

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia Esportiva

Carlos Machado Ataíde Evangelista

**RESTRIÇÃO DE FLUXO SANGUÍNEO E PRÉ-CONDICIONAMENTO ISQUÊMICO:
ASPECTOS METODOLÓGICOS E FISIOLÓGICOS RELACIONADOS AO
DESEMPENHO NO ESPORTE**

Belo Horizonte

2024

Carlos Machado Ataíde Evangelista

**RESTRIÇÃO DE FLUXO SANGUÍNEO E PRÉ-CONDICIONAMENTO ISQUÊMICO:
ASPECTOS METODOLÓGICOS E FISIOLÓGICOS RELACIONADOS AO
DESEMPENHO NO ESPORTE**

Trabalho de conclusão apresentado ao curso de Especialização em Fisioterapia da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Fisioterapia Ortopédica / Neurológica / Geriátrica / Esportiva.

Orientador(a): Prof. Me. Antônio Felipe Souza Gomes

Belo Horizonte

2024



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

ESPECIALIZAÇÃO EM AVANÇOS CLÍNICOS EM FISIOTERAPIA



FOLHA DE APROVAÇÃO

RESTRIÇÃO DE FLUXO SANGUÍNEO E PRÉ-CONDICIONAMENTO ISQUÊMICO: ASPECTOS METODOLÓGICOS E FISIOLÓGICOS RELACIONADOS AO DESEMPENHO NO ESPORTE

CARLOS MACHADO ATAÍDE EVANGELISTA

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Banca Examinadora designada pela Coordenação do curso de ESPECIALIZAÇÃO EM FISIOTERAPIA, do Departamento de Fisioterapia, área de concentração FISIOTERAPIA ESPORTIVA.

Aprovada em 21/06/2024, pela banca constituída pelos membros: Victor Matheus Leite Mascarenhas Ferreira e Paula Renata Soares Procópio.

Renan Alves Resende

Prof(a). Renan Alves Resende
Coordenador do curso de Especialização em Avanços Clínicos em Fisioterapia

Belo Horizonte, 03 de julho de 2024.

RESUMO

Introdução: A complexidade do desempenho esportivo, explora estratégias inovadoras para sua otimização. O pré-condicionamento isquêmico envolve curtos episódios de isquemia antes de eventos esportivos, mostrando potencial de melhora em valências físicas ou respostas fisiológicas como resistência, consumo de oxigênio e recuperação. Apesar de evidências positivas, há lacunas no entendimento dos mecanismos e na aplicação clínica do pré-condicionamento isquêmico.

Objetivo: Fornecer uma visão abrangente sobre a aplicação da técnica do pré-condicionamento isquêmico e sua influência sobre o desempenho esportivo.

Metodologia: A pesquisa incluiu bancos de dados como PubMed e Cochrane Library. Os critérios de inclusão abrangiam estudos publicados nos últimos cinco anos, investigando o efeito do PCI em atletas, avaliando efeitos agudos e/ou crônicos, e fornecendo detalhes sobre protocolos, como pressão dos manguitos e duração do ciclo isquemia/reperfusão. A triagem foi feita pelos títulos e resumos, seguida pela leitura integral dos artigos selecionados. Uma ficha de extração de dados registrou informações essenciais de cada estudo, como autores, ano de publicação, objetivo, população, protocolo de PCI, medidas de desempenho e principais resultados.

Resultados: Os estudos revisados indicam que o PCI apresenta potencial para melhorar diversos aspectos do desempenho esportivo, incluindo resistência à fadiga, consumo máximo de oxigênio, força muscular e recuperação pós-exercício. No entanto, há variação nos efeitos observados, sugerindo complexidade nos mecanismos fisiológicos subjacentes. Ainda existem lacunas no conhecimento, especialmente quanto à aplicação clínica em diferentes populações e protocolos mais específicos de PCI.

Conclusão: Embora o pré-condicionamento isquêmico demonstre potencial para aprimorar o desempenho

esportivo, a compreensão dos seus mecanismos fisiológicos e sua aplicabilidade clínica ainda demandam por mais pesquisas.

Palavras-chave: Pré-condicionamento isquêmico; desempenho esportivo; atletas; desempenho; consumo máximo de oxigênio.

ABSTRACT

Introduction: The complexity of sports performance, explores innovative strategies for its optimization. Ischemic preconditioning involves short episodes of ischemia before sporting events, presenting potential for improvement in physical valences or physiological responses such as resistance, oxygen consumption and recovery. Despite positive evidence, there are gaps in understanding the mechanisms and clinical application of ischemic preconditioning. **Objective:** to provide a comprehensive overview of the application of the ischemic preconditioning technique and its influence on sports performance. **Methodology:** A search included databases such as PubMed and Cochrane Library. Inclusion criteria covered studies published in the last five years, investigating the effect of PCI in athletes, evaluating acute and/or specific effects, and providing details on protocols such as cuff pressure and duration of the ischemia/reperfusion cycle. The screening was carried out using titles and abstracts, followed by the full reading of the selected articles. A data extraction form recorded essential information for each study, such as authors, year of publication, objective, population, IPC protocol, performance measures and main results. **Results:** The studies reviewed indicate that IPC has the potential to improve several aspects of sports performance, including fatigue resistance, maximal oxygen consumption, muscle strength and post-exercise recovery. However, there is variation in the observed effects, contributing to the complexity of the underlying physiological mechanisms. There are still gaps in knowledge, especially with regard to clinical application in different laws and more specific IPC protocols. **Conclusion:** Although ischemic preconditioning demonstrates potential to improve sports performance, understanding its consequences. physiological mechanisms and their clinical applicability still require more research.

Key-words: Ischemic Preconditioning; sports performance; athletes; performance; maximum oxygen consumption.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PCI Pré-Condicionamento Isquêmico

PPA Potencialização Pós-Ativação

ATP Adenosina Trifosfato

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	12
2.1 Objetivo Geral	12
2.2 Objetivos Específicos.....	12
3 METODOLOGIA	13
3.1 Design	13
3.2 Procedimentos	13
3.3 Critérios de inclusão e exclusão	13
3.4 Extração e análise dos dados	13
4 RESULTADOS	14
5 DISCUSSÃO	33
6 CONCLUSÃO	36
REFERÊNCIAS	37

1 INTRODUÇÃO

O desempenho esportivo é a medida da capacidade de um atleta de competir em seu nível mais alto em um determinado esporte. É um conceito complexo e multifacetado que inclui uma gama de fatores físicos, psicológicos e técnicos que contribuem para o sucesso de um atleta (Salcinovic et al., 2022). As capacidades físicas essenciais ao desempenho esportivo incluem força, resistência, velocidade, agilidade, coordenação e flexibilidade e podem ser aprimorados por meio de treinamento e condicionamento (Farley et al., 2020).

Estratégias tradicionais de aquecimento tem sido amplamente utilizadas para a melhora do desempenho tendo como base a realização de exercício aeróbico de baixa intensidade (Tsurubami et al., 2020), seguidas por alongamento estático ou dinâmico (Gogte; Srivastav; Miyaru; 2017). Entretanto, para elevar o potencial do desempenho de atletas, treinadores e pesquisadores estão constantemente em busca de estratégias inovadoras e baseadas em evidências. Dentre estas estratégias, o pré-condicionamento isquêmico (PCI) tem chamado a atenção e se tornado uma área de interesse crescente na pesquisa científica do treinamento desportivo e do alto rendimento (Marocolo et al., 2019).

O pré-condicionamento isquêmico é um fenômeno fisiológico pelo qual curtos episódios de isquemia são aplicados a um tecido antes de um evento subsequente (de Souza et al., 2019). Essa estratégia baseia-se no princípio de que exposições curtas à isquemia seguidas de reperfusão podem desencadear respostas adaptativas no organismo e resultar em maior capacidade de desempenho (Paradis-Deschênes et al., 2020a). Inicialmente, descoberto no final da década de 1980, na área da medicina direcionados principalmente ao coração, o PCI mostrou-se promissor na redução do tamanho do infarto e na melhoria da função cardíaca após um evento isquêmico (Murry et al., 1986). Mais recentemente, foi demonstrado um efeito cardioprotetor em pacientes submetidos a cirurgia vascular (Kepler et al., 2020)

Entretanto, os mecanismos fisiológicos subjacentes a um possível efeito ergogênico do PCI no desempenho esportivo são complexos e ainda não estão completamente compreendidos (Angius 2021; Telles, 2020). Algumas evidências sugerem a influência positiva em aspectos-chave relacionados a resistência à fadiga (Chen et al., 2023), consumo máximo de oxigênio (Mota et al., 2019), força muscular (Rodrigues et al., 2023) e a recuperação pós-exercício (Paradis-Deschênes et al.,

2020b). A potencialização pós-ativação é um dos mecanismos fisiológicos propostos para explicar o aumento do desempenho por meio da maior ativação do músculo estimulado (Harat et al., 2020). Este fenômeno fisiológico refere-se à contração voluntária de alta intensidade desencadeada por meio de exercícios específicos, executados de maneira prévia à tarefa principal, ao qual aumenta a capacidade de produção de força subsequente (Blazevich e Babault, 2019). Essas descobertas levantam a possibilidade de que o PCI possa ser uma estratégia promissora para o campo da ciência esportiva.

