



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE FISIOTERAPIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA



HALEKSON BARBOSA DE FREITAS

**Efeitos do Pré-Condicionamento Isquêmico (PCI) Sobre Composição Corporal,
Variáveis Neuromusculares e Bioquímicas em Atletas Paralímpicos em Período de
Destreinamento**

João Pessoa - PB
2024

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

F866e Freitas, Halekson Barbosa de.

"Efeitos do Pré-Condicionamento Isquêmico (PCI)
Sobre composição corporal, variáveis neuromusculares e
bioquímicas em atletas paralímpicos em período de
destreinamento" / Halekson Barbosa de Freitas. - João
Pessoa, 2024.

60 f. : il.

Orientação: Heleodório Honorato dos Santos.

Coorientação: Alexandre Sérgio Silva.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCS.

1. Isquemia - Atletas paralímpicos. 2. Reperusão.
3. Força Muscular. I. Santos, Heleodório Honorato dos.
II. Silva, Alexandre Sérgio. III. Título.

UFPB/BC

CDU 616-005.4 (043)

HALEKSON BARBOSA DE FREITAS

**Efeitos do Pré-Condicionamento Isquêmico (PCI) Sobre Composição Corporal,
Variáveis Neuromusculares e Bioquímicas em Atletas Paralímpicos em Período de
Destreinamento**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia (PPG-Fis) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

Área de Concentração: Avaliação e Intervenção em Fisioterapia na Funcionalidade Humana

Orientador: Prof. Dr. Heleodório Honorato dos Santos

Coorientador: Prof. Dr. Alexandre Sérgio Silva

**João Pessoa - PB
2024**

A Dissertação: **Efeitos do Pré-Condicionamento Isquêmico (PCI) Sobre Composição Corporal, Variáveis Neuromusculares e Bioquímicas em Atletas Paralímpicos em Período de Destreinamento**, elaborada por **Halekson Barbosa de Freitas**, foi julgada pelos membros da Comissão Examinadora e aprovada para obtenção do título de **Mestre em Fisioterapia** na Área de Concentração Avaliação e Intervenção em Fisioterapia na Funcionalidade Humana.

João Pessoa, 28 de Fevereiro de 2024

BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. Heleodório Honorato dos Santos
(Orientador – UFPB)



Prof. Dr. José Jamacy Almeida Ferreira
(Membro Interno – UFPB)



Prof. Dr. Luís Felipe Castelli Correia de Campos
(Membro Externo – Universidad Del Bio/Chile)

DEDICATÓRIA

À Deus, pois sem sombra de dúvida, foi quem guiou meus passos até aqui;

Ao meu pai, Aderson Barbosa de Freitas e minha mãe, Helena Maria B. de Freitas, que são minhas referências;

Aos meus irmãos com suas palavras sempre sábias;

À minha esposa, Fernanda Maria da Silva Aragão de Freitas, que sempre me apoiou desde o início;

Aos meus filhos, que são fontes inspiradoras;

À minha Tia Elenilte de Sousa Barbosa, pelo apoio;

Ao meu Tio Heliomar de Sousa Barbosa, que descansa na casa do pai

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Heleodório Honorato dos Santos;

Ao meu coorientador Prof. Dr. Alexandre Sérgio Silva;

Aos colegas de curso, professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em fisioterapia da UFPB, pela convivência e auxílio durante o curso;

À Confederação Brasileira de Desportos de Deficientes Visuais - CBDV, pelo apoio;

Ao coordenador do Centro de referência (João Pessoa-PB) do Comitê Paralímpico Brasileiro, Prof. Fábio Luís Ribeiro de Vasconcelos, pelo apoio e compreensão;

Ao Gustavo da Silva Félix, pela colaboração;

À Ana Carolina Freitas Meireles, pela colaboração;

Ao Mateus D. Ribeiro, pela colaboração;

À Lidiane Toscano, pela colaboração;

Ao Dyogo Dornelas, pela colaboração;

À Milena Moura Medeiros;

À todos, muito obrigado!

RESUMO

Introdução: Estudos têm indicado que impor isquemia aos músculos esqueléticos, antes ou durante a realização de exercícios, induz a adaptações agudas e crônicas que melhoram o desempenho físico. O pré-condicionamento isquêmico (PCI) é uma das formas de impor esta isquemia, alternando oclusão vascular completa e reperfusão antes do exercício, a fim de pré-condicionar funções fisiológicas variadas. No contexto esportivo, existem momentos em que o atleta interrompe suas atividades físicas, com consequente redução de força e massa muscular. Sendo assim, surge a hipótese de que o PCI poderá diminuir esses efeitos do destreinamento, acelerando o processo de retorno do atleta às suas atividades esportivas. **Objetivo:** Avaliar os efeitos do PCI sobre as variáveis neuromusculares, bioquímicas (CK, MDA e CAT) e composição corporal em atletas paralímpicos, submetidos a duas semanas de descontinuidade das cargas de treinamento. **Materiais e Métodos:** A amostra foi composta por 19 atletas adultos jovens ($29,4 \pm 7,9$ anos; $1,7 \pm 0,1$ m; $79,4 \pm 14,2$ kg e IMC de $27,0 \pm 5,2$ kg/m²), de ambos os sexos, que disputam competições em nível nacional e internacional, em suas modalidades, sendo dividida, de forma aleatória, em 2 grupos: grupo PCI (GPCI: n = 9), e controle (GC: n = 10). O GPCI foi submetido a duas semanas de PCI duas vezes ao dia (20 sessões) e, ambos os grupos, foram avaliados pré e pós intervenção, quanto à: composição corporal, força de flexores e extensores dos joelhos, força explosiva (salto vertical), EMG e marcadores bioquímicos (CK, MDA e CAT). Os dados foram analisados no *Statistical Package for the Social Science* (SPSS – 25.0). Inicialmente, foram verificadas a normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e a homogeneidade das variâncias (teste de Levene), seguido dos testes t *Student* (pareado) ou *Wilcoxon* para analisar os efeitos pré e pós intervenção e dos testes t *Student* (independente) ou *Mann-Whitney* para análise intergrupos, adotando-se um nível de significância de $P \leq 0,05$, em todas as análises. **Resultados:** Houve diminuição na massa gorda total (MGT) no GPCI na composição corporal (massa gorda e massa magra), pré *versus* pós-intervenção. Já na força explosiva de membros inferiores foram observados aumentos significantes ($P < 0,05$), no movimento de extensão do joelho esquerdo, em ambos os grupos. Para as variáveis eletromiográficas, quando comparado pré e pós, observou-se aumento na amplitude do sinal EMG, nos músculos isquiotibiais esquerdo, em ambos os grupos, além de uma diminuição da atividade EMG no músculo quadríceps direito, do grupo controle. As correlações se demonstraram de moderadas a fracas (joelhos *versus* força explosiva de membros inferiores) e força extensora e flexora dos joelhos *versus* EMG. Na análise, pré *versus* pós intervenção, não foram observadas diferenças significantes ($P > 0,05$), tanto no grupo GPCI, quanto no GC, em nenhuma das variáveis bioquímicas analisadas (CK, MDA, CAT). **Conclusão:** De modo geral, o protocolo de PCI utilizado, não surtiu efeito sobre o período de destreinamento, avaliados pela força explosiva (salto vertical), força isométrica e sinal eletromiográfico (EMG) de extensores e flexores dos joelhos, em atletas paralímpicos.

Palavras-chave: Isquemia. Reperfusão. Força Muscular. Biomarcadores.

ABSTRACT

Introduction: Studies have indicated that imposing ischemia on skeletal muscles before or during exercise induces acute and chronic adaptations that enhance physical performance. Ischemic preconditioning (IPC) is one of the ways to impose this ischemia, alternating complete vascular occlusion and reperfusion before exercise, in order to precondition varied physiological functions. In the sports context, there are times when athletes interrupt their physical activities, with a consequent reduction in strength and muscle mass. Therefore, the hypothesis arises that the IPC could reduce these effects of detraining, accelerating the process of the athlete returning to their sports activities. **Objective:** To evaluate the effects of IPC on neuromuscular (strength, trophism, and EMG) and biochemical (CK, MDA, and TAC) variables in Paralympic athletes undergoing periods of discontinuity in training loads. **Materials and Methods:** The sample consisted of 19 young adult athletes (29.4 ± 7.9 years of age, 1.7 ± 0.1 m, 79.4 ± 14.2 kg and BMI of 27.0 ± 5.2 kg/m²), of both sexes, who compete in competitions at national level and international level, in their modalities, being randomly divided into 2 groups: IPC group (IPCG group: $n = 9$) and control (CG: $n = 10$). The IPCG spent two weeks of IPC twice a day (20 sessions) and both groups were evaluated pre and post intervention regarding: body composition, knee flexor and extensor strength, explosive strength (vertical jump), EMG and biochemical markers (CK, MDA and CT scan). Data were analyzed using the Statistical Package for the Social Science (SPSS – 20.0). Initially, normality (Shapiro-Wilk test) and homogeneity of variances (Levene's test) were checked, followed by the t Student (paired) or Wilcoxon tests to analyze the pre- and post-intervention effects and the Student t tests (independent) or Mann-Whitney for intergroup analysis, adopting a significance level of $P \leq 0.05$ in all analyses. **Results:** There was a decrease in total fat mass (MGT) in IPGC in body composition (fat mass and lean mass), pre versus post-intervention. In the explosive strength of the lower limbs, significant increases ($P < 0.05$) were observed in the extension movement of the left knee in both groups. For electromyographic variables, when comparing pre and post, an increase in the amplitude of the EMG signal was observed in the left hamstring muscles in both groups, in addition to a decrease in EMG activity in the right quadriceps muscle, in the control group. The correlations were moderate to weak (knees versus explosive strength of the lower limbs) and knee extensor and flexor strength versus EMG. In the analysis, pre versus post intervention, no significant differences were observed ($P > 0.05$), both in the experimental group and in the control group, in any of the biochemical variables analyzed (CK, MDA, TAC). **Conclusion:** In general, the ICP protocol used had no effect on the detraining period, assessed by explosive strength (vertical jump), isometric strength and electromyographic (EMG) signal of knee extensors and flexors, in Paralympic athletes.

Keywords: Ischemia. Reperfusion, Muscle Strength. Biomarkers.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma da amostra.....	21
Figura 2 - Desenho do Estudo.....	23
Figura 3 - Mensuração da pressão de oclusão arterial (POA).....	24
Figura 4 - Avaliação da composição corporal.....	25
Figura 5 - Medidas de Extensores (A) e Flexores do Joelho (B).....	26
Figura 6 - <i>Squat Jump</i> com contramovimento.....	27
Figura 7 - Posição dos elétrodos para captura do sinal eletromiográfico.....	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação das médias da análise de composição corporal pré <i>versus</i> pós-intervenção, no grupo experimental e controle.....	34
Tabela 2 – Comparação das médias da força isométrica extensora e flexora dos joelhos, pré <i>versus</i> pós-intervenção, no grupo experimental e controle.....	35
Tabela 3 – Comparação das médias do EMG dos extensores e flexores dos joelhos, pré <i>versus</i> pós-intervenção, no grupo experimental e controle.....	35
Tabela 4 - Correlação entre força extensora dos joelhos <i>versus</i> força explosiva de membros inferiores pré e pós-intervenção, no grupo experimental e controle.....	36
Tabela 5 - Correlações entre força extensora dos joelho <i>versus</i> EMG, pré e pós-intervenção, no grupo experimental e controle.....	36
Tabela 6 - Comparação das médias da análise bioquímica (CK, MDA e CAT), pré <i>versus</i> pós-intervenção, no grupo experimental e controle.....	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAO	Atividade Antioxidante
AST	Área de Secção Transversa
CAT	Capacidade Antioxidante Total
CIVM	Contração Isométrica Voluntária Máxima
CK	Creatina Quinase
DAP	Doença Arterial Periférica
DXA	Densitometria de Duplo Raio X
EMG	Eletromiograma
ITB	Índice Tornozelo Braquial
LCA	Ligamento Cruzado Anterior
MC	Massa Corporal
MG	Massa Gorda
MDA	Malondialdeído
MM	Massa Magra
MMII	Membros Inferiores
mmHg	Milímetros de Mercúrio
mTOR	Proteína alvo da rapamicina em mamíferos
NOS-1	Óxido Nítrico Sintase-1
O₂	Oxigênio
PCI	Pré-Condicionamento Isquêmico
POA	Pressão de Oclusão Arterial
PAS	Pressão Arterial Sistólica
RFS	Restrição de Fluxo Sanguíneo
RM	Repetições Máximas
RNM	Ressonância Nuclear Magnética
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

SUMÁRIO

1	JUSTIFICATIVA.....	13
2	OBJETIVOS.....	14
2.1	Geral.....	14
2.2	Específicos.....	14
3	HÍPOTETES.....	15
4	REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
4.1	Pré-Condicionamento Isquêmico (PCI).....	15
4.2	Restrição de Fluxo Sanguíneo (RFS).....	17
5	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	20
5.1	Caracterização da Pesquisa.....	20
5.2	População e Amostra.....	20
5.3	Cálculo Amostral.....	20
5.4	Crítérios de Inclusão e Exclusão.....	20
5.5	Aspectos Éticos.....	22
5.6	Variáveis do Estudo.....	22
5.7	Desenho do Estudo.....	23
5.8	Protocolo de Pré-Condicionamento Isquêmico (PCI).....	24
5.8.1	Composição Corporal.....	25
5.8.2	Dinamometria de Extensores e Flexores do Joelho.....	25
5.8.3	Força Explosiva dos MMII.....	26
5.8.4	Eletromiografia.....	27
5.8.5	Marcadores Bioquímicos de Dano Muscular e Estresse Oxidativo.....	28
5.8.5.1	Avaliação da Atividade Sérica de Creatina Quinase (CK).....	28
5.8.5.2	Análise da Capacidade Antioxidante Total (CAT).....	29
5.8.5.3	Malondialdeído.....	29
5.8.6	Índice Tornozelo Braquial (ITB).....	29
5.9	Tratamento Estatístico.....	31
6	RESULTADOS.....	32
6.1	Força Explosiva e Dinamometria.....	32
6.2	Bioquímica.....	35
7	DISCUSSÃO.....	35
8	CONCLUSÃO.....	38

	REFERÊNCIAS.....	39
	APÊNDICES.....	44
	Apêndice A - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).....	44
	ANEXOS.....	46
	Anexo A - Parecer Consubstanciado do CEP/CCS/UFPB.....	47
	Anexo B - Comprovante de Submissão do Manuscrito.....	48
	Anexo C - Manuscrito Submetido.....	49

1 – JUSTIFICATIVA

O Pré- Condicionamento Isquêmico (PCI) é um método que consiste em períodos ou ciclos (geralmente, 3 ou 4 x 5 min) de isquemia, seguidos de períodos de reperusão de igual duração (Cunniffe *et al.*, 2015). Essa exposição a breves períodos de oclusão circulatória e reperusão serve para proteger órgãos locais ou sistêmicos contra subseqüentes lesões de isquemia-reperusão (Loukogeorgakis *et al.*, 2005). Desde a descoberta deste fenômeno, em 1986, a pesquisa se concentrou, principalmente, na utilidade clínica do PCI, tanto na proteção contra danos aos órgãos e lesão celular, como durante infarto do miocárdio ou períodos perioperatórios (Candilio *et al.*, 2015).

