanto PLACEBO podem provocar pequenos benefícios ao desempenho em ER, devido ao aumento do número de repetições, podemos recomendar que treinadores e praticantes aplicassem pequenas pressões de oclusão, como na manobra PLACEBO, a fim de conseguir melhoras no número

de repetições, durante as fases de treinamento. Recomendamos que futuros estudos tenham objetivos de explicar os mecanismos que propiciam o aumento do número de repetições após a aplicação do PCI. Entretanto, a administração do PCI como uma manobra motivacional também não deve ser descartada.

Referências

1. de Groot, P.C., et al., *Ischemic preconditioning improves maximal performance in humans*. Eur J Appl Physiol, 2010. **108**(1): p. 141-6.
2. Crisafulli, A., et al., *Ischemic preconditioning of the muscle improves maximal exercise performance but not maximal oxygen uptake in humans*. J Appl Physiol, 2011. **111**(2): p. 530-6.
3. Foster, G.P., et al., *Ischemic preconditioning improves oxygen saturation and attenuates hypoxic pulmonary vasoconstriction at high altitude*. High Alt Med Biol, 2014. **15**(2): p. 155-61.
4. Lalonde, F. and D.Y. Curnier, *Can anaerobic performance be improved by remote ischemic preconditioning?* J Strength Cond Res, 2015. **29**(1): p. 80-5.
5. Clevidence, M.W., R.E. Mowery, and M.R. Kushnick, *The effects of ischemic preconditioning on aerobic and anaerobic variables associated with submaximal cycling performance*. Eur J Appl Physiol, 2012. **112**(10): p. 3649-54.
6. Paixao, R.C., G.R. da Mota, and M. Marocolo, *Acute Effect of Ischemic Preconditioning is Detrimental to Anaerobic Performance in Cyclists*. Int J Sports Med, 2014.
7. Jean-St-Michel, E., et al., *Remote preconditioning improves maximal performance in highly trained athletes*. Med Sci Sports Exerc, 2011. **43**(7): p. 1280-6.
8. Janier, M.F., J.L. Vanoverschelde, and S.R. Bergmann, *Ischemic preconditioning stimulates anaerobic glycolysis in the isolated rabbit heart*. Am J Physiol, 1994. **267**(4 Pt 2): p. H1353-60.
9. Mendez-Villanueva, A., et al., *The recovery of repeated-sprint exercise is associated with PCr resynthesis, while muscle pH and EMG amplitude remain depressed*. PLoS One, 2012. **7**(12): p. e51977.
10. Robergs, R.A., et al., *Muscle glycogenolysis during differing intensities of weight-resistance exercise*. J Appl Physiol (1985), 1991. **70**(4): p. 1700-6.
11. Kraemer, W.J., et al., *Physiologic responses to heavy-resistance exercise with very short rest periods*. Int J Sports Med, 1987. **8**(4): p. 247-52.
12. Libonati, J.R., et al., *Brief periods of occlusion and reperfusion increase skeletal muscle force output in humans*. Cardiologia, 1998. **43**(12): p. 1355-60.
13. Barbosa, T.C., et al., *Remote ischemic preconditioning delays fatigue development during handgrip exercise*. Scand J Med Sci Sports, 2014.

14. Cochrane, D.J., et al., *Does intermittent pneumatic leg compression enhance muscle recovery after strenuous eccentric exercise?* Int J Sports Med, 2013. **34**(11): p. 969-74.
15. American College of Sports, M., *American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults.* Med Sci Sports Exerc, 2009. **41**(3): p. 687-708.
16. Kraemer, W.J., et al., *American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults.* Med Sci Sports Exerc, 2002. **34**(2): p. 364-80.
17. Simao, R., et al., *Exercise order in resistance training.* Sports Med, 2012. **42**(3): p. 251-65.
18. Fell, J.W., et al., *Evaluation of the Accusport Lactate Analyser.* Int J Sports Med, 1998. **19**(3): p. 199-204.
19. Thompson, P.D., et al., *ACSM's new preparticipation health screening recommendations from ACSM's guidelines for exercise testing and prescription, ninth edition.* Curr Sports Med Rep, 2013. **12**(4): p. 215-7.
20. Loenneke, J.P., et al., *Effects of cuff width on arterial occlusion: implications for blood flow restricted exercise.* Eur J Appl Physiol, 2012. **112**(8): p. 2903-12.
21. Marocolo, M., et al., *Are the Beneficial Effects of Ischemic Preconditioning on Performance Partly a Placebo Effect?* Int J Sports Med, 2015. **36**(10): p. 822-5.
22. Bogdanis, G.C., et al., *Recovery of power output and muscle metabolites following 30 s of maximal sprint cycling in man.* J Physiol, 1995. **482** (Pt 2): p. 467-80.
23. Tomlin, D.L. and H.A. Wenger, *The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity intermittent exercise.* Sports Med, 2001. **31**(1): p. 1-11.
24. Ruiz, R.J., et al., *Isolated and combined effects of aerobic and strength exercise on post-exercise blood pressure and cardiac vagal reactivation in normotensive men.* J Strength Cond Res, 2011. **25**(3): p. 640-5.
25. Simao, R., et al., *Effects of resistance training intensity, volume, and session format on the postexercise hypotensive response.* J Strength Cond Res, 2005. **19**(4): p. 853-8.
26. Kraemer, W.J., et al., *Changes in muscle hypertrophy in women with periodized resistance training.* Med Sci Sports Exerc, 2004. **36**(4): p. 697-708.
27. Sforzo, G.A.T.P., R., *Manipulating exercise order affects muscular performance during a resistance exercise training session* Journal of Strength and Conditioning Research, 1996. **10**: p. 5.
28. Laurent, C.M., et al., *A practical approach to monitoring recovery: development of a perceived recovery status scale.* J Strength Cond Res, 2011. **25**(3): p. 620-8.
29. Sikorski, E.M., et al., *Changes in perceived recovery status scale following high-volume muscle damaging resistance exercise.* J Strength Cond Res, 2013. **27**(8): p. 2079-85.
30. Lagally, K.M. and A.J. Amorose, *The validity of using prior ratings of perceive exertion to regulate resistance exercise intensity.* Percept Mot Skills, 2007. **104**(2): p. 534-42.
31. Weir, J.P., *Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM.* J Strength Cond Res, 2005. **19**(1): p. 231-40.