Embora existam evidências apontando para possíveis benefícios desta estratégia, é importante ressaltar que ainda há lacunas no conhecimento científico (Caru et al., 2019) acerca da aplicação clínica em diferentes populações e seus mecanismos fisiológicos subjacentes (Peden et al., 2022; Panza et al., 2020). Sendo assim, o pré-condicionamento isquêmico aplicado no contexto do desempenho esportivo apresenta um campo vasto de oportunidades. Explorar essa estratégia e entender os mecanismos fisiológicos adjacentes a ela é de suma importância, uma vez que os, suas aplicações práticas, podem abrir um novo caminho para avanços significativos na otimização do desempenho esportivo.

Portanto, esta revisão tem como objetivo buscar estudos que investigaram o pré-condicionamento isquêmico em atletas e praticantes de exercícios físicos, abrangendo diversas modalidades esportivas e perfis de indivíduos. De forma prática, é necessário explorar os protocolos propostos juntamente com suas variáveis de aplicação tais como a duração de ciclo, tipos de materiais para a restrição do fluxo sanguíneo, intensidade e frequência do estímulo isquêmico, além da exploração dos mecanismos fisiológicos subjacentes.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Fornecer uma visão abrangente sobre a aplicação da técnica do pré-condicionamento isquêmico e sua influência sobre o desempenho esportivo.

2.2 Objetivos Específicos

- Explorar os diferentes protocolos de pré-condicionamento isquêmico propostos pela literatura científica;
- Investigar o impacto da duração do ciclo analisando os diferentes períodos de isquemia e reperfusão;
- Avaliar os efeitos de diferentes tipos de materiais para a restrição do fluxo sanguíneo no pré-condicionamento isquêmico;
- Examinar a influência da intensidade e frequência do estímulo isquêmico;
- Analisar os mecanismos fisiológicos subjacentes e sua relação com as melhorias no desempenho esportivo.

3 METODOLOGIA

3.1 Design

Foi realizada uma revisão de literatura narrativa com o objetivo de analisar e sintetizar as evidências disponíveis na literatura sobre o pré-condicionamento isquêmico e seu potencial impacto positivo e/ou negativo sobre o desempenho esportivo.

3.2 Procedimentos

Foi feita uma pesquisa abrangente dos bancos de dados PubMed, Cochrane Library, MEDLINE, Scielo, realizada com início de 27 de Abril de 2023. As referências foram artigos em inglês e português com publicação nos últimos 5 anos, utilizando termos de busca relevantes, como "Ischemic Preconditioning", "sports performance", "athletes", "performance", "maximum oxygen consumption", "vertical jump". Sendo utilizadas as seguintes combinações: "Ischemic Preconditioning and athletes and vertical jump", "Ischemic Preconditioning and sports performance", "Ischemic Preconditioning and sports performance and maximum oxygen consumption", "Ischemic Preconditioning and performance and athletes".

3.3 Critérios de inclusão e exclusão

Os critérios de inclusão para a seleção dos estudos foram os seguintes: (1) estudos publicados nos últimos cinco anos, (2) estudos que investigaram o efeito do PCI no desempenho esportivo, com amostras compostas por atletas ou praticantes de atividades físicas regulares, (3) Estudos que avaliaram os efeitos agudos e/ou crônicos do PCI; (4) estudos que informavam os protocolos utilizados, e detalhes sobre suas variáveis tais como pressão dos manguitos, intensidade e frequência do estímulo isquêmico e duração de ciclo isquemia / reperfusão.

3.4 Extração e análise dos dados

Após a busca inicial, foi realizada triagem dos estudos com base nos títulos e resumos. Em seguida, os artigos selecionados foram lidos na íntegra para uma análise mais detalhada de seus métodos, intervenções e resultados. Durante esse processo, uma ficha de extração de dados foi utilizada para registrar as informações relevantes de cada estudo, como autores, ano de publicação, objetivo do estudo, população de estudo, protocolo de intervenção do PCI, medidas de desempenho esportivo avaliadas e principais resultados.

4 RESULTADOS

Inicialmente, 157 estudos foram identificados, 74 foram removidos por duplicidade. Após uma análise dos títulos e resumos, 25 foram excluídos, restando 58 para uma leitura mais detalhada do texto completo. Após essa análise mais aprofundada, 36 estudos preencheram os critérios de elegibilidade e foram mantidos para análise na revisão. A Figura 1 resume como foram buscados e identificados os estudos incluídos nesta revisão.

As características descritivas dos artigos abordados nesta revisão de literatura estão apresentadas na Tabela 1. Foram incluídos um total de 473 participantes, entre eles 386 homens e 87 mulheres. Os participantes foram distribuídos em 14 modalidades esportivas, incluindo ciclistas, corredores, remadores, patinadores, entre outros. Há uma variedade de protocolos, aos quais diferem nos níveis de pressão, tempo de duração e frequência. Alguns adotaram três ou quatro ciclos de 5 minutos de isquemia e 5 minutos de reperfusão a pressões de 200 a 220 mmHg, empregaram também uma diversidade de modelos e tamanhos de torniquetes pneumáticos variando de 9 a 21,5 cm de largura, com comprimentos ajustáveis para adaptar-se à coxa ou braço dos participantes.

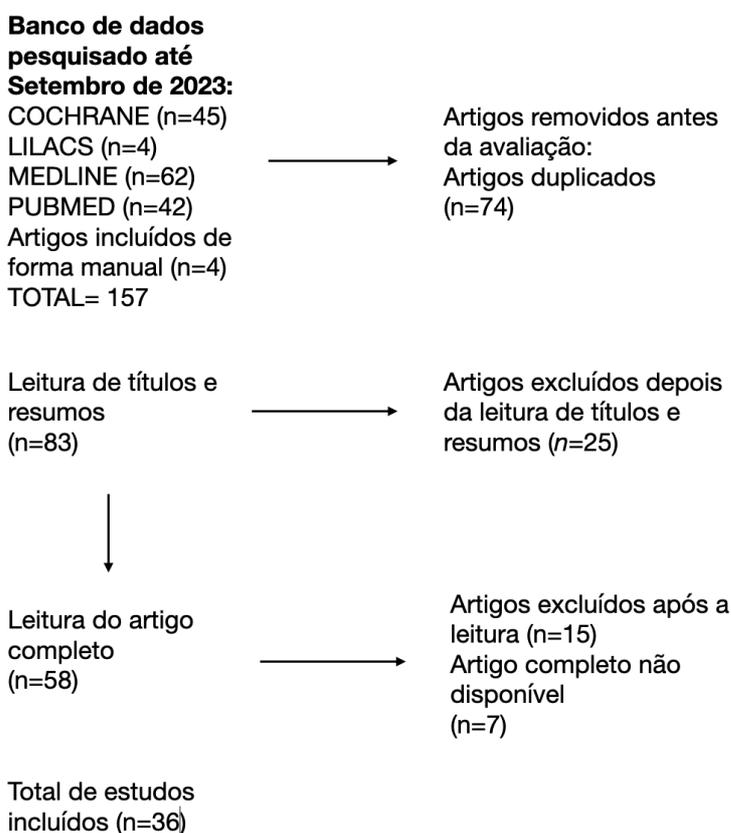


Figura 1. Fluxograma de inclusão e exclusão dos estudos

Estudo / Design	Amostra	Objetivo	Protocolo do pré-condicionamento isquêmico	Tipos de materias	Resultados
De Souza et al., 2021 Ensaio clínico randomizado controlado	N = 9 homens moderadamente treinados.	Examinar os efeitos de uma intervenção simultânea de pré-condicionamento isquêmico (PCI) e SHAM para reduzir o efeito placebo devido à expectativa prévia no desempenho do exercício de resistência de extensão do joelho.	PCI (3 X 5 min 50 mmHg acima da pressão arterial sistólica na coxa direita e o SHAM mesmo protocolo que PCI, mas 20 mmHg na coxa esquerda.	Largura 96 x 13 cm; Komprimeter Riester, Jungingen, Germany	Os resultados do estudo indicaram que não houve melhora significativa no desempenho do exercício de resistência de extensão do joelho entre o grupo IPC e o grupo SHAM. Isso sugere que o efeito placebo devido à expectativa prévia não teve um impacto significativo no desempenho do exercício.
Angius et al., 2021 Estudo experimental	N = 17 participantes saudáveis, sendo 13 homens e 4 mulheres.	Investigar o efeito do pré-condicionamento isquêmico na ativação do metaborreflexo após o exercício dinâmico de extensão da perna.	O pré-condicionamento isquêmico, que foi inflado até uma pressão de 200 mmHg por 3 x 5 minutos, seguido de um período de desinsuflação de 5 minutos. O tratamento simulado (SHAM) foi realizado da mesma forma, mas com o manguito inflado a uma pressão de 20 mmHg.	Torniquete pneumático Hokanson E20 Rapid Cuff Inflator and AG101 Air Source, Bellevue, WA foi utilizado. Não especificaram o tamanho.	Os resultados mostraram que o pré-condicionamento isquêmico reduziu significativamente a resposta metaborreflexa dos extensores do joelho após o exercício dinâmico de extensão da perna. Além disso, o IP também reduziu a intensidade da dor muscular durante o exercício e a manobra PEMI. No entanto, não houve diferença significativa na sensibilidade à dor entre os grupos IP e SHAM.

