
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO HUMANO E
TECNOLOGIAS**

**TREINAMENTO RESISTIDO E PRÉ-CONDICIONAMENTO ISQUÊMICO (IPC):
PERFIL DAS RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E MODELAGEM DA DEMANDA
ENERGÉTICA**

Thiago Pires de Oliveira

**Rio Claro – SP
2023**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO HUMANO E
TECNOLOGIAS**

**TREINAMENTO RESISTIDO E PRÉ-CONDICIONAMENTO ISQUÊMICO (IPC):
PERFIL DAS RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E MODELAGEM DA DEMANDA
ENERGÉTICA**

Thiago Pires de Oliveira

Tese apresentada ao Instituto de Biociências do
Campus de Rio Claro, Universidade Estadual
Paulista, como parte dos requisitos para obtenção
do título de doutor em Desenvolvimento Humano e
Tecnologias.

Orientador: Prof. Dr. Dalton Müller Pessoa Filho

Co-orientador: Prof. Dr. Danilo Alexandre Massini

**Rio Claro – SP
2023**

O48t

Oliveira, Thiago Pires de

Treinamento resistido e pré-condicionamento isquêmico (IPC): Perfil das respostas fisiológicas e modelagem da demanda energética / Thiago Pires de Oliveira. -- Rio Claro, 2023

102 f. : il., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Rio Claro

Orientadora: Dalton Muller Pessoa Filho

Coorientadora: Danilo Alexandre Massini

1. Pré condicionamento isquêmico. 2. Endurance muscular.. 3. Exercício resistido. 4. Número de repetições. 5. Recurso ergogênicos. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: TREINAMENTO RESISTIDO E PRÉ-CONDICIONAMENTO ISQUÊMICO (IPC): PERFIL DAS RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E MODELAGEM DA DEMANDA ENERGÉTICA

AUTOR: THIAGO PIRES DE OLIVEIRA

ORIENTADOR: DALTON MULLER PESSÔA FILHO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em DESENVOLVIMENTO HUMANO E TECNOLOGIAS, área: Tecnologias nas Dinâmicas Corporais pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. DALTON MULLER PESSÔA FILHO (Participação Virtual)
Departamento de Educação Física / UNESP - Faculdade de Ciências de Bauru - SP

Prof. Dr. DANIEL DOS SANTOS (Participação Virtual)
Departamento de Educação Física / Universidade de Franca - UNIFRAN

Prof. Dr. CASSIANO MERUSSI NEIVA (Participação Virtual)
Departamento de Educação Física / UNESP - Faculdade de Ciências de Bauru - SP

Prof. Dr. BIANCA GUIMARÃES ROSA (Participação Virtual)
Departamento de Fisioterapia / UNIFENAS

Prof. Dr. DANIEL GOTTARDO DE SOUZA (Participação Virtual)
Departamento de Educação Física / Universidade de Franca - SP

Rio Claro, 20 de dezembro de 2022

AGRADECIMENTOS

Para minha amada mãe Rosana Pires de Oliveira; meu amado pai Ademir Telis de Oliveira e a minha namorada/esposa Bruna Fernandes também e aos meus irmãos pets: Thor; Carolaina e Princesa.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Dalton Müller Pessoa Filho, pela condução desta pesquisa, pela disponibilidade, confiança, amizade, por seus ensinamentos e orientações na construção do conhecimento. Ao meu grande amigo Dr. Danilo Massini pela imensa contribuição neste projeto e também perante todo o meu doutorado, e um grande agradecimento a toda a equipe de pesquisa (TOP TOP TOP) LABOREH em especial aos meus amigos Prof Dr. Anderson, Dr. Andrei e Dr. Leandro

.

RESUMO

INTRODUÇÃO: O pré condicionamento isquêmico (IPC) é um método não invasivo, seguro e de fácil aplicação capaz de promover um efeito ergogênico em diferentes esportes (natação, ciclismo e corrida) além de produzir melhora da função neuromuscular em grupamentos musculares isolados. **OBJETIVOS:** A proposta deste estudo foi conduzir 2 estudos onde: O primeiro estudo (estudo 1) tem como objetivo uma meta-análise sobre o efeito da manobra IPC perante o número de repetições em exercícios resistidos. O segundo (estudo 2) foi comparar o gasto energético (GE) mediante a três modelos de quantificação energética distintos, sobre três formas de treinamento resistido (TR) realizados até a falha muscular: 70% de 1RM (TR_{70%}) vs 70% de 1RM precedido por IPC (TR_{IPC}) vs 35% de 1RM (TR_{35%}), além de analisar como o protocolo de TR_{IPC} se compara frente as outras duas formas de treinamento (TR_{70%}; TR_{35%}) em relação a demanda energética. **METODOLOGIA:** Estudo 1: nossa pergunta PICO: P = *Healthy Volunteer/Healthy Participants 18-45 years*, I = *Remote ischemic Pre-Conditioning/Limb ischemic conditioning*. C = *Control/Sham vs Ischemic Pre-Conditioning*, O = *Muscle Strength/Dynamometer, Muscle Strength*. Nossa busca foi realizada em três bases de dados (PUBMED, VHL, SciELO). Para o estudo 2: foram analisados quatro homens (23,0 ±1,4 anos), 1,80 ±0,15 m, peso 94,2 ±19,8 kg, 6,4 ±1,1 anos de treino, 23,8 ±5,9% de gordura corporal). Cada um dos três modelos de quantificação do gasto energético (indireto), foi quantificado pela reposta do oxigênio (O₂) durante as series e intervalo entre series e aparelhos e pela variação da concentração de lactato sanguíneo, onde o modelo 1 é a soma da demanda energética por meio do O₂ da atividade e do intervalo entre series e aparelhos, o modelo 2 é O₂ das séries e intervalos entre aparelho além da variação do delta de lactato (Δ [La-] (mmol×L⁻¹)), e o modelo 3 é O₂ apenas das séries, o Δ [La-] (mmol×L⁻¹), além de um ajuste monoexponencial da curva de recuperação do O₂ (EqO_{2fast}). **RESULTADOS:** Estudo 1: foram encontrados 372 estudos no qual 7 estudos envolvendo 127 participantes foram inclusos nesta meta-análise pois atenderam os critérios de inclusão pré estabelecidos. Em uma comparação mais ampla (IPC vs. Placebo; Controle; Aquecimento leve; Alongamento e Aeróbio leve) o IPC foi superior (p<0,05) frente as todas as condições (SMD: 3,02; (IC 95%: 2,23; 3,81) com uma heterogeneidade de I²= 93%; p <0,01. Em uma primeira análise de subgrupo entre IPC vs. placebo/sham (~20 mmHg) o PCI foi superior (SMD: 0,82, (IC: 95%: 0,48; 1,15) apresentando uma heterogeneidade de I²= 62%; p < 0,01, e na segunda análise IPC vs. controle (SMD: 3,50, (IC: 95%: 1,87; 5,13) com I²= 92%; p<0,01. Estudo 2: Para as variáveis de desempenho VO_{2pico} (ml×min⁻¹) e Δ [La-] (mmol×L⁻¹) não apresentaram diferença entre os TRs (p>0,05), as variáveis tempo de execução da série em segundos (T_{ON}) (326,7±96,2s), e tempo total (T_{ON} + intervalo entre as 3 series) (596±115,07s) foi superior para o exercício 2 do TR_{35%} em comparação a seus respectivos exercícios e TR_{70%} e TR_{IPC} (p<0,05). Os equivalentes metabólicos láctico (EqLAC) e fosfagênio pelo ajuste rápido de recuperação do O₂ (Eq_{FAST}) não

apresentaram diferença ($p>0,05$), enquanto os equivalentes de O_2 para a série (EQO_2ON) foi superior aos exercícios 1 ($38,7\pm4,9$) e 2 ($78,5\pm15,4$) do $TR_{35\%}$ em comparação $TR_{70\%}$ e TR_{IPC} ($p<0,05$). Quando os dados são expressos em valores absolutos (kJ) para perante os exercícios o $TR_{35\%}$ apresenta-se com superior ($p<0,05$) em comparação aos $TR_{70\%}$ e TR_{IPC} , contudo quando os mesmos dados são relativizados pelo tempo de execução da série ($kJ/Kg/T_{ON}$) e o tempo total dos aparelhos ($kJ/Kg/T_{total}$) o $TR_{70\%}$ e TR_{IPC} são semelhantes ($p>0,05$) porem superiores ao $TR_{35\%}$ ($p<0,05$). **CONCLUSÃO:** Baseado nestes achados o IPC se revela como uma estratégia de fácil aplicação e muito efetiva para aumentar o *endurance* muscular mediante ao número de repetições em exercícios resistidos. No entanto o IPC parece não ser superior frente a demanda energética e metabólica. Com relação aos modelos (1, 2 e 3), a diferença da contribuição energética existentes entre os valores calóricos é diretamente influenciada pelo tipo de modelo utilizado para o cálculo do gasto energético.

Palavras Chaves:

Pré Condicionamento Isquêmico, Endurance Muscular, Exercício Resistido, Número de Repetições, Recurso Ergogênicos.