32. Cohen, J., *Statistical power analysis for the behavioural sciences*. 2nd ed 1988, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
33. Batterham, A.M. and W.G. Hopkins, *Making meaningful inferences about magnitudes*. *Int J Sports Physiol Perform*, 2006. **1**(1): p. 50-7.
34. Rhea, M.R., *Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use of the effect size*. *J Strength Cond Res*, 2004. **18**(4): p. 918-20.
35. Semenza, G.L., *Regulation of mammalian O₂ homeostasis by hypoxia-inducible factor 1*. *Annu Rev Cell Dev Biol*, 1999. **15**: p. 551-78.
36. Metzen, E., et al., *Intracellular localisation of human HIF-1 alpha hydroxylases: implications for oxygen sensing*. *J Cell Sci*, 2003. **116**(Pt 7): p. 1319-26.
37. Jaakkola, P., et al., *Targeting of HIF-alpha to the von Hippel-Lindau ubiquitylation complex by O₂-regulated prolyl hydroxylation*. *Science*, 2001. **292**(5516): p. 468-72.
38. Semenza, G.L., *Oxygen homeostasis*. *Wiley Interdiscip Rev Syst Biol Med*, 2010. **2**(3): p. 336-61.
39. Kida, M., et al., *Ischemic preconditioning preserves creatine phosphate and intracellular pH*. *Circulation*, 1991. **84**(6): p. 2495-503.
40. 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 Magn Reson*, 2011. **13**: p. 32.
41. Reeves, G.V., et al., *Comparison of hormone responses following light resistance exercise with partial vascular occlusion and moderately difficult resistance exercise without occlusion*. *J Appl Physiol (1985)*, 2006. **101**(6): p. 1616-22.
42. Cormie, P., M.R. McGuigan, and R.U. Newton, *Developing maximal neuromuscular power: part 2 - training considerations for improving maximal power production*. *Sports Med*, 2011. **41**(2): p. 125-46.
43. Tocco, F., et al., *Muscle ischemic preconditioning does not improve performance during self-paced exercise*. *Int J Sports Med*, 2015. **36**(1): p. 9-15.
44. Gibson, N., et al., *Effect of ischemic preconditioning on land-based sprinting in team-sport athletes*. *Int J Sports Physiol Perform*, 2013. **8**(6): p. 671-6.
45. Kilduff, L.P., et al., *Preconditioning strategies to enhance physical performance on the day of competition*. *Int J Sports Physiol Perform*, 2013. **8**(6): p. 677-81.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os presentes trabalhos mostraram que o PCI não melhorou o desempenho em exercício progressivo intermitente.

Houve melhora em exercício resistido de membros inferiores, porém essa melhora não foi significativamente diferente em relação à manobra placebo, fato que sugere um possível efeito placebo do PCI.

Considerando esses resultados é necessário uma análise criteriosa do uso de PCI e os diferentes tipos de exercícios para verificar se sua eficácia é verdadeira. Sugerimos que estudos utilizem grupo placebo além do controle para constatar esse possível efeito.

6 REFERÊNCIAS

1. Murry, C.E., R.B. Jennings, and K.A. Reimer, *Preconditioning with ischemia: a delay of lethal cell injury in ischemic myocardium*. *Circulation*, 1986. **74**(5): p. 1124-36.
2. Murry, C.E., et al., *Myocardial protection is lost before contractile function recovers from ischemic preconditioning*. *Am J Physiol*, 1991. **260**(3 Pt 2): p. H796-804.
3. Hagar, J.M., S.L. Hale, and R.A. Kloner, *Effect of preconditioning ischemia on reperfusion arrhythmias after coronary artery occlusion and reperfusion in the rat*. *Circ Res*, 1991. **68**(1): p. 61-8.
4. Murphy, C.G., D.C. Winter, and D.J. Bouchier-Hayes, *Tourniquet injuries: pathogenesis and modalities for attenuation*. *Acta Orthop Belg*, 2005. **71**(6): p. 635-45.
5. Eisen, A., et al., *Ischemic preconditioning: nearly two decades of research. A comprehensive review*. *Atherosclerosis*, 2004. **172**(2): p. 201-10.
6. Reimer, K.A., et al., *Four brief periods of myocardial ischemia cause no cumulative ATP loss or necrosis*. *Am J Physiol*, 1986. **251**(6 Pt 2): p. H1306-15.
7. Patterson, S.D., et al., *The Effect of Ischemic Preconditioning on Repeated Sprint Cycling Performance*. *Med Sci Sports Exerc*, 2015. **47**(8): p. 1652-8.
8. de Groot, P.C., et al., *Ischemic preconditioning improves maximal performance in humans*. *Eur J Appl Physiol*, 2010. **108**(1): p. 141-6.
9. Barbosa, T.C., et al., *Remote ischemic preconditioning delays fatigue development during handgrip exercise*. *Scand J Med Sci Sports*, 2014.
10. Kjeld, T., et al., *Ischemic preconditioning of one forearm enhances static and dynamic apnea*. *Med Sci Sports Exerc*, 2014. **46**(1): p. 151-5.
11. Hittinger, E.A., et al., *Ischemic preconditioning does not improve peak exercise capacity at sea level or simulated high altitude in trained male cyclists*. *Appl Physiol Nutr Metab*, 2015. **40**(1): p. 65-71.
12. Tocco, F., et al., *Muscle ischemic preconditioning does not improve performance during self-paced exercise*. *Int J Sports Med*, 2015. **36**(1): p. 9-15.
13. Muller, E.A., *[Muscular work and muscular blood circulation in reactive hyperemia]*. *Pflugers Arch*, 1958. **265**(5): p. 29-39.
14. Nukada, A., *[Muscular performance in reactive hyperemia of muscles]*. *Int Z Angew Physiol*, 1955. **16**(1): p. 81-2.
15. Collier, E.A.P.P.C.J., *The working capacity of muscle during reactive hyperemia*. *Ergonomics*, 1959. **2**: p. 5.
16. Barcroft, H., A.R. Lind, and J.S. Petrofsky, *The lack of influence of reactive hyperemia on exhausting rhythmic or static exercise*. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 1978. **38**(1): p. 49-54.
17. Libonati, J.R., et al., *Brief periods of occlusion and reperfusion increase skeletal muscle force output in humans*. *Cardiologia*, 1998. **43**(12): p. 1355-60.
18. Howell, A.K., et al., *The effect of muscle hypoperfusion-hyperemia on repetitive vertical jump performance*. *J Strength Cond Res*, 2001. **15**(4): p. 446-9.

APÊNDICE B



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO TRIÂNGULO MINEIRO**

IDENTIFICAÇÃO

Nome: _____
 Data de Nascimento: ____/____/____ Idade: _____ Profissão: _____
 Cel: (____) _____
 PA: _____ x _____ mmhg

ANAMNESE

Hábitos de Consumo

TABACO? () NÃO – () SIM
 Bebidas Alcoólicas? () NÃO – () SIM: _____ VEZES POR SEMANA
 Suplementos alimentares: () NÃO – () SIM: _____
 Drogas com efeitos ergogênicos: () NÃO – () SIM: _____

Hábitos Alimentares

Sua alimentação, em sua opinião, contribui para seu desempenho esportivo?
 () Nada () Pouco () Moderadamente () Muito () Totalmente
 Por quê? _____

Atualmente é acompanhado por um nutricionista:
 () Sim () Não

História Patológica

Alguma dor? () NÃO - () SIM:

Possui alguma dessas enfermidades?

Doença de Raynaud () Hipertensão arterial () Doenças cardiorrespiratórias ()
 Trombose venosa profunda () Doenças metabólicas () Insuficiência Vascular Periférica ()
 Problemas de coagulação do sangue () Câncer ativo () Infecções na pele ou gastrointestinais ()
 Outra () Qual? _____

Histórico familiar com essas enfermidades?

Doenças cardiorrespiratórias () Trombose () Insuficiência Vascular Periférica ()
 Outras doenças vasculares? _____

Você possui alguma dessas alterações?

Varizes () Reação alérgica ao frio () Alteração de sensibilidade cutânea em MMII ()

Cirurgias ou internações nos últimos 6 meses: () NÃO – () SIM: _____

Medicações contínuas: () NÃO – () SIM: _____

Sofreu algum traumatismo: () NÃO – () SIM Qual? _____ Quando? _____

Alguma sequela: () NÃO – () SIM: _____

ANAMNESE DE ATIVIDADE FÍSICA

Pratica musculação/ futsal há quanto tempo? _____ Frequência de treinos: _____ vezes por semana. Duração: _____ minutos.