Carvalho e Barroso (2019) Ensaio Clínico Experimental	N = 10 participantes do sexo masculino, treinados em resistência	Avaliar o efeito do PCI no número de repetições realizadas durante um exercício de extensão do joelho com 85% de 1RM (uma repetição máxima), bem como os efeitos sobre a concentração de lactato no sangue e a ativação muscular.	Protocolo PCI 4 x 5 minutos cada. Foi realizado com uma pressão de 250 mm Hg. Grupo controle, os mesmos procedimentos foram seguidos, mas com uma pressão de 10 mm Hg.	Foram utilizadas duas braçadeiras de nylon personalizadas. Foram colocadas na parte superior da coxa dos participantes e infladas até a pressão desejada (250 mm Hg para PCI e 10 mm Hg para Placebo).	Os participantes realizaram, em média, 3,9 repetições a mais com PCI em comparação com o placebo. Não houve diferença significativa entre PCI e controle em relação à ativação muscular ou concentração de lactato no sangue.
Nelson et al., 2023 Estudo randomizado cruzado.	N = 24 (18 homens e 6 mulheres) atletas competitivos de esportes aeróbicos.	Avaliar os efeitos do pré-condicionamento isquêmico (PCI) na performance de ciclismo de curta duração.	PCI consistiu em 3 x 5 minutos de oclusão de 100% seguidos. Um Doppler foi usado para detectar a restrição adequada. Os participantes foram designados com base na preferência de tempo, e cada sujeito serviu como seu próprio controle.	Foi utilizado o manguito Delfi PTS (Delphi Medical Innovations, Vancouver, Canadá). Um manguito de 24 polegadas ou um manguito de 34 foram utilizados para ajuste.	Durante os testes de tempo de ciclismo de 3 e 6 minutos, foi observado que o PCI resultou em maior produção de potência em comparação com o tratamento simulado. Sugerindo que o IPC pode ser usado como vantagem para o atleta no ciclismo de curta duração. Além disso, foi observado que cada participante tinha uma pressão de torniquete personalizada, e que a pressão de 220 mmHg não induziu 100% de oclusão do fluxo sanguíneo em todos os participantes.

Da Mota et al., 2019	N = 13 homens saudáveis	Avaliar se a pré-condicionamento isquêmico (IPC) forneceria efeitos imediatos ou tardios durante dois testes de tempo de ciclismo de 5 km em hipóxia.	Protocolo PCI constituiu 3 x 5 de isquemia a 220mmHg acompanhado por 5 minutos de reperfusão. O grupo controle realizou o mesmo protocolo com o manguito inflado a 20mmHg.	Conjunto de manguitos de oclusão (Modelo SC12D, 13 x 85 cm; Hokansson, Bellevue, WA) conectados a um sistema de inflação rápida de manguito (E20/AG101 Rapid Cuff Inflation System, D.E. Hokansson)	O estudo descobriu que o pré-condicionamento isquêmico (IPC) manteve o desempenho durante dois testes de tempo de ciclismo de 5 km, mesmo com um período de recuperação entre eles.
Ensaio clínico randomizado cruzado					
Telles et al., 2020	N = 16 homens fisicamente ativos.	Avaliar os efeitos do pré-condicionamento isquêmico (PCI) como aquecimento na força máxima de leg press e bench press.	Consistiu em 4 x 5 minutos de restrição intercalados com 5 minutos de reperfusão, insuflado a uma pressão de 220 mmHg. O grupo controle usou o mesmo protocolo com o manguito inflado a 20 mmHg.	Foi utilizado o manguito de tamanho 57 x 9 cm e modelo (komprimete r Riester®, Jungingen, Germany).	Os resultados mostraram que o PCI como aquecimento melhorou significativamente a força máxima de leg press e bench press em comparação com o aquecimento convencional e o grupo controle.
Ensaio clínico randomizado controlado					

Chen et al., 2023 Estudo experimental controlado.	N = 16 corredores de 400 metros masculinos	Examinar o efeito do pré-condicionamento isquêmico no déficit máximo de oxigênio acumulado em corredores de 400 metros.	Protocolo PCI local e remoto consistiu 4 x 5 minutos de restrição do fluxo sanguíneo seguidos de 5 minutos de reperfusão.	Manguito utilizado nos braços com largura de 41 cm×52 mm e nas pernas 72 cm×52 mm. Modelo KAATSU Master, Sato Sports Plaza, Tokyo, Japan.	O estudo descobriu que o pré-condicionamento isquêmico melhorou significativamente o déficit máximo de oxigênio acumulado em corredores de 400 metros. Os autores concluíram que o pré-condicionamento isquêmico pode ser uma estratégia eficaz para melhorar o desempenho em eventos de alta intensidade, como corridas de 400 metros.
Rodríguez et al., 2023 Ensaio clínico randomizado	N = 15 Homens treinados em resistência	Avaliar o efeito do pré-condicionamento isquêmico no desempenho de força máxima no supino reto em homens treinados em resistência	O protocolo de IPC consistiu em 3 x 5 minutos de restrição do fluxo sanguíneo (RFS) intercalados com 5 minutos de reperfusão. A pressão para a fase de oclusão do grupo PCI foi de 170 mmHg, enquanto o grupo SHAM recebeu pressão externa de 20 mmHg	O estudo não especifica o modelo exato do manguito, somente o tamanho 10 cm largura x 46 cm comprimento.	O PCI agudo melhorou significativamente o desempenho de força máxima no supino reto, com 87% dos participantes apresentando resultados melhorados

<p>Novaes et al., 2021</p> <p>Estudo experimental randomizado controlado.</p>	<p>N = 16 homens recreacionalmente treinados.</p>	<p>Investigar o efeito agudo do pré-condicionamento isquêmico em uma sessão de treinamento de resistência sobre o número de repetições realizadas, volume total e percepção subjetiva de esforço em homens normotensos e recreacionalmente treinados.</p>	<p>O protocolo consistiu em 4 x 5 minutos de oclusão alternando com 5 minutos de nenhuma oclusão (0 mm Hg). PCI usando 220 mm Hg; CUFF com 20 mm Hg; e o controle.</p>	<p>torniquete pneumático 57 x 9cm (Compressiv e Riester; Jungingen, Alemanha)</p>	<p>O grupo PCI apresentou um aumento significativo no número de repetições realizadas e no volume total em comparação com os grupos CUFF e controle. Além disso, o grupo PCI apresentou uma percepção subjetiva de esforço significativamente menor em comparação com o grupo controle. Não houve diferenças significativas entre os grupos para a percepção subjetiva de esforço em relação ao grupo CUFF.</p>
<p>Telles et al., 2022</p> <p>ensaio clínico randomizado</p>	<p>N = 16 homens, normotensos, fisicamente ativos e com pelo menos um ano de experiência em exercícios de resistência.</p>	<p>Comparar os efeitos agudos do pré-condicionamento isquêmico com alta e baixa pressão de oclusão na força máxima dos membros superiores e inferiores e na variabilidade da frequência cardíaca em indivíduos treinados recreacionalmente</p>	<p>O protocolo PCI baixa consistiu em 4 x 5 minutos de oclusão a uma pressão de 20 mmHg, alternando com 5 minutos a 0 mmHg. O protocolo PCI alta consistiu em 4 x 5 minutos de oclusão a uma pressão de 220 mmHg, alternando com 5 minutos a 0 mmHg.</p>	<p>Torniquete pneumático 57x9 cm (komprimete rRiester®, Jungingen, Germany)</p>	<p>Os resultados mostraram que tanto o grupo PCI alta quanto o baixa tiveram aumentos significativos na força máxima em comparação com o grupo controle. No entanto, não houve diferenças significativas na variabilidade da frequência cardíaca entre os grupos. O estudo concluiu que tanto o pré-condicionamento isquêmico de alta quanto de baixa pressão podem melhorar a força máxima em indivíduos treinados recreacionalmente.</p>