Nos últimos anos o PCI tem sido investigado também na área esportiva, onde já tem demonstrado ser capaz de atenuar a depleção de ATP, glicogênio e produção de lactato durante isquemia prolongada (Incognito; Burr; Millar, 2016). Além disso, o PCI pode melhorar o fluxo sanguíneo dos músculos esqueléticos induzindo-os a vasodilatação, aumentando a simpatólise funcional e preservando o endotélio e função microvascular durante o estresse (Incognito; Burr; Millar, 2016). Com base nessas descobertas, o PCI atraiu o interesse de pesquisadores como uma nova intervenção capaz de melhorar a performance durante o exercício.

Outros estudos também investigaram o efeito do PCI no exercício de resistência, treinamento intervalado de alta intensidade e exercícios isométricos, nos quais, ele foi capaz de promover melhorias agudas na força muscular e condicionamento aeróbio em homens e mulheres (Telles *et al.*, 2022). Isso, segundo Tapuria *et al.* (2008), provavelmente, se dá pelo fato de que as adaptações moleculares e vasculares agudas podem promover uma vasodilatação local, aumentar o fluxo sanguíneo e, finalmente, melhorar a entrega de oxigênio (O₂), otimizando o desempenho em vários tipos de exercício.

Já no contexto fisioterapêutico, o PCI tem se mostrado de peculiar interesse porque pode impedir ou minimizar a atrofia muscular por desuso em pacientes acometidos por lesões. Desse modo, Zargi *et al.* (2016), verificaram que o PCI seguido de exercício de extensão do joelho, de baixa carga, foi capaz de atenuar a perda de volume, força e função do músculo quadríceps femoral, após a reconstrução do LCA.

Apesar destes evidentes benefícios do PCI, a questão problema do presente estudo se dá pelo fato de que, no contexto esportivo, existem momentos em que o atleta interrompe suas atividades físicas em virtude de períodos transitórios de treinamento, com consequente redução de força e massa muscular.

O destreinamento é a perda parcial ou completa das adaptações induzidas pelo treinamento físico devido a uma redução ou cessação na frequência, intensidade ou duração do exercício (Mujika; Padilla, 2000). Apenas 2 semanas de redução da atividade física pode induzir eventos catabólicos no músculo esquelético, resultando em diminuição da massa muscular (Breen *et al.*, 2013). A meia-vida relativamente curta de proteínas mitocondriais (~1 semana) (Hood, 2001) podem causar diminuições na função e capacidade mitocondrial após um curto período de destreinamento. Da mesma forma, ocorre diminuição na capacidade oxidativa muscular (COYLE *et al.*, 1985; Gjøvaag; Dahl, 2008) e reduções nas atividades enzimáticas mitocondriais (COYLE *et al.*, 1985; Wibom *et al.*, 1992) foram encontrados após alguns dias/semanas de interrupção do treinamento.

Dessa forma, estudar o PCI se justifica tanto do ponto de vista teórico–científico, quanto do ponto de vista da prática fisioterapêutica, uma vez que a regressão das capacidades físicas como resultado da interrupção de um programa de treinamento é algo óbvio. A questão passível de investigação é o tempo demandado para esta regressão. Portanto, a importância deste trabalho se insere na perspectiva que o PCI possa minimizar os efeitos do destreinamento, além do mais, até o presente momento não foram encontrados na literatura, estudos testando a hipótese de que algum protocolo de PCI promova inibição da atrofia muscular em atletas em período de destreinamento.

2 - OBJETIVOS

2.1 - Geral

Avaliar os efeitos do PCI sobre a composição corporal, variáveis neuromusculares e bioquímicas em atletas submetidos a períodos de descontinuidade das cargas de treinamento.

2.2 – Específicos

- Mensurar as variáveis de composição corporal (MMT, MMD, MME, MGT, MGD, MGE), em atletas submetidos a períodos de descontinuidade das cargas de treinamento com e sem utilização do PCI;
- Quantificar a força isométrica e a massa muscular do quadríceps (reto femoral, vasto medial e vasto lateral) e isquiotibiais (bíceps femoral e semitendinoso), em atletas submetidos a períodos de descontinuidade das cargas de treinamento com e sem utilização do PCI;
- Determinar as possíveis alterações no sinal eletromiográfico (EMG) de extensores (reto femoral, vasto medial e vasto lateral) e flexores (bíceps femoral e semitendinoso) do

joelho em atletas submetidos a períodos de descontinuidade das cargas de treinamento com e sem utilização do PCI;

- Analisar a evolução de fatores bioquímicos (CK, MDA e CAT) em atletas submetidos a períodos de descontinuidade das cargas de treinamento com e sem utilização do PCI;

- Correlacionar o efeito do PCI, sobre as variáveis neuromusculares (força isométrica, força explosiva e EMG).

3 - HIPÓTESES

H0: O PCI não promove alterações na composição corporal (MMT, MMD, MME, MGT, MGD, MGE), nas variáveis neuromusculares (força isométrica, força explosiva, trofismo e EMG) e bioquímicas (marcadores de estresse oxidativo e dano muscular) em atletas submetidos a períodos de descontinuidade das cargas de treinamento;

H1: O PCI promove alterações na composição corporal (MMT, MMD, MME, MGT, MGD, MGE), nas variáveis neuromusculares (força isométrica, força explosiva, trofismo e EMG) e bioquímicas (marcadores de estresse oxidativo e dano muscular) em atletas submetidos a períodos de descontinuidade das cargas de treinamento.

4 - REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 - Pré-Condicionamento Isquêmico (PCI)

É um método que alterna períodos transitórios de oclusão vascular completa e reperusão por meio da aplicação de torniquete pneumático na região proximal dos membros superiores ou inferiores, em repouso, antes do exercício, que promove ação ergogênica para recuperação músculo-esquelética e desempenho esportivo (Telles *et al.*, 2022).

Sabe-se que a isquemia e reperusão muscular induzidas pelo PCI pode melhorar o desempenho em diversas atividades. Em um estudo realizado com 10 homens treinados, foram verificados os efeitos do PCI na hemodinâmica muscular e na captação de O₂ durante contrações máximas repetidas. Os indivíduos realizaram 5 x 5 contrações voluntárias máximas de extensão do joelho direito, em um dinamômetro isocinético, precedidas por PCI (3 x 5 ciclos de compressão; 5 min./reperusão a 200 mm Hg) e grupo controle (20 mm Hg).

O estudo constatou aumento do volume sanguíneo muscular, em repouso; da força e da captação de O₂, durante o exercício (Paradis-Deschênes; Joannis; Billaut, 2016).

Em outro estudo, agora investigando os efeitos do PCI combinado com o treinamento de resistência, 16 homens foram divididos em dois grupos (PCI e GC) e treinaram 2 vezes por semana, durante 6 semanas. Os protocolos de PCI consistiram em 4 ciclos de 5 minutos (PCI/GC: 250 e 10 mmHg, respectivamente) intercalados com 5 minutos de reperfusão (sem pressão) alternados em cada membro inferior (MI). Trinta minutos após o protocolo de PCI, os participantes realizaram 4 séries, até a falha concêntrica, a 75% de uma repetição máxima (1RM), na extensão do joelho. A área de secção transversa (AST) medida por ultrassom, e 1RM foram avaliados no início e 72 horas após a última sessão de treinamento. Os resultados mostraram que a média do número de repetições foi maior no grupo PCI em comparação com o GC, mas a AST muscular não mudou em nenhum dos grupos após o período de intervenção (Carvalho; Barroso, 2020).

O PCI é um método atraente para atletas devido ao seu potencial de melhorar o desempenho do exercício, porém se estes benefícios aumentam o rendimento esportivo, é algo ainda pouco esclarecido. Em uma revisão sistemática, com meta-análise, Caru *et al.* (2019), analisaram 52 estudos de alta qualidade, sendo 48 deles com desenho aleatorizado e controlado. A maioria dos estudos mostrou que a intervenção do PCI pode ser benéfica para o desempenho do exercício, no entanto, a intervenção parece responder mais em indivíduos saudáveis que desejam aumentar seu desempenho em exercícios aeróbios, em comparação com atletas.

Dos estudos selecionados para esta meta-análise, os seguintes apresentaram efeitos positivos: Salagas *et al.* (2011), verificaram aumento do metabolismo celular, contribuindo para a recuperação após o exercício; Barbosa *et al.* (2015) observaram retardo na fadiga e aumento no desempenho do exercício; Beaven *et al.* (2012), constataram melhora na recuperação do esforço máximo realizado imediatamente após o tratamento e 24 horas depois, além melhora na força concêntrica e excêntrica no salto contra movimento e saltos de agachamento e, por fim, o estudo de Franz *et al.* (2018), que ao investigar a realização do PCI antes do exercício excêntrico, observou uma redução do dano muscular por meio da diminuição da CK. Dezenove homens saudáveis foram pareados para um grupo de exercício excêntrico seguido por PCI (GPCI+EE) e o grupo controle que realizou, apenas, exercício excêntrico (GEE). O protocolo de exercícios consistiu em rosca bíceps bilateral (3 repetições de 10 a 80% da repetição máxima concêntrica). No grupo PCI+EE, o pré-condicionamento foi aplicado, bilateralmente, na parte superior do braço por meio de um torniquete (200 mm Hg),

imediatamente antes do exercício (3 a 5 min. de oclusão, separados por 5 min de reperfusão). A CK foi avaliada antes do PCI, pré-exercício, pós-exercício, 20 min, 2 h, 24 h, 48 h, e 72 horas pós-exercício, e observou-se que, após 24, 48 e 72 horas, a CK estava aumentada no GEE comparado ao PCI+EE.

Por outro lado, outros estudos como o de Clevidence, Mowery e Kushnick (2012), que analisou 12 ciclistas, saudáveis, do sexo masculino, que participaram de 2 testes de desempenho, no qual, os sujeitos pedalarão em intensidades sucessivas de 30, 50 e 70% de sua potência máxima por 5 min., cada. O tratamento com PCI consistiu na pressão de 220 mmHg, aplicada por um manguito na porção proximal de ambas as coxas, por períodos de 3,5 minutos separados por 5 minutos de descanso. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos (Controle versus PCI), no desempenho, consumo máximo e médio de oxigênio, frequência cardíaca, ventilação e relação de troca respiratória. O mesmo aconteceu no estudo de Garcia *et al.* (2017), em que foi avaliado o impacto do PCI nas classificações de desempenho e recuperação após uma partida simulada em jogadores de rugby. Ademais, outro estudo realizado por Seeger *et al.* (2017), o PCI também não apresentou diferença estatística sobre o desempenho quando administrado, uma ou 24 horas antes do exercício de corrida de 5 quilômetros contra-relógio, que foi associada a uma menor produção de lactato.

4.2 - Restrição de Fluxo Sanguíneo (RFS)

A restrição de fluxo sanguíneo (RFS) promove um importante estresse metabólico, no qual vários mecanismos intercelulares fazem os músculos responder a este estresse ativando vários sinalizadores de hipertrofia muscular (Pearson; Hussain, 2015), como a via mTOR, proteínas de choque térmico, óxido nítrico sintase-1 (NOS-1) e miostatina (Loenneke; Wilson; Wilson, 2010).

A literatura mostra que os primeiros estudos a demonstrar aumento de força e hipertrofia, foram publicados a partir do ano 2000. Takarada, Takazawa e Ishii (2000), adotaram um protocolo com flexão de cotovelo ocluída a 110 mmHg e intensidade entre 30 e 50% de 1RM, em 24 mulheres que treinaram por 16 semanas, enquanto o grupo controle treinou com carga de 50% a 80% de 1 RM, sem RFS. A atividade eletromiográfica, hiperemia pós-exercício e concentração de lactato plasmático se elevaram, concomitante ao aumento da RFS. Aumentos percentuais na área de secção transversa (AST) e na força isocinética dos músculos flexores do cotovelo também foram maiores no grupo que realizou exercícios com RFS. Portanto, os resultados sugerem que o exercício resistido, quando combinado com RFS,

mesmo em uma intensidade menor que 50% de 1 RM, é eficaz no aumento de força e hipertrofia muscular.

Em outro estudo, 17 atletas de elite de *rugby*, altamente treinados, foram acompanhados durante 8 semanas de fortalecimento dos músculos extensores do joelho, combinados com RFS. Os atletas foram divididos em 3 grupos: G1 – carga de 80% de 1 RM, sem RFS; G2 – carga de 50% de 1 RM, com pressão de RFS de 200mmHg e; G3 – que também usou 50% de 1RM, mas sem RFS. Os dados mostraram que este último grupo (G3) não apresentou qualquer alteração de força e hipertrofia, mas o grupo que treinou com 50% de 1RM + RFS (G2), obteve tanto aumento de força isocinética quanto de trofismo, similar ao que treinou com 80% de 1RM sem RFS: G1 (Takarada; Sato; Ishii, 2002).

Posteriormente, outras pesquisas foram surgindo confirmando o efeito da RFS associado ao treinamento com baixa carga no ganho de força e hipertrofia muscular. Thiebaud *et al.* (2013), realizaram um estudo com mulheres na pós-menopausa, durante 8 semanas (3 sessões/semana), usando resistência com banda elástica, submetendo-as aos exercícios de: supino reto sentado, remada sentada e desenvolvimento de ombro. Os principais achados foram que o treinamento com banda elástica de moderada a alta intensidade, sem RFS, comparados ao treinamento com banda elástica de baixa intensidade com a RFS resultaram em aumentos semelhantes na força e na hipertrofia muscular.

Outro estudo analisou o efeito do treinamento de caminhada associada à RFS em músculos distais de membros inferiores (MMII), comparado a músculos proximais e músculos do tronco sem a RFS. Um grupo de 9 homens realizou treinamento de caminhada com a RFS. Já o outro grupo (n = 8), realizou apenas o treinamento de caminhada. Os treinamentos, para ambos os grupos foram realizados duas vezes ao dia, 6 dias / semana, durante 3 semanas, usando 5 séries de 2 minutos (velocidade da esteira a 50m/min), com 1 minuto de descanso, entre as séries. Após o treinamento de caminhada com RFS, o volume muscular foi medido por ressonância nuclear magnética (RNM) e os resultados mostraram que a combinação da RFS provocou hipertrofia, apenas nos músculos distais dos membros inferiores (Sakamaki; Bemben; Abe, 2011).

Desde os primeiros estudos até as duas décadas seguintes, um razoável número de pesquisas sobre a RFS foi realizado, e como consequência, surgiram algumas revisões e metanálises que confirmaram o estado da arte sobre este fenômeno, corroborando a eficácia da RFS no ganho de força e massa muscular. Em sua metanálise, Cant *et al.* (2020), revelaram que a RFS combinada com exercício de baixa carga pode ser uma opção útil para pacientes com dor femoropatelar ou osteoartrite nos joelhos, no qual o programa convencional de

fortalecimento do quadríceps exacerba os sintomas na articulação. Em outra revisão sistemática (Slysz; Stultz; Burr, 2016), também com meta-análise, 400 participantes foram incluídos em 19 diferentes estudos que mediram o ganho de força muscular após a combinação de exercícios com a RFS e revelou que, tanto o exercício resistido, quanto o aeróbio tiveram respostas satisfatórias para o aumento da força e que 377 deles apresentaram hipertrofia muscular após medição da AST, embora tenham utilizado diferentes protocolos com volumes e intensidades de treino distintas.

Contudo, algumas possibilidades de risco no treinamento com RFS foram levantadas. Spranger *et al.* (2015), demonstraram que a RFS para o músculo em exercício envolve o reflexo pressor, que contribui, significativamente, para a resposta cardiovascular autonômica ao exercício. No entanto, a explicação desse mecanismo ainda está ausente na literatura científica. Diante do fato de que esse reflexo gerou aumentos exagerados na atividade do nervo simpático em pessoas acometidas por: hipertensão, insuficiência cardíaca e doença arterial periférica, surgindo a preocupação se o treinamento com RFS pode ser usado com segurança para a reabilitação de pacientes com doenças cardiovasculares. Crisafulli *et al.* (2018), em outro estudo, detalharam que a segurança da técnica permanece controversa, pois pode aumentar a pressão arterial sistólica média, como também causar acúmulo de metabólitos que pode dessensibilizar as terminações nervosas tipo III e IV, provocando a ativação do metaborreflexo muscular.