ABSTRACT

INTRODUCTION: Ischemic preconditioning (IPC) is a non-invasive, safe and easy-to-apply method capable of promoting an ergogenic effect in different sports (swimming, cycling and running) in addition to improving neuromuscular function in isolated muscle groups. **OBJECTIVES:** The proposal is to conduct 2 studies where: The first study (study 1) aims at a meta-analysis on the effect of the IPC maneuver on the number of repetitions in resistance exercises. The second (study 2) is to compare energy expenditure (EE) using three different models of energy quantification, on three forms of resistance training (RT) performed until muscle failure: 70% of 1RM (RT_{70%}) vs 70% of 1RM preceded by IPC (TR_{PC}) vs 35% of 1RM (TR_{35%}), in addition to analyzing how the TRIPC protocol compares to the other two forms of training (TR_{70%}; TR_{35%}) in relation to energy demand. **METHODOLOGY:** Study 1: our PICO question: P = Healthy Volunteer/Healthy Participants 18-45 years, I = Remote schematic Pre-Conditioning/Limb ischemic conditioning. C= Control/Sham vs Ischemic Pre-Conditioning, O = Muscle Strength/Dynamometer, Muscle Strength. Our search was carried out in three databases (PUBMED, VHL, SciELO). For study 2: four men (23.0 ±1.4 years of training, 1.80 ±0.15 m, weight 94.2 ±19.8 kg, 6.4 ±1.1 years of training, 23.8 ±5.9% body fat). Each of the three energy expenditure (indirect) quantification models was quantified by the oxygen (O₂) response during the series and interval between series and devices and by the variation in the blood lactate concentration, where model 1 is the sum of the demand energy through the O₂ of the activity and the interval between sets and devices, model 2 is O₂ of the sets and intervals between devices plus the lactate variation (EqLAC), and model 3 is O₂ only of the sets, the EqLAC, in addition to a monoexponential fit of the O₂ recovery curve (EqO_{2fast}). **RESULTS:** Study 1: 372 studies were found in which 7 studies involving 127 participants were included in this meta-analysis because they met the pre-established inclusion criteria. In a broader comparison (PCI vs. Placebo; Control; Light warm-up; Stretching and Light aerobic) the IPC was superior ($p < 0.05$) against all conditions (SMD: 3.02; (95% CI: 2.23; 3.81) with a heterogeneity of $I^2 = 93\%$; $p < 0.01$. In a first subgroup analysis between IPC vs. placebo/sham (~20 mmHg) IPC was superior (SMD: 0.82 (CI: 95%: 0.48; 1.15) showing a heterogeneity of $I^2 = 62\%$; $p < 0.01$, and in the second analysis IPC vs. control (SMD: 3.50, (CI: 95%: 1.87; 5.13) with $I^2 = 92\%$; $p < 0.01$. Study 2: For the performance variables VO_{2peak} (ml·min⁻¹) and Δ[La-] (mmol·L⁻¹) showed no difference between the RTs ($p > 0.05$), the variables execution time of the series in seconds (T_{ON}) (326.7±96.2s), and total time (T_{ON} + interval between the 3 series) (596 ±115.07s) was superior for exercise 2 of TR_{35%} compared to their respective exercises and TR_{70%} and TR_{IPC} ($p < 0.05$). Eq_{FAST}) no presented difference ($p > 0.05$), while the O₂ equivalents for the series (EqO_{2ON}) was superior to exercises 1 (38.7±4.9) and 2 (78.5±15.4) of TR₃₅ compared to TR_{70%} and TR_{IPC} ($p < 0.05$). When the data are expressed in absolute values (kJ) for the exercises, TR_{35%} is higher ($p < 0.05$) compared to TR_{70%} and TR_{IPC}, however when the same data are relativized by the execution time of the series (kJ/Kg/T_{ON}) and the total time of the devices (kJ/Kg/T_{all}) TR_{70%} and TR_{IPC} are similar ($p > 0.05$) but higher than TR_{35%} ($p < 0.05$).

CONCLUSION: Based on these findings, the IPC proves to be an easy-to-apply and very effective strategy to increase muscle endurance through the number of repetitions in resistance exercises. However, the IPC does not seem to be superior to the energy and metabolic demand. With regard to the models (1, 2 and 3), the difference in the existing energy contribution between the caloric values is directly influenced by the type of model used to calculate the energy expenditure.

Keywords:

Ischemic Preconditioning, Muscular Endurance, Resistance Exercise, Number of Repetitions, Ergogenic Resource.

LISTA DE ABREVIATURAS

Lista de abreviaturas empregadas no texto, descritas em ordem alfabética

Sigla	Descrição
RT	Treinamento de resistido
CE	Custo energético
GE	Gasto energético
EPOC	Excesso de oxigênio consumido pós exercício
$\dot{V}O_2$	Consumo de Oxigênio
IPC	Pré condicionamento isquêmico
ATP	Trifosfato de Adenosina
kcal	Quilocalorias
1RM	1 repetição máxima
TR _{70%}	Treinamento resistido com 70% de 1RM
TR _{IPC}	Treinamento resistido com 70% de 1RM precedido com IPC
TR _{35%}	Treinamento resistido com 35% de 1RM
PC	Fosfocreatina
QR	Quociente respiratório
$\dot{V}CO_2$	Produção de dióxido de carbono
CK	Creatina quinase
PSE	Percepção subjetiva de esforço
%G	Percentual de gordura
IMC	Índice de massa corporal
DXA	Absorimetria de raios-x de dupla energia
Lac ⁻	Concentração de lactato sanguíneo
ΔLac^-	Delta de lactato sanguíneo (pico – basal)
i $\dot{V}O_2$	Intensidade de atingimento do $\dot{V}O_2$
FC _{max}	Frequência cardíaca máxima
MG	Massa gorda
MIG	Massa isenta de gordura
MI	Membros inferiores
RFS	Restrição do fluxo sanguíneo
Aer	Contribuição aeróbia

$\dot{V}O_{2ON}$	Reposta do $\dot{V}O_2$ durante a série
QR	Quociente respiratório
$\dot{V}O_{2OFF1}$	Reposta do $\dot{V}O_2$ durante o intervalo entre series de um minuto
$\dot{V}O_{2OFF2}$	$\dot{V}O_2$ durante o intervalo entre aparelhos de dois minutos
T_{ON}	Tempo da atividade da serie
T_{OFF1}	Tempo de recuperação entre serie 1 minuto
T_{OFF2}	Tempo de recuperação entre aparelhos 2 minutos
$\dot{V}O_{2OFFFast}$	Equivalente de O_2 da fase primária de resposta da cinética do $\dot{V}O_2$ na fase recuperação (corresponde ao componente fosfagênico da bioenergética)
IC95%	Intervalo de confiança de 95%
y	Valor pico de $\dot{V}O_2$ após o termino do exercício
A1	Amplitude da resposta primaria da cinética do $\dot{V}O_2$ na fase de recuperação
e	Algarismo neperiano
x	Tempo final
x0	Tempo inicial no intervalo 0 – 1 minuto
t1	Constante de tempo (tau) da cinética do $\dot{V}O_2$ na amplitude primária de recuperação

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Flowchart de estratégia de busca.....	44
Figura 2 - <i>Forest plot</i> comparando o efeito do Pré Condicionamento Isquêmico (IPC) sobre o número de repetições contra todas as condições de estudadas: Placebo = <i>Sham</i> ; Controle = <i>Control</i> ; Aquecimento = <i>Warm-up</i> ; Exercício aeróbio = <i>Aerobic Exer</i> ; Alongamento ativo = <i>Act Stretching</i> . A linha horizontal indica o intervalo de confiança (IC) de 95% para o efeito, calculada pela média das diferenças padronizadas (SMD). O diamante na parte inferior representa o efeito geral calculado pelo modelo de efeito aleatório (<i>Random effects model</i>).....	49
Figura 3 - Primeira análise de subgrupo. Comparando o efeito do Pré Condicionamento Isquêmico (IPC) sobre o número de repetições contra a condição Placebo = <i>Sham</i> . A linha horizontal indica o intervalo de confiança (IC) de 95% para o efeito, calculada pela média das diferenças padronizadas (SMD). O diamante na parte inferior representa o efeito geral calculado pelo modelo de efeito aleatório (<i>Random effects model</i>).....	50
Figura 4 - Segunda análise de subgrupo. Efeito do Pré Condicionamento Isquêmico (IPC) sobre o número de repetições contra a condição controle = <i>Control</i> . A linha horizontal indica o intervalo de confiança (IC) de 95% para o efeito, calculada pela média das diferenças padronizadas (SMD). O diamante na parte inferior representa o efeito geral calculado pelo modelo de efeito aleatório (<i>Random effects model</i>).....	51
Figura 5 - Delineamento experimental.....	53
Figura 6 - Ordem de execução dos exercícios enumerados de 1-7 e momentos de coleta para cada protocolo de TR (TR _{70%} ; TR _{35%} ; TR _{IPC}).	56
Figura 7 - Aplicação da manobra IPC	57
Figura 8 - Média e desvio padrão do número de repetições entre os participantes para os três protocolos de treinamento TR _{35%} , TR _{70%} e TR _{IPC} . Os sete exercícios estão enumerados de 1-7.....	65
Figura 9 - Média do percentual do $\dot{V}O_{2max}$ obtido durante os sete exercícios enumerados de 1-7 referente aos três protocolos de treinamento (TR _{35%} , TR _{70%} e TR _{IPC}).....	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição dos estudos inclusos na metaanálise.....	45
Tabela 2 - Valores de força máxima pelo teste de 1RM para os exercícios enumerados de 1-7 dos protocolos de treinamentos entre os participantes.	63
Tabela 3 - Valores da carga total do treino (kg) por protocolo.	64
Tabela 4 - Variáveis de desempenho físico, tempo ON (T_{on}) e tempo total (T_{total}) expresso em segundos, além das variáveis de desempenho fisiológico $\dot{V}O_{2pico}$ ($\dot{V}O_{2pico}$) expresso em $ml \cdot min^{-1}$, e delta de lactato ($\Delta [La-]$) expresso em $mmol \cdot L^{-1}$ referente as três formas de treinamento $TR_{35\%}$, $TR_{70\%}$ e TR_{IPC} , referente aos sete exercícios enumerados de 1-7.....	68
Tabela 5 - Equivalentes de oxigênio, expresso em $ml \cdot Kg^{-1}$, onde: equivalente ON (Eq O_2 ON); OFF 2 minutos (Eq O_2 OFF _{2min}), Lactato (Eq LAC), Componente alático do Epoc <i>fast</i> (Eq <i>fast</i>), frente as três formas de treinamento $TR_{35\%}$, $TR_{70\%}$ e TR_{IPC} e referente os sete exercícios enumerados de 1- 7.....	70
Tabela 6 – Valores calóricos em kJ referente a cada modelo de quantificação energética (modelos 1, 2 e 3) aplicado nas três formas de treinamento ($TR_{35\%}$, $TR_{70\%}$ e TR_{IPC}).....	73
Tabela 7 - Apresenta dados em média e desvio padrão para os valores calóricos em kJ para cada modelo de quantificação energética (modelos 1, 2 e 3) aplicado nas três formas de treinamento ($TR_{35\%}$, $TR_{70\%}$ e TR_{IPC}).....	76
Tabela 8 - Demanda energética em kJ relativizados pela massa corporal e pelo tempo TOTAL ($kJ/Kg/T_{total}$), para os três modelos energéticos e para os sete exercícios dentro dos $TR_{35\%}$, $TR_{70\%}$ e TR_{IPC}	77