Pratica mais alguma atividade física regularmente? ()NÃO – ()SIM: Quais: _____
Frequência: _____vezes por semana. Duração: _____minutos.

Já atuou em campeonatos ? ()NÃO – ()SIM: Quais _____

Tem se recuperado bem dos treinos? ()NÃO - ()SIM

Quantos dias você faz de intervalo entre cada treino ou competição? _____

Já fez uso de algum método de recuperação após treino ou competição? ()NÃO – ()SIM
Qual? _____

Compreendi e respondi este questionário. Todas as dúvidas que eu tinha foram respondidas de uma maneira plenamente satisfatória. Todas as respostas são verdadeiras.

Assinatura do atleta

Uberaba, _____ de _____ de _____

ANEXO A

ESCALA DE PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE ESFORÇO

11	
10	Extremamente Forte
9,5	
9	Muito Forte
8	
7	Forte
6	
5	
4	Moderado
3	
2,5	
2	Fraco
1,5	
1	Muito Fraco
0,7	
0,5	Extremamente Fraco
0,3	
0	Absolutamente Nada

Adaptado de Borg, G. Borg's Perceived Exertion and Pain Scales. Champaign, IL: Human Kinetics, 1998.

ANEXO B**Escala de percepção subjetiva do esforço**

0	Nenhuma
0,5	Muito, muito leve
1	Muito leve
2	Leve
3	Moderada
4	Pouco intensa
5	Intensa
6	
7	Muito intensa
8	
9	Muito, muito intensa
10	Máxima

ANEXO C

ESCALA DE PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE RECUPERAÇÃO

10	muito bem recuperado se sentindo com grande energia	Expectativa de desempenho melhor
9		
8	bem recuperado se sentindo com energia	
7		
6	moderadamente recuperado	Expectativa de desempenho igual
5	adequadamente recuperado	
4	um pouco recuperado	
3		
2	não bem recuperado se sentindo um pouco cansado	Expectativa de desempenho pior
1		
0	muito pouco recuperado se sentindo extremamente cansado	

Adaptado de Laurent, CM, Green, JM, Bishop, PA, Sjökvist, J, Schumacker, RE, Richardson, MT, and Curtner-Smith, M. A practical approach to monitoring recovery: development of a perceived recovery status scale. *J Strength Cond Res* 25(3): 620-628, 2011

ANEXO D
Artigo Publicado

ISCHEMIC PRECONDITIONING AND PLACEBO INTERVENTION IMPROVES RESISTANCE EXERCISE PERFORMANCE

MOACIR MAROCOLO,^{1,2} JEFFREY M. WILLARDSON,³ ISABELA C. MAROCOLO,¹ GUSTAVO RIBEIRO DA MOTA,¹ ROBERTO SIMÃO,⁴ AND ALEX S. MAIOR⁵

¹Human Performance and Sport Research Group, Post-Graduate Program in Physical Education and Sports, Federal University of Triângulo Mineiro, Uberaba, Brazil; ²Physiology and Anatomy, German Sport University, Cologne, Germany; ³Health and Human Performance Department, Rocky Mountain College, Billings, Montana; ⁴Federal University of Rio de Janeiro, Physical Education Post-Graduation Program, Rio de Janeiro, Brazil; and ⁵Rehabilitation and Sport Research Group, Post-Graduate Program in Rehabilitation Sciences, University Augusto Motta (UNISUAM), Rio de Janeiro, Brazil

ABSTRACT

Marocolo, M, Willardson, JM, Marocolo, IC, da Mota, GR, Simão, R, and Maior, AS. Ischemic preconditioning and PLACEBO intervention improves resistance exercise performance. *J Strength Cond Res* 30(5): 1462–1469, 2016—This study evaluated the effect of ischemic preconditioning (IPC) on resistance exercise performance in the lower limbs. Thirteen men participated in a randomized crossover design that involved 3 separate sessions (IPC, PLACEBO, and control). A 12-repetition maximum (12RM) load for the leg extension exercise was assessed through test and retest sessions before the first experimental session. The IPC session consisted of 4 cycles of 5 minutes of occlusion at 220 mm Hg of pressure alternated with 5 minutes of reperfusion at 0 mm Hg for a total of 40 minutes. The PLACEBO session consisted of 4 cycles of 5 minutes of cuff administration at 20 mm Hg of pressure alternated with 5 minutes of pseudo-reperfusion at 0 mm Hg for a total of 40 minutes. The occlusion and reperfusion phases were conducted alternately between the thighs, with subjects remaining seated. No ischemic pressure was applied during the control (CON) session and subjects sat passively for 40 minutes. Eight minutes after IPC, PLACEBO, or CON, subjects performed 3 repetition maximum sets of the leg extension (2-minute rest between sets) with the predetermined 12RM load. Four minutes after the third set for each condition, blood lactate was assessed. The results showed that for the first set, the number of repetitions significantly increased for both the IPC (13.08 ± 2.11 ; $p = 0.0036$) and PLACEBO (13.15 ± 0.88 ; $p = 0.0016$) conditions, but not for the CON (11.88 ± 1.07 ; $p > 0.99$) condition. In addition, the IPC and PLACEBO conditions resulted insignificantly greater repetitions vs. the CON condition

on the first set ($p = 0.015$; $p = 0.007$) and second set ($p = 0.011$; $p = 0.019$), but not on the third set ($p = 0.68$; $p > 0.99$). No difference ($p = 0.465$) was found in the fatigue index and lactate concentration between conditions. These results indicate that IPC and PLACEBO IPC may have small beneficial effects on repetition performance over a CON condition. Owing to potential for greater discomfort associated with the IPC condition, it is suggested that ischemic preconditioning might be practiced gradually to assess tolerance and potential enhancements to exercise performance.

KEY WORDS blood occlusion, strength training, ischemia, skeletal muscle

INTRODUCTION

Many studies have investigated the effectiveness of ischemic preconditioning (IPC) on exercise performance. Ischemic preconditioning was shown to improve maximal cycling performance (10,11), running time trial performance (13), sprint performance (24), and Wingate test cycling performance (6,31). de Groot et al. (11) found that IPC before an incremental cycling test improved peak power and maximum oxygen consumption ($\dot{V}O_{2max}$). In a similar incremental cycling test, Crisafulli et al. (10) observed a 4% increase in total workload; however, no significant differences were observed in any of the analyzed physiological variables, such as heart rate, stroke volume, and cardiac output. Another study with elite swimmers demonstrated that IPC improved 100-m freestyle sprint performance (17) but did not improve repeated sprint performance (i.e., 7×200 meters).

Based on previous assumptions that IPC may enhance adenosine triphosphate (ATP) production by glycolytic (16) and phosphogenic (29) pathways and that resistance exercise (RE) commonly depends on these substrates and metabolic mechanisms (22,34), it is reasonable to hypothesize

Address correspondence to Moacir Marocolo, isamjf@gmail.com.

30(5)/1462–1469

Journal of Strength and Conditioning Research
© 2015 National Strength and Conditioning Association

that IPC may potentiate performance. In fact, IPC has been associated with potentiated force production (26), and it might be that the reactive hyperemia (during the reperfusion phase after occlusion) in some way generated a beneficial effect.