Mais recentemente, foi questionada a indicação da RFS em pacientes submetidos à cirurgia ortopédica devido ao risco elevado de tromboembolismo venoso. Sendo assim, Bond *et al.* (2019) sugeriram que, devido aos mecanismos patogênicos dos transtornos tromboembólicos, o uso limitado de um manguito largo e parcialmente ocluído durante o exercício resistido deve ser de baixo risco, e que a probabilidade de que a RFS cause, diretamente, um evento tromboembólico é remota.

Por outro lado, no contexto da fisioterapia, a redução da dor também tem sido demonstrada, após a aplicação de protocolos com RFS. No estudo de Korakakis, Whiteley e Giakas (2018), foram avaliados 40 homens, escolhidos aleatoriamente, aplicando RFS a 80% da oclusão vascular, realizando 4 séries de extensões de joelho, em cadeia cinética aberta. Após a sessão, a dor no joelho foi reduzida, significativamente, no grupo que fez a RFS, 4/10 numa escala de dor, durante um agachamento superficial e profundo, em comparação com um grupo que fez o mesmo protocolo de exercício, sem RFS.

A redução da dor induzida pela RFS pode indicar que, esta intervenção pode auxiliar na reabilitação na dor anterior do joelho, contudo, os autores ressaltaram que precisam de

mais estudos para esclarecer os mecanismos pelos quais o exercício com a RFS promoveu a analgesia.

Atualmente, o número de trabalhos publicados sobre a RFS já permitiu a elaboração de revisões sistemáticas e metanálises. Numa delas, Lixandrão *et al.* (2018), analisaram em 12 estudos, se a magnitude das adaptações musculares submetidas ao treinamento resistido de baixa carga com a RFS são semelhantes ao treinamento resistido convencional de alta carga. Os dados desta revisão indicaram que a força muscular máxima pode ser otimizada por métodos de treinamento específicos e que, tanto o treinamento convencional quanto o com RFS, parecem ser igualmente eficazes no aumento da massa muscular, em várias faixas etárias.

Onze outros estudos foram reunidos, em outra revisão sistemática, com meta-análise, realizada por Wengle *et al.* (2022), com objetivo de testar a eficácia do treinamento com RFS em pacientes submetidos à cirurgia de reconstrução de LCA e artroscopia do joelho. Os resultados demonstraram que o uso de RFS, no pós-operatório, pode levar a um aumento significativo na área de secção transversa (AST) dos músculos da coxa. Em 4 dos artigos incluídos nesta revisão (Hughes *et al.*, 2018; Iversen; Rostad; Larmo, 2016; Takarada; Takazawa; Ishii, 2000; Tennent *et al.*, 2017), houve aumento na força ao usar a RFS no pós-operatório. Por outro lado, em 2 estudos (Zargi *et al.*, 2016; Zargi *et al.*, 2018) com treinamento associado a RFS, no período pré-operatório, nenhum benefício clínico, significativo, foi demonstrado.

5 - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

5.1 - Caracterização da Pesquisa

Estudo clínico controlado e aleatorizado, que de acordo com Berwanger *et al.* (2006), a designação de participantes para o tratamento ou exposição encontra-se sob o controle do investigador, sendo designados de maneira aleatória para qualquer um dos grupos. Portanto, os grupos permanecem balanceados, tanto para características conhecidas quanto desconhecidas, de forma que a única diferença entre os grupos sejam as intervenções (experimental e controle), afastando a possibilidade de erros sistemáticos.

5.2 - População e Amostra

A amostra foi composta por 19 atletas adultos jovens ($29,4 \pm 7,9$ anos), de ambos os

sexos (14 homens e 5 mulheres), praticantes de Futebol de Cegos, *Goalball*, Natação, que disputam competições de nível nacional e/ou internacional, que foram divididos, de forma aleatória, em 2 grupos: grupo PCI (GPCI: n = 9), e o grupo controle (GC: n = 10).

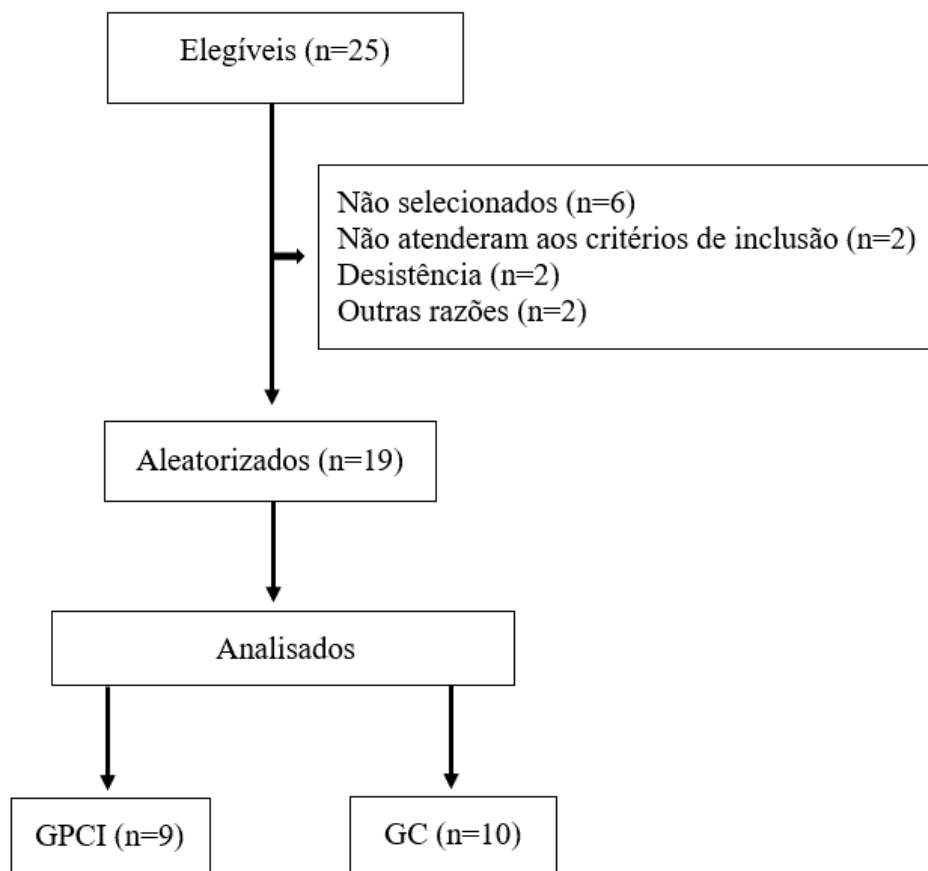
5.3 - Cálculo Amostral

O tamanho amostral estimado de 19 sujeitos para o presente estudo foi calculado usando o *software G*Power*, versão 3.1.9 (Universitat Kiel, Germany), com base no estudo de Tanaka *et al.* (2016) que investigou o impacto do PCI no tempo de extensão isométrica de joelho, até a exaustão. Um nível de significância bilateral de 0,05, uma correlação entre os grupos de 0,5 e um poder de 0,95 indicaram que seriam necessários este número de participantes.

5.4 - Critérios de Inclusão e Exclusão

Para participar do estudo os atletas deveriam pertencer as modalidades que demandam exercícios de MMII e que participassem de esportes paralímpicos desde que suas deficiências não envolvessem comprometimento de MMII. Os atletas deveriam: 1) estar em período transitório de, pelo menos, duas semanas entre o final de uma temporada e o início da temporada seguinte de treinamentos e competições e; 2) não ter sofrido lesão nos MMII ou interrompido o treino por qualquer outro motivo nos 4 meses antes do estudo; 3) Não ter usado suplementos durante o período do estudo.

Seriam excluídos do estudo os atletas que: 1) realizassem exercícios físicos que estimulasse o aumento da força e hipertrofia no período transitório, 2) faltassem pelo menos 3 sessões consecutivas ou descontinuadas; 3) Iniciassem condutas fisioterapêuticas durante o período do estudo; 4); que sentissem dor severa ao realizar o procedimento; 5) desistissem do estudo.

Figura 1 - Fluxograma da amostra

5.5 - Aspectos Éticos

O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba (CEP/CCS/UFPB) - Parecer do CEP nº 6.335.329; CAAE nº 71722623.7.0000.5188 e os atletas foram esclarecidos que para participar da pesquisa deveriam assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, conforme normas para pesquisas envolvendo seres humanos - Resolução nº 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde (CNS).

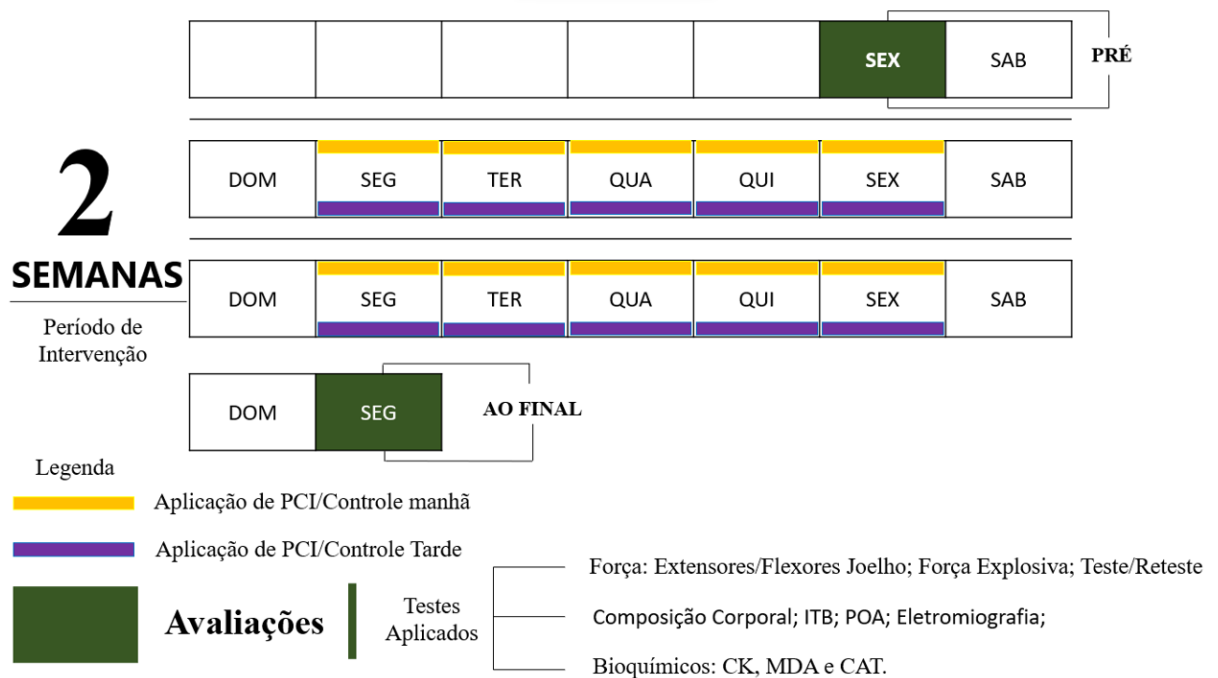
5.6 - Variáveis do Estudo

Variáveis Independentes	
•	Pré-condicionamento isquêmico (PCI)
Variáveis Dependentes	
▪	<i>Desfecho Primário</i>
⇒	Variável Morfológica: Composição corporal;
⇒	Variáveis Neuromusculares: Força muscular isométrica, trofismo e EMG.
▪	<i>Desfecho Secundário</i>
⇒	Variáveis Fisiológicas: Marcadores bioquímicos de dano muscular e estresse oxidativo.

5.7 – Desenho do Estudo

Ao entrar no período transitório os atletas foram aleatorizados para realizar sessões de PCI (sem exercícios de MMII) ou participar de um grupo controle. Antes e no final da intervenção (2 semanas), os atletas foram avaliados quanto a: 1 - composição corporal (Densitometria de duplo raio X - DXA) 2 - força isométrica de extensores e flexores de joelho (dinamometria) 3 - força explosiva (saltos com contramovimento) 4 - eletromiografia (reto femoral, vasto medial e vasto lateral) e flexores (bíceps femoral e semitendinoso) e, 5 - marcadores bioquímicos de estresse oxidativo (Malondialdeído - MDA; Capacidade Antioxidante Total - CAT) e dano muscular (Creatinaquinase - CK).

Figura 2 – Desenho do Estudo



Legenda: PCI = Pré-Condicionamento Isquêmico; ITB = Índice Tornozelo-braquial; POA = Pressão de oclusão arterial; CK = Creatina Quinase; MDA = Malondialdeído; CAT = Capacidade Antioxidante Total

5.8 - Protocolo de Pré-condicionamento isquêmico (PCI)

O protocolo de intervenção foi baseado no estudo de Lindner *et al.* (2021), modificado, no qual o grupo experimental (GPCI) realizou 3 séries, de 5 minutos de PCI, com 5 minutos de re-perfusão entre as séries, nos membros inferiores (total de 30 minutos), duas vezes por dia (manhã e tarde), de segunda à sexta-feira, durante duas semanas (20 sessões). Um kit *Scientific Leg* com manguito nas dimensões de 12,5 X 84 cm (Cardiomed – Brasil), foi usado para obstruir adequadamente o fluxo sanguíneo para a região distal dos membros inferiores. A oclusão foi realizada, durante o tratamento no GPCI e GC, com manguitos de pressão arterial aplicado em ambos os membros inferiores na região subinguinal da parte superior da coxa. A pressão foi estabelecida individualmente com 80% da POA, individual, durante a fase de oclusão e 0% durante a fase de reperfusão. Por outro lado, a pressão do GC foi estabelecida em 50 mmHg durante a fase de oclusão e 0 mmHg durante a fase de reperfusão.

Os participantes do GPCI e GC foram solicitados a anotar e comunicar, semanalmente, todas as atividades físicas realizadas ao longo dos dias que requeiram algum esforço físico (caminhadas, atividades domésticas e laborais).

Figura 3 – Mensuração da pressão de oclusão arterial (POA)



5.8.1 – Composição Corporal

A análise da massa corporal (MC), massa gorda (MG), massa muscular esquelética (MM), do corpo inteiro e segmentado por membros, foram realizadas no DXA (*Lunar Advance DF+ 13.4038 Radiation; GE Lunar Corporation – USA*), e os dados foram analisados por um mesmo pesquisador experiente.

Os resultados da avaliação do DXA foram obtidos por meio de um “scan” de corpo inteiro (Figura 3). Os atletas foram orientados a ficar descalços e vestidos com short e camiseta; posicionados em decúbito dorsal, sobre a mesa do equipamento, mantendo os braços ao longo do corpo, sem fazer uso de qualquer tipo de material metálico (Lahav; Goldstein; Gepner, 2021).