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.2 Calorimetria indireta aplicada ao TR.....	17
2.3 Pré condicionamento isquêmico - Contextualização da manobra.....	25
2.3.1 IPC e efeito protetor contra o dano excêntrico.....	26
2.3.2 IPC e recuperação muscular.....	26
3.3 IPC e performance atlética geral.....	28
2.3.4 IPC e exercício resistido.....	34
3 JUSTIFICATIVA.....	37
4 OBJETIVOS.....	38
4.1 Objetivo geral:.. ..	38
4.2 Objetivos específicos:.....	38
5 HIPÓTESES.....	40
6 ESTUDO I.....	41
6.1 Introdução.....	39
6.2 Métodos.....	42
6.2.1 Critérios Adotados para Inclusão e Exclusão dos Estudos.....	43
6.2.2 Avaliação da Qualidade Metodológica e Risco de Vieses.....	43
6.2.3 Análise Estatística.....	44
6.3 Resultados.....	45
6.4 Conclusão e Limitações.....	51
7 MÉTODOS (Estudo 2).....	55
7.1 Participantes.....	51
7.2 Procedimentos.....	53
7.2.1 Delineamento experimental.....	51

7.2.2 Teste Incremental para determinação do $\dot{V}O_{2max}$	53
7.2.3 Teste de 1 RM.....	53
7.2.4 Avaliação da Composição corporal (DXA).....	55
7.2.5 Protocolo de Treinamento.....	55
7.2.6 Pré-Condicionamento Isquêmico.....	56
7.3 Avaliações dos parâmetros fisiológicos durante a após o exercício e modelagens do gasto energético da atividade.....	57
7.3.1 Mensuração da taxa metabólica de repouso.....	57
7.3.2 Mensuração do $\dot{V}O_2$ nos protocolos de TR.....	58
7.3.3 Análise do lactato sanguíneo.....	58
7.3.4 Estimativa da contribuição energética do componente aeróbio ($\dot{V}O_{2ON}$) e pelo consumo de oxigênio pós-atividade ($\dot{V}O_{2OFF1}$ e $\dot{V}O_{2OFF2}$).....	59
7.3.5 Modelos para a quantificação do gasto energético.....	61
7.3.6 Tratamento estatístico.....	65
8 RESULTADOS.....	66
8.1 Carga de treinamento e Carga Total.....	64
8.2 Número total de repetições.....	66
8.3 Intensidade aeróbia ($\% \dot{V}O_{2max}$) do treinamento.....	66
8.4 Variáveis de desempenho e resposta metabólica.....	67
8.5 Equivalentes de oxigênio.....	70
8.6 Valor calórico por modelos energéticos e por exercícios.....	73
8.7 Análise da demanda energética em kJ relativizados pela massa corporal e pelo tempo ON (kJ/Kg/ T_{ON}).....	76
8.7.1 Primeira base de comparação.....	76
8.7.2 Segunda base de comparação.....	77
8.8 Análise da demanda energética em kJ relativizados pela massa corporal e pelo tempo TOTAL (kJ/Kg/ T_{total}).....	80

8.8.1 Segunda base de comparação ($\text{kJ/Kg}/T_{\text{total}}$).....	81
9 DISCUSSÃO.....	84
10 CONCLUSÃO.....	92
11 BIBLIOGRAFIA.....	94

1 INTRODUÇÃO

Usualmente a mensuração do custo energético (CE) do treinamento de *endurance* é realizada de forma indireta pela permuta gasosa pulmonar. Tal abordagem fornece uma excelente precisão (–2% e 4%) além todo estado metabólico “estável” de coleta (baixa intensidade e a relação linear entre frequência cardíaca (FC) e o estado estável do consumo de O₂) (CROONEN, F, BINKHORST, 1974; SCOTT et al., 2009). Sobretudo a mensuração do CE durante o treinamento resistido (TR) necessita de um olhar um pouco mais diferenciado, devido a forma que o TR é performedo, ou seja, um estado metabólico “não estável” de treinamento que necessita toda interação das vias energéticas ativas (fosfagênio, lático e aeróbio) além da enorme gama de possibilidade que manipulam tanto o TR como o CE (múltiplas series, intervalos, intensidades, circuitos, entre outros...) (MEIRELLES; GOMES, 2004; MAGOSSO et al., 2017).

O custo energético (CE) durante TR tem sido observado pelo excesso de oxigênio consumido pós-exercício (EPOC) (SCOTT et al., 2009). Embora CE seja bem documentado há lacunas relacionadas à mensuração do CE, devido as dificuldades de mensuração da permuta gasosa pulmonar e da resposta do glicolítica lática, comumente empregados para a estimativa de CE. Apesar das variáveis consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$) e resposta glicolítica pela concentração de lactato sanguíneo apresentarem uma excelente confiabilidade e reprodutividade para a estimativa de CE durante TR, existe uma variabilidade entre protocolos de amostragem das variáveis supracitadas (SCOTT 2006a; MAGOSSO et al., 2017).

O TR tem sido caracterizado, em termos fisiológicos, pela predominante contribuição dos metabolismos glicolítico (i.e., anaerobiose lática) e fosfagênico (i.e., anaerobiose alática), principalmente durante a execução das séries de repetições, No

entanto no período de recuperação (i.e., descanso) entre as séries há contribuição do metabolismo oxidativo, como se tem observado pelo aumento da demanda de $\dot{V}O_2$ (MAGOSSO et al., 2017). Logo estes aspectos reforçam a importância de se mensurar tanto a demanda energética das séries como a do intervalo entre eles, além do EPOC (SCOTT et al 2009; MAGOSSO et al., 2017).

Nestas condições o maior contribuinte para CE total do TR prove do componente aeróbio que corresponde a soma do consumo do O_2 durante as séries mais o EPOC, visto que em duas series a 60% de 1RM este componente aeróbio pode chegar à 67,71% na primeira série e 71,8% na segunda série e a contribuição anaeróbia, 36,76% na primeira série e 28,19% na segunda série (SCOTT, 2006). Mesmos em intensidades maiores (2 séries, 90% de 1RM) estas contribuições ainda são semelhantes, 70,4% para o aeróbio mais o EPOC e 29,6% para o anaeróbio (SCOTT et al., 2009). Em outros modelos de quantificação do CE mesmo para um TR voltado para hipertrofia o contribuinte aeróbio pode chegar à 96,2% (CAMPANHOLI NETO, 2015).

Há, contudo, outras abordagens que talvez possam modular CE durante TR, como é o caso do pré condicionamento isquêmico (acrômio em inglês: IPC). Essa manobra consiste em ocluir o fluxo sanguíneo de um membro em tempos regulares, realizada previamente a uma atividade poderia aumento na extração de O_2 (KIDO et al., 2015), ou talvez aumentar o $\dot{V}O_2$ durante uma atividade (de GROOT et al., 2010). Tal condição poderia promover uma menor ativação da via láctica (GIBSON et al., 2015), ocasionado sobretudo uma redução na lactacidemia e/ou remoção de metabólitos (GIBSON et al., 2014).

Todavia, tais efeitos, mencionados acima, foram observados em exercícios diferentes de TR. Um estudo pioneiro sobre o efeito de IPC na resposta do $\dot{V}O_2$

demonstrou que IPC aplicado previamente ao exercício incremental, elevou em 3% o $\dot{V}O_{2\max}$ ($56,8 \pm 6,8 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) em comparação ao controle ($58,4 \pm 6,2 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) além de uma melhora de 1,6% no pico de potência alcançada durante o teste (366 ± 62 vs. $372 \pm 59 \text{ W}$) (de GROOT et al., 2010). Por outro lado, parece que IPC não promove qualquer alteração no $\dot{V}O_2$ durante transições entre o domínio moderado e severo realizados no ciclismo, em contraste o mesmo promove um aumento da curva da desoxi-hemoglobina (mais rápida) em comparação ao controle ($27,2 \pm 2,9$ vs $19,8 \pm 0,9$ seg) o que poderiam resultar em uma maior ativação mitocondrial (KIDO et al., 2015). Este mesmo comportamento perante a desoxi-hemoglobina poderia contribuir para um maior tempo de sustentação da contração isométrica ($27,1 \pm 3,4$ vs $35,0 \pm 3,6$ s) do musculo do quadríceps em comparação ao controle (TANAKA et al., 2015), contudo tal hipótese ainda não pode ser totalmente sustentada pois mesmo que o IPC promova um aumento no tempo limite de sustentação com carga constante até falha voluntária mudanças na hemodinâmica local e também na desoxigenação durante a atividade podem não correr (BARBOSA et al., 2015).