There exist only 2 studies on IPC in the context of RE. One examined fatigue after rhythmic handgrip exercise and found that IPC resulted in a sustained force generation (3). Another study on muscle recovery after eccentric exercise found no effects of IPC on muscle recovery as measured by peak power output in the vertical jump (7). Considering that resistance training is an integral component of a well-structured exercise program and that resistance training contributes to improvements in sports performance as well as in treatment and prevention of some diseases, further investigation on the effects of IPC on RE performance would be useful for practitioners (1,20,40).

To our knowledge, no previous studies have examined the effects of IPC on RE performance executed in a more practical way and characterized by multiple sets and repetitions. Consequently, the purpose of this study was to evaluate the effects of IPC on RE performance in the lower limbs. We hypothesized that IPC would increase the number of repetitions for leg extension exercise.

METHODS

Experimental Approach to the Problem

Thirteen men participated in a randomized crossover design that involved 3 separated sessions (IPC, PLACEBO intervention [PLACEBO], and control intervention [CON]). With the aim of testing the effects of an IPC intervention on RE performance, a practical experimental protocol including 3 sets of 12-repetition maximum (12RM) after 4 bouts of blood flow occlusion and reperfusion (and the other types of sessions, respectively) was chosen. A 12RM load for the leg extension exercise was assessed through test and retest sessions before the first experimental session. The IPC session consisted of 4 cycles of 5 minutes of occlusion at 220 mm Hg of pressure alternated with 5 minutes of reperfusion at 0 mm Hg for a total of 40 minutes. The PLACEBO session accordingly consisted of 4 cycles of 5 minutes cuff administration at 20 mm Hg of pressure alternated with 5 minutes of reperfusion at 0 mm Hg for a total of 40 minutes. The

occlusion and reperfusion phases were conducted alternately between the right and left thighs, with subjects remaining seated. No ischemic pressure was applied during the CON session with the subjects sitting passively for 40 minutes. Eight minutes after the IPC and PLACEBO or in the case of the CON condition (no IPC), subjects performed 3 repetition maximum sets of the leg extension (2-minute rest between sets) with the predetermined 12RM load. Four minutes after the third set for each condition, blood lactate was assessed. The number of repetitions per set, total volume, and fatigue index were also measured after each RE session.

Subjects

Thirteen healthy men with at least 1 year of recreational RE experience were asked to participate in this study (Table 1). Exclusion criteria included (a) smoking history during the last 3 months, (b) presence of any cardiovascular or metabolic disease, (c) systemic hypertension ($\geq 140/90$ mm Hg or use of antihypertensive medication), (d) use of creatine supplementation, (e) use of anabolic steroids, drugs, or medications with potential impact in physical performance (self-reported), or (f) recent presence of musculoskeletal injury. The study procedures were approved by the local institutional ethical committee for human experiments and were performed in accordance with the Declaration of Helsinki. In addition, all subjects signed an informed consent form before data collection.

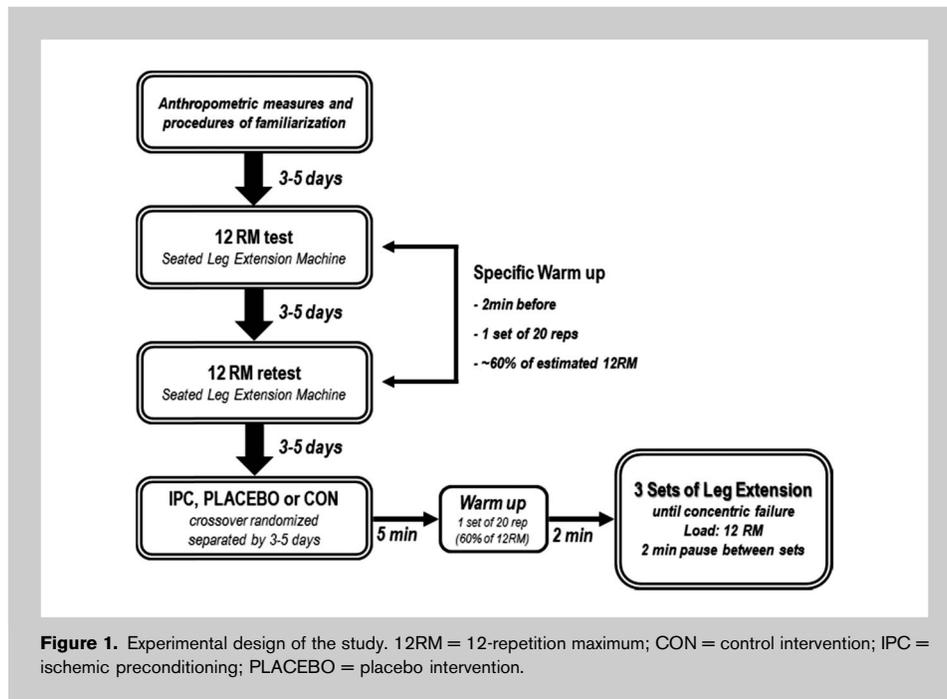
Experimental Design of the Study

Beyond the anthropometric measures and familiarization procedures, volunteers attended the laboratory 5 times, with at least 3 and not more than 5 days between sessions. For the initial screening, anthropometric measurements were taken, and the subjects were familiarized with the equipment and the tests. During the first and second visits, the leg extension 12RM test and retest procedures were performed. During the third, fourth, and fifth visits, a randomized crossover assignment (IPC, PLACEBO, and CON) was adopted (Figure 1). The volunteers were informed that both protocols (IPC and PLACEBO) could improve performance. On each day, the individual order of interventions was determined by taking draws, and the subjects had no contact with other volunteers of the study (data collection was individualized). Blood was collected from the hand finger tip,

TABLE 1. Characteristics of subjects.*

Age (y)	Height (cm)	Weight (kg)	Body fat (%)	Training history	
				Years	Days per week
25.9 ± 4.6	178.4 ± 5.7	86.5 ± 10.1	12.1 ± 6.6	5.2 ± 3.2	4.1 ± 0.8

*Values are expressed in mean ± SD.



4 minutes after each RE condition, using a lancet automatic retraction (ROCHE Accu-Check, Basel Switzerland), and a valid (12) portable analyzer (ROCHE Accu-Check, Basel Switzerland) was used for determination of lactate concentration. All tests were conducted by the same experienced researcher in a constant environment ($23 \pm 2^\circ \text{C}$; humidity: $75 \pm 4\%$) and at the same time of the day (9:00–11:00 AM). Coffee, tea, alcohol, and tobacco consumption was prohibited as well as strenuous exercise for 48 hours before testing. The organization of the experimental design is presented in Figure 1.

Anthropometric Measurements

Body mass was measured to the nearest 0.1 kg using a calibrated physician's beam scale (model 31; Filizola, São Paulo, Brazil), with the men dressed in shorts. Height was determined without shoes to the nearest 0.1 cm using a stadiometer scale (model 31; Filizola), after a voluntary deep inspiration. Body fat percentage (%) was estimated using the 7-site skinfold method, according to the guidelines of the American College of Sports Medicine (42).