Figura 4 – Avaliação da composição corporal

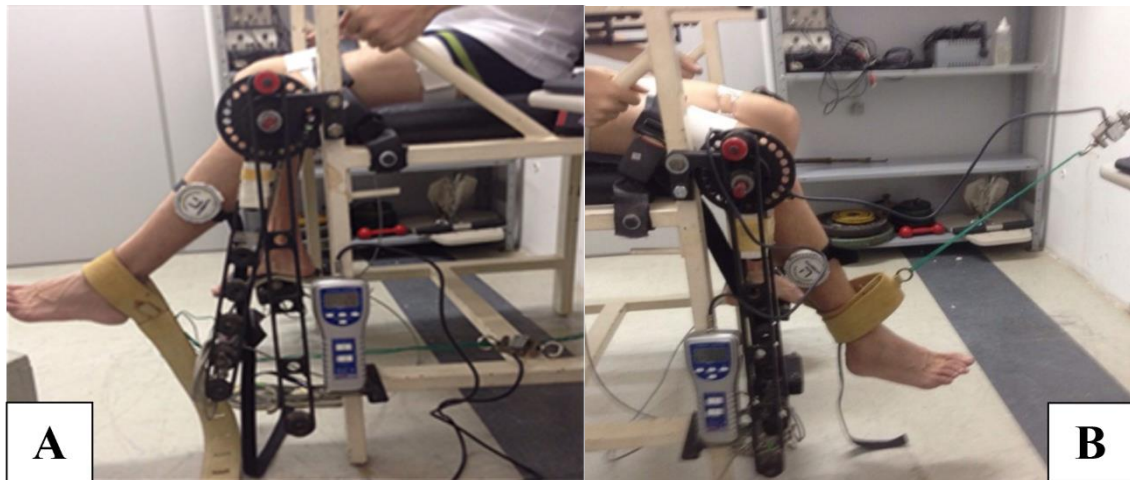


5.8.2 – Dinamometria de Extensores e Flexores do Joelho

Os participantes realizaram, inicialmente, um aquecimento durante 5 minutos em bicicleta ergométrica, na velocidade de 20 km/h, seguido do teste da força isométrica dos flexores e extensores dos joelhos. Para tal, os sujeitos, se posicionaram sentados, com quadril flexionado a 110° , mantendo o joelho avaliado num ângulo de 60° para os extensores e de 30° para os flexores, utilizando uma cadeira de Bonett (adaptada), com dinamômetro digital portátil (modelo DD-300, Instrutherm Ltd., BR) para a medição da Contração Isométrica Voluntária Máxima – CIVM (Santos *et al.*, 2014). Durante o teste, para estabilização dos sujeitos, foram utilizados cintos: no tronco (diagonal), na pelve e na coxa (transversal), além de uma cinta de couro no tornozelo ligada a uma célula carga, por meio de um cabo de aço, formando um ângulo de 90° com a perna.

As medidas de força para flexão e extensão dos joelhos, consistiram em uma série de 3 CIVM, cada uma mantida por 5 segundos, com intervalo de 30 segundos de descanso (De Vasconcelos *et al.*, 2009), e em cada uma delas os sujeitos receberam um estímulo vocal (“força, força, força”), pelo mesmo avaliador, onde foi encontrada a média dos picos de força para efeito de análise (Santos *et al.*, 2014).

Figura 5 – Medidas de Extensores (A) e Flexores do Joelho (B)



5.8.3 – Força Explosiva dos MMII

O teste de salto vertical foi realizado com o intuito de avaliar a força explosiva dos MMII, seguindo a técnica de *squat jump*, com contramovimento, no qual o executante fica imóvel na posição de agachamento, por alguns segundos, e espera o comando para saltar, verticalmente, tentando atingir a altura máxima do solo. Os atletas realizaram uma flexão de joelho a 90° seguido de extensão e mantendo os MMII estendidos durante o salto, com as mãos posicionadas na cintura para não usá-las no impulso, aterrissando no solo com os 2 pés, simultaneamente, em dorsiflexão, conforme o protocolo descrito por Coratella *et al.* (2018). Foram realizados 3 saltos, com intervalos de 30 segundos entre eles, utilizando um tapete de contato (44 x 44 cm) e analisados no *software MultiSprint Full* versão 3.5.7 (Hidrofit Ltda, Brasil), utilizando-se a média para fins estatísticos. Para realizar a familiarização do salto vertical, os atletas realizaram 5 saltos, antes do procedimento de coleta de dados válido para análise.

Figura 6 – Squat Jump com contramovimento



5.8.4 – Eletromiografia

Para o registro do sinal elétrico dos músculos do quadríceps (reto femoral, vasto medial e vasto lateral) e Isquiotibiais (bíceps femoral e semitendinoso) foi utilizado um eletromiógrafo de 8 canais (Ultium – EMG System - Noraxon – USA), *bluetooth*, com as seguintes características técnicas: *hardware* com placa de conversão de analógico para digital (A/D) de 12 bits, amplificador de ganho de 1000 vezes, filtro passa-banda de 20 a 500 Hz (*Butterworth* de 2ª ordem), taxa de rejeição de modo comum (RRMC) >100 Db, taxa de ruído de sinal <3 Mv RMS, impedância de 109 Ohms, eletrodos de superfície, bipolares, ativos, diferenciais simples, pré-amplificação 20 vezes, eletrodo de referência e *software* (*myoResearch TM3*) para coleta e análise de sinais com frequência de amostragem de 1000 Hz.

O protocolo de captura EMG do quadríceps e isquiotibiais foi realizado de acordo com *Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles* (Hermens *et al.*, 2000), com os eletrodos posicionados com suas barras perpendiculares às fibras dos músculos. Após a localização e marcação dos pontos de fixação dos eletrodos com os indivíduos em posição de teste, foi feita a tricotomia, abrasão e limpeza da pele com álcool a 70% e, todos os procedimentos de preparação e aquisição dos sinais de EMG foram realizados pelo mesmo avaliador.

Cada indivíduo realizou 3 tentativas de 5 segundos, durante uma contração isométrica voluntária máxima (CIVM), sendo estimulado com o comando “força, força, força” durante a contração e os 3 segundos centrais, de cada contração, foram usados para processar os dados, usando os valores médios da *Root Mean Square* (RMS) normalizada pelo pico do sinal EMG (Hermens *et al.*, 2000).

Figura 7 – Posição dos elétrodos para captura do sinal eletromiográfico



5.8.5 – Marcadores Bioquímicos de Dano Muscular e Estresse Oxidativo

5.8.5.1 – Avaliação da Atividade Sérica de Creatina Quinase (CK)

Coletas de sangue venoso foram realizadas, por um técnico em enfermagem, para determinação da atividade sérica de CK. Um volume de 5 ml de sangue foi retirado da veia antecubital e colocado em tubos de ensaio, sem qualquer anticoagulante, que foram acondicionados num recipiente com gelo e levados ao laboratório. Aproximadamente 20 minutos após cada coleta, as amostras foram centrifugadas a 3000 rpm por 15 minutos e o sobrenadante foi colocado em tubos *ependorffs* e refrigerados a -20° C até a análise.

A concentração plasmática de CK foi quantificada com a aquisição do kit comercial CK NAC Liquiform (Labtest, Minas Gerais, Brasil) utilizando o método UV-IFCC (Siekman *et al.*, 2002). A absorbância foi verificada no analisador automático Labmax 240 Premium® no comprimento de onda 340nm da *Hirose Electronic Sistem Co., Ltd.* (Tochigi, Japan).

5.8.5.2 – Análise da Capacidade Antioxidante Total (CAT)

Após a coleta, as amostras de plasma foram colocadas em microtubos para posterior análise baseada no método descrito por Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995) no qual uma alíquota de 1,25 mg de 2,2 diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) foi diluída em 100 ml de

etanol (álcool etílico absoluto 99,5%), mantida sob refrigeração e protegida da luz. Foram adicionados 3,9 mL da solução de DPPH a 100 µL de plasma em tubos, que em seguida foram agitados em vórtex e deixados em repouso por 30 minutos. Posteriormente, foram centrifugados a 10.000 rpm à temperatura de 20°C por 15 minutos e o sobrenadante utilizado para a realização da leitura em espectrofotômetro (Biospectro SP-22, Curitiba, Brasil) a um comprimento de onda de 515 nm e os resultados serão expressos como percentual da atividade antioxidante (AAO):

$$AAO = 100 - \frac{[DPPH \cdot R]_t}{[DPPH \cdot R]_B} \times 100$$

onde, $[DPPH \cdot R]_t$ e $[DPPH \cdot R]_B$ correspondem as concentrações de DPPH• remanescente após 30 minutos, avaliadas na amostra (t) e no branco (B) preparado com água destilada (Brand-Williams; Cuvelier; Berset, 1995).

5.8.5.3 – Malondialdeído

A atividade oxidante foi quantificada por meio da reação do ácido tiobarbitúrico (TBARS) com os produtos de decomposição dos hidroperóxidos, conforme método descrito por Ohkawa, Ohishi e Yagi (1979). Para isso, 250 µL do plasma foi incubado em banho-maria a 37°C, por 60 minutos e, em seguida, a amostra foi precipitada com ácido perclórico AA 35% e centrifugada a 14000 rpm, por 20 minutos, à 4°C. O sobrenadante foi transferido para novos microtubos onde foi adicionado 400µL de ácido tiobarbitúrico a 0,6% e incubado à 100°C, por 60 minutos. Após resfriamento, o material foi lido em espectrofotômetro ultravioleta (Biospectro SP-22, Curitiba, Brasil) a um comprimento de onda de 532nm, em temperatura ambiente.

5.8.6 – Índice Tornozelo-Braquial (ITB)

O ITB é um teste diagnóstico para triagem e detecção de doença arterial periférica (DAP), bem como um potenciador de risco nas diretrizes da *American Heart Association/American College of Cardiology* sobre a prevenção primária da doença cardiovascular aterosclerótica. Está associado a morbimortalidade cardiovascular quando a relação for menor que 0,9 e maior que 1,3, de acordo com a aferição da Pressão Arterial Sistólica (PAS) dos MMSS (artéria braquial) e MMII na altura do tornozelo – artérias: tibial posterior ou pediosa (Wang *et al.*, 2021).

Para a aferição da pressão arterial sistólica (PAS), foi utilizado um Doppler vascular portátil de alta frequência: 5 a 10 MHz (MedPeg® DV – 2001, Ribeirão Preto, SP, Brasil). Os

participantes se posicionaram, sobre uma maca, em decúbito dorsal, e permaneceram em repouso durante 10 minutos, sendo orientados a não cruzar os braços ou as pernas e não falar durante o procedimento. Posteriormente, foram obtidas as medidas da PAS de cada vaso sanguíneo, de maneira rotacional, com intervalos de 2 minutos entre elas (Resnick *et al.*, 2004) e calculado o ITB, bilateralmente, por meio da seguinte fórmula:

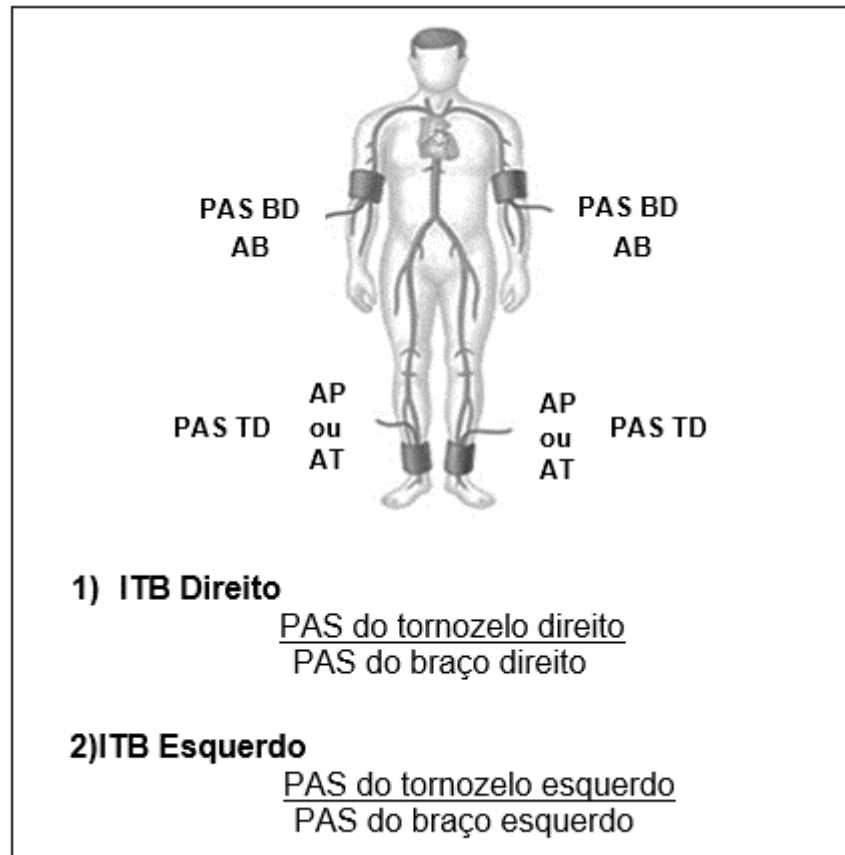
$$\checkmark \text{ ITB Direito} = \frac{\text{PAS do tornozelo direito}}{\text{PAS do braço direito}}$$

$$\checkmark \text{ ITB Esquerdo} = \frac{\text{PAS do tornozelo esquerdo}}{\text{PAS do braço esquerdo}}$$

Valor do I.T.B.	Gravidade da Doença Arterial - MMII
> 0,9	Normal
0,71 – 0,9	DAOP Leve
0,41 – 0,7	DAOP Moderada
< 0,41	DAOP Grave

Fonte: Resnick *et al.* (2004)

Figura 8 – Regiões para medição do ITB e as equações utilizadas



Legenda: ITB = Índice Tornozelo Braquial; PAS = Pressão arterial sistólica; BD = Braço direito; BE = Braço esquerdo; AB = Artéria braquial; TD = Tornozelo direito; TE = Tornozelo esquerdo; AP = Artéria pediosa; AT = Artéria tibial.

Fonte: Adaptado de Marques *et al.* (2019; p. 318)

5.9 – Tratamento Estatístico

Os dados foram analisados no *software Statistical Package for the Social Sciences* (v. 25, IBM, Chicago, IL). Após verificadas a normalidade (teste de *Shapiro-Wilk*) e a homogeneidade das variâncias (teste de *Levene*), foram realizados os testes *t Student* (pareado) ou *Wilcoxon* para analisar os efeitos pré e pós-intervenção, e os testes *t Student* (independente) ou *Mann-Whitney*, para análise intergrupos, das variáveis: CK, MDA, CAT, força muscular e EMG de flexores e extensores dos joelhos, além do salto vertical, adotando-se um nível de significância de $P \leq 0,05$, em todas as análises.

6 - RESULTADOS

Observando os valores pré experimentais da tabela 1, pode ser observado que, para as variáveis de composição corporal, os grupos mostraram descritivamente similares e o teste t independente confirmou esta similaridade para os valores no início do protocolo para massa magra total ($P=0,301$), massa magra do membro inferior direito ($P=0,184$), massa magra do membro inferior esquerdo ($P=0,217$), massa gorda total ($P<0,288$), massa gorda do membro inferior direito ($P=0,530$) e massa gorda do membro inferior esquerdo ($P=0,596$).

Na comparação da composição corporal (massa gorda e massa magra), pré *versus* pós-intervenção (Tabela 1), o teste t *Student* (pareado) identificou, apenas, diminuição na massa gorda total (MGT), no grupo experimental (GPCI). No entanto, na comparação intergrupos (experimental *versus* controle), nenhuma diferença significativa ($P<0,05$) foi observada, tanto pré quanto pós-intervenção, em todas as análises realizadas.