Quanto ao efeito sobre a produção de força muscular perante ao TR, estudos demonstram que IPC proporcionou aumento de 11,8% no pico de força máxima em comparação com a condição placebo, acompanhado também por um aumento de 12,6% na média de força durante cinco contrações (extensão de joelho) realizado em um dinamômetro isocinético (PARADIS-DEESHÊNES, JOANISSE, BILLAUT, 2016), bem como IPC foi eficaz em aumentar o número de repetições em 20% durante o exercício de extensão de joelho até a falha concêntrica com uma carga fixa de 85% de uma repetição máxima (1RM), sem contudo, alterar a ativação neural entre as condições e a resposta do lactato sanguíneo (CARVALHO, BARROSO, 2019)

Mediante as questões apresentadas possuímos duas propostas de estudo onde: 1- Conduzir uma meta-análise sobre o efeito que a manobra IPC possa exercer ou não sobre o número de repetições do TR. Comparar o IPC contra uma condição controle ou placebo, em humanos saudáveis de 18 até 45 anos. Nossa pergunta PICO (acrônimo para P - Paciente, I- Intervenção, C -Comparação e O - “Outcomes” (desfecho)); P: *Healthy Volunteer/Healthy Participants*. I: *Remote ischemic Pre-Conditioning/Limb ischemic conditioning*. C: *Control/Sham vs Ischemic Pre-Conditioning*. O: *Muscle Strength/Dynamometer, Muscle Strength*.

2- Comparar o gasto energético frente aos três modelos distintos de quantificação, em três formas de TR realizados até a falha muscular: 70% de 1RM ($TR_{70\%}$) vs 70% de 1RM precedido por IPC (TR_{IPC}) vs 35% de 1RM ($TR_{35\%}$). E analisar sobretudo como o protocolo de TR_{IPC} se compara frente as outras duas formas de treinamento ($TR_{70\%}$; $TR_{35\%}$) em relação a demanda energética e a parcela de contribuição das diferentes vias bioenergéticas. Partindo da hipótese de que parte do efeito ergogênico encontrado na literatura perante o TR_{IPC} possa ser observado dentro da contribuição calórica da via energética ou da estruturação de um ou mais dos três modelos de quantificação.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Treinamento resistido, demanda energética e técnicas de treinamento

Com relação à via energética predominante, Lagally et al., (2002) reportaram que TR proporciona uma marcante elevação da concentração de lactato sanguíneo; e Skidmore et al., (2012) destacaram que a resposta do lactato sanguíneo proporciona um parâmetro seguro da demanda metabólica anaeróbia láctica. Entretanto, apesar da predominância do metabolismo anaeróbio ocorrer durante as execuções das séries, o metabolismo aeróbio possui uma maior contribuição energética ao longo da sessão de treinamento, principalmente durante o intervalo entre séries e aparelhos, onde o metabolismo oxidativo se torna a principal fonte para o fornecimento energético (COLLINS et al., 1989; MAGOSSO et al., 2017). Outro fator que corrobora está afirmação é se observar a relação entre o tempo de duração da série em relação ao tempo de recuperação (intervalo entre série e entre aparelhos) nota-se uma grande desproporcionalidade de tempo à favor da recuperação, que contribui para uma maior participação aeróbia (oxidativa) em uma sessão de TR (CAMPANHOLI NETO, 2015).

Neste sentido, até o momento sobre a maior contribuição aeróbia que ocorre durante o intervalo entre séries e aparelhos Magosso et al., (2017) ampliam ainda um pouco mais esta discussão e destacam que durante múltiplas séries de um mesmo exercício o total de energia gasta não é alterado, o que ocorre é um aumento do metabolismo aeróbio ao longo destas múltiplas séries e por consequência direta uma diminuição na produção de energia anaeróbia.

Apesar da marcante participação do metabolismo aeróbio frente a demanda energética do TR, o metabolismo anaeróbio ainda possui uma característica impar visto sua altíssima velocidade de reconversão de ATP. Esta característica fica ainda

mais evidente quando se comparam duas intensidades, assim como foi demonstrado por Scott (2006) onde por meio de calorimetria indireta (análise da permuta gasosa) ao comparar dois protocolos com cargas diferentes 60% vs 80% de 1RM observaram que apesar do metabolismo aeróbio ainda ser o maior contribuinte para o gasto energético total da sessão independente da intensidade estudada (60% ou 80% de 1RM), a adição da maior intensidade (80% de 1RM) resultou em um maior componente anaeróbio em comparação a 60% de 1RM, esta adição como esperado, aumentou significativamente o gasto energético total da sessão em comparação a 60% de 1RM.

Como já abordado anteriormente, o TR não é uma forma de exercício puramente aeróbia, mesmo em cargas < 35% de 1RM possui uma característica intermitente que restringe o alcance de uma fase metabólica estável, portanto, sempre demandará do componente anaeróbio, apesar da maior contribuição do metabolismo aeróbio perante o gasto energético total da sessão de TR (SCOOT, 2006; MAGOSSO et al., 2017). Ainda, tem-se considerado três momentos distintos para a interrelação entre vias energéticas em uma sessão de TR: 1- momento específico da realização da série onde apresenta uma maior intensidade e uma resposta metabólica específica indicando maior oxidação de carboidratos, 2- intervalo entre as séries e o intervalo entre os aparelhos que apesar de representar o descanso parece ser o maior contribuinte para o gasto energético total, 3- o fim da sessão, onde algumas atividades metabólicas ainda se sustentam por um período de tempo apresentando um excesso de consumo de O₂ após o exercício (em inglês: EPOC) (SCOOT, 2006; SCOOT, 2009; SCOTT et al., 2011).

Desta forma, procedimentos que possibilitam a quantificação ideal do gasto energético em uma sessão de treinamento, ou em um aparelho específico, deve

considerar a soma de três componentes: aeróbio, EPOC e anaeróbio (SCOOT, 2006; MAGOSSO et al., 2017, SCOTT et al., 2011).

2.2 Calorimetria indireta aplicada ao TR.

A abordagem tradicional ou “padrão ouro” para a estimativa do gasto de energético por meio da calorimetria indireta (permuta gasosa) baseiam-se em exercícios aeróbicos com características específicas, ou seja, sua duração é relativamente longa, seu ritmo é quase constante, suas intensidades são de leve para moderadamente intenso e a captação do O₂ para a análise da demanda energética são coletadas em uma condição metabólica praticamente estável (SCOTT et al., 2011, MAGOSSO et al., 2017). O TR por um outro lado é realizado de forma intermitente, com elevadas intensidades ($\leq 65\%$ de 1RM) e tal condição pode comprometer a entrega de O₂ pela elevada e intensa demanda muscular local, além de não permitir ao indivíduo atingir um estado metabólico estável, necessitando de toda a combinação de vias energéticas (ergogênese) para sustentar a atividade (SCOTT et., 2011; MAGOSSO et al., 2017).

Nesta perspectiva a adoção direta e exclusiva de uma abordagem tradicional que seguem os preceitos das atividades aeróbicas quando aplicados no TR, poderiam subestimar a real contribuição energética. Logo alguns aspectos em relação a quantificação da demanda energética e modelos via calorimetria indireta durante o TR precisam ser elencados e tratados de forma muito especial, ou seja, sem descartar o conhecimento prévio conquistado com as modelagens tradicionais e considerar sobretudo a relação entre esforço/pausa do TR e toda a sua ergogênese desempenhada para tal atividade.

Quanto ao TR a permuta gasosa por parte do consumo de O_2 é muito capaz de fornecer uma representação da produção energia aeróbia, no entanto é importante destacar que na tentativa de aprimorar a acurácia frente ao método de quantificação indireta e sobretudo levar em conta a ergogênese do TR em relação a oxidação de carboidrato e gordura, logo considera-se que a cada litro de O_2 mensurado durante a atividade ou série seja convertido em um equivalente metabólico de 5,05 Kcal o que representaria a atividade muscular metabolizando apenas carboidrato (PHILLIPS; ZIURAITIS 2003).

Com isso um princípio muito semelhante é adotado para cada intervalo entre series e/ou aparelhos onde se considera que a cada litros de O_2 seja convertido em 4,7 Kcal o que representaria um maior consumo de gordura nesta fase (SCOOT, 2006). Parte de deste conceito provem do quociente respiratório (QR) que representa a relação entre a produção de dióxido de carbono ($\dot{V}CO_2$) e o $\dot{V}O_2$ que é capaz de conhecer o tipo de substrato energético que está sendo oxidado in vivo, nestas condições o QR traduz a participação dos carboidratos e lipídios pelos valores de $\dot{V}CO_2$ e $\dot{V}O_2$ respectivamente (GUPTA et al., 2017). Onde segundo Gupta et al., (2017) o valor de $QR = <1,00$ indicaria uma maior utilização de carboidrato e valores correspondentes a um $QR = \sim 0.70$ indicaria uma maior utilização de lipídios, visto que nestas condições a produção de CO_2 seria menor.

Ainda assim a calorimetria indireta tenta suprir outras limitações metodológicas importante com o objetivo de elevar ainda mais o seu poder de acurácia visto que toda contribuição lática referente ao gasto energético da atividade não pode ser mensurada pelo contudo de O_2 ou pelo valor de QR ($\sim 1,00$) como mencionado anteriormente (SCOOT, 2006). Nestas condições a contribuição lática torna-se determinante visto que durante TR realizado com intervalos curtos e com combinação de membros

superiores e inferiores a ativação de fibras musculares do tipo II pode elevar a concentração pico de lactato para valores $\sim 20 \text{ mmol} \times \text{L}^{-1}$ (KRAEMER; NOBLE; CLARK; CULVER, 1987).