<p>Slysz JT e Burr JF (2021)</p> <p>Ensaio clínico randomizado controlado.</p>	<p>N = 13 indivíduos 8 homens e 5 mulheres</p>	<p>Examinar se a mudança na sensibilidade à dor causada pela água fria em um indivíduo está associada à mudança no desempenho do exercício após o tratamento com PCI.</p>	<p>A pressão foi detectada pelo sistema Delfi para cada participante, utilizando um transdutor de pressão para determinar a pressão necessária para fazer com que a pulsação arterial desapareça</p>	<p>Sistema de torniquete automatizado o PTSi (Defli Medical Innovations Inc. Vancouver, Canadá)</p>	<p>Os resultados mostraram que a PCI reduziu significativamente a sensibilidade à dor causada pela água fria e melhorou o desempenho do exercício em comparação com o grupo controle. Além disso, a mudança na sensibilidade à dor não foi significativamente associada à mudança no desempenho do exercício.</p>
<p>Caru et al., 2019</p> <p>revisão sistemática da literatura.</p>	<p>A revisão incluiu 52 estudos que investigaram os efeitos do pré-condicionamento isquêmico no desempenho esportivo em humanos, sem restrição de idade. A amostra total consistiu em 873 participantes saudáveis, atletas amadores ou atletas treinados, dos quais 730 eram do sexo masculino e 143 do sexo</p>	<p>Fornecer uma visão geral da literatura sobre IPC em relação ao desempenho esportivo.</p>	<p>Número de ciclos de isquemia e reperfusão, variando de 2 a 8 ciclos. A duração dos períodos de oclusão variando de 2 a 10 minutos. Variação da pressão do manguito inflado (geralmente 200 ou 220 mmHg). Periodicidade de administração do PCI, variando de imediatamente e antes do teste até 72 horas antes do teste. Localização da restrição do fluxo sanguíneo, que pode ser aplicada na coxa ou no braço</p>	<p>O estudo não apresentou informações específicas sobre modelos de manguitos pneumáticos.</p>	<p>O efeito do IPC no desempenho esportivo é variável, com alguns estudos relatando melhorias, principalmente em pessoas saudáveis em comparação com atletas treinados. Os mecanismos subjacentes incluem alterações na elasticidade vascular, metabolismo celular e redução dos níveis de lactato no sangue, mas exigem mais pesquisas. Os protocolos variam significativamente entre os estudos, dificultando a padronização e interpretação dos resultados.</p>

Lindner et al., 2021 Ensaio clínico randomizado controlado	N = 14 (11 homens e 3 mulheres) atletas da Divisão II da NCAA	Avaliar os efeitos agudos do pré-condicionamento isquêmico na potência e no desempenho de sprint em homens fisicamente ativos.	No tratamento de PCI, o fluxo sanguíneo foi completamente bloqueado durante a oclusão e restaurado a 0 mmHg durante a reperfusão. A pressão de oclusão não foi uniforme, mas personalizada para cada participante. O tratamento simulado consistiu em 50 mmHg durante a fase de oclusão e 0 mmHg durante a fase de reperfusão	O torniquete pneumático tinha largura de 12,7 cm e uma circunferência ajustável de 30,5 a 45,7 cm. Uma unidade Delfi PTS para restrição de fluxo sanguíneo foi usada para ocluir adequadamente o fluxo sanguíneo	O pré-condicionamento isquêmico não teve efeito significativo na melhoria do desempenho de sprint e potência muscular em homens fisicamente ativos. Não houve diferença significativa no desempenho de sprint (medido pelo teste de corrida de 10 metros e pelo teste de agilidade pro) ou no desempenho de potência muscular (medido pelo salto em distância, índice de salto reativo e salto vertical) entre os tratamentos de PCI e placebo.
Peden et al., 2022 estudo experimental randomizado controlado	N = 8 homens saudáveis e recreacionalmente ativos.	Investigar os efeitos do condicionamento isquêmico na disfunção mitocondrial induzida pelo exercício, na cinética de captação de oxigênio e no desempenho do exercício de alta intensidade.	O pré-condicionamento isquêmico foi realizado por meio de 4 x 5 minutos de oclusão arterial contralateral a 220 mmHg, com intervalos de 5 minutos de reperfusão, em um membro inferior, enquanto o outro membro foi submetido a um controle simulado (SHAM) a 20 mmHg	O estudo especifica o modelo E20 Rapid cuff inflator and AG101 Cuff Inflator Air Source, Hokanson, Bellevue, USA. E não especificou tamanho do torniquete pneumático utilizado.	Os resultados mostraram que o PCI reduziu a disfunção mitocondrial induzida pelo exercício, acelerou a cinética de captação de oxigênio e não afetou o desempenho do exercício de alta intensidade.

Paradis-Deschênes et al., 2020	N = 9 atletas homens	Investigar a eficácia do pré-condicionamento isquêmico na recuperação do desempenho aeróbico máximo e respostas fisiológicas em comparação com técnicas comumente usadas.	O manguito foi inflado a uma pressão de 200 mmHg 4 x 5 minutos oclusão com 5 minutos de reperfusão. O grupo controle realizou um protocolo, que consistiu em um procedimento semelhante, mas com o manguito inflado a uma pressão de 20 mmHg e desinsuflado imediatamente e após a inflação.	O estudo não especifica o modelo ou tamanho do torniquete pneumático utilizado	O pré-condicionamento isquêmico aumentou o volume sanguíneo muscular e a depuração de subprodutos metabólicos e manteve a oxigenação e o desempenho muscular durante um segundo contra-relógio de 5 km em atletas treinados em resistência na mesma extensão que a recuperação ativa e neuromuscular. Além disso, as três modalidades testadas (recuperação ativa, pré-condicionamento isquêmico e estimulação elétrica neuromuscular) levaram a resultados semelhantes em termos de desempenho máximo.
--------------------------------	----------------------	---	--	--	---

Kilding et al., 2018 Ensaio clínico randomizado controlado	N = 9 ciclistas homens	Investigar os efeitos do pré-condicionamento isquêmico (PCI) na economia, cinética do VO ₂ e desempenho de ciclismo em atletas de resistência.	Protocolo de PCI: 200 mmHg por 4 × 5 min de oclusão, intercalados com 5 min de reperfusão. Protocolo sham: 50 mmHg por 4 × 5 min de oclusão, intercalados com 5 min de reperfusão.	Modelo FlexiPort Thigh 13" cuff, com tamanho variando de 40-55 cm.	Pré-condicionamento isquêmico não teve efeitos significativos na economia de ciclismo, VO ₂ pico ou parâmetros cinéticos de VO ₂ de domínio moderado em ciclistas bem treinados. No entanto, durante o exercício de alta intensidade, foi observada uma redução no VO ₂ ao final do exercício e no componente lento. Indicando a possibilidade de melhoria no desempenho esportivo.
Slysz et al., 2019 Ensaio clínico randomizado.	N = 12 (7 homens e 5 mulheres) ciclistas.	Examinar as respostas individuais ao pré-condicionamento isquêmico (PCI) e o efeito do PCI repetido no desempenho do ciclismo.	Todos os participantes foram submetidos ao mesmo protocolo 4 x 5 minutos de isquemia intercalados com 5 minutos de reperfusão com o torniquete inflado com pressões variaram de 180 a 290mmHg.	Modelo Delfi PTS II com uma largura de 11,5 cm.	Os resultados mostraram que o PCI repetido melhorou significativamente o desempenho de ciclismo em comparação com o grupo controle. No entanto, houve uma grande variabilidade nas respostas individuais ao PCI.