Ischemic and Reperfusion Intervention

The IPC session consisted of 4 cycles of 5 minutes of occlusion at 220 mm Hg of pressure using a 96- × 13-cm pneumatic tourniquet applied around the subinguinal region of the upper thighs (komprimeter Riester, Jungingen, Germany) alternated with 5 minutes of reperfusion at 0 mm Hg resulting in a total intervention of 40 minutes. The pressure used and cuff width were in accordance with previous studies (27) to certify that subjects had the blood flow occluded during the intervention. The PLACEBO sessions

similarly consisted of 4 cycles of 5 minutes of cuff administration at 20 mm Hg of pressure, as proposed in previous studies (10,17,28), alternated with 5 minutes of pseudo-reperfusion at 0 mm Hg for a total of 40 minutes. The occlusion and reperfusion phases were conducted alternately between the thighs, with subjects remaining seated. The effectiveness of occlusion in the IPC session was checked by auscultation of the arteries around the ankle (27) during the phases when the cuff was inflated and was deflated and also controlled during the occlusion maneuver. The same was performed in the PLACEBO group to control lack of impairment of arterial blood flow. No cuff was applied during the CON session, and

participants sat passively for 40 minutes. Eight minutes after the interventions (IPC, PLACEBO, and CON), subjects performed 3 repetition maximum sets of the leg extension (2-minute rest between sets) with the predetermined 12RM load.

Twelve Repetition Maximum Test and Sets of Repetition to Failure

The tests for knee extension were performed seated on a leg extension machine (Model Element; Technogym, Gambettola, Italy). First, volunteers performed a general warm-up (3–5 minutes of light activity and static stretching involving the muscle group to be tested), followed by a specific warm-up (1 set of 20 repetitions with 60% of the predetermined 12RM). Rest intervals of 8–10 minutes were taken between each attempt to ensure phosphocreatine recovery (5,44). The 12RM test ranged between 2 and 3 trials. The test was considered valid if the subject successfully completed the 12th repetition, but not the 13th repetition in a controlled manner without assistance.

The 12RM test procedure has been described previously (35,41), and for reliability, the following strategies were adopted: (a) standardized instructions about the testing procedures were given to subjects before test; (b) subjects received standardized instructions concerning exercise technique; (c) verbal encouragement was provided during tests; (e) the mass of all weights was determined using a precision scale (1,21).

The 8-minute time period between the intervention and RE sets involved removal of the tourniquet and conducting a specific warm-up of 1 set of 20 repetitions of the leg extension with 60% of the 12RM load (Figure 1). Three

repetition maximum sets of the leg extension (2-minute rest between sets) were performed with the predetermined 12RM load. Movement velocity in all sets was controlled (~2 seconds for each concentric/eccentric phase) by a metronome (SQ-50V; Seiko Instruments, Chiba, Japan), and a joint range of 90° was assessed by an electrogoniometer (TSD130B; Biopac, CA, USA).

The fatigue index was considered as the degree of decline in number of repetitions during the 3 sets of leg extension expressed as a percentage change. It was calculated as the repetitions completed on the first set minus repetitions completed on the third set divided by repetitions completed on the first set, and multiplied by 100 (38).

Rate of Perceived Exertion and Perceived Recovery Status Scale

Before commencing each set, subjects indicated a score on the perceived recovery status (PRS) scale (25,39) (ranging from 0 to 10), about their subjective status of physical recovery. The PRS scale is a 0–10 scalar representation of varying levels of an individual’s level of PRS. In addition, the rate of perceived exertion (RPE) was determined using the Borg RPE scale (ranging from 0 to 10) after each set of leg extension for all protocols to verify the subjective intensity of exercise (23). All volunteers were familiarized with both of the scales, and the following instructions were used for (a) PRS scale, on each day before experimental protocol: “We want to know how you feel. This feeling should reflect your total amount of energy, fatigue, combining all sensations and feelings of stress, pain, sleep; (b) RPE scale: “After each set, we want you to pay close attention to how hard you feel the set work rate was. This feeling should reflect your total amount of exertion and fatigue, combining all sensations and feelings of physical stress, effort, and fatigue”. For both scales: “Do not concern yourself with any one factor such as leg pain, shortness of breath, or exercise intensity but try to concentrate on your total, inner feeling of exertion. Try not to underestimate or overestimate your feelings of exertion and be as accurate as you can.”

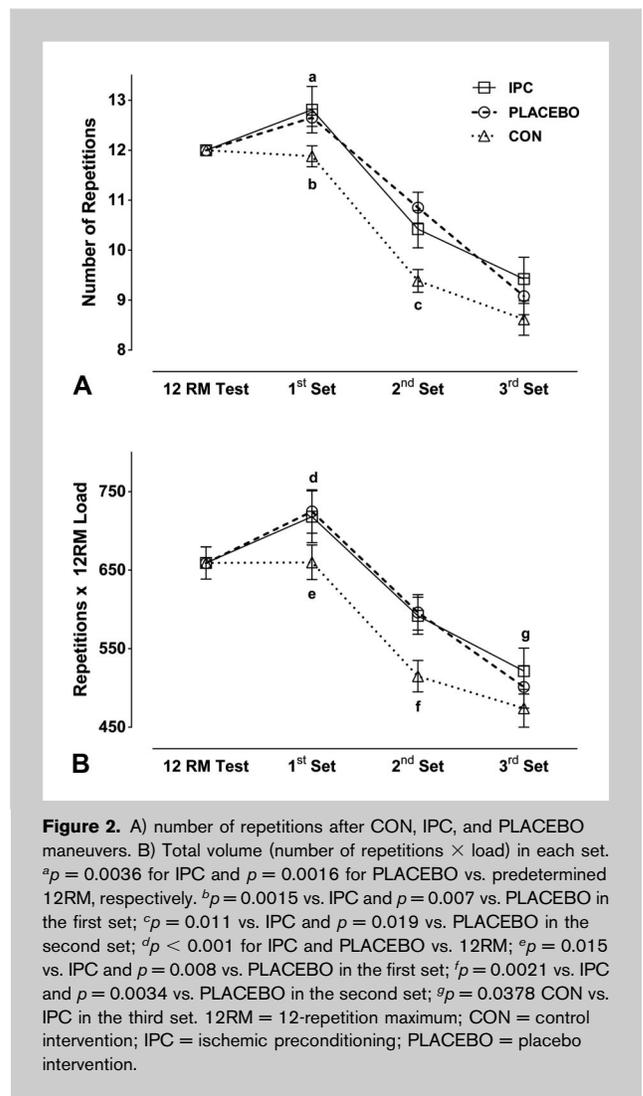
Statistical Analyses

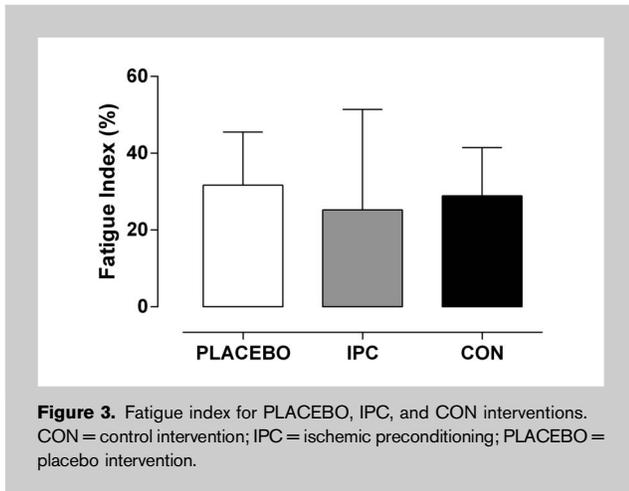
The Shapiro-Wilk test was applied to verify the normal distribution of the data. The intraclass correlation coefficient (ICC) was used to verify the reliability of the 12RM test and retest, and the standard error of the mean (SEM) and minimum difference were performed to estimate a real change value expected from the experimental interventions (45). The Wilcoxon’s signed-rank test or nonparametric analysis of variance (ANOVA) (Friedman test) followed by a post hoc Dunn’s test was applied for comparison between protocols in the repetitions per set, total volume, and fatigue index. A one-way ANOVA with repeated measures, followed by Tukey’s post hoc, was performed for RPE and PRS comparisons. When significant differences were found, the effect size (ES) was calculated to determine the meaningfulness of the difference using the generalized omega squared (ω^2) and