Para solucionar estas questões metodológicas os trabalhos de Di Prampero e Ferreti (1999) e Margaria et al., (1933) propõem que através da variação da lactacidêmica (pico de lactato - basal) é possível converter cada mmol de lactato por kg de peso corporal em 3 ml de O_2 , sendo que para cada 1 litro de O_2 equivale a 5,05 kcal. Com este ajuste proposto por Di Prampero e Ferreti (1999) é possível estimar a contribuição do metabolismo anaeróbio láctico perante ao gasto energético total da sessão de ou de aparelho específico.

A junção da permuta gasosa pulmonar e do lactato sanguíneo como mencionados acima são parâmetros usualmente empregados, contudo outros aspectos ainda precisam ser levados em consideração, neste caso o déficit de O_2 que ocorre no início do exercício e consiste em um período no qual as reservas de ATP e fosfocreatina (PC) são utilizadas como fonte de energia. Logo toda a ressíntese destas reservas ocorrem principalmente quando o exercício termina ou ocorre uma pausa, compondo “em partes” um fenômeno conhecido como excesso de consumo de oxigênio pós-exercício (inglês, EPOC) (SCOOT, 2006).

Nesta condição quando o exercício é finalizado ocorre uma redução do consumo de O_2 mediante a redução da demanda energética. Contudo esse fenômeno não ocorre de forma imediata visto que existe um janelamento de tempo e este janelamento está diretamente relacionado com as duas principais variáveis do TR: o volume e a intensidade. Dentro deste contexto o EPOC pode ser analisado em duas fases: uma fase inicial e rápida conhecido com EPOC-rápido, muito relacionada com o déficit de O_2 (reservas de ATP e PC) e uma fase mais tardia ou mais demorada

conhecida como EPOC-lento onde o consumo do O_2 demora um período de tempo para atingir um valor considerado de repouso $< 5,0 \text{ ml (kg} \times \text{min}^{-1})$ (SCOTT, 2006; SCOTT et al., 2011).

Mediante a tudo o que foi apresentado SCOTT, (2011) propõem que a melhor forma para quantificação do gasto energético durante o TR seja através da soma dos 3 componentes mencionados acima: aeróbio, EPOC e anaeróbio. Visto que tradicionalmente as medidas que empregavam única e exclusivamente o consumo de O_2 como forma de quantificação do gasto calórico consistiam apenas nas análises do consumo de O_2 durante a atividade ou da soma do mesmo consumo de O_2 mais o EPOC. Nesta perspectiva Ballor et al. (1987) analisaram um protocolo em circuito com máquinas hidráulicas e utilizaram para quantificação energética apenas o componente aeróbio por meio da coleta do consumo de O_2 . Seu valor foi multiplicado pela constante de conversão para kcal (5,05), ao fim do estudo os autores encontraram um valor médio de 238,9 kcal para 24,5 min de atividade. É importante destacar que os autores não aplicaram qualquer outro modelo para quantificação energética com o objetivo de comparação e sobretudo não mensuraram o EPOC e por consequência a participação de todos os metabolismos envolvidos.

Ainda no mesmo ano Scala et al., (1987) corrigiram um pouco esta questão visto que os autores mensuraram tanto o consumo de O_2 durante a atividade com também o EPOC, ao fim de uma semana de estudo os autores observaram que a média calórica semanal referente ao gasto total da sessão foi de 391,8 kcal divididos em: 21,3 kcal para o alongamento; 332,1 kcal para a sessão de TR e 38,5 kcal responsável pelo EPOC analisado por um período de 10 minutos após o fim da sessão.

O primeiro estudo que verdadeiramente considerou a análise do lactato sanguíneo como parte da contribuição energética no TR foi o estudo de Scott, (2006) onde o mesmo comparou se o lactato sanguíneo forneceria uma contribuição significativa para a interpretação do gasto energético total em comparação com ao método que analisou apenas a captação de O₂. Nesta abordagem para a mensuração do gasto energético total foi empregado o lactato sanguíneo, consumo de O₂ durante o exercício e o EPOC e para o modelo que adotou apenas o consumo de O₂ para a quantificação empregou apenas o consumo de O₂ durante o exercício mais o EPOC.

Quando os dados perante o gênero (homens e mulheres) são agrupados o autor observou que para o modelo que adotou a quantificação total (aeróbio + lactato + EPOC), o gasto energético mensurado foi maior para repetições até a falha (rosca direta: 6,5 kcal; supino reto: 6,5 kcal; *leg press*: 9,8 Kcal; $p < 0,03$) em comparação ao modelo que adotou apenas o consumo de O₂ para a quantificação (rosca direta: 2,86 kcal; supino reto: 5,49 kcal; *leg press*: 5,73 Kcal; $p < 0,03$). Por meio deste delineamento o autor conseguiu demonstrar que os modelos que utilizam apenas o consumo de O₂ para a quantificação da demanda energética, poderiam estar subestimando seus valores por não considerarem o emprego do componente láctico em sua análise.

Em uma abordagem semelhante Scott et al., (2009) apresentam os contribuintes energéticos agora de forma separada (não somados), para isso os autores analisaram o gasto energético durante a realização do exercício supino reto (50% de 1RM) com diferentes volumes (3 séries: 7, 14 e 21 repetições). Para o protocolo com 7 repetições os valores percentuais encontrados foram: anaeróbio 31,4%; aeróbio 18,2% e EPOC 50,4%. Para o protocolo com 14 repetições: anaeróbio 39,3%; aeróbio 18,7% e EPOC 42,0%. Para o protocolo com 21 repetições: anaeróbio

44,8%; aeróbio 21,3% e EPOC 33,9%. Nesta análise (separada) foi possível observar que o metabolismo anaeróbio foi cada vez mais ativado a medida em que um maior número de repetições foi empregado.

Corroborando este achado que “em partes” justificam a necessidade de quantificar o metabolismo anaeróbio, Scott et al., (2011) analisando o supino reto em seis intensidades distintas (37% até 90% de 1RM) os autores encontraram que para protocolos que adotaram maiores intensidades a contribuição do metabolismo anaeróbio foi de 50,57% para 70% de 1RM; 45,47% para 80% de 1RM e 41,57% para 90% de 1RM. Para os protocolos de baixa intensidade, a contribuição anaeróbia, foi de 46,38% para 37% de 1RM, 51,31%; para 46% de 1RM e 49,58%, para 56% de 1RM. Independente de não mencionarmos aqui as porcentagens referente a contribuição dos componentes aeróbio e EPOC o estudo destaca que se caso ocorresse a falta quantificação do componente anaeróbio dentro destes protocolos, levaria a uma subestimação do gasto energético total entre 40% a 50%.

Logo existem diferentes modelos ou forma de quantificação do gasto energético que foram testados longo dos anos, contudo SCOTT, (2011) propõem que a melhor forma para quantificação do gasto energético durante o TR seja através da soma dos 3 componentes mencionados acima: aeróbio, EPOC e anaeróbio. Além disso 3 aspectos importantes justificam esta escolha:

1- Modelos que utilizam apenas o consumo de O_2 para a quantificação da demanda energética, poderiam estar subestimando seus valores por não considerarem o emprego do componente láctico em sua análise (SCOTT et al., 2006; MAGOSSO et al., 2017).

2- Com o TR na maioria dos casos utilizam intensidades moderada para intensa ($\leq 65\%$ de 1 RM) na maioria dos casos, a entrega continua de O_2 para o músculo

esquelético em atividade pode ser comprometida, porque a contração muscular é intensa o suficiente para efetivamente "beliscar" o fluxo arterial e venoso, este fenômeno poderia comprometer a acurácia de modelos que utilizem apenas o consumo de O₂ para quantificação da real demanda energética do TR (TAMAKI., et al., 1997; SCOTT et al., 2011).

3- Durante o TR o metabolismo anaeróbio láctico e alático são contribuintes de uma parcela considerável da ergogênese que ocorre durante um exercício isolado ou da sessão como um todo (TESCH et al., 1986; MAGOSSO et al., 2017).

2.3 Pré condicionamento isquêmico - Contextualização da manobra.

O IPC é uma técnica/manobra que consiste em ocluir o fluxo sanguíneo de um membro em tempos regulares, promovendo desta forma ciclos de oclusão/reperusão (MURRY et al., 1986; deGROOT et al, 2010). Esta manobra foi, originalmente, testada em modelos animais, analisando a extensão do dano tecidual em simulações de infarto do miocárdio. Murry et al. (1986) demonstrou em caninos que a técnica IPC prévia (40 minutos) à um ataque cardíaco promoveu um efeito "cardioprotetor", devido à significativa redução de dano tecidual causado pela isquemia, quando comparado a condição controle.

O mesmo efeito foi observado no estudo de Pang et al., (1993), envolvendo suínos. Todavia, outros estudos apresentaram resultados diferentes, gerando controvérsias sobre o efeito cardioprotetor, tais como o aumento do estímulo inflamatório que pode conduzir à arterosclerose (ZAUGG; LUCCHINETTI, 2015). Em estudos com humano dentro da área clínicas, também apresentaram respostas promissoras que poderiam resultar em eventos moleculares capazes de reduzir o

dano causado pela isquemia/reperfusão em diferentes tecidos (TOMAI; CREA; CHIARIELLO; GIOFFRÈ, 1999).