Griffin et al., 2019 Ensaio clínico randomizado controlado	N = 20 homens fisicamente ativos	Comparar os efeitos do pré-condicionamento isquêmico local (PCI) e remoto (PCI-R) na performance de corrida de sprint repetido.	O protocolo de PCI consistiu em 4 x 5 ciclos de isquemia e reperfusão de 5 minutos, inflado a 220 mmHg para o grupo PCI e a 20 mmHg para o grupo SHAM. O grupo PCI-R também seguiu um protocolo semelhante, mas os torniquetes foram aplicados nos braços em vez das pernas	Modelo Delfi Medical Innovations, Vancouver, Canadá. Com 14,5 cm de largura.	Os resultados mostraram que o PCI e o PCI-R não tiveram efeitos significativos na performance de corrida de sprint repetido em comparação com o grupo SHAM. No entanto, o PCI e o PCI-R foram associados a uma redução significativa na dor muscular percebida durante o exercício.
Slysz JT e Burr JF (2019) Ensaio clínico randomizado controlado.	N = 14 (11 homens e 3 mulheres) corredores de meia-distância altamente treinados.	Examinar se a exposição repetida ao tratamento de pré-condicionamento isquêmico (PCI) antes das sessões de treinamento melhora a captação de oxigênio e o desempenho de corrida de 1 km.	Foram realizadas 3 x 5 de isquemia e 5 minutos de reperfusão. Grupo controle não recebeu nenhum protocolo.	Modelo PTSi (Defli Medical Innovations Inc.) e o tamanho não foi especificado no texto.	Não houve diferença significativa no desempenho de corrida de 1 km entre o grupo PCI e o grupo controle após 8 semanas de treinamento. No entanto, o grupo PCI apresentou uma melhora significativa na captação de oxigênio em relação ao grupo controle.

Ceylan B, Taşkın HB, Šimenko J (2023)	N = 13 atletas de judô masculino	Examinar os efeitos do pré-condicionamento isquêmico (PCI) dos membros inferiores na recuperação após um desempenho específico de judô em atletas de judô masculinos altamente treinados e sua aplicabilidade durante um dia de competição.	O protocolo de PCI consistiu em 3 x 5 minutos de isquemia a uma pressão média de 180 ± 12 mmHg intercalados com 5 minutos de reperfusão. O grupo placebo foi idêntico ao protocolo de PCI, exceto que o torniquete pneumático foi inflado a uma pressão de 20 mmHg.	O torniquete pneumático utilizado tinha um comprimento de 77,0 cm x largura de 21,5 cm. Modelo Reister, 5255, Germany.	O PCI melhorou a recuperação após um desempenho específico de judô em atletas de judô masculinos altamente treinados. O PCI resultou em uma redução significativa na percepção subjetiva de dor muscular e fadiga, bem como uma melhora na recuperação da frequência cardíaca e na modulação autonômica após o exercício.
Estudo cruzado único-cego, randomizado por placebo					
Emily J. Paull e Gary P. Van Guilder (2019)	N = 10 corredores de meia distância 6 homens e 4 mulheres da Divisão I da National Collegiate Athletic Association (NCAA)	Investigar o efeito do pré-condicionamento isquêmico remoto na capacidade de desempenho aeróbico em corredores de meia distância.	Protocolo PCI consistiu 4 x 5 minutos de oclusão a 220 mmHg, seguido de 5 minutos de reperfusão. O protocolo Sham constituiu o mesmo protocolo, exceto que o manguito foi inflado a 20 mmHg.	O estudo especificou o modelo (EC20 rapid cuff inflator, DE Hokanson, Bellevue, WA), mas não apresentou o tamanho do torniquete pneumático utilizado	PCI teve um impacto significativo no desempenho esportivo, resultando em melhorias consideráveis em diversos indicadores, como o trabalho total na esteira, distância percorrida na corrida horizontal e ganho vertical. Isso indicou um aumento na capacidade glicolítica, que permitiu aos atletas prolongar o tempo de exercício antes da exaustão, em comparação com ensaios de linha de base e simulados.
Estudo cruzado randomizado controlado por placebo.					

Jeffries et al., 2019	N = 20 homens voluntariamente ativos.	Examinar o efeito do PCI no desempenho de ciclismo e na eficiência muscular durante 7 dias.	O grupo PCI foi submetido a 4 x 5 minutos de oclusão a 220 mmHg, seguido de 5 minutos de reperfusão. O grupo sham realizou o mesmo protocolo com uma pressão menor de 20 mmHg.	O torniquete utilizado tinha o tamanho de 14.5 cm de largura - Delfi Medical Innovations, Vancouver, Canada	O PCI melhorou significativamente a eficiência muscular durante o exercício de ciclismo, com uma redução significativa no consumo de oxigênio e produção de dióxido de carbono. Além disso, aumentou o tempo até a exaustão e a potência de pico.
Estudo randomizado, simples-cego e cruzado					
Cerqueira et al., 2021	A amostra consistiu em homens saudáveis com idades entre 18 e 35 anos. e o tamanho mínimo da amostra foi de 15 indivíduos por grupo.	Avaliar os efeitos do condicionamento isquêmico individualizado na proteção contra o dano muscular induzido por exercício excêntrico.	PCI consistiu em 4 ciclos de manguito inflação determinado individualmente intercalada por 5 minutos de reperfusão (0 mm Hg). O protocolo Sham foi realizado de forma semelhante, mas aplicando uma pressão de 20 mm Hg	Torniquete 20 cm largura; Aneroids esfigmomanômetro premium	Os resultados indicaram que o pré condicionamento isquêmico individualizado pode ser eficaz na redução do dano muscular induzido por exercício excêntrico. Os participantes que receberam pré condicionamento isquêmico individualizado apresentaram menor perda de força muscular, menor dor muscular e menor aumento nos níveis de creatina quinase (CK) após o exercício excêntrico em comparação com o grupo controle.
Ensaio clínico randomizado, duplo-cego.					

<p>Cheng et al., 2021</p> <p>O estudo é uma pesquisa experimental randomizada controlada.</p>	<p>N = 20 atletas de esportes coletivos (futebol, basquete, vôlei) do sexo masculino.</p>	<p>Investigar se o pré condicionamento isquêmico local e remoto melhoram o desempenho do exercício de sprint intervalado em atletas de esportes coletivos.</p>	<p>O protocolo de PCI consistiu em 4 ciclos de 5 minutos de isquemia intercalados com 5 minutos de reperfusão. 220 mmHg para o PCI local e 20 mmHg para o grupo SHAM. PCI remoto foi utilizado o mesmo protocolo com a pressão média de 156 ± 7 mmHg.</p>	<p>O modelo do torniquete pneumático utilizado foi o CK-113P, Spirit Corp, Taipei, Taiwan, com uma largura de 14 cm e comprimento ajustável para se adequar ao tamanho da coxa ou braço do participante.</p>	<p>Os resultados mostraram que tanto o PCI local quanto o PCI remoto melhoraram significativamente o desempenho do exercício de sprint intervalado em comparação com o grupo controle. Além disso, o PCI remoto foi mais eficaz do que o PCI local em melhorar o desempenho do exercício de sprint intervalado.</p>
<p>De França et al., 2022</p> <p>Ensaio clínico randomizado controlado por placebo.</p>	<p>N = 30 jogadores de futebol amadores do sexo masculino.</p>	<p>Avaliar os efeitos do pré-condicionamento isquêmico na performance neuromuscular e funcional dos membros inferiores de jogadores de futebol amadores do sexo masculino.</p>	<p>O grupo PCI realizou 4 x 5 minutos de restrição total intercalado com 5 minutos de reperfusão (0 mmHg). O grupo PCI sham realizou o mesmo protocolo, mas com uma pressão máxima de 10 mmHg e sem atingir a pressão de restrição total.</p>	<p>O torniquete pneumático utilizado foi um esfigmomanômetro aneroide premium com largura de manguito de 20 cm.</p>	<p>Os resultados mostraram que o grupo PCI apresentou melhorias significativas na performance neuromuscular e funcional em comparação com o grupo sham. O grupo PCI apresentou aumento na força muscular isométrica voluntária máxima, aumento na potência muscular isocinética em 60°/s e 240°/s, e melhora na performance em testes funcionais de corrida e salto lateral.</p>

Turnes et al., 2018 Ensaio clínico randomizado cruzado.	N = 16 remadores homens treinados.	Investigar o efeito da duração da isquemia-reperfusão em cada ciclo de pré-condicionamento isquêmico na performance em um teste de remoergômetro de 2000 metros.	Pré-condicionamento isquêmico intermitente bilateral com inflação do manguito para 220 mmHg com 3 ciclos de isquemia e reperfusão de 5 minutos (PCI-5) ou 10 minutos (PCI-10), ou para 20 mmHg (grupo controle).	O estudo não especifica o modelo ou tamanho do torniquete pneumático utilizado	Não houve diferenças significativas na performance em um teste de remoergômetro de 2000 metros entre os grupos PCI-5, PCI-10 e controle. Além disso, a duração mais longa de isquemia-reperfusão foi associada a maior perturbação metabólica durante o período de manobra e menor saturação de oxigênio muscular e concentração de hemoglobina oxigenada durante o exercício em comparação com o grupo controle.
Valenzuela et al., 2019 Estudo cruzado randomizado controlado por placebo.	N = 16 homens treinados em resistência	Analisar os efeitos do pré-condicionamento isquêmico nas capacidades de força muscular.	PCI 3 x 5 minutos a 220 mm Hg em ambos os braços com intervalos de 5 minutos ou uma intervenção simulada (SHAM) pressão de oclusão definida em 10 mm Hg.	O estudo não especifica o modelo ou tamanho do torniquete pneumático utilizado	Após a intervenção, foi observada uma diminuição significativa na temperatura da pele dos músculos peitorais e bíceps no grupo IPC, mas não no grupo SHAM. Além disso, o exercício resultou em um aumento semelhante na temperatura da pele dos músculos peitorais em ambas as condições. Não foram observadas diferenças significativas entre as condições no que diz respeito à velocidade média alcançada com cargas leves.