Tabela 1 – Comparação das médias da análise de composição corporal pré *versus* pós-intervenção, no grupo experimental e controle

Composição Corporal	Grupo Experimental			Grupo Controle		
	Pré	Pós	P valor	Pré	Pós	P valor
MMT	55,3 ± 6,0	56,2 ± 6,9	0,168◇	50,8 ± 11,2	51,2 ± 10,6	0,493◇
MMD	9,6 ± 1,3	10,1 ± 1,2	0,165◇	8,4 ± 2,0	8,8 ± 1,9	0,059◇
MME	9,6 ± 1,6	9,9 ± 1,4	0,292◇	8,5 ± 2,1	8,7 ± 1,9	0,127◇
MGT	19,1 ± 6,0	18,2 ± 6,1	0,016◇	23,3 ± 10,0	23,0 ± 10,1	0,605◇
MGD	3,4 ± 1,1	3,4 ± 1,4	0,635#	3,7 ± 1,3	5,4 ± 4,6	0,625#
MGE	3,4 ± 1,1	3,4 ± 1,4	0,896◇	3,7 ± 1,3	5,3 ± 4,0	0,432#

Legenda: MMT= massa muscular total; MMD = massa muscular membro inferior direito; MME = massa muscular membro inferior esquerdo; MGT = massa gorda total; MGD = massa gorda membro inferior direito; MGE= massa gorda membro inferior esquerdo.

Nota: # = teste de Wilcoxon; ◇ = teste t *Student* (pareado)

6.1 - Força Explosiva e Dinamometria

No que diz respeito à dinamometria, observando os dados pré intervenção dos grupos experimental e controle da tabela 2, pode ser observado que os dois grupos apresentavam valores similares antes da intervenção em um teste t independente para força explosiva ($P<0,100$), força isométrica dos extensores do joelho direito ($P<0,749$), força isométrica dos extensores do joelho esquerdo ($P<0,280$), força isométrica dos flexores do joelho direito ($P<0,674$), força isométrica dos flexores do joelho esquerdo ($P<0,500$).

Na comparação pré *versus* pós-intervenção, o teste t *Student* (pareado) não mostrou diferença significativa ($P>0,05$) na força explosiva de membros inferiores tanto no grupo experimental quanto no grupo controle, apenas foram observados aumentos significantes no movimento de extensão do joelho esquerdo, tanto no grupo experimental, quanto no grupo controle (Tabela 2).

Tabela 2 – Comparação das médias da força isométrica extensora e flexora dos joelhos, pré *versus* pós-intervenção, no grupo experimental e controle

Movimentos	Grupo Experimental			Grupo Controle		
	Pré	Pós	P valor	Pré	Pós	P valor
Força expl.	34,7 ± 9,8	34,2 ± 9,3	0,581	29,2 ± 6,3	27,5 ± 6,9	0,820
Ext_Joel_D	420,2 ± 86,7	469,9 ± 106,9	0,248	386,6 ± 74,5	399,3 ± 100,9	0,669
Ext_Joel_E	357,8 ± 77,0	417,8 ± 108,4	0,022	314,4 ± 89,7	394,0 ± 99,1	0,009
Flx_Joel_D	396,7 ± 107,4	414,9 ± 109,4	0,337	413,7 ± 112,8	404,6 ± 102,7	0,365
Flx_Joel_E	414,4 ± 92,4	407,2 ± 87,7	0,702	445,6 ± 120,8	397,3 ± 100,5	0,079

Legenda: Ext_Joel_D: extensores do joelho direito; Ext_Joel_E: extensores do joelho esquerdo; Flx Joel_D: flexores do joelho direito; Flx Joel_E: flexores do joelho esquerdo.

Nota: valores em Newton.

Para as variáveis eletromiográficas (Tabela 3), os dois grupos apresentavam valores similares, antes da intervenção (valores pré experimentais dos dois grupos), para os músculos quadríceps direito ($P<0,664$), e esquerdo ($P<0,728$), e ísquios-tibiais direito ($P<0,177$) e esquerdo ($P<0,332$). Porém, na comparação, pré *versus* pós-intervenção, foram observados aumentos na amplitude do sinal eletromiográfico (EMG), nos músculos Ísquiotibiais esquerdo, tanto no grupo experimental, quanto no grupo controle. Além disso, foi observada uma diminuição da atividade EMG no músculo Quadríceps direito, do grupo controle.

Tabela 3 – Comparação das médias do EMG dos extensores e flexores dos joelhos, pré *versus* pós-intervenção, no grupo experimental e controle

Músculos	Grupo Experimental			Grupo Controle		
	Pré	Pós	P valor	Pré	Pós	P valor
Quad_Dir	745,4 ± 83,7	648,6 ± 92,9	0,366	773,5 ± 82,2	632,2 ± 53,1	<0,001
Quad_Esq	801,4 ± 121,0	687,8 ± 102,9	0,220	927,8 ± 89,7	729,3 ± 91,7	0,165
IQT_Dir	418,2 ± 36,4	452,5 ± 37,4	0,330	499,6 ± 56,4	466,2 ± 37,0	0,967
IQT_Esq	395,1 ± 26,6	472,8 ± 36,4	0,029	428,8 ± 43,7	450,1 ± 23,4	<0,001

Legenda: Quad: quadríceps; IQT: ísquiotibiais; Dir: direito; Esq: esquerdo.

Nota: Dados em média e desvio padrão (teste t student)

Quando analisadas as correlações entre força extensora dos joelhos *versus* força explosiva de membros inferiores (Tabela 4), de modo geral, se mostraram moderadas ou fracas e sem significância estatística ($P > 0,05$). Apenas, no movimento de extensão do joelho direito, no momento pós-intervenção pode-se observar uma forte e significativa correlação ($r = 0,785$; $P = 0,007$)

Tabela 4 - Correlação entre força extensora dos joelhos *versus* força explosiva de membros inferiores pré e pós-intervenção, no grupo experimental e controle

Movimentos	Grupo Experimental		Grupo Controle	
	Pearson (r)	P valor	Pearson (r)	P valor
EJD_Pré	0,382	0,311	0,099	0,786
EJE_Pré	0,451	0,223	0,381	0,278
EJD_Pós	0,213	0,583	0,785	0,007
EJE_Pós	0,552	0,123	0,595	0,069

Legenda: EJD = extensão do joelho direito; EJE = extensão do joelho esquerdo

Nota: correlação apresentada pelo valor de r (Pearson)

De modo semelhante, ao analisar as correlações entre força extensora e flexora dos joelhos *versus* EMG, foi possível classificá-las, de moderada a fraca, mas sem significância estatística ($P < 0,05$), tanto pré quanto pós-intervenção, nos dois grupos analisados (experimental e controle).

Tabela 5 - Correlações entre força extensora dos joelhos *versus* EMG, pré e pós-intervenção, no grupo experimental e controle

Movimentos	Grupo Experimental		Grupo Controle	
	Pearson (r)	P valor	Pearson (r)	P valor
EJD_Pré	0,382	0,311	0,290	0,416
EJE_Pré	0,603	0,086	0,517	0,135
EJD_Pós	0,475	0,196	0,359	0,308
EJE_Pós	0,164	0,673	0,348	0,325
FJD_Pré	0,213	0,583	0,471	0,169
FJE_Pré	0,552	0,123	0,334	0,346
FJD_Pós	0,264	0,492	0,140	0,700
FJE_Pós	0,483	0,187	0,027	0,941

Legenda: EJD = extensão do joelho direito; EJE = extensão do joelho esquerdo; FJD = flexão do joelho direito; FJE = flexão do joelho esquerdo

Nota: correlação apresentada pelo valor de r (Pearson)

6. 2 – Bioquímica

No que diz respeito aos marcadores bioquímicos de dano muscular e estresse oxidativo (CK, MDA e CAT), os dois grupos apresentavam valores similares antes da intervenção para Creatina quinase ($P=0,706$), Malondialdeído ($P=0,779$) e Capacidade antioxidante total ($P=0,276$).

Na análise, pré versus pós intervenção (Tabela 6), não foram observadas diferenças significantes ($P>0,05$), tanto no grupo experimental, quanto no grupo controle, em nenhuma das variáveis analisadas (CK, MDA, CAT).

Tabela 6 – Comparação das médias da análise bioquímica (CK, MDA e CAT), pré versus pós-intervenção, no grupo experimental e controle

Bioquímica	Pré-Intervenção			Pós-Intervenção		
	Experimental	Controle	P valor	Experimental	Controle	P valor
CK	153,8 ± 35,6	174,6 ± 42,0	0,549◇	148,1 ± 42,9	117,2 ± 16,5	1,000◇
MDA	3,2 ± 0,3	3,1 ± 0,2	0,720◇	3,5 ± 0,3	3,3 ± 0,1	0,905◇
CAT	36,0 ± 4,8	43,8 ± 4,3	0,276#	51,0 ± 5,0	40,5 ± 6,6	0,167#

Legenda: CK = creatina quinase; MDA = malondialdeído; CAT = capacidade anti-oxidante total

Nota: ◇ = teste de *Mann-Whitney*; # = teste t *Student* (independente)

7 – DISCUSSÃO

De maneira geral, o principal achado do presente estudo foi que: o período de destreinamento de 15 dias não foi suficiente para causar alterações na composição corporal, a julgar pela ausência de diminuição também no grupo controle, bem como nas variáveis neuromusculares (força explosiva, força isométrica e EMG) e bioquímicas (CK, MDA e CAT).

Breen *et al.* (2013), afirmaram que 2 semanas de redução da atividade física pode induzir eventos catabólicos no músculo esquelético, resultando em diminuição da massa muscular. No entanto, o fato de não haver destreinamento nos 15 dias de interrupção das atividades esportivas dos atletas pode ser explicado por uma linha de pesquisa denominada polimento (*taper*, na literatura inglesa). O *taper* é uma redução brusca nas cargas de treino, feita entre 7 e 21 dias antes de competições importantes, com objetivo de promover dissipação da fadiga fisiológica crônica (acumulada após meses seguidos de treinamento), resultando numa elevação do desempenho esportivo (Mujika; Padilla, 2003). Embora o *taper* seja feito

com diminuição brusca, porém sem interrupção das cargas de treino, no presente estudo os atletas interromperam, totalmente, suas sessões de treino, o que deveria ter provocado destreinamento. Entretanto, Wang *et al.* (2023), observaram que atletas apresentaram aumento do desempenho após três semanas sem treinamento. De acordo com estes autores, a explicação para isto se deve ao fato que os atletas podem estar apresentando um grau de fadiga crônica tão elevado que, em certo período, sem treinamentos, o organismo tem tempo apenas para restabelecer o equilíbrio fisiológico e posteriormente, é que se iniciaria o processo de destreinamento. Este foi, provavelmente, o fenômeno observado, no presente estudo.

Embora não tenha sido o objetivo deste estudo, os dados levaram a uma importante conclusão de que, apenas duas semanas de interrupção de treinamento podem não terem sido suficientes para promover o processo de destreinamento. Apesar de que, esse fenômeno já tenha sido reportado na literatura recente, são poucos os estudos, de modo que a única referência encontrada foi de Wang *et al.* (2023).

Tomadas estas considerações, a implicação prática para o presente estudo foi que a metodologia deveria ter contemplado um maior período transitório dos atletas, a fim de que permitisse a recuperação fisiológica (com aumento do desempenho), seguida do início do processo de destreinamento. Embora não tenha sido o objetivo deste estudo, os dados levaram a um achado interessante: de que duas semanas afastados de suas atividades físicas não foi suficiente para promover efeitos de destreinamento nos atletas ao final de uma temporada.

O presente estudo, não foi o primeiro a restringir o fluxo de sangue sem que houvesse um protocolo de exercício associado. Zargi *et al.* (2016), avaliaram se o PCI poderia atenuar a perda de volume, força e função do músculo quadríceps após a reconstrução do ligamento cruzado anterior (LCA) do Joelho, condição na qual os atletas estavam sem realizar treinamentos. Foi visto que o PCI, realizado 8 dias antes da cirurgia, associado ao exercício, de baixa carga, não exibiu efeito na massa muscular do quadríceps, na força isométrica ou na perda funcional do joelho, por outro lado houve melhora na densidade e função da microcirculação do músculo quadríceps nas primeiras 4 semanas após a reconstrução do LCA, indicando um efeito benéfico do PCI.

Quanto a força isométrica, observou-se que tanto os grupos experimental quanto controle apresentaram aumentos significantes na força extensora do joelho esquerdo, foi um fato isolado que também pode ser explicado pelo efeito do polimento (*taper*). No entanto, a ausência de diminuição das forças: extensora (joelho direito) e flexora, reforça a hipótese de que os 15 dias sem treinamentos das respectivas modalidades não foram suficientes para

promover efeitos de destreinamento, de modo que não foi possível verificar nenhum resultado promovido pelo PCI.

Valenzuela *et al.* (2021), avaliaram os efeitos do PCI sobre as capacidades de força muscular. Dezesesseis indivíduos do sexo masculino foram designados para PCI (3×5 minutos a 220 mmHg, em ambos os braços, com repouso de 5 minutos) ou uma intervenção simulada (pressão de oclusão fixada em 10 mmHg). Quarenta minutos após, foram avaliadas as capacidades de força no supino em banco horizontal, 1RM e número de repetições até a falha em 3 séries com 60% de 1RM. Como desfecho primário, não houve diferença estatística nas capacidades de força muscular, resultado que corrobora com este estudo atual. Convém ressaltar que neste estudo, o PCI antecedeu um protocolo de treinamento, enquanto no estudo atual, o PCI foi realizado sem a presença de exercício.

O estudo de Bartłomiej *et al.* (2021), avaliou o impacto de 10 dias consecutivos de sessões de PCI em 37 participantes do sexo masculino, analisando a contração voluntária máxima e a fadiga muscular, por dinamometria e eletromiografia (EMG) de superfície, respectivamente, da extensão isométrica do joelho. Apesar da maioria dos estudos concentrar-se nos efeitos de uma única sessão de PCI no desempenho, sessões repetidas de PCI realizadas em dias consecutivos poderia ser ainda mais eficaz para o desempenho neuromuscular do que uma única sessão, fato esse que corrobora o estudo atual. Outra semelhança, é encontrada em Surkar *et al.* (2020), que avaliaram os efeitos de um protocolo de duas semanas de PCI, combinado com treinamento, comparado ao grupo controle (PCI simulado), sobre o ganho de força e adaptação neural, em adultos jovens saudáveis. Ambos os grupos ganharam força, ao longo do tempo, porém, o grupo PCI teve maiores ganhos de força do que o grupo controle.

Em um estudo realizado por Franz *et al.* (2018), investigando PCI antes do exercício excêntrico, observou uma redução do dano muscular pela diminuição da CK. Esses achados indicam que o PCI diminuiu o dano muscular induzido pelo exercício, mantendo as propriedades contráteis do músculo. Já no presente estudo, não houve alteração significativa nas variáveis de dano muscular e estresse oxidativo (CK, MDA e CAT), nem no grupo experimental, nem no grupo controle.

Além do pequeno tempo de período transitório e do limitado tamanho amostral, se inclui entre as principais limitações do estudo a diversidade funcional da amostra analisada, uma vez que foi composta por atletas das modalidades de futebol de cegos, goalball e natação, as quais têm demandas físicas e metabólicas distintas, que podem ter interferido na força de membros inferiores e composição corporal. Sugere-se, portanto, que este estudo seja replicado com um tamanho amostral maior, de 4 a 8 semanas de período transitório e realizado com

atletas da mesma modalidade, que demandem, principalmente, de atividades de membros inferiores.