Porém, o efeito agudo da técnica IPC sobre o desempenho atlético contextualiza uma condição experimental promissora sobre os diferentes métodos de treinamento e estratégias de desempenho, ainda que seus resultados se apresentem como escassos ou inconclusivos independentemente do tamanho de efeito analisado, a manobra IPC ainda necessita de uma melhor compreensão visto que algumas lacunas no campo do conhecimento esportivo ainda estão em aberto. Baseado no que foi brevemente apresentado nos pontuamos que a manobra IPC parece atuar sobre três frentes: 1- Efeito Protetor contra o dano excêntrico; 2- Recuperação muscular; 3 - Efeito ergogênico sobre a performance atlética geral.

2.3.1 IPC e efeito protetor contra o dano excêntrico.

Eston, Mickleborough e Baltzopoulos. (1995) sugerem que tanto a sobrecarga metabólica como a tensão mecânica são as principais causas do dano muscular, entretanto os mesmos autores apontam que a tensão mecânica é um fator mais importante do que a sobrecarga metabólica para a etiologia do dano. Como abordado anteriormente, a manobra de IPC foi desenvolvida para a área clínica a fim de reduzir o dano causado pela isquemia prolongada e dano por isquemia/reperfusão, conferindo desta forma um efeito cardioprotetor tanto em modelos animais como em humanos (LLIODROMITIS, LAZOU, KREMASTINOS, 2007). Infelizmente, até o presente momento, apenas dois estudos procuraram testar os efeitos do IPC aplicado de forma remota contra o dano muscular induzido pela demanda contrátil (contração excêntrica). Além destes dois estudos existe ainda um registro de protocolo de estudo

conduzido por Pizzo Junior et al., (2021) contudo este estudo até o presente momento ainda não foi concluído.

Franz et al., (2018) foram os primeiros a testar se o mesmo efeito protetor promovido pelo IPC no músculo cardíaco poderia ser observado no músculo esquelético, quando submetido a uma sobrecarga excêntrica. Desta forma, o principal achado deste estudo foi que o grupo que realizou sobrecarga excêntrica + IPC reduziu a dor muscular tardia em três momentos distintos 24, 48 e 72 h ($p < 0,01$), marcador de dano muscular (creatinofosfoquinase) 24 h, ($P = 0,004$); 48 h, ($p < 0,001$); 72 h, ($p < 0,001$), além de atenuar o declínio da capacidade contrátil do músculo durante a atividade, em comparação ao grupo controle (excêntrico sem IPC)

Ainda neste sentido, Cerqueira et al., (2021) procuraram ampliar os achados do estudo anterior e encontraram resultados totalmente diferente sobre os extensores do joelho após os mesmos serem submetidos a uma sobrecarga excêntrica (10 séries de 12 repetições, totalizando 120 contrações). As variáveis torque isométrico máximo, taxa de desenvolvimento de torque, dor muscular tardia, limiar de dor à pressão, amplitude de movimento do joelho, circunferência da coxa e atividade da creatina quinase (CK), foram avaliadas antes do IPC ou placebo e até 72 horas após o exercício excêntrico. Os autores não encontraram diferença sobre queda no torque isométrico após a aplicação da sobrecarga excêntrica para ambas as condições.

Contudo, a diferença observada em comparação à linha de base foi em relação à dor muscular tardia nos momentos 48 e 72 h e CK 72 h ($p < 0,05$), a favor do grupo placebo. Por outro lado, a dor muscular tardia apresentou diferença a favor do grupo IPC ($p < 0,008$), mas as demais variáveis não apresentaram diferenças entre os grupos.

Se levarmos em consideração os achados de ambos os estudos frente a variável efeito protetor contra o dano excêntrico notamos uma marcante divergência de resultados, Cerqueira et al., (2021) ainda destacam que o IPC talvez exerça um efeito placebo frente ao seu comparador o que de certa forma corrobora com a afirmação de Marocolo et al., (2015) quando os autores compararam a performance de nado em nadadores recreacionais. Contudo está afirmação ainda não pode ser estabelecida visto que ainda existem poucos estudos sobre a temática (dois até o momento), por outro lado os aspectos relacionados com a recuperação muscular mediante a aplicação remota do IPC parecem fornecer dados mais robustos.

2.3.2 IPC e recuperação muscular.

Diversos processos de recuperação são testados na literatura, mas Beaven et al., (2012) apresentaram uma proposta avaliando se o IPC poderia promover uma maior recuperação da função muscular. Nesta proposta, Beaven et al., (2012) selecionaram 14 voluntários (10 homens e 4 mulheres; 32 ± 7 anos) no qual realizaram exercícios de potência muscular (*squat jump*; salto contramovimento e 6 *sprints* de 40m) e força muscular (dinamômetro *leg press*) respectivamente, imediatamente após a realização da sequência de exercícios foi aplicada o procedimento IPC 2 x 3min – 220 mmHg seguido por 5 de reperfusão) e imediatamente repetindo a mesma sequência de exercícios (potência e força muscular) e novamente 24 horas após.

O mesmo procedimento foi adotado para condição placebo, no entanto ocorreu 1 semana após da condição experimental e com IPC (2 x 3min – 15 mmHg seguido por 5 de reperfusão). Os autores encontraram um claro benefício na recuperação da função muscular 24 horas após a realização dos exercícios a favor da condição

experimental (IPC = 220 mmHg) em comparação ao placebo (IPC = 15 mmHg) tanto para da potência de salto como para os sprints de 40 metros. Apesar da melhora na recuperação encontrada no estudo principalmente na fase tardia, algumas propriedades contrateis como velocidade excêntrica pico e a aceleração pico pioraram de forma aguda durante o salto contramovimento e também a potência pico excêntrica durante o *squat jump*.

Em uma recente meta-análise, Arriel et al., (2020) analisaram os efeitos que IPC exerceria sobre a recuperação muscular nas seguintes variáveis: CK, percepção de recuperação e dor muscular tardia. Seis estudos elegíveis, envolvendo 106 indivíduos, demonstraram que IPC apresentou-se favorável as todas as condições analisadas: percepção de recuperação ($p = 0,004$; tamanho do efeito (ES): -0,49), menor CK ($p < 0,001$; ES: -0.74), dor muscular tardia ($p < 0,001$; ES: -0,88), em comparação as condições *sham* (pouca oclusão) ou controle (sem qualquer intervenção).

Por outro lado, apesar do efeito favorável de IPC, é importante destacar que para construção da meta-análise apenas 6 estudos foram elegíveis para a variável sensação de recuperação e para as variáveis CK e dor muscular tardia e apenas 4 estudos averiguaram estes efeitos. Contudo, apesar de resultados promissores, ainda há forte carência sobre o efeito do IPC sobre a recuperação da performance atlética. Por exemplo, Beaven et al., (2012) encontraram melhora na recuperação após esforços de 40 metros e saltos, porém houve piora para outros parâmetros (velocidade excêntrica pico e aceleração pico).

2.3.3 IPC e performance atlética geral.

Décadas após à sua aplicação clínica o IPC passou a ser considerada como uma manobra atrativa para o âmbito esportivo, pois além do seu baixo custo e ser uma intervenção não invasiva, possui uma fácil aplicabilidade, podendo desta forma fornecer um auxílio ergogênico atrativo para a performance atlética geral (SLYSZ, BURR, 2019). Sua aplicação remota sobre os membros inferiores foi testada por Bailey et al., (2012) com o objetivo de observar se IPC (4 x 5 min – 220mmHg seguidos de 5 min de reperfusão) poderia promover a melhora da performance de corrida (contra-relógio 5Km) e também no comportamento do lactato sanguíneo em 13 indivíduos ativos.

Como desfecho o estudo encontrou que IPC promoveu tanto melhora na performance dos 5km (1355 ± 146 vs. 1321 ± 114 s) como também no comportamento do lactato sanguíneo (atenuação em intensidades submáxima) em comparação com a condição placebo (4 x 5-min - 20 mmHg seguidos 5min de reperfusão). Testado uma abordagem distinta do estudo anterior desta vez em nadadores altamente treinados (n= 18) Jean-St-Michel et al., (2011) encontrou que o IPC (4 x 5 min – 15 mmHg acima da pressão sistólica seguidos de 5 min de reperfusão) promoveu melhora na performance 100m em 1% ($p = 0,04$) em comparação com o grupo placebo (4 x 5min – 10mmHg seguidos de 5 min de reperfusão).

Na tentativa de compreender a associação da resposta cardiorrespiratória com a performance, um dos primeiros trabalhos a observar o efeito do IPC sobre o $\dot{V}O_2$ foi de Groot et al., (2010) que verificaram o IPC (3 x 5 min – 220 mmHg seguidos de 5 min de reperfusão) durante exercício incremental (50 W por 4 min, seguidos de 4 min a 100 W e mais 4 min a 150 W, a partir daí a carga aumentou 20W a cada minuto até a exaustão), quando comparado à condição controle, elevou em 3% o $\dot{V}O_{2max}$ ($56,8 \pm 6,8$ vs. $58,4 \pm 6,2$ mL $\times$ kg $^{-1}\times$ min $^{-1}$) e 1,6% a potência pico (366 ± 62 vs. 372 ± 59 W).

Em outra abordagem e também ampliando os achados do estudo anterior referente a esforços na potência aeróbia máxima, Cruz et al., (2015) encontraram que o IPC (4 × 5 min oclusão com 220 mmHg seguidos de 5 min de reperfusão) em comparação à condição controle, aumentou de 8% na performance (327 vs. 303s; respectivamente) seguido de uma menor percepção subjetiva de esforço (Borg: 6 – 20) (0,8 unidades no 4º minuto) e maior (2,3%) ativação neural no músculo vasto lateral, o que também elevou (2,9%) a resposta final do $\dot{V}O_2$ (4,06 vs. 3,95 L·min⁻¹; respectivamente).