<p>Oliveira et al., 2021</p> <p>Estudo de revisão sistemática e meta-análise de ensaios clínicos randomizados.</p>	<p>A revisão incluiu 8 ensaios clínicos randomizados.</p>	<p>Investigar o efeito do pré-condicionamento isquêmico remoto no consumo máximo de oxigênio (VO₂máx) e potência máxima (Wmáx) em corredores e ciclistas.</p>	<p>O protocolo de pré-condicionamento isquêmico utilizado nos grupos variou entre os estudos incluídos na revisão. No entanto, todos os estudos utilizaram um protocolo de pré-condicionamento isquêmico remoto.</p>	<p>O modelo e tamanho do torniquete pneumático utilizado nos estudos incluídos na revisão não foram especificados.</p>	<p>A metanálise revelou que o pré-condicionamento isquêmico remoto pode aumentar o VO₂máx em corredores e ciclistas, mas não influencia a Wmáx. Além disso, a análise do risco de viés mostrou que a maioria dos estudos incluídos teve alto risco de viés em relação à geração de sequência aleatória, ocultação de alocação e cegamento de avaliadores de desfecho.</p>
<p>Arriel et al., 2019</p> <p>Ensaio clínico controlado randomizado.</p>	<p>N = 21 ciclistas do sexo masculino.</p>	<p>Investigar o efeito do pré-condicionamento isquêmico (PCI) nos ciclistas treinados durante o teste de ciclismo incremental até a exaustão.</p>	<p>O protocolo de PCI consistiu em 2 x 5 minutos de oclusão a 50 mmHg acima da pressão arterial sistólica, seguidos por 5 minutos de reperfusão. O grupo SHAM seguiu o mesmo protocolo, mas com pressão absoluta de 20 mm Hg.</p>	<p>Foi utilizado um manguito de pressão sanguínea de nylon (77 x 21,5 cm).</p>	<p>O grupo PCI mostrou um aumento significativo no desempenho, com um aumento de 33,3 segundos, 5 minutos após a intervenção. O grupo PCI apresentou valores significativamente mais altos de dor em comparação ao grupo SHAM. Houve também uma redução significativa na frequência cardíaca média 5 minutos após a intervenção de PCI, possivelmente associada ao aumento no desempenho.</p>

<p>Montoye et al., 2020</p> <p>Ensaio clínico randomizado controlado.</p>	<p>N = 12 participantes (7 mulheres e 5 homens) saudáveis e fisicamente ativos</p>	<p>Examinar o efeito do pré-condicionamento isquêmico na performance de corrida em corredores recreacionais.</p>	<p>PCI recebeu 3 x 5 minutos de isquemia inflados a 220 mmHg, com 5 minutos de reperfusão. O grupo SHAM recebeu o mesmo protocolo, porém inflados a 20 mmHg. Controle foi realizado 3 sessões de elevação das pernas na parede por 5 minutos.</p>	<p>Manguitos de pressão arterial (Elite Medical Instruments, Orange County, CA). Tamanho de 40,6 cm de comprimento e 20,3 cm largura.</p>	<p>Os resultados mostraram que não houve diferenças significativas na performance de corrida entre os grupos PCI, SHAM e controle. Além disso, não houve diferenças significativas nos níveis de lactato sanguíneo, frequência cardíaca ou percepção subjetiva de esforço entre os grupos. Concluindo que o PCI não melhorou a performance na corrida.</p>
<p>Paradis-Deschêne et al., 2020</p> <p>Ensaio clínico randomizado controlado.</p>	<p>N = 20 participantes treinados em esportes de resistência</p>	<p>Investigar se o pré-condicionamento isquêmico combinado com treinamento intervalado de alta intensidade pode melhorar as adaptações aeróbicas em atletas de resistência.</p>	<p>PCI consistiu em 3 x 5 minutos de isquemia inflado a 220 mmHg, com 5 minutos de reperfusão. Enquanto o grupo controle teve o torniquete inflado a 20 mmHg, com 5 minutos de reperfusão.</p>	<p>O modelo do torniquete pneumático utilizado foi o WelchAllyn Skaneateles Falls, NY, USA, com largura de 21 cm.</p>	<p>O estudo encontrou que o pré-condicionamento isquêmico combinado com treinamento intervalado de alta intensidade melhorou significativamente a potência máxima aeróbica, a economia de oxigênio e o tempo de exaustão em um teste de tempo de 5 km em comparação com o grupo controle. No entanto, o pré-condicionamento isquêmico não afetou a sinalização hipóxica sistêmica ou a função imunológica.</p>

Santana et al., 2021	N = 24 (18 homens e 6 mulheres) praticantes de treinamento resistido.	Avaliar a influência do pré-condicionamento isquêmico (PCI) no desempenho neuromuscular de indivíduos treinados.	Protocolo PCI 3 x 5 minutos de isquemia inflado a 220mmHg, intercaladas com 5 minutos de reperfusão. Grupo placebo utilizou um protocolo idêntico, inflado apenas a 40 mmHg.	Esfigmomanômetro de escala analógica modelo Premium ML 040 (BIC – Itupeva, SP, Brasil).	O PCI aumentou significativamente o número de repetições realizadas pelos indivíduos do grupo de membros superiores (GMS) e do grupo de membros inferiores (GMI) em relação ao momento controle e ao momento placebo.
Cocking et al., 2020	N = 11 homens treinados em ciclismo de alta intensidade	Investigar o efeito do pré-condicionamento isquêmico (PCI) e estratégias de aquecimento muscular na performance de ciclismo de sprint repetido.	Protocolo PCI 4 x 5 minutos de isquemia inflado a 220mmHg intercalado com 5 minutos de reperfusão. Protocolo SHAM foi utilizado o mesmo protocolo inflado a 20mmHg.	Foram utilizados manguitos de 13,5 cm de largura. Modelo (Hokanson, Washington, EUA).	Não houve diferenças significativas na performance de ciclismo de sprint repetido entre os grupos de pré-condicionamento isquêmico e controle simulado. Portanto, o estudo concluiu que o pré-condicionamento isquêmico e as estratégias de aquecimento muscular não são eficazes para melhorar a performance de ciclismo de sprint repetido em atletas treinados.
Wiggins et al., 2018	N = 13 homens ciclistas experientes.	Examinar os efeitos do pré-condicionamento isquêmico (PCI) nas cinéticas de captação e extração de oxigênio e no desempenho do ciclismo em um teste de tempo em normoxia e hipoxia.	O protocolo de PCI 4 x 5 minutos de oclusão a 220 mmHg intercalando com 5 minutos de reperfusão e SHAM utilizou o mesmo protocolo a 20 mmHg	O estudo não especifica o modelo ou tamanho do torniquete pneumático utilizado	Os resultados mostraram que o PCI melhorou significativamente o desempenho no teste de tempo de ciclismo em normoxia, mas não em hipoxia. Além disso, o PCI não afetou significativamente as cinéticas de captação e extração de oxigênio durante o exercício em normoxia ou hipoxia.

Thompson et al., 2018	N = 18 (10 homens e 8 mulheres)	Determinar o efeito de um protocolo de pré-condicionamento isquêmico (PCI) no desempenho máximo de sprint de 10 e 20 metros em atletas de elite de nível universitário.	O protocolo PCI 3 x 5 minutos a 220 mmHg intercalado com 5 minutos de reperfusão; SHAM 3 x 5 minutos a 20 mmHg; Controle sem PCI.	Foi utilizado o manguito pneumático (Delfi Medical, Vancouver, British Columbia, Canadá).	Não foram encontradas diferenças significativas no tempo de sprint de 10 e 20 metros entre os protocolos de controle, SHAM e PCI. O estudo concluiu que o protocolo de PCI de 3 x 5 minutos não influenciou o desempenho máximo de sprint de 10 e 20 metros em atletas de elite de nível universitário.
Richard, P., e Billaut, F. (2018)	N = 9 (7 homens e 2 mulheres)	Investigar os efeitos do pré-condicionamento isquêmico remoto no desempenho em testes de tempo de patinadores de velocidade de elite.	O protocolo PCI 3 x 5 minutos de isquemia a 30 mmHg acima da pressão sistólica arterial individual intercalados com 5 minutos de reperfusão. SHAM seguiu o mesmo protocolo com pressão absoluta de 10 mmHg.	Foi utilizado o manguito de pressão arterial (Welch Allyn, Skaneateles Falls, NY, EUA).	Melhorias significativas no desempenho de patinação no gelo de 1000 metros após o pré-condicionamento isquêmico remoto em comparação com o grupo controle. Além disso, foram observadas diferenças na oxigenação muscular entre os grupos de sprint e de média distância.