Wilcoxon’s signed-rank tests (8). The magnitude of the ES was classified as trivial (<0.2), small (>0.2–0.6), moderate (>0.6–1.2), large (>1.2–2.0), and very large (>2.0–4.0) based on the guidelines from Batterham and Hopkins (4) and classified as trivial (<0.25), small (0.25–0.5), moderate (0.5–1), and large (>1.0) based on the guidelines specifically for resistance-trained individuals (33). The significance level was 0.05, and the software used for data analysis was Graph Pad (Prism 6.0; San Diego, CA, USA).

RESULTS

A high ICC (0.985; 95% confidence interval = 0.978–0.996; $p = 0.021$) was found for the 12RM test and retest, with SEM of 0.0388 and minimum difference of 0.53. No difference was found when comparing the PRS scale values (PLACEBO: 8.5 ± 1.3 , IPC: 8.4 ± 1.3 , and CON: 8.7 ± 1.1 ; $p = 0.79$). In addition, the RPE scale showed high values but did not differ after the first (8.5 ± 1.2 ; 8.3 ± 1.3 ; 8.6 ± 1.5), second (8.6 ± 1.1 ; 8.7 ± 1.3 ; 8.6 ± 1.0), and third (8.9 ± 1.4 vs. 8.8 ± 1.3 ;





9.0 ± 1.3) sets among the PLACEBO, IPC and CON conditions, respectively ($p = 0.098$).

For the first set, the number of repetitions significantly increased for both the IPC (13.08 ± 2.11) and PLACEBO (13.15 ± 0.88) conditions, but not for the CON (11.88 ± 1.07) condition (Figure 2A). In addition, the IPC and PLACEBO conditions resulted in significantly greater numbers of repetitions vs. the CON condition during the first and second sets, but not during the third set (Figure 2A). The total volume was also significantly greater for the IPC and PLACEBO conditions vs. the CON conditions for the first and second sets, but only IPC differed from CON after the third set (Figure 2B).

Figure 3 shows that the fatigue index was not significantly different ($p = 0.46$) between CON, IPC, and PLACEBO. Moreover, there was no difference ($p = 0.098$) in blood lactate among CON (5.9 ± 1.8 mmol⁻¹), IPC (6.2 ± 2.5 mmol⁻¹), and PLACEBO (6.5 ± 1.8 mmol⁻¹) conditions. The ES calculated by the Kendall's ω^2 test between the 12RM load and repetition performance on the first set for all conditions was 0.33 ($p < 0.001$). Using the Wilcoxon's signed-ranked test to compare the 12RM with each condition, the ES was 0.56 for the PLACEBO ($p < 0.001$), 0.38 for the IPC ($p < 0.001$), and 0.08 for the CON ($p = 0.548$), respectively.

DISCUSSION

The purpose of this study was to evaluate the effects of IPC on RE performance in the lower limbs. We hypothesized that IPC would increase the number of repetitions for the leg extension exercise. Our main finding was that the IPC and PLACEBO conditions significantly increased the number of repetitions for the leg extension vs. the CON condition, and all conditions showed a similar fatigue index. The PRS scale did not differ among conditions (CON, IPC, and PLACEBO), which suggests that volunteers had the same recovery status before they started any test. This should ensure ideal conditions to perform an experimental design

like the current one, where the same subject undertook all protocols on different days. None of the previously published studies on IPC and RE controlled the recovery status.

RPE was measured during each protocol and showed high values (average 8.4) in a 0–10 scale, but there was no difference between conditions. This means that the subjective intensity of exercise was not influenced by the IPC intervention. None of the previously published studies on IPC collected data on perceived exertion. It can be assumed that the IPC condition itself had no effect on subjective intensity because RPE values did not differ from the PLACEBO condition.

An improvement in performance (number of repetitions) was found after IPC, which at first glance is in line with our hypothesis. However, the same improvement was noted for the PLACEBO procedure. Nine volunteers increased the number of repetitions for the first set after the IPC condition and 8 after the PLACEBO condition. Interestingly, Barbosa et al. (3) reported that IPC delayed the development of fatigue and prolonged the time to task failure in a handgrip exercise protocol, but this improvement in exercise performance was not accompanied by physiological changes (e.g., in blood flow or oxygen utilization).

The heterodimeric protein, hypoxia-inducible factor-1 (HIF-1), has been proposed to represent a possible mechanism underlying IPC. Hypoxia-inducible factor-1 has an oxygen-regulated variant subunit HIF-1 α and a concomitantly expressed variant subunit HIF-1 β . Hypoxia-inducible factor-1 α is hydroxylated by prolyl hydroxylase 1-3 (PHD1-3) on proline residues immediately after de novo synthesis (30,36). When the intracellular oxygen level is reduced, the enzymatic activities of PHDs are inhibited. This stimulates nuclear translocation of HIF-1 α , and induces transcription of several hypoxia-adaptive genes involved in erythropoiesis, angiogenesis, glycolysis, and catecholamine biosynthesis (15). These successive events could improve the energy production and utilization during RE bouts. However, these adaptations are not dependent on sufficient oxygen availability (37). Other authors have proposed that IPC could reduce ATP consumption (18) and increase phosphocreatine production and peak contractile force (2), and it was demonstrated that low-intensity exercise combined with partial vascular occlusion elicits a greater growth hormone response than moderate-intensity exercise without occlusion (32). If these mechanisms might be useful to explain improvements in performance after IPC, which certainly could not be claimed for the PLACEBO condition. The administration of a cuff inflated with a pressure of only 20 mm Hg at best, if at all, would impair skin perfusion, but would have no effect on muscle perfusion.

However, another article showed that IPC failed to shorten the recovery period and to attenuate muscle force loss in isokinetic dynamometry muscle actions (7). Nevertheless, it is important to note that their protocol of exercise was considerably different from this study. They performed 3

sets of 100 eccentric repetitions on an isokinetic dynamometer, and our bouts focused on a more practical approach using RE more typical of practical settings (i.e., concentric/eccentric phases, with common training equipment, number of sets and repetitions, load intensity of 12RM, and rest time between sets).

The blood lactate increased equally for both the IPC and PLACEBO, and the concentrations found were common for RE schemes of relatively high intensity (mean $6.2 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$). In addition, the blood lactate observed illustrates the fast glycolytic metabolic pathway to meet energy demands as reflected by the time of muscle exertion in our RE protocol (~48 seconds each set) and moderate rest periods between the sets (2 minutes). Janier et al. (16) showed that IPC could enhance the rate of fast glycolytic production of ATP. The fact that lactate concentrations were not different between IPC, PLACEBO, and CON should allow to conclude that (a) lactate concentrations were not influenced by the PLACEBO maneuver, which, as mentioned above, would not affect muscle blood flow, and consequently, (b) the IPC maneuver did not exert any physiological effect concerning lactate.