Curiosamente muito do “efeito positivo” apresentado pelo IPC sobre a performance atlética geral pode ser considerado “pequeno” Ex: Bailey et al., (2012) melhora de 2,5% no contra relógio de 5km; Jean-St-Michel et al., (2011) melhora de 1% na performance de 100m (natação); de Groot et al., (2010) 3% no $\dot{V}O_{2max}$ e 1,6% a potência pico; Cruz et al., (2015) 8% na potência aeróbia máxima e (2,9%) no $\dot{V}O_{2max}$. Corroborando está afirmação, Salvador et al., (2016) apontam em sua revisão sistemática e meta-análise que o IPC exerce um efeito positivo sobre a performance geral (aeróbio, anaeróbio e performance de potência/sprint), no entanto a magnitude deste efeito indica que 97,3% dos resultados encontrados apresentam um efeito tamanho considerado pequeno sobre performance geral e 2,3% apresentaram um efeito moderado.

Outro ponto importante é que este efeito parece ser um pouco mais evidente em atividades aeróbias visto que 17,6% dos resultados encontrados apresentam uma magnitude de efeito considerado moderado. Ainda dentro deste contexto torna-se necessário levantar dois apontamentos imparciais: 1- Apesar do efeito ser considerado “pequeno” a maior parte das intervenções testadas foram “máximas” o que torna qualquer melhora sobre a performance atlética geral viável. 2- Os efeitos sobre o desempenho aeróbio parecem ocorrer independentemente das respostas

cardíacas no que tange a resposta sobre o $\dot{V}O_{2max}$, uma vez que o PCI não afetaria o desempenho cardíaco durante o exercício (CRISAFULLI et al., 2011; KIDO et al., 2015).

Apesar de alguns estudos apresentarem resultados promissores em relação ao IPC outros estudos encontraram resultados diferentes, Seeger et al., (2017) frente a um contra-relógio de 5km não encontrou melhora na performance aguda ou tardia (24 horas) em comparação com o placebo (20mmHg) (Placebo: $1400 \pm 105s$, IPC: $1381 \pm 112s$, 24-IPC: $1385 \pm 113s$; $p=0,30$). Porém quando realizado uma observação dentro do próprio grupo, 7 entre 12 indivíduos apresentaram melhora na condição tardia, outra observação importante foi de que durante o contra relógio o ritmo no início da atividade foi mais intenso para a condição tardia o que de certa forma proporcionou um ritmo menor ao fim do contra-relógio.

Corroborando em partes com o estudo anterior, Williams et al., (2021) testando 3 condições experimentais: Placebo, IPC agudo e IPC-24h. Não encontraram melhora na performance 100m e 200m e também não encontraram qualquer mudança significativa nos parâmetros sanguíneos (pH, concentração de lactato e análise gasosa sanguínea) entre as condições.

Em outra abordagem mas agora testando a performance anaeróbia alática Gibson et al., (2015) também não observaram efeitos positivos do IPC (3×5 min - 220 mmHg seguidos de 5 min de reperfusão) sobre o esforço intermitente (5×6 s com 24 s de recuperação com sobrecarga de 7,5% da massa corpórea), o que talvez nos permite inferir que o IPC não apresenta uma tendência sobre o desempenho em esforços com predominância da via anaeróbia alática em oposição ao “pequeno” efeito observado em atividades com predominância aeróbia. Richard e Billaut (2018) também não encontraram qualquer efeito ergogênico do IPC sobre esquiadores de

elite quando realizavam um contra relógio de 1000m com IPC (3 x 5min – 15mmHg acima da pressão sistólica e 5min de reperusão).

De certa forma tais divergências apresentadas nos estudos anteriores quanto ao possível efeito ergogênico ou não da manobra IPC podem ser especuladas referente ao tipo/duração do exercício (SALVADOR et al., 2016), nível de condicionamento físico do indivíduo comprando elite com treinados (CARU, LEVESQUE, LALONDE, CURNIER, 2019) e também questões metodológicas quanto ao número (2 – 4) de ciclos de oclusão/reperusão e pressão aplicada (BEAVEN et al., 2012; KIDO et al., 2015; CRUZ et al., 2015) pressão de oclusão (220 – 300 mmHg) (KIDO et al., 2015) assim como valores acima (10 – 20 mmHg) da pressão artéria sistólica (HITTINGER et al., 2015).

2.3.4 IPC e exercício resistido

Apesar dos mecanismos locais ainda não serem totalmente elucidados, estudos da área clínica já haviam relatado que o IPC pode melhorar a oxigenação do músculo cardíaco durante os ciclos de isquemia/reperusão (XU et al., 1998; ZHU et al., 2007); e o mesmo efeito também foi observado na dinâmica da desoxihemoglobina muscular durante o ciclismo com transição do domínio de intensidade moderado para severo (KIDO et al., 2015). Tal efeito local poderia explicar “em partes” a melhora nas diferentes manifestações de força encontrados em alguns estudos com IPC.

Takada et al., (2015) também observaram um comportamento muito semelhante na cinética de oxigenação do músculo do quadríceps, que na visão dos autores contribuiu para um maior tempo de sustentação da contração isométrica em

comparação a condição controle (IPC= 233 $\pm$ 9s vs. controle 198 $\pm$ 9s, $p < 0.001$). Barbosa et al., (2014) observou que IPC aplicado antes da preensão manual ritmada por um metrônomo e com intensidade de 45% da máxima contração voluntária (intensidade considerada acima da potência crítica) retardou a fadiga em 11,2% em comparação a condição controle (IPC= 198 $\pm$ 70s vs. Controle: 179 $\pm$ 66s, $p < 0,05$).

Ampliando ainda mais os achados ambos os estudos citados anteriormente Paradis-Deschênes, Joanisse, Billaut (2016) observaram um aumento no pico de força máxima concêntrica de 11,8% (tamanho do efeito: 0,37 e IC =90%: 0,27-0,47) no exercício de extensão de joelho (dinamômetro isocinético), em comparação com a condição placebo, acompanhado também por um aumento de 12,6% (tamanho do efeito: 0,47 e IC = 90%: 0,29-0,66) na força média durante 5 contrações

Em um estudo recente, Carvalho e Barroso (2019) encontraram que IPC em comparação com o placebo aumentou o número de repetições em 20% durante uma única série até a falha muscular concêntrica durante o exercício de extensão de joelho, com carga fixa à 85% de uma repetição máxima (1RM). Por outro lado, os autores não observaram qualquer alteração no sinal eletromiográfico entre as duas condições e também não observaram diferença entre o delta de lactato (diferença entre o valor pico – basal de lactato) da musculatura avaliada. Ainda neste sentido, Cruz et al., (2019) testaram a resposta aguda do IPC sobre o aumento da força máxima (MCV) e sobre a amplitudes do sinal EMG do flexor plantar (tríceps sural). Os autores concluíram que IPC sustentou a MCV (Pré: 152 $\pm$ 38, Pós: 154 $\pm$ 33 N.m; $p > 0,05$) ao longo das 10 contrações em comparação ao placebo (Pré: 154 $\pm$ 33, Pós: 150 $\pm$ 32 N.m; $p > 0,05$), que foi acompanhado por um significativo aumento da EMG na condição IPC (Pré: 236 $\pm$ 113, Pós: 258 $\pm$ 132 μ V; $p > 0,05$), em comparação a condição placebo (Pré: 235 $\pm$ 105, Pós: 235 $\pm$ 126 μ V; $p > 0,05$).

Uma característica marcante da manobra IPC é o seu momento de aplicação onde na maioria dos estudos ocorre pré a realização da sessão ou do exercício específico, logo sua comparação com outras condições ou outras formas de aquecimento tornam-se totalmente necessária. Dentro desta proposta Telles et al., (2020) comparam o efeito agudo do IPC com diferentes tipos de aquecimento sobre o número de repetições e volume total em exercícios resistido (*Leg press* 45° e supino), onde dezesseis voluntários com experiência em treinamento resistido foram divididos randomicamente em cinco protocolos (IPC, placebo, aquecimento específico, exercício aeróbio e alongamento ativo) cada protocolo seria aplicado como uma forma de aquecimento para os exercícios *Leg press* 45° e supino (3 series, 80% de 1RM até a falha concêntrica).

Referente ao número de repetições do exercício *leg press* 45°, a condição IPC foi superior na 1-2° serie ($p < 0,05$) a todos os protocolos estudados, e superior na 3 série em comparação ao aquecimento específico, placebo e alongamento ativo. Para o supino, IPC foi superior ao aquecimento específico na 1-2° serie ($p < 0,05$) e superior ao placebo na 3 série ($p < 0,05$). Portanto, o aumento observado no número de repetições na condição IPC refletiu em um maior volume total para o *Leg press* 45° em comparação ao aquecimento específico, aeróbio e alongamento ativo, enquanto para o exercício supino foi maior apenas que o aquecimento específico.

Fortalecendo estas descobertas e também ampliando para sessões repetidas de treinamento, Novaes et al., (2020) investigaram o efeito do IPC nas variáveis número de repetições, volume total de treinamento e percepção subjetiva de esforço (PSE) ao fim de 3 sessões de treinamento resistido (3 series, 80% de 1RM até a falha concêntrica). Dezesseis voluntários com experiência em treinamento resistido completaram 3 sessões de treinamento contrabalanceada e randomizada nas

seguintes condições IPC (220 mmHg); Placebo (20 mmHg) e Controle (sem IPC). Ao fim do estudo nenhuma diferença foi encontrada para PSE, contudo o número de repetição acompanhado pelo volume total de treinamento (número de repetições x peso levantado) foi superior ($p < 0,05$) para a condição IPC (46,170kg) em comparação com as condições controle (34,069kg) a placebo (36,590kg).