Tabela 1. Síntese dos estudos incluídos.

5 DISCUSSÃO

Os estudos revisados sobre pré-condicionamento isquêmico (PCI) fornecem uma visão abrangente dos potenciais benefícios dessa técnica para o desempenho esportivo. Diversas pesquisas destacaram melhorias significativas em diferentes aspectos do desempenho físico, como resistência à fadiga, consumo máximo de oxigênio e força muscular, após a aplicação do PCI. Esses achados corroboram com a hipótese de que o PCI pode desencadear respostas adaptativas benéficas no organismo, promovendo melhorias no desempenho esportivo (Rodrigues et al., 2023; Mota et al., 2019).

Entretanto, é importante reconhecer a complexidade dos mecanismos fisiológicos subjacentes e sua relação com o desempenho esportivo. Durante a isquemia, acumulam-se metabólitos como íons hidrogênio e radicais livres, que normalmente levariam à fadiga muscular. O PCI, no entanto, aumenta a expressão de enzimas antioxidantes como a superóxido dismutase e a catalase, neutralizando os radicais livres e protegendo as células do estresse oxidativo (Mota et al., 2019). Além disso, o PCI melhora a eficiência metabólica ao promover melhor utilização do oxigênio, aumentando a capilarização muscular e a função mitocondrial (Panza et al., 2020). A redução da inflamação e do dano muscular após o exercício excêntrico, mediada por mecanismos anti-inflamatórios e antioxidantes, também pode acelerar a recuperação e manter um alto nível de desempenho ao longo do tempo (Cerqueira et al., 2021). Isso acelera a captação de oxigênio, reduzindo o déficit de oxigênio no início do exercício e permitindo um estado estável de consumo de oxigênio mais rapidamente (Panza et al., 2020; Ceylan; Taşkın; Šimenko, 2023).

Foi observado também como o PCI pode aumentar o drive neural e o recrutamento de unidades motoras, resultando em maior produção de força muscular (Rodrigues et al., 2023). A potencialização pós-ativação (PPA) é um mecanismo que pode explicar a maior capacidade de produção de força após o PCI, devido a mudanças na sensibilidade ao cálcio e no fosfato de alta energia dentro das fibras musculares (Blazevich & Babault, 2019). Estudos adicionais são necessários para elucidar completamente os mecanismos pelos quais o PCI influencia o desempenho.

Outro aspecto a ser considerado é a variabilidade nos resultados observados entre os estudos, o que pode ser atribuído a diferenças nos protocolos de PCI e nas

populações de estudo. Diversos protocolos, configurados de acordo com diferentes durações e intensidades de restrição do fluxo sanguíneo, podem levar a resultados divergentes e dificultar a comparação entre os estudos (Marocolo et al., 2019; Dantas et al., 2024). Foi verificado durante teste anaeróbio de 35 metros que diferentes níveis de compressão (PCI a 20 mmHg, PCI a 220 mmHg e PCI a 100% do pulso auscultatório) não demonstraram efeitos significativos no desempenho de indivíduos treinados, embora o PCI com 100% do pulso auscultatório tenha mostrado uma tendência positiva na potência máxima, média, mínima. Destaca-se um aumento de 2,6% na potência máxima que pode ser relevante em competições de alto desempenho, destacando a necessidade de ajustes cuidadosos nos níveis de compressão para otimizar o PCI (Coelho et al., 2024).

Além disso, a heterogeneidade das populações de estudo, incluindo atletas de diferentes modalidades esportivas e níveis de treinamento, pode influenciar os resultados obtidos (Panza et al., 2020).

É crucial abordar as implicações práticas dos achados sobre PCI no contexto do treinamento e competição esportiva. Embora o PCI possa oferecer vantagens potenciais para atletas em busca de melhorias no desempenho, sua implementação prática requer algumas ressalvas. O estudo de Thompson et al. (2018) não foi observado melhorias no tempo no teste de sprint de 10 e 20 metros ou na potência muscular em homens fisicamente ativos. Em outro estudo, os participantes não tiveram melhorias significativas no desempenho na corrida, nos níveis de lactato sanguíneo, frequência cardíaca e percepção subjetiva de esforço, indicando que a técnica pode não ser igualmente eficaz para todos os tipos de esportes e níveis de intensidade (Montoye et al., 2020).

Além disso, é importante destacar a necessidade contínua de pesquisa para explorar ainda mais os efeitos do PCI em diferentes populações e contextos esportivos. Estudos futuros podem se concentrar em investigar os mecanismos fisiológicos específicos baseado nas individualidade fisiológica. Coelho et al. (2024) verificou que pressões baseadas na pressão arterial sistêmica foram eficientes por gerar pressões personalizadas em cada indivíduo. Neste contexto, ainda é preciso determinar as melhores práticas metodológicas para a prescrição e aplicação em diferentes modalidades esportivas e grupos de atletas (Marocolo et al., 2019). Essas pesquisas adicionais serão essenciais para aprimorar a prática clínica e ampliar o

conhecimento de profissionais de saúde e treinadores sobre o uso mais eficaz do PCI no contexto do desempenho esportivo e até mesmo da recuperação e reabilitação física.

6 CONCLUSÃO

O pré-condicionamento isquêmico mostra potencial promissor para melhorar o desempenho esportivo, ao qual inclui resistência à fadiga, consumo de oxigênio, força muscular e recuperação. Os mecanismos subjacentes incluem melhorias na capacidade antioxidante, produção de ATP, função mitocondrial, capilarização muscular, recrutamento de unidades motoras e drive neural. No entanto, há variabilidade nos efeitos observados e diferenças nos protocolos utilizados, como a pressão dos manguitos e a duração dos ciclos de isquemia/reperfusão, podem impactar os resultados. Isso indica a necessidade de padronização e mais pesquisas para determinar as condições ideais de aplicação. Para validar e expandir a aplicabilidade do PCI no contexto esportivo, futuras pesquisas devem focar em protocolos mais específicos e consistentes, levando em consideração diversas populações, tipos de exercício e modalidades esportivas, e até mesmo a possibilidade de protocolos personalizados que levem em consideração à individualidade e necessidade de cada contexto.

REFERÊNCIAS

ANGIUS, L. et al. Ischemic preconditioning of the muscle reduces the metaboreflex response of the knee extensors. **European journal of applied physiology**, v. 122, n. 1, p. 141–155, 2022.

ARRIEL, R. A. et al. Ischemic preconditioning delays the time of exhaustion in cycling performance during the early but not in the late phase. **Motriz: revista de educacao fisica. UNESP**, v. 25, n. 1, 2019.

BLAZEVIČH, A. J.; BABAULT, N. Post-activation potentiation versus post-activation performance enhancement in humans: Historical perspective, underlying mechanisms, and current issues. **Frontiers in physiology**, v. 10, p. 1359, 2019.

CARU, M. et al. An overview of ischemic preconditioning in exercise performance: A systematic review. **Journal of sport and health science**, v. 8, n. 4, p. 355–369, 2019.

CARVALHO, L.; BARROSO, R. Ischemic preconditioning improves strength endurance performance. **Journal of strength and conditioning research**, v. 33, n. 12, p. 3332–3337, 2019.

CEYLAN, B.; TAŞKIN, H. B.; ŠIMENKO, J. Effect of ischemic preconditioning on acute recovery in elite judo athletes: A randomized, single-blind, crossover trial. **International journal of sports physiology and performance**, v. 18, n. 2, p. 180–186, 2023.

CHEN, Y. et al. Effect of ischemic preconditioning on maximum accumulated oxygen deficit in 400-meter runners. **European journal of sport science: EJSS: official journal of the European College of Sport Science**, v. 23, n. 5, p. 789–796, 2023.

CHENG, C.-F. et al. Local and remote ischemic preconditioning improves sprint interval exercise performance in team sport athletes. **International journal of environmental research and public health**, v. 18, n. 20, p. 10653, 2021.

COCKING, S. et al. Repeated sprint cycling performance is not enhanced by ischaemic preconditioning or muscle heating strategies. **European journal of sport science: EJSS: official journal of the European College of Sport Science**, v. 21, n. 2, p. 166–175, 2021.