The ES between the baseline 12RM load and the number of repetitions completed on the first set after the IPC and PLACEBO was small (~0.3). It should be highlighted that we used the traditional classification (4) and, in addition, a more suitable and proper classification specifically for trained individuals in RE (33). Because trained individuals present a minor “window of adaptation” (9), a small ES could be important for practical applications. Considering that we found a minimum difference of 0.53 and the average increase was more than 1 repetition, it could be highlighted that the experimental interventions are beyond the error of the measurement.

Previous studies that have examined IPC have used occlusion periods ranging from 6 to 20 minutes (24). Also, the rest interval between the period of occlusion (followed by reperfusion) has also varied from 30 seconds to 5 minutes (43). Our study was the first to examine IPC and performance and to report the cuff width used to occlude blood flow. It is particularly important because previous studies showed that blood flow occlusion is dependent on both, the cuff width and the pressure applied, and demonstrated that a wide cuff (normally used in the lower limbs, as in the previous studies about IPC and performance) restricts arterial blood flow already at lower pressures compared with a narrow cuff that would require higher pressure (27). From a mechanistic point of view, cuff pressure should definitely be a more decisive factor than cuff width to effectively occlude blood flow. Therefore, the methodological considerations about cuff width appear of considerable relevance, and the possibility cannot be ruled out that the administration of small-width and high-pressure cuffs could potentially also have an effect on nerve conduction, which per se would impair performance.

In this study, the IPC session consisted of 4 cycles of 5 minutes of occlusion at 220 mm Hg of pressure, with the

pulse checked at the ankle before each IPC protocol, alternated with 5 minutes of reperfusion at 0 mm Hg for a total of 40 minutes, like used in other studies (17,24). The PLACEBO session consisted of 4 cycles of 5 minutes of occlusion at 20 mm Hg of pressure alternated with 5 minutes of reperfusion at 0 mm Hg for a total of 40 minutes. Leg extension sets were performed 8 minutes after IPC (or PLACEBO). A consensus apparently does not exist regarding the interval time between the IPC and testing. Although some authors described increases in power and workload in cycling test conducted after 5 minutes (10,11), others scheduled testing for cycling performance or sprinting 12 or even 15 minutes after IPC (14,31). Taken together, the methodology of IPC administration might deserve systematic studies in future.

Our results demonstrated small beneficial effects of IPC and PLACEBO interventions on RE performance compared with the CON intervention. The average number of repetitions on the first, second, and third sets were significantly greater vs. the CON condition. The fatigue index and blood lactate concentrations also did not differ between all interventions. Thus, we conclude that a smaller amount of pressure as in the PLACEBO condition might be sufficient to stimulate increases in repetition performance, which, regarding absent physiological effects, might rather be considered a motivational tool for performance.

PRACTICAL APPLICATIONS

Coaches and practitioners spend the most of the preparatory and competition season programming for appropriate training and recovery strategies to ensure optimal performance during competitions (19). Considering that IPC and PLACEBO may have small beneficial effects on RE performance, because of increasing the average number of repetitions, we recommend that coaches and other practitioners experiment by applying a small amount of pressure as in the PLACEBO condition to assess the effects on repetitions performance during training phases. We recommend that future studies should be performed to clarify the mechanisms associated with improvement in repetitions after IPC. However, the application of IPC as a motivational tool should not be discarded.

ACKNOWLEDGMENTS

Dr. Moacir Marocolo was partially supported by CAPES Process No. 1142-14-3. Dr. Alex Souto Maior and Dr. Roberto Simão are supported by FAPERJ. All authors state that the results of this study do not constitute endorsement of the product by the authors or the National Strength and Conditioning Association.

REFERENCES

1. American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine Position Stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 41: 687-708, 2009.