Apesar da ausência de diferença estatística significativa, os dados do estudo não podem determinar ausência de efeito do PCI na massa magra. Os motivos para isto são que: o percentual de aumento de massa magra foi sempre maior no grupo experimental comparado ao grupo controle (1,6% contra 0,8% na massa magra total; 5,2% contra 4,8% de massa magra do membro inferior direito; 3,1% contra 2,4% no membro inferior esquerdo). Uma análise do *effect size*, com estes dados, indicou que, se dobrado o tamanho amostral para 38 participantes, isto faria com que esta diferença percentual ganhasse significância estatística (dados não mostrados). Portanto, além da questão dos atletas terem pouco tempo sem treino, o tamanho amostral deve ser considerado na interpretação dos dados deste estudo.

Desta forma, sugere-se para estudos futuros que o tamanho amostral seja de pelo menos 38 atletas e que o período de transição seja de quatro semanas, tempo usualmente adotado por atletas para descanso entre duas temporadas.

8 – CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo mostraram que, de modo geral, o protocolo de PCI utilizado, não surtiu efeito sobre a composição corporal e as variáveis neuromusculares, após duas semanas de destreinamento, avaliados pela força explosiva (salto vertical), força isométrica e sinal eletromiográfico (EMG) de extensores e flexores dos joelhos, em atletas paralímpicos.

Além disso, o estudo observou apenas, fracas e moderadas correlações entre as variáveis: força explosiva (salto vertical X força isométrica X amplitude do sinal eletromiográfico), em ambos os grupos analisados (experimental e controle).

REFERÊNCIAS

- BAILEY, T. G. et al. Remote ischemic preconditioning prevents reduction in brachial artery flow-mediated dilation after strenuous exercise. **American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology**, v. 303, n. 5, p. H533-H538, 2012.
- BARBOSA, T. C. et al. Remote ischemic preconditioning delays fatigue development during handgrip exercise. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 25, n. 3, p. 356-364, 2015.
- BEAVEN, C. M. et al. Intermittent lower-limb occlusion enhances recovery after strenuous exercise. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 37, n. 6, p. 1132-1139, 2012.
- BERWANGER, O. et al. Os dez mandamentos do ensaio clínico randomizado-princípios para avaliação crítica da literatura médica. **Revista Brasileira de Hipertensão**. v. 13, n. 1, p. 65-70, 2006.
- BOND, C. W. et al. Blood flow restriction resistance exercise as a rehabilitation modality following orthopaedic surgery: a review of venous thromboembolism risk. **Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, v. 49, n. 1, p. 17-27, 2019.
- BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M.; BERSET, C. L. W. T. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT-Food Science and Technology**, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995.
- BROWN, L. E.; WEIR, J. P. ASEP procedures recommendation I: accurate assessment of muscular strength and power. **Journal of Exercise Physiology Online**, v. 4, n. 3, p. 1-21, 2001.
- CADEGIANI, F. A.; KATER, C. E. Body composition, metabolism, sleep, psychological and eating patterns of overtraining syndrome: results of the EROS study (EROS-PROFILE). **Journal of Sports Sciences**, v. 36, n. 16, p. 1902-1910, 2018.
- CANDILIO, L. et al. Effect of remote ischaemic preconditioning on clinical outcomes in patients undergoing cardiac bypass surgery: a 41 randomized controlled clinical trial. **Heart**, v. 101, n. 3, p. 185-192, 2015.
- CANT, J. V. et al. Quadriceps strengthening with blood flow restriction for the rehabilitation of patients with knee conditions: a systematic review with meta-analysis. **Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation**, v. 33, n. 4, p. 529-544, 2020.
- 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. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 33, n. 12, p. 3332-3337, 2019.
- CLEVIDENCE, M. W.; MOWERY, R. E.; KUSHNICK, M. R. The effects of ischemic

preconditioning on aerobic and anaerobic variables associated with submaximal cycling performance. **European Journal of Applied Physiology**, v. 112, n. 2, p. 3649-3654, 2012.

CORATELLA, G. et al. Specific adaptations in performance and muscle architecture after weighted jump-squat vs. body mass squat jump training in recreational soccer players. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 32, n. 4, p. 921-929, 2018.

CRISAFULLI, A. et al. Blood flow restriction training reduces blood pressure during exercise without affecting metaboreflex activity. **Frontiers in Physiology**, v. 9, n. 1736, p. 1-9, 2018.

CUNNIFFE, B. et al. Characterization of muscle oxygenation response to vascular occlusion: implications for remote ischaemic preconditioning and physical performance. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 37, n. 6, p. 785-793, 2017.

DE VASCONCELOS, R. A. et al. Reliability and validity of a modified isometric dynamometer in the assessment of muscular performance in individuals with anterior cruciate ligament reconstruction. **Revista Brasileira de Ortopedia**, v. 44, n. 3, p. 214-224, 2009.

FRANZ, A. et al. Ischemic preconditioning blunts muscle damage responses induced by eccentric exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 50, n. 1, p. 109-115, 2018.

GARCIA, C. A. Et al. Ischemic preconditioning and acute recovery of performance in rugby union players. **Sports Medicine International Open**, v. 1, n. 3, p. E107-E112, 2017.

HERMENS, H. J. et al. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 10, n. 5, p. 361-374, 2000.

HUGHES, L. et al. Comparison of the acute perceptual and blood pressure response to heavy load and light load blood flow restriction resistance exercise in anterior cruciate ligament reconstruction patients and non-injured populations. **Physical Therapy in Sport**, v. 33, n. 1, p. 54-61, 2018.

INCOGNITO, A. V.; BURR, J. F.; MILLAR, P. J. The effects of ischemic preconditioning on human exercise performance. **Sports Medicine**, v. 46, n. 4, p. 531-544, 2016.

IVERSEN, E.; RØSTAD, V.; LARMO, A. Intermittent blood flow restriction does not reduce atrophy following anterior cruciate ligament reconstruction. **Journal of Sport and Health Science**, v. 5, n. 1, p. 115-118, 2016.

KILGAS, M. A. et al. Limb blood flow and tissue perfusion during exercise with blood flow restriction. **European Journal of Applied Physiology**, v. 119, n. 2, p. 377-387, 2019.

KORAKAKIS, V.; WHITELEY, R.; GIAKAS, G. Low load resistance training with blood flow restriction decreases anterior knee pain more than resistance training alone: a pilot randomized controlled trial. **Physical Therapy in Sport**, v. 34, n. 13, p. 121-128, 2018.

LIXANDRÃO, M. E. et al. Magnitude of muscle strength and mass adaptations between high-load resistance training versus low-load resistance training associated with blood-flow

restriction: a systematic review and meta-analysis. **Sports Medicine**, v. 48, n. 2, p. 361-378, 2018.

LAHAV, Y.; GOLDSTEIN, N.; GEPNER, Y. Comparison of body composition assessment across body mass index categories by two multifrequency bioelectrical impedance analysis devices and dual-energy X-ray absorptiometry in clinical settings. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 75, n. 8, p. 1275-1282, 2021.

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

LOENNEKE, J. P.; WILSON, G. J.; WILSON, J. M. A mechanistic approach to blood flow occlusion. **International Journal of Sports Medicine**, v. 31, n. 1, p. 1-4, 2010.

LOUKOGEORGAKIS, S. P. et al. Remote ischemic preconditioning provides early and late protection against endothelial ischemia-reperfusion injury in humans: role of the autonomic nervous system. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 46, n. 3, p. 450-456, 2005.

MARQUES, T. S. Et al. Lipid profile, functional capacity and ankle-brachial index in active older adults. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 25, n. 4, p. 316-321, 2019.

MUJIKA, I.; PADILLA, S. Scientific bases for precompetition tapering strategies. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 35, n. 7, p. 1182-1187, 2003.

NIESPODZIŃSKI, B. et al. Effect of 10 consecutive days of remote ischemic preconditioning on local neuromuscular performance. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 60, p. 102584, 2021.

OHKAWA, H.; OHISHI, N.; YAGI, K. Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction. **Analytical Biochemistry**, v. 95, n. 2, p. 351-358, 1979.

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

PEARSON, S. J.; HUSSAIN, S. R. A review on the mechanisms of blood-flow restriction resistance training-induced muscle hypertrophy. **Sports Medicine**, v. 45, n. 2, p. 187-200, 2015.

RESNICK, H. E. et al. Relationship of high and low ankle brachial index to all-cause and cardiovascular disease mortality: the strong heart study. **Circulation**, v. 109, n. 6, p. 733-739, 2004.

SAKAMAKI, M.; BEMBEN, M.G.; ABE, T. Legs and trunk muscle hypertrophy following walk training with restricted leg muscle blood flow. **Journal of Sports Science & Medicine**, v. 10, n. 2, p. 338-340, 2011.

SALAGAS, A. et al. Effectiveness of either short-duration ischemic pre-conditioning, single-

set high-resistance exercise, or their combination in potentiating bench press exercise performance. **Frontiers in Physiology**, v. 13, n. 1, p. 2632, 2022.

SALVADOR, A. F. et al. Ischemic preconditioning and exercise performance: a systematic review and meta-analysis. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 11, n. 1, p. 4-14, 2016.

SANTOS, H. H. et al. Efeito do treino isocinético excêntrico sobre a razão I/Q do torque e EMGs em sujeitos saudáveis. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 20, n. 3, p. 227-232, 2014.

SEEGER, J. P. H. et al. Is delayed ischemic preconditioning as effective on running performance during a 5 km time trial as acute IPC? **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 20, n. 2, p. 208-212, 2017.

SIEKMANN, L. et al. International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine. IFCC primary reference procedures for the measurement of catalytic activity concentrations of enzymes at 37 degrees C. International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine. Part 7. Certification of four reference materials for the determination of enzymatic activity of gamma-glutamyltransferase, lactate dehydrogenase, alanine aminotransferase and creatine kinase accord. **Clinical Chemistry and Laboratory Medicine**, v. 40, n. 7, p. 739-745, 2002.

SLYSZ, J.; STULTZ, J.; BURR, J. F. The efficacy of blood flow restricted exercise: a systematic review & meta-analysis. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 19, n. 8, p. 669-675, 2016.

SPRANGER, M. D. et al. Blood flow restriction training and the exercise pressor reflex: a call for concern. **American Journal of Physiology, Heart and Circulatory Physiology**, v. 30, n. 9, p. H1440-1452, 2015.

SURKAR, S. M. et al. Effects of remote limb ischemic conditioning on muscle strength in healthy young adults: A randomized controlled trial. **PLoS One**, v. 15, n. 2, p. e0227263, 2020.

TAKARADA, Y.; TAKAZAMA, H.; ISHII, N. Applications of vascular occlusion diminish disuse atrophy of knee extensor muscles. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 3, n. 12, p. 2035-2039, 2000.

TAKARADA, Y.; SATO, Y.; ISHII, N. Effects of resistance exercise combined with vascular occlusion on muscle function in athletes. **European Journal of Applied Physiology**, v. 86, n. 4, p. 308-314, 2002.

TANAKA, D. et al. Ischemic preconditioning enhances muscle endurance during sustained isometric exercise. **International Journal of Sports Medicine**, v. 37, n. 8, p. 614-618, 2016.

TAPURIA, N. et al. Remote ischemic preconditioning: a novel protective method from ischemia reperfusion injury - a review. **Journal of Surgical Research**, v. 150, n. 2, p. 304-330, 2008.

TELLES, L. G. D. S. et al. Ischemic preconditioning improves handgrip strength and functional capacity in active elderly women. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 11, p. 6628, 2022.

TENNENT, D. J. et al. Blood flow restriction training after knee arthroscopy: a randomized controlled pilot study. **Clinical Journal of Sport Medicine**, v. 27, n. 3, p. 245-252, 2017.

THIEBAUD, R. S. et al. The effects of elastic band resistance training combined with blood flow restriction on strength, total bone-free lean body mass and muscle thickness in postmenopausal women. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v. 33, n. 5, p. 344-352, 2013.

VALENZUELA, P. L. et al. Ischemic preconditioning and muscle force capabilities. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 35, n. 8, p. 2187-2192, 2021.

WANG, F. M. et al. Ankle-brachial index and subsequent risk of incident and recurrent cardiovascular events in older adults: the Atherosclerosis Risk in Communities (ARIC) study. **Atherosclerosis**, v. 336, n. 21, p. 39-47, 2021.

WANG, Z. et al. Effects of tapering on performance in endurance athletes: A systematic review and meta-analysis. **Plos one**, v. 18, n. 5, p. e0282838, 2023.

WENGLE, L. et al. The effects of blood flow restriction in patients undergoing knee surgery: a systematic review and meta-analysis. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 50, n. 10, p. 2824-2833, 2022.

ZARGI, T. G. et al. The effects of preconditioning with ischemic exercise on quadriceps femoris muscle atrophy following anterior cruciate ligament reconstruction: a quasi-randomized controlled trial. **European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine**, v. 52, n. 3, p. 310-320, 2016.

ŽARGI, T. G. et al. Short-term preconditioning with blood flow restricted exercise preserves quadriceps muscle endurance in patients after anterior cruciate ligament reconstruction. **Frontiers in Physiology**, v. 9, n. 1150, p. 1-13, 2018.

APÊNDICES

APENDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE FISIOTERAPIA
PROGRAMA DE PÓS – GRADUAÇÃO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título do Projeto

Efeitos do Pré-Condicionamento Isquêmico (PCI) Sobre Variáveis Neuromusculares e Bioquímicas, em Atletas Paralímpicos em Período de Destreinamento.

Equipe de Pesquisadores

Halekson Barbosa de Freitas (acadêmico/pesquisador)

Prof. Dr. Heleodório Honorato dos Santos (Orientador)

Nome do Voluntário: _____ **Data:** _____

O propósito deste estudo é analisar, em atletas, os efeitos do Pré-Condicionamento Isquêmico (PCI) sem a presença de treinamento ou exercício durante o período transitório, estando os mesmos afastados dos treinos e/ou competições.

A pesquisa está sendo desenvolvida pelo pesquisador Halekson Barbosa de Freitas, aluno do Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da Universidade Federal da Paraíba (PPG-Fis/UFPB), sob a orientação do Prof. Dr. Heleodório Honorato dos Santos, os quais estão disponíveis para prestar-lhe quaisquer esclarecimentos que se tornem necessários no decorrer dos atendimentos.

Você será um dos participantes deste estudo e passará pelos seguintes procedimentos avaliativos: procedimento para o PCI, duas vezes ao dia durante quatro semanas, além de composição corporal (Densitometria de duplo raio X – DXA), força de extensores e flexores de joelho (dinamometria), força explosiva (gesto motor de saltos com contramovimento), aliadas à eletromiografia, e uma coleta sanguínea para a avaliação de marcadores bioquímicos de dano muscular (creatina quinase – CK) e estresse oxidativo (malondialdeído – MDA; capacidade antioxidante total – CAT).

Todos os procedimentos serão realizados no Laboratório de Estudos de Eletromiografia, Dinamometria e Equilíbrio em dias e horários a combinar com a pesquisadora responsável.

Em relação aos riscos e desconfortos: os riscos de saúde são mínimos para os indivíduos do presente estudo, sentindo apenas leve desconforto físico e fadiga devido a exigência da utilização dos manguitos de pressão para a restrição do fluxo sanguíneo, e possível roxição no braço por conta da coleta sanguínea, mas, para minimizar estes riscos os procedimentos serão realizados por enfermeira experiente ou técnico habilitado, de modo que tais procedimentos não causem nenhum dano à saúde dos sujeitos da pesquisa.

Os resultados desta pesquisa podem ser publicados para a informação e benefício da Fisioterapia, no entanto sua identidade será respeitada e seu nome e imagem não serão utilizados sem o seu consentimento. Salientamos que sua participação neste estudo é estritamente voluntária, ou seja, sua desistência não vai de maneira nenhuma envolver penalidade e você ficará ciente de qualquer informação que possam afetar sua boa vontade para continuar nesta pesquisa.