DA MOTA, G. R. et al. Ischemic preconditioning maintains performance on two 5-km time trials in hypoxia. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 51, n. 11, p. 2309–2317, 2019.

DA SILVA NOVAES, J. et al. Ischemic preconditioning improves resistance training session performance. **Journal of strength and conditioning research**, v. 35, n. 11, p. 2993–2998, 2021.

DANTAS, P. A. M. et al. Acute effect of Ischemic Preconditioning in different blood flow restriction compressions on the an-aerobic performance of trained individuals. **Retos digital**, v. 54, p. 721–727, 2024.

DE OLIVEIRA, F. T. O. et al. Efeito do pré-condicionamento isquêmico remoto no consumo máximo de oxigênio e potência máxima em corredores e ciclistas: revisão sistemática e metanálise. **Revista Pesquisa em Fisioterapia**, v. 11, n. 2, p. 435–444, 2021.

DE SOUZA, H. L. R. et al. Does ischemic preconditioning really improve performance or it is just a placebo effect? **PloS one**, v. 16, n. 5, p. e0250572, 2021a.

DE SOUZA, H. L. R. et al. Is ischemic preconditioning intervention occlusion-dependent to enhance resistance exercise performance? **Journal of strength and conditioning research**, v. 35, n. 10, p. 2706–2712, 2021b.

FARLEY, J. B. et al. The relationship between physical fitness qualities and sport-specific technical skills in female, team-based ball players: A systematic review. **Sports medicine - open**, v. 6, n. 1, p. 18, 2020.

GOGTE, K.; SRIVASTAV, P.; MIYARU, G. B. Effect of passive, active and combined warm up on lower limb muscle performance and dynamic stability in recreational sports players. **Journal of clinical and diagnostic research: JCDR**, v. 11, n. 3, p. YC05–YC08, 2017.

GRIFFIN, P. J. et al. Effects of local versus remote ischemic preconditioning on repeated sprint running performance. **The Journal of sports medicine and physical fitness**, v. 59, n. 2, p. 187–194, 2019.

GUILHERME DA SILVA TELLES, L. et al. Effects of ischemic preconditioning as a warm-up on leg press and bench press performance. **Journal of human kinetics**, v. 75, n. 1, p. 267–277, 2020.

HARAT, I. et al. Dynamic post-activation potentiation protocol improves rowing performance in experienced female rowers. **Journal of sports sciences**, v. 38, n. 14, p. 1615–1623, 2020.

JEFFRIES, O. et al. Seven-day ischaemic preconditioning improves muscle efficiency during cycling. **Journal of sports sciences**, v. 37, n. 24, p. 2798–2805, 2019.

KEPLER, T. et al. Remote ischaemic preconditioning attenuates cardiac biomarkers during vascular surgery: A randomised clinical trial. **European journal of vascular and endovascular surgery: the official journal of the European Society for Vascular Surgery**, v. 59, n. 2, p. 301–308, 2020.

KILDING, A. E.; SEQUEIRA, G. M.; WOOD, M. R. Effects of ischemic preconditioning on economy, VO₂ kinetics and cycling performance in endurance athletes. **European journal of applied physiology**, v. 118, n. 12, p. 2541–2549, 2018.

LINDNER, T. D. et al. The acute effects of ischemic preconditioning on power and sprint performance. **South Dakota medicine: the journal of the South Dakota State Medical Association**, v. 74, n. 5, p. 210–219, 2021.

MAROCOLO, M. et al. Ischemic preconditioning and exercise performance: shedding light through smallest worthwhile change. **European journal of applied physiology**, v. 119, n. 10, p. 2123–2149, 2019.

MARTINS DE FRANÇA, I. et al. Effects of ischemic preconditioning on functional and neuromuscular performance of lower limbs of male amateur soccer players: Protocol for a randomized trial. **Muscles, ligaments and tendons journal**, v. 12, n. 04, p. 555, 2022.

MONTOYE, A. H. K. et al. Ischemic preconditioning does not improve time trial performance in recreational runners. **International journal of exercise science**, v. 13, n. 6, p. 1402–1417, 2020.

MURRY, C. E.; JENNINGS, R. B.; REIMER, K. A. Preconditioning with ischemia: a delay of lethal cell injury in ischemic myocardium. **Circulation**, v. 74, n. 5, p. 1124–1136, 1986.

NELSON, C. R. et al. The acute effects of ischemic preconditioning on short-duration cycling: A randomized crossover study. **International journal of exercise science**, v. 16, n. 6, p. 148–158, 2023.

NOGUEIRA COELHO, O. et al. Acute effect of ischemic preconditioning with different pressures on training volume, work, and fatigue index in an upper limb session. **Retos digital**, v. 56, p. 531–537, 2024.

PANZA, P. et al. Ischemic preconditioning promotes post-exercise hypotension in a session of resistance exercise in normotensive trained individuals. **International journal of environmental research and public health**, v. 17, n. 1, p. 78, 2019.

PARADIS-DESCHÊNES, P. et al. Ischemic preconditioning enhances aerobic adaptations to sprint-interval training in athletes without altering systemic hypoxic signaling and immune function. **Frontiers in sports and active living**, v. 2, 2020a.

PARADIS-DESCHÊNES, P. et al. Similar recovery of maximal cycling performance after ischemic preconditioning, neuromuscular electrical stimulation or active recovery in endurance athletes. **Journal of sports science & medicine**, v. 19, n. 4, p. 761–771, 2020b.

PAULL, E. J.; VAN GUILDER, G. P. Remote ischemic preconditioning increases accumulated oxygen deficit in middle-distance runners. **Journal of applied physiology (Bethesda, Md.: 1985)**, v. 126, n. 5, p. 1193–1203, 2019.

PEDEN, D. L. et al. Ischaemic preconditioning blunts exercise-induced mitochondrial dysfunction, speeds oxygen uptake kinetics but does not alter severe-intensity exercise capacity. **Experimental physiology**, v. 107, n. 11, p. 1241–1254, 2022.

RICHARD, P.; BILLAUT, F. Time-trial performance in elite speed skaters after remote ischemic preconditioning. **International journal of sports physiology and performance**, v. 13, n. 10, p. 1308–1316, 2018.

RODRIGUES, A. L. et al. Ischemic preconditioning improves the bench-press maximal strength in resistance-trained men. **International journal of exercise science**, v. 16, n. 4, p. 217–229, 2023.

SALCINOVIC, B. et al. Factors influencing team performance: What can support teams in high-performance sport learn from other industries? A systematic scoping review. **Sports medicine - open**, v. 8, n. 1, p. 25, 2022.

SANTANA, V. J. DE et al. The influence of ischemic preconditioning on neuromuscular performance. **Revista brasileira de medicina do esporte**, v. 27, n. 2, p. 207–211, 2021.

SANTOS CERQUEIRA, M. et al. Effects of individualized ischemic preconditioning on protection against eccentric exercise-induced muscle damage: A randomized controlled trial. **Sports health**, v. 13, n. 6, p. 554–564, 2021.

SLYSZ, J. T. et al. An examination of individual responses to ischemic preconditioning and the effect of repeated ischemic preconditioning on cycling performance. **European journal of sport science: EJSS: official journal of the European College of Sport Science**, v. 20, n. 5, p. 633–640, 2020.

SLYSZ, J. T.; BURR, J. F. Impact of 8 weeks of repeated ischemic preconditioning on running performance. **European journal of applied physiology**, v. 119, n. 6, p. 1431–1437, 2019.

SLYSZ, J. T.; BURR, J. F. Ischemic preconditioning: Modulating pain sensitivity and exercise performance. **Frontiers in physiology**, v. 12, p. 696488, 2021.

TELLES, L. G. et al. Ischemic preconditioning with high and low pressure enhances maximum strength and modulates heart rate variability. **International journal of environmental research and public health**, v. 19, n. 13, p. 7655, 2022.

THOMPSON, K. M. A. et al. Ischemic pre-conditioning does not influence maximal sprint acceleration performance. **International journal of sports physiology and performance**, p. 1–16, 2018.

TSURUBAMI, R. et al. Warm-up intensity and time course effects on jump performance. **Journal of sports science & medicine**, v. 19, n. 4, p. 714–720, 2020.

TURNES, T. et al. Impact of ischaemia–reperfusion cycles during ischaemic preconditioning on 2000-m rowing ergometer performance. **European journal of applied physiology**, v. 118, n. 8, p. 1599–1607, 2018.

VALENZUELA, P. L. et al. Ischemic preconditioning and muscle force capabilities. **Journal of strength and conditioning research**, v. 35, n. 8, p. 2187–2192, 2021.

WIGGINS, C. C. et al. Ischemic preconditioning, O₂ kinetics, and performance in normoxia and hypoxia. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 51, n. 5, p. 900–911, 2019.