2. Andreas, M, Schmid, AI, Keilani, M, Doberer, D, Bartko, J, Crevenna, R, Moser, E, and Wolzt, M. Effect of ischemic preconditioning in skeletal muscle measured by functional magnetic resonance imaging and spectroscopy: A randomized crossover trial. *J Cardiovasc Magn Reson* 13: 32, 2011.
3. Barbosa, TC, Machado, AC, Braz, ID, Fernandes, IA, Vianna, LC, Nobrega, AC, and Silva, BM. Remote ischemic preconditioning delays fatigue development during handgrip exercise. *Scand J Med Sci Sports* 25: 356–364, 2014.
4. Batterham, AM and Hopkins, WG. Making meaningful inferences about magnitudes. *Int J Sports Physiol Perform* 1: 50–57, 2006.
5. Bogdanis, GC, Nevill, ME, Boobis, LH, Lakomy, HK, and Nevill, AM. Recovery of power output and muscle metabolites following 30 s of maximal sprint cycling in man. *J Physiol* 482: 467–480, 1995.
6. Clevidence, MW, Mowery, RE, and Kushnick, MR. The effects of ischemic preconditioning on aerobic and anaerobic variables associated with submaximal cycling performance. *Eur J Appl Physiol* 112: 3649–3654, 2012.
7. Cochrane, DJ, Booker, HR, Mundel, T, and Barnes, MJ. Does intermittent pneumatic leg compression enhance muscle recovery after strenuous eccentric exercise? *Int J Sports Med* 34: 969–974, 2013.
8. Cohen, J. *Statistical Power Analysis for the Behavioural Sciences*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 1988.
9. Cormie, P, McGuigan, MR, and Newton, RU. Developing maximal neuromuscular power: Part 2—training considerations for improving maximal power production. *Sports Med* 41: 125–146, 2011.
10. Crisafulli, A, Tangianu, F, Tocco, F, Concu, A, Mamei, O, Mulliri, G, and Caria, MA. Ischemic preconditioning of the muscle improves maximal exercise performance but not maximal oxygen uptake in humans. *J Appl Physiol (1985)* 111: 530–536, 2011.
11. de Groot, PC, Thijssen, DH, Sanchez, M, Ellenkamp, R, and Hopman, MT. Ischemic preconditioning improves maximal performance in humans. *Eur J Appl Physiol* 108: 141–146, 2010.
12. Fell, JW, Rayfield, JM, Gulbin, JP, and Gaffney, PT. Evaluation of the accusport lactate analyser. *Int J Sports Med* 19: 199–204, 1998.
13. Foster, GP, Giri, PC, Rogers, DM, Larson, SR, and Anholm, JD. Ischemic preconditioning improves oxygen saturation and attenuates hypoxic pulmonary vasoconstriction at high altitude. *High Alt Med Biol* 15: 155–161, 2014.
14. Gibson, N, White, J, Neish, M, and Murray, A. Effect of ischemic preconditioning on land-based sprinting in team-sport athletes. *Int J Sports Physiol Perform* 8: 671–676, 2013.
15. Jaakkola, P, Mole, DR, Tian, YM, Wilson, MI, Gielbert, J, Gaskell, SJ, von Kriegshiem, A, Hebestreit, HF, Mukherji, M, Schofield, CJ, Maxwell, PH, Pugh, CW, and Ratcliffe, PJ. Targeting of HIF- α to the von Hippel-Lindau ubiquitylation complex by O₂-regulated prolyl hydroxylation. *Science* 292: 468–472, 2001.
16. Janier, MF, Vanoverschelde, JL, and Bergmann, SR. Ischemic preconditioning stimulates anaerobic glycolysis in the isolated rabbit heart. *Am J Physiol* 267: H1353–H1360, 1994.
17. Jean-St-Michel, E, Manlhiot, C, Li, J, Tropak, M, Michelsen, MM, Schmidt, MR, McCrindle, BW, Wells, GD, and Redington, AN. Remote preconditioning improves maximal performance in highly trained athletes. *Med Sci Sports Exerc* 43: 1280–1286, 2011.
18. Kida, M, Fujiwara, H, Ishida, M, Kawai, C, Ohura, M, Miura, I, and Yabuuchi, Y. Ischemic preconditioning preserves creatine phosphate and intracellular pH. *Circulation* 84: 2495–2503, 1991.
19. Kilduff, LP, Finn, CV, Baker, JS, Cook, CJ, and West, DJ. Preconditioning strategies to enhance physical performance on the day of competition. *Int J Sports Physiol Perform* 8: 677–681, 2013.
20. Kraemer, WJ, Adams, K, Cafarelli, E, Dudley, GA, Dooly, C, Feigenbaum, MS, Fleck, SJ, Franklin, B, Fry, AC, Hoffman, JR, Newton, RU, Potteiger, J, Stone, MH, Ratamess, NA, and Triplett-McBride, T; American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 34: 364–380, 2002.
21. Kraemer, WJ, Nindl, BC, Ratamess, NA, Gotshalk, LA, Volek, JS, Fleck, SJ, Newton, RU, and Hakkinen, K. Changes in muscle hypertrophy in women with periodized resistance training. *Med Sci Sports Exerc* 36: 697–708, 2004.
22. Kraemer, WJ, Noble, BJ, Clark, MJ, and Culver, BW. Physiologic responses to heavy-resistance exercise with very short rest periods. *Int J Sports Med* 8: 247–252, 1987.
23. Lagally, KM and Amorose, AJ. The validity of using prior ratings of perceive exertion to regulate resistance exercise intensity. *Percept Mot Skills* 104: 534–542, 2007.
24. Lalonde, F and Curnier, DY. Can anaerobic performance be improved by remote ischemic preconditioning? *J Strength Cond Res* 29: 80–85, 2015.
25. Laurent, CM, Green, JM, Bishop, PA, Sjøkvist, J, Schumacker, RE, Richardson, MT, and Curtner-Smith, M. A practical approach to monitoring recovery: Development of a perceived recovery status scale. *J Strength Cond Res* 25: 620–628, 2011.
26. Libonati, JR, Cox, M, Incanno, N, Melville, SK, Musante, FC, Glassberg, HL, and Guazzi, M. Brief periods of occlusion and reperfusion increase skeletal muscle force output in humans. *Cardiologia* 43: 1355–1360, 1998.
27. Loenneke, JP, Fahs, CA, Rossow, LM, Sher, VD, Thiebaud, RS, Abe, T, Bembien, DA, and Bembien, MG. Effects of cuff width on arterial occlusion: Implications for blood flow restricted exercise. *Eur J Appl Physiol* 112: 2903–2912, 2012.
28. Marocolo, M, da Mota, GR, Pelegrini, V, and Appell Coriolano, HJ. Are the beneficial effects of ischemic preconditioning on performance partly a placebo effect? *Int J Sports Med* 36: 822–825, 2015.
29. Mendez-Villanueva, A, Edge, J, Suriano, R, Hamer, P, and Bishop, D. The recovery of repeated-sprint exercise is associated with PCr resynthesis, while muscle pH and EMG amplitude remain depressed. *PLoS One* 7: e51977, 2012.
30. Metzen, E, Berchner-Pfannschmidt, U, Stengel, P, Marxsen, JH, Stolze, I, Klingner, M, Huang, WQ, Wotzlaw, C, Hellwig-Burgel, T, Jelkmann, W, Acker, H, and Fandrey, J. Intracellular localisation of human HIF-1 α hydroxylases: Implications for oxygen sensing. *J Cell Sci* 116: 1319–1326, 2003.
31. Paixao, RC, da Mota, GR, and Marocolo, M. Acute effect of ischemic preconditioning is detrimental to anaerobic performance in cyclists. *Int J Sports Med* 35: 912–915, 2014.
32. Reeves, GV, Kraemer, RR, Hollander, DB, Clavier, J, Thomas, C, Francoise, M, and Castracane, VD. Comparison of hormone responses following light resistance exercise with partial vascular occlusion and moderately difficult resistance exercise without occlusion. *J Appl Physiol (1985)* 101: 1616–1622, 2006.
33. Rhea, MR. Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use of the effect size. *J Strength Cond Res* 18: 918–920, 2004.
34. Robergs, RA, Pearson, DR, Costill, DL, Fink, WJ, Pascoe, DD, Benedict, MA, Lambert, CP, and Zachweija, JJ. Muscle glycogenolysis during differing intensities of weight-resistance exercise. *J Appl Physiol (1985)* 70: 1700–1706, 1991.
35. Ruiz, RJ, Simão, R, Saccomani, MG, Casonatto, J, Alexander, JL, Rhea, M, and Polito, MD. Isolated and combined effects of aerobic and strength exercise on post-exercise blood pressure and cardiac vagal reactivation in normotensive men. *J Strength Cond Res* 25: 640–645, 2011.
36. Semenza, GL. Regulation of mammalian O₂ homeostasis by hypoxia-inducible factor 1. *Annu Rev Cell Dev Biol* 15: 551–578, 1999.
37. Semenza, GL. Oxygen homeostasis. *Wiley Interdiscip Rev Syst Biol Med* 2: 336–361, 2010.

38. Sforzo, GA and Paul, R. Manipulating exercise order affects muscular performance during a resistance exercise training session. *J Strength Cond Res* 10: 20–24, 1996.
39. Sikorski, EM, Wilson, JM, Lowery, RP, Joy, JM, Laurent, CM, Wilson, SM, Hesson, D, Naimo, MA, Averbuch, B, and Gilchrist, P. Changes in perceived recovery status scale following high-volume muscle damaging resistance exercise. *J Strength Cond Res* 27: 2079–2085, 2013.
40. Simão, R, de Salles, BF, Figueiredo, T, Dias, I, and Willardson, JM. Exercise order in resistance training. *Sports Med* 42: 251–265, 2012.
41. Simão, R, Fleck, SJ, Polito, M, Monteiro, W, and Farinatti, P. Effects of resistance training intensity, volume, and session format on the postexercise hypotensive response. *J Strength Cond Res* 19: 853–858, 2005.
42. Thompson, PD, Arena, R, Riebe, D, and Pescatello, LS; American College of Sports Medicine. ACSM's new preparticipation health screening recommendations from ACSM's guidelines for exercise testing and prescription, ninth edition. *Curr Sports Med Rep* 12: 215–217, 2013.
43. Tocco, F, Marongiu, E, Ghiani, G, Sanna, I, Palazzolo, G, Olla, S, Pusceddu, M, Sanna, P, Corona, F, Concu, A, and Crisafulli, A. Muscle ischemic preconditioning does not improve performance during self-paced exercise. *Int J Sports Med* 36: 9–15, 2015.
44. Tomlin, DL and Wenger, HA. The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity intermittent exercise. *Sports Med* 31: 1–11, 2001.
45. Weir, JP. Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. *J Strength Cond Res* 19: 231–240, 2005.