Se em qualquer momento você sentir que houve infração dos seus direitos, você deve contatar com o Comitê de Ética em Pesquisas e Seres Humanos do Centro de Ciências da Saúde da UFPB (3216-7791), o pesquisador Halekson Barbosa de Freitas (87) 99682-6072 ou o professor Heleodório Honorato dos Santos (83) 99613-7900, para respostas sobre qualquer questão da pesquisa e de seus direitos.

Admito que revisei totalmente e entendi o conteúdo deste formulário de consentimento, o qual possuo uma via, e me disponibilizo a participar deste estudo de livre e espontânea vontade, não tendo sido forçado ou coagido na minha participação.

Assinatura do Voluntário

Assinatura do Pesquisador

ANEXOS

ANEXO A – Parecer consubstanciado do CEP/CCS/UFPB

CENTRO DE CIÊNCIAS DA
SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DA PARAÍBA -
CCS/UFPB



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Efeitos do Pré-Condicionamento Isquêmico (PCI) Sobre Variáveis Neuromusculares (Força, Trofismo e EMG) e Bioquímicas, em Atletas Paralímpicos em Período de Destrainamento.

Pesquisador: HALEKSON BARBOSA DE FREITAS

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 71722623.7.0000.5188

Instituição Proponente: Centro de Ciência da Saúde

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 6.335.329

Apresentação do Projeto:

INTRODUÇÃO: O Pré- Condicionamento Isquêmico (PCI) é um método que consiste em períodos ou "ciclos" (geralmente 3-4 x 5 min) de isquemia, seguidos de períodos de reperfusão de igual duração (CUNNIFFE et al., 2015). Essa exposição a breves períodos de oclusão circulatória e reperfusão serve para proteger órgãos locais ou sistêmicos (PCI remoto) contra subseqüentes lesões de isquemia-reperfusão. (LOUKOGEORGAKIS et al., 2005). Desde a descoberta deste fenômeno em 1986, a pesquisa se concentrou, principalmente, na utilidade clínica do PCI, tanto na proteção contra danos aos órgãos e lesão celular, como durante infarto do miocárdio ou períodos perioperatórios. (CANDILIO et al., 2015). Nos últimos anos o PCI tem sido investigado também na área esportiva, onde já tem sido demonstrado capaz de atenuar a depleção de ATP, glicogênio e produção de lactato durante isquemia prolongada (INCOGNITO; BURR; MILLAR, 2016). Além disso, o PCI pode melhorar o fluxo sanguíneo dos músculos esqueléticos induzindo a vasodilatação, aumentando a simpatólise funcional e preservando o endotélio e função microvascular durante o estresse (INCOGNITO; BURR; MILLAR, 2016). Com base nessas descobertas, o PCI atraiu o interesse como uma nova intervenção capaz de melhorar a performance durante o exercício. Outros estudos também investigaram o efeito do PCI no exercício de resistência, treinamento intervalado de alta intensidade e exercícios isométricos, onde o PCI foi capaz de promover melhorias agudas na força muscular e

Endereço: Campus I / Prédio do CCS UFPB - 1º Andar
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 58.051-900
UF: PB **Município:** JOAO PESSOA
Telefone: (83)3216-7791 **Fax:** (83)3216-7791 **E-mail:** comitedeetica@ccs.ufpb.br

ANEXO C – Manuscrito submetido

Os efeitos do pré-consicionamento isquêmico (PCI) sobre variáveis neuromusculares e bioquímicas em atletas paralímpicos em período de destreinamento: estudo de protocolo

Introdução: O pré-condicionamento isquêmico (PCI) é uma das formas de impor esta isquemia, alternando oclusão vascular completa e reperfusão antes do exercício, a fim de pré-condicionar funções fisiológicas variadas. No contexto esportivo, existem momentos em que o atleta interrompe suas atividades físicas, com consequente redução de força e massa muscular. Sendo assim, surge a hipótese de que o PCI poderá diminuir esses efeitos do destreinamento, acelerando o processo de retorno do atleta às suas atividades esportivas.

Objetivo: Avaliar os efeitos do PCI sobre as variáveis neuromusculares (força isométrica, força explosiva e EMG) e marcadores de estresse oxidativo e dano muscular (CK, MDA e CAT), em atletas paralímpicos, submetidos a períodos de descontinuidade das cargas de treinamento.

Materiais e Métodos: A amostra será composta por 38 atletas adultos jovens (20 a 40 anos de idade), de ambos os sexos, que disputam competições no mínimo, a nível nacional em suas modalidades. Estes serão divididos, de forma aleatória, em 2 grupos: experimental (GPCI: n = 19), e controle (GC: n = 19). O GPCI será submetido a 4 semanas de PCI duas vezes ao dia (40 sessões). Ambos os grupos serão avaliados pré, e pós 2 e 4 semanas de intervenção, quanto à: composição corporal, força de membros inferiores, força explosiva e EMG, além dos marcadores bioquímicos (CK, MDA e CAT). Os dados serão analisados no *Statistical Package for the Social Science* (SPSS - 25.0). Inicialmente, serão verificadas: a normalidade (teste de *Shapiro-Wilk*), homogeneidade (teste de *Levene*) e a esfericidade (teste de *Mauchly*) dos dados, seguida da ANOVA (medidas repetidas) para analisar os efeitos dos protocolos, pré e pós 2 e 4 semanas de intervenção seguido do teste *post hoc de Bonferroni*, adotando-se um nível de significância de $P \leq 0,05$, em todas as análises.

Resultados: Espera-se que a intervenção no GPCI atenuar ou possa inibir a redução de força e hipotrofia muscular nos atletas em período de descontinuidade das cargas de treinamento.

Palavras-chave: Isquemia; Reperfusão; Força Muscular; Biomarcadores.

INTRODUÇÃO

O Pré- Condicionamento Isquêmico (PCI) é um método que consiste em períodos ou ciclos (geralmente, 3 ou 4 x 5 min) de isquemia, seguidos de períodos de reperfusão de igual duração.⁽¹⁾ Essa exposição a breves períodos de oclusão circulatória e reperfusão serve para proteger órgãos locais ou sistêmicos contra subseqüentes lesões de isquemia-reperfusão.⁽²⁾ Desde a descoberta deste fenômeno, em 1986, a pesquisa se concentrou, principalmente, na

utilidade clínica do PCI, tanto na proteção contra danos aos órgãos e lesão celular, como durante infarto do miocárdio ou períodos perioperatórios.⁽³⁾

Nos últimos anos o PCI tem sido investigado também na área esportiva, onde já tem demonstrado ser capaz de atenuar a depleção de ATP, glicogênio e produção de lactato durante isquemia prolongada. Além disso, o PCI pode melhorar o fluxo sanguíneo dos músculos esqueléticos induzindo-os a vasodilatação, aumentando a simpatólise funcional e preservando o endotélio e função microvascular durante o estresse.⁽⁴⁾ Com base nessas descobertas, o PCI atraiu o interesse de pesquisadores como uma nova intervenção capaz de melhorar a performance durante o exercício.

Outros estudos também investigaram o efeito do PCI no exercício de resistência, treinamento intervalado de alta intensidade e exercícios isométricos, nos quais, ele foi capaz de promover melhorias agudas na força muscular e condicionamento aeróbio em homens e mulheres.⁽⁵⁾ Isso, segundo Tapuria *et al.*⁽⁶⁾, provavelmente, se dá pelo fato de que as adaptações moleculares e vasculares agudas podem promover uma vasodilatação local, aumentar o fluxo sanguíneo e, finalmente, melhorar a entrega de oxigênio (O₂), otimizando o desempenho em vários tipos de exercício.

Já no contexto fisioterapêutico, o PCI tem se mostrado de peculiar interesse porque pode impedir ou minimizar a atrofia muscular por desuso em pacientes acometidos por lesões. Desse modo, Zargi *et al.*⁽⁷⁾, verificaram que o PCI seguido de exercício de extensão do joelho, de baixa carga, foi capaz de atenuar a perda de volume, força e função do músculo quadríceps femoral, após a reconstrução do LCA.

Apesar destes evidentes benefícios do PCI, a questão problema do presente estudo se dá pelo fato de que, no contexto esportivo, existem momentos em que o atleta interrompe suas atividades físicas, como nos casos de lesões, ou em períodos transitórios de treinamento, com consequente redução de força e massa muscular.

O destreinamento é a perda parcial ou completa das adaptações induzidas pelo treinamento físico devido a uma redução ou cessação na frequência, intensidade ou duração do exercício.⁽⁸⁾ Apenas duas semanas de redução da atividade física pode induzir eventos catabólicos no músculo esquelético, resultando em diminuição da massa muscular.⁽⁸⁾ Segundo Hood⁽⁹⁾, a meia-vida, relativamente curta, de proteínas mitocondriais (aproximadamente uma semana) pode causar diminuições na função e capacidade mitocondrial após um curto período de destreinamento. Da mesma forma, diminuição na capacidade oxidativa muscular^(10,11) e redução nas atividades enzimáticas mitocondriais^(10,12) foram encontradas após alguns dias/semanas de interrupção do treinamento.

Dessa forma, estudar o PCI se justifica tanto do ponto de vista teórico–científico, quanto do ponto de vista da prática fisioterapêutica, uma vez que a regressão das capacidades físicas como resultado da interrupção de um programa de treinamento é algo óbvio. Além do mais, até o presente momento não foram encontrados, na literatura, estudos testando a hipótese de que algum protocolo de PCI iniba a atrofia.

Portanto, o objetivo deste estudo será avaliar os efeitos do PCI sobre as variáveis neuromusculares (força isométrica, força explosiva e EMG) e bioquímicas (marcadores de estresse oxidativo e dano muscular) em atletas submetidos a períodos de descontinuidade das cargas de treinamento.

MÉTODO

Caracterização do estudo

Estudo clínico controlado e aleatorizado, que de acordo com *Berwanger et al.*⁽¹³⁾, a designação de participantes para o tratamento ou exposição encontra-se sob o controle do investigador, sendo designados de maneira aleatória para qualquer um dos grupos. Portanto, os grupos permanecerão balanceados, tanto para características conhecidas quanto desconhecidas, de forma que a única diferença entre os grupos seja a intervenção (experimental e controle), afastando a possibilidade de erros sistemáticos.

População e amostra

A amostra será composta por 38 atletas adultos jovens (20 a 40 anos de idade), de ambos os sexos, praticantes de Futebol de Cegos, *Goalball* e Atletismo, que disputam competições de nível nacional e/ou internacional em suas modalidades, divididos, de forma aleatória, em 2 grupos: 1 - grupo de PCI (GPCI: n = 19) e, 2 - grupo controle (GC: n = 19).

Cálculo amostral

O tamanho amostral foi calculado usando o *software G*Power*, versão 3.1.9 (Universitat Kiel, Germany), com base no estudo de Tanaka *et al.*⁽¹⁴⁾ que investigou o impacto do PCI no tempo de extensão de joelho isométrica, sustentada até a exaustão. Um nível de significância bilateral de 0,05, uma correlação entre os grupos de 0,5 e um poder de 0,95 indicaram que seriam necessários 38 participantes.

Critérios de inclusão e exclusão

Os componentes dos grupos, deverão ser atletas de modalidades que demandam

exercícios de MMII e que participem de esportes paralímpicos desde que suas deficiências não envolvam comprometimento de MMII. Os atletas deverão: 1) estar em período transitório de, pelo menos, 4 semanas entre o final de uma temporada e o início da temporada seguinte de treinamentos e competições e; 2) não ter sofrido lesão ou interrompido o treino por qualquer outro motivo nos 4 meses antes do estudo; 3) Não usar suplementos durante o período do estudo.

Serão excluídos os atletas que: 1) realizarem exercícios físicos que estimulem aumento de força e hipertrofia no período transitório, 2) faltarem pelo menos 3 sessões consecutivas ou descontinuadas de treino; 3) Iniciarem outras condutas fisioterapêuticas durante o período do estudo; 4); que sentirem dor severa ao realizar o procedimento; 5) desistirem do estudo.

Aspectos éticos

O projeto foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba (CEP/CCS/UFPB), protocolo no 6.335.329 e CAAE: 71722623.7.0000.5188, e os atletas só poderão participar da pesquisa mediante assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, conforme normas para pesquisas envolvendo seres humanos - Resolução Nº 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde.

Protocolo de pré-condicionamento isquêmico (PCI)

O protocolo de intervenção foi baseado no estudo de Lindner *et al.*⁽¹⁵⁾ modificado, no qual o grupo experimental (GPCI) realizará 3 séries, de 5 minutos, de PCI, com 5 minutos de re-perfusão, entre as séries, nos músculos quadríceps (reto femoral, vasto medial e vasto lateral) e isquiotibiais (bíceps femorais e semitendinoso), totalizando 30 minutos, duas vezes por dia (manhã e tarde), de segunda à sexta-feira, durante 4 semanas (40 sessões). A pressão aplicada será suficiente para promover a oclusão total de fluxo sanguíneo nos músculos quadríceps (reto femoral, vasto medial e vasto lateral) e isquiotibiais (bíceps femoral e semitendinoso). Um kit *Manguito Scientific Leg* da Cardiomed (dimensões 12,5 X 84 cm), será usado para obstruir, adequadamente, o fluxo sanguíneo na região distal dos membros inferior. A oclusão será realizada, durante o tratamento no GPCI e GC, com manguitos de pressão arterial aplicado em ambos os membros inferiores na região subinguinal da parte superior da coxa. A pressão será estabelecida, individualmente, com 80% da POA durante a fase de oclusão e 0% durante a fase de reperfusão. Por outro lado, a pressão no GC será de 50 mmHg, durante a fase de oclusão e 0 mmHg durante a fase de reperfusão.

Os participantes do GPCI e GC serão orientados a anotar e comunicar, semanalmente,

todas as atividades físicas realizadas ao longo dos dias que requeiram algum esforço físico (caminhadas, atividades domésticas e laborais).

Composição corporal

A análise da massa corporal (MC), massa gorda (MG), massa muscular esquelética (MM), do corpo inteiro e segmentado por membros, serão realizadas por meio do DXA (*Lunar Advance DF+ 13.4038 Radiation*; GE Lunar Corporation – USA), do PAPGEF/UFPB e os dados serão analisados por um pesquisador experiente.

Os resultados da avaliação do DXA serão obtidos por meio de um “scan” de corpo inteiro. Os atletas serão orientados a ficar descalços e vestidos com short e camiseta; posicionados em decúbito dorsal, sobre a mesa do equipamento, mantendo os braços ao longo do corpo, sem fazer uso de qualquer tipo de material metálico⁽¹⁶⁾.

Dinamometria de extensores e flexores de joelho

Os participantes realizarão, inicialmente, um aquecimento durante 5 minutos em bicicleta ergométrica, na velocidade de 20 km/h, seguido do teste da força isométrica dos flexores e extensores dos joelhos. Para tal, os sujeitos, se posicionarão sentados, com quadril flexionado a 110°, mantendo o joelho avaliado num ângulo de 60° para os extensores e de 30° para os flexores, utilizando uma cadeira de Bonett (adaptada), com dinamômetro digital portátil (modelo DD-300, Instrutherm Ltd., BR) para a medição da Contração Isométrica Voluntária Máxima – CIVM.^(17,18) Durante o teste, para estabilização dos sujeitos, serão utilizados cintos: no tronco (diagonal), na pelve e na coxa (transversal), além de uma cinta de couro no tornozelo ligada a uma célula carga, por meio de um cabo de aço, formando um ângulo de 90° com a perna.

As medidas de força para flexão e extensão dos joelhos, consistirão numa série de 3 CIVM, cada uma mantida por 5 segundos, com intervalo de 30 segundos de descanso⁽¹⁹⁾, e em cada uma delas os sujeitos receberam um estímulo vocal (“força, força, força”), pelo mesmo avaliador, para encontrar a média dos picos de força utilizada na análise estatística⁽¹⁸⁾.

Força explosiva (salto vertical)

O teste de salto vertical será realizado para avaliar a força explosiva dos MMII, seguindo a técnica de *squat jump*, com contramovimento, no qual o executante fica imóvel na posição de agachamento por alguns segundos e espera o comando para saltar, verticalmente, tentando atingir a altura máxima do solo. Os atletas realizarão uma flexão de joelho a 90°

seguido de extensão e mantendo os MMII estendidos durante o salto; as mãos posicionadas na cintura para não as usar no impulso; a aterrissagem será realizada com os 2 pés, simultaneamente, permanecendo com os tornozelos em dorsiflexão, conforme o protocolo descrito por Coratella *et al.*⁽²⁰⁾. Serão realizados 3 saltos, com intervalos de 30 segundos entre eles, utilizando um tapete de contato (44 x 44 cm) e analisados no *software MultiSprint Full* versão 3.5.7 (Hidrofit Ltda, Brasil). Para a familiarização do teste de salto vertical, com contramovimento, os atletas realizarão 5 saltos verticais, antes da série considerada válida.

Eletromiografia (EMG)

Para o registro do sinal elétrico dos músculos do quadríceps (reto femoral, vasto medial e vasto lateral) e Isquiotibiais (bíceps femoral e semitendinoso) será utilizado um eletromiógrafo de 12 canais (*Ultium – EMG System - Noraxon – USA*), *bluetooth*, com as seguintes características técnicas: *hardware* com placa de conversão de analógico para digital (A/D) de 24 bits, amplificador de ganho de 1000 vezes, filtro passa-banda de 20 a 500 Hz (*Butterworth* de 2ª ordem), taxa de rejeição de modo comum (RRMC) >100 Db, taxa de ruído de sinal (<1 μ V RMS), impedância de entrada 109 M Ω , sensores com acelerômetros, eletrodos de superfície, bipolares, ativos, diferenciais simples, pré-amplificação 20 vezes e *software* (myoResearchTM3) para coleta e análise de sinais com frequência de amostragem de 4000 Hz.

O protocolo de captura EMG do quadríceps e isquiotibiais será realizado de acordo com *Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles*⁽²¹⁾, com os eletrodos posicionados com suas barras perpendiculares às fibras dos músculos. Após a localização e marcação dos pontos de fixação dos eletrodos com os indivíduos em posição de teste, será feita a tricotomia, abrasão e limpeza da pele com álcool a 70% e, todos os procedimentos de preparação e aquisição dos sinais de EMG serão realizados pelo mesmo avaliador.

Cada indivíduo realizará 3 tentativas de 5 segundos, durante uma contração isométrica voluntária máxima (CIVM), sendo estimulado com o comando “força, força, força” durante a contração e os 3 segundos centrais, de cada contração, serão usados para processar os dados, usando os valores médios da *Root Mean Square* (RMS) normalizada pelo pico do sinal EMG.⁽²¹⁾

Marcadores bioquímicos de dano muscular e estresse oxidativo

Avaliação da atividade sérica de Creatina Quinase (CK)

Coletas de sangue venoso serão realizadas, por um técnico em enfermagem, para determinação da atividade sérica de CK. Um volume de 5 ml de sangue foi retirado da veia antecubital e colocado em tubos de ensaio, sem qualquer anticoagulante, que serão acondicionados num recipiente com gelo e levados ao laboratório. Aproximadamente 20 minutos após cada coleta, as amostras serão centrifugadas a 3000 rpm, por 15 minutos, e o sobrenadante será colocado em tubos *ependorffs* e refrigerados a -20° C até a análise.

A concentração plasmática de CK será quantificada com a aquisição do kit comercial CK NAC Liquiform (Labtest, Minas Gerais, Brasil) utilizando o método UV-IFCC.⁽²²⁾ A absorbância será verificada no analisador automático Labmax 240 Premium® no comprimento de onda 340nm da Hirose Electronic Sistem Co., Ltd. (Tochigi, Japan).

Análise da capacidade antioxidante total (CAT)

Após a coleta, as amostras de plasma serão colocadas em microtubos para posterior análise baseada no método descrito por Brand-Williams, Cuvelier e Berset⁽²³⁾, no qual uma alíquota de 1,25 mg de 2,2 diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) é diluída em 100 ml de etanol (álcool etílico absoluto 99,5%), mantida sob refrigeração e protegida da luz. Serão adicionados 3,9 ml da solução de DPPH a 100 µL de plasma em tubos, que em seguida serão agitados em vórtex e deixados em repouso por 30 minutos. Posteriormente, serão centrifugados a 10.000 rpm à temperatura de 20°C por 15 minutos e o sobrenadante utilizado para a realização da leitura em espectrofotômetro (Biospectro SP-22, Curitiba, Brasil) a um comprimento de onda de 515 nm e os resultados serão expressos como percentual da atividade antioxidante (AAO):

$$AAO = 100 - \frac{[DPPH \cdot R]_t}{[DPPH \cdot R]_B} \times 100$$

onde, $[DPPH \cdot R]_t$ e $[DPPH \cdot R]_B$ correspondem as concentrações de DPPH• remanescente após 30 minutos, avaliadas na amostra (t) e no branco (B) preparado com água destilada.⁽²³⁾

Malondialdeído (MDA)

A atividade oxidante será quantificada por meio da reação do ácido tiobarbitúrico (TBARS) com os produtos de decomposição dos hidroperóxidos, conforme método descrito por Ohkawa, Ohishi e Yagi.⁽²⁴⁾ Para isso, 250 µL do plasma será incubado em banho-maria a 37°C, por 60 minutos e, em seguida, a amostra será precipitada com ácido perclórico AA 35% e centrifugada a 14000 rpm, por 20 minutos, à 4°C. O sobrenadante será transferido para

novos microtubos, nos quais, serão adicionados 400µl de ácido tiobarbitúrico a 0,6% e incubado à 100°C, por 60 minutos. Após resfriamento, será feita a leitura do material, em espectrofotômetro ultravioleta (Biospectro SP-22, Curitiba, Brasil), a um comprimento de onda de 532nm, em temperatura ambiente.

Índice Tornozelo-Braquial (ITB)

O ITB é um teste diagnóstico para triagem e detecção de doença arterial periférica (DAP), bem como um potenciador de risco nas diretrizes da *American Heart Association/American College of Cardiology* sobre a prevenção primária da doença cardiovascular aterosclerótica. Está associado a morbimortalidade cardiovascular quando a relação for menor que 0,9 e maior que 1,3, de acordo com a aferição da Pressão Arterial Sistólica (PAS) dos MMSS (artéria braquial) e MMII na altura do tornozelo – artérias: tibial posterior ou pediosa.⁽²⁵⁾

Para a aferição da pressão arterial sistólica (PAS), será utilizado um Doppler vascular portátil de alta frequência: 5 a 10 MHz (MedPeg® DV – 2001, Ribeirão Preto, SP, Brasil). Os participantes se posicionarão, sobre uma maca, em decúbito dorsal, e permanecerão, em repouso, durante 10 minutos, sendo orientados a não cruzar os braços ou as pernas e não falar durante o procedimento. Posteriormente, serão obtidas as medidas da PAS de cada vaso sanguíneo, de maneira rotacional, com intervalos de 2 minutos entre elas⁽²⁶⁾ e calculado o ITB, bilateralmente, por meio da seguinte fórmula: **ITB direito** = PAS do tornozelo direito/PAS do braço direito; **ITB esquerdo** = PAS do tornozelo direito/PAS do braço esquerdo.

Tratamento estatístico

Os dados serão analisados no *software Statistical Package for the Social Sciences* (25.0 IBM, Chicago, IL). Após realizados os testes de *Shapiro Wilk*, *Levene* e *Mauchly*, para avaliar a normalidade, homogeneidade e esfericidade dos dados, respectivamente, uma ANOVA para medidas repetidas será realizada para verificar os efeitos dos protocolos de intervenção (Pré e pós 2 e 4 semanas de intervenção) nas variáveis: massa magra de MMII, creatina kinase (CK), malondialdeído (MDA), capacidade antioxidante total (CAT), força explosiva (salto vertical), força isométrica e EMG dos músculos do quadríceps (reto femoral, vasto medial e vasto lateral) e Isquiotibiais (bíceps femoral e semitendinoso), seguido do teste *post hoc de Bonferroni*, adotando-se um nível de significância de $P \leq 0,05$, em todas as análises. Caso os dados não atendam os pressupostos de normalidade, será utilizado do teste

de *Kruskal Wallis*.

RESULTADOS

Espera-se que a intervenção no GPCI atenuar ou possa inibir a redução de força e hipotrofia muscular nos atletas em período de descontinuidade das cargas de treinamento.

Conflito de interesse: os autores declaram que não há conflito de interesse, neste estudo.

REFERÊNCIAS

- 1 - Cunniffe B, Sharma V, Cardinale M, Yellon D. Characterization of muscle oxygenation response to vascular occlusion: implications for remote ischaemic preconditioning and physical performance. *Clin Physiol Func Imag*. 2017;37(6):785-93.
- 2 - Loukogeorgakis SP, Panagiotidou AT, Broadhead MW, Donald A, Deanfield JE, et al. Remote ischemic preconditioning provides early and late protection against endothelial ischemia-reperfusion injury in humans: role of the autonomic nervous system. *J Am Col Cardiol*. 2005;46(3):450-6.
- 3 - Candilio L, Malik A, Ariri C, Barnard M, Di Salvo C, Lourenço D, et al. Effect of remote ischaemic preconditioning on clinical outcomes in patients undergoing cardiac bypass surgery: a randomized controlled clinical trial. *Heart*. 2015;101(3):185-92.
- 4 - Incognito AV, Burr JF, Millar PJ. The effects of ischemic preconditioning on human exercise performance. *Sports Med*. 2016;46(4):531-44.
- 5 - Telles LGDS, Billaut F, Cunha G, Ribeiro AS, Monteiro ER Barreto AC, et al. Ischemic preconditioning improves handgrip strength and functional capacity in active elderly women. *Int J Env Res Pub Health*. 2022;19(11):1-10.
- 6 - Tapuria N, Kumar Y, Habib MM, Amara MA, Seifalian AM, Davison BR. Remote ischemic preconditioning: a novel protective method from ischemia reperfusion injury - a review. *J Surg Res*. 2008;150(2):304-30.
- 7 - Zargi TG, Drobic M, Jkoder J, Strazar K, Kacin A. The effects of preconditioning with ischemic exercise on quadriceps femoris muscle atrophy following anterior cruciate ligament reconstruction: a quasi-randomized controlled trial. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2016;52(3):310-20.
- 8 – Mujika I, Padilla S. Detraining: loss of training-induced physiological and performance adaptations. Part I: short term insufficient training stimulus. *Sports Med*. 2000;30(2):79–87
- 9 – Breen L, Stokes KA, Churchward-Venne TA, Moore DR, Baker SK, Smith K, et al. Two weeks of reduced activity decreases leg lean mass and induces “anabolic resistance” of myofibrillar protein synthesis in healthy elderly. *J Clin Endocrinol Metab*. 2013;98(6):2604–

12

10 – Hood, DA. Invited review: contractile activity-induced mitochondrial biogenesis in skeletal muscle. *J. Appl. Physiol.* 2001;90, 1137–57.

11 – Coyle EF, Martin WH, Bloomfield, SA, Lowry OH, Holloszy JO. Effects of detraining on responses to submaximal exercise. *J. Appl. Physiol.* 1985;59:853–9.

12 – Gjøvaag, TF, Dahl HA. Effect of training with different intensities and volumes on muscle fibre enzyme activity and cross sectional area in the muscle triceps brachii. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2008;103:399–409.

13 – Wibom R, Hultman E, Johansson M, Matherei K, Constantin-Teodosiu D, Schantz PG. Adaptation of mitochondrial ATP production in human skeletal muscle to endurance training and detraining. *J. Appl. Physiol.* 1992(73):2004–10.

14 - Berwanger O, Guimarães HP, Azevum A, Piegas LS. Os dez mandamentos do ensaio clínico randomizado-princípios para avaliação crítica da literatura médica. *Rev Bras Hipertens.* 2006;13(1):65-70.

15 - Tanaka D, Suga T, Tanaka T, Kido K, Honjo T, Fujita S, et al. Ischemic preconditioning enhances muscle endurance during sustained isometric exercise. *Inter J Sports Med.* 2016;37(8):614-8.

16 - Lindner TD, Scholten SD, Halverson J, Baumgarten KM, Birger CB, Nowotny BG. The acute effects of ischemic preconditioning on power and sprint performance. *J South Dakota State Med Ass.* 2021;74(5):210-9.

17 - Lahav Y, Goldstein N, Gepner Y. Comparison of body composition assessment across body mass index categories by two multifrequency bioelectrical impedance analysis devices and dual-energy X-ray absorptiometry in clinical settings. *Eur J Clin Nut.* 2021;75(8):1275-82.

18 - Santos HH, Hanashiro DN, Ávila MA, Camargo PR, Salvini TF. Efeito do treino isocinético excêntrico sobre a razão I/Q do torque e EMGs em sujeitos saudáveis. *Rev Bras Med Esporte.* 2014;20(3):227-32.

19 - De Vasconcelos RA, Bevilaqua-Grossi D, Shimano AC, Paccola CJ, Salvini TF, Prado CL, et al. Reliability and validity of a modified isometric dynamometer in the assessment of muscular performance in individuals with anterior cruciate ligament reconstruction. *Rev Bras Ortop.* 2009;44(3):214-24.

20 - Coratella G, Beato M, Milanese C, Longo S, Limonta E, Rampichini S, et al. Specific adaptations in performance and muscle architecture after weighted jump-squat vs. body mass squat jump training in recreational soccer players. *J Strength Cond Res.* 2018;32(4):921-9.

21 - Hermens HJ, Freriks B, Disselhorst-Klug C, Rau G. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *J Electromyogr Kinesiol.* 2000;10(5):361-74.

- 22 - Siekmann L, Bonora R, Burtis CA, Ceriotti F, Clerc-Renaud P, Férard G, et al. International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine. IFCC primary reference procedures for the measurement of catalytic activity concentrations of enzymes at 37 degrees C. International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine. Part 7. Certification of four reference materials for the determination of enzymatic activity of gamma-glutamyltransferase, lactate dehydrogenase, alanine aminotransferase and creatine kinase accord. *Clin Chem Lab Med*. 2002;40(7):739-45.
- 23 - Brand-Williams W, Cuvelier M, Berset CLWT. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Sci Technol*. 1995;28(1):25-30.
- 24 - Ohkawa H, Ohishi N, Yagi K. Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction. *Anal Biochem*. 1979;95(2):351-8.
- 25 - Wang FM, Yang C, Ballew SH, Kalbaugh CA, Meyer ML, Tanaka H, et al. Ankle-brachial index and subsequent risk of incident and recurrent cardiovascular events in older adults: the Atherosclerosis Risk in Communities (ARIC) study. *Atherosclerosis*. 2021;336(21):39-47.
- 26 - Resnick HE, Lindsay RS, Dermott MMc, Devereux RB, Jones KL, Fabsitz RR, Howard BV, et al. Relationship of high and low ankle brachial index to all-cause and cardiovascular disease mortality: the strong heart study. *Circulation*. 2004;109(6):733-9.