Apesar de resultados muito promissores do efeito do IPC sobre exercícios resistidos, Halley, Marshall, Siegler, (2018) encontraram que o IPC não apresentou qualquer diferença entre as condições placebo e controle, referente a contração voluntária máxima isométrica, com relação ao parâmetro pico da taxa de desenvolvimento de torque também não foram observadas diferenças entre as condições de estudo (IPC: $725 \pm 280,7 \text{ Nm s}^{-1}$; Placebo: $673 \pm 236,0 \text{ Nm s}^{-1}$; Controle: $699 \pm 311,6 \text{ Nm s}^{-1}$; ($p > 0,05$).

Dentre todas as frentes de ação (proteção, recuperação, performance no esporte e TR) que o IPC prefigure atuar, sua ação relacionada com o TR parece ser a mais promissora, o que mediante a proposta deste estudo piloto se atrele com grande plausibilidade visto que ainda existem algumas lacunas a serem exploradas e respondidas principalmente no que tange ao gasto calórico e sua inferência com o metabolismo energético, visto que pouco se sabe sobre o gasto energético e as demandas dos metabolismos durante o treino resistido precedido por IPC.

3 JUSTIFICATIVA

Aspectos relacionados com o aumento da força muscular (tanto de forma aguda como crônica) são determinantes para a performance atlética profissional, amadora ou recreativa, logo qualquer estratégia que vise aumentar a função muscular de uma forma rápida, fácil e não evasiva poderia ser decisiva para atletas, treinadores, preparadores físicos e esportistas recreacionais. O IPC é uma técnica que consiste em ocluir o fluxo sanguíneo de um membro (de forma remota) em intervalos de tempo regulares, promovendo desta forma ciclos intermitentes de oclusão/reperfusão.

A manobra IPC pode se apresentar como um método não invasivo, seguro e de fácil aplicação para promover um efeito ergogênico em diferentes esportes (natação, ciclismo e corrida), pois é capaz de produzir melhora da função neuromuscular em grupamentos musculares isolados (que tem favorecido um maior número de repetições, melhora da força de apreensão manual, força isométrica) por outro lado a manobra de PCI também é extensamente estudado na área clínica por reduzir o dano muscular por reperfusão ocorrido em simulações de infarto no miocárdio e também em outros órgãos.

Tal comparação entre os modelos de CE e também entre três prescrições de TR pode fornecer informações sobre os possíveis mecanismos fisiológicos que IPC possa modificar. A comparação entre os modelos energéticos calculados durante as formas de TR será capaz de informar sobre a validade para quantificar a demanda de energia e o balanço energético entre os metabolismos.

4 OBJETIVOS

4.1 *Objetivo geral:*

Estudo 1:

O objetivo desta metanálise foi analisar o efeito do IPC aplicado de forma previa ao TR sobre os braços ou pernas, perante o número de repetições. Como comparadores: IPC vs. placebo/*sham*; IPC vs. condição controle; e IPC vs. placebo/*sham* + Controle.

Estudo 2:

Estimar a demanda energética em diferentes protocolos de TR (TR_{35%}, TR_{70%} e TR_{IPC}) para comparar o efeito de diferentes parâmetros de sobrecarga (35% vs 70% de 1RM) sobre CE e a proporção de contribuição das vias bioenergéticas. Assim como, se há efeito do modelo de estimativa de CE sobre os valores totais de CE e contribuição dos metabolismos durante TR. Analisar o efeito de IPC (TR_{IPC}) sobre o CE total ou na contribuição das vias energéticas.

4.2 *Objetivos específicos*

Estudo 1:

- a) Conduzir uma metanálise sobre o efeito que a manobra IPC possa exercer ou não sobre o número de repetições do TR. Comparar o IPC contra uma condição controle ou placebo, de forma isolada e conjunta (IPC vc. Controle; IPC vc. Placebo/Sham; IPC vc. Controle + Placebo/Sham), em humanos saudáveis de 18 até 45 anos.

Estudo 2:

- b) Comparar os protocolos de TR quanto à demanda energética total e contribuição de cada via bioenergética.
- c) Comparar as diferenças entre os valores de gasto energético e contribuição de cada via bioenergética obtidos pelos diferentes modelos.
- d) Identificar se as diferentes sobrecargas estudadas ($TR_{35\%}$, $TR_{70\%}$ e TR_{IPC}) apresentam um maior efeito sobre a demanda energética total.
- e) Comparar o efeito da manobra IPC sobre gasto energético total.

5 HIPÓTESES

Estudo 1:

H0: A manobra IPC não eleva o número de repetições perante as condições controle ou placebo.

H1: A manobra IPC exerce efeito ergogênico sobre o número de repetições em comparação a condição controle e placebo.

Estudo 2:

H0: O protocolo IPC e os modelos de quantificação da demanda energética não diferem quanto ao nível de ativação dos metabolismos energéticos oxidativo e glicolítico anaeróbio.

H1: O protocolo $TR_{35\%}$ em comparação aos protocolos $TR_{70\%}$ e TR_{IPC} proporcionaria uma demanda energética diferente, apesar da equidade da carga de treinamento. Esta diferença poderia ser devido ao tempo total da sessão ($TR_{35\%} > TR_{70\%} = TR_{IPC}$).

H2: A aplicação de TR_{IPC} em comparação com o protocolo $TR_{70\%}$ não alteraria a demanda energética total, mas sim a proporção de contribuição entre as estimativas aeróbia/anaeróbia.

H3: Baseado na hipótese 2 esta diferença na proporção entre as estimativas aeróbia/anaeróbia no comparador TR_{IPC} vs $TR_{70\%}$ seria independente do modelo calórico (modelos 1, 2 e 3) testado em nosso estudo piloto.

H4: Os modelos calóricos (modelos 1, 2 e 3) testados em nosso estudo piloto apresentariam valores de gasto energético diferentes entre si. Essas diferenças seriam independentes do protocolo TR ($TR_{35\%}$, $TR_{70\%}$ e TR_{IPC}) testado em nosso estudo piloto.

6 ESTUDO I

PRÉ CONDICIONAMENTO ISQUÊMICO E DESEMPENHO DE REPETIÇÕES EM EXERCÍCIOS RESISTIDOS: REVISÃO SISTEMÁTICA E METANÁLISE

6.1 Introdução

O treinamento resistido é uma modalidade capaz de induzir uma significativa melhora da aptidão músculo esquelética visto que esta melhora é atingida principalmente por meio de adaptações centrais/neurais (relacionados ao sistema nervoso central) e morfológicas (envolvendo a musculatura esquelética), modulando desta forma a capacidade da musculatura esquelética em produzir força e resistir a mesma (AAGAARD et al., 2002; FOLLAND e WILLIAMS, 2007). O número de repetições é uma variável extremamente importante do TR, visto que o mesmo exerce um efeito marcante sobre o volume total de treinamento além de proporcionar a fibra muscular ativa um maior tempo sobre tensão, desta forma tais condições são essenciais tanto para o aumento do *endurance* muscular como também para o desenvolvimento da resposta hipertrófica (SCHOENFELD et al., 2019).

As recomendações de cargas aplicadas ao TR são intimamente interlaçadas com o número de repetições, logo a própria hipertrofia muscular pode ser alcançada por um amplo espectro de faixa de cargas ($\geq \sim 30\%$ 1RM) com isso número de repetições tornasse uma variável importante visto que para cargas mais leves é necessário um maior número de repetições em comparação com a cargas maiores que necessitam de um maior número de series para o mesmo resultado hipertrófico (SCHOENFELD et al., 2021).

O pré condicionamento isquêmico (IPC) é um método não invasivo, de fácil aplicação capaz de promover efeito ergogênico em diferentes esportes (natação,

ciclismo e corrida), sobretudo sua aplicação frente a exercícios isolados assim como é o caso do TR, onde o IPC pode se apresentar com um excelente alvo de investigações mediante a possíveis efeitos ergogênicos sobre a força ou sobre o número de repetições (NOVAES et al., 2020; TELLES et al., 2020). Nesta perspectiva alguns estudos com aplicação prévia do IPC apresentaram um marcante efeito neuromuscular sobre o número de repetições e também na força muscular (NOVAES et al., 2020; CARVALHO, BARROSO, 2019). Por outro lado, apesar de alguns estudos apresentarem resultados promissores durante o TR, outros estudos reforçam a ideia de que na verdade o efeito encontrado do IPC perante ao TR possa ser na verdade um efeito placebo (MARROCOLO et al., 2015; MARROCOLO et al., 2016).

Até o presente momento, não existe uma metanálise sobre o efeito de IPC sobre o número de repetições durante TR. Baseado nesta ausência, o objetivo deste estudo foi observar o efeito de IPC aplicado de forma previa ao TR e de forma remota sobre os braços ou pernas, perante o número de repetições. Para tanto, comparou-se o efeito de IPC vs. placebo/sham, como também IPC vs. a condição controle de forma isolada, e ainda o efeito da aplicação conjunta (IPC vs. placebo/sham vs. controle) sobre as repetições em diferentes TR.

6.2 Métodos

Uma busca computadorizada baseada em nossa pergunta *PICO* foi realizada em quatro bases de dados: *PUBMED* (www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed), *VHL* (<https://bvshalud.org/>), *SciELO* (<https://search.scielo.org>). Os descritores utilizados para a busca seguindo os operadores booleanos (*OR*, *AND* e *NOT*) e os termos do *MeSH* (*Medical Subject Headings*) foram: “*Remote ischemic pre-conditioning*” *OR* “*Limb*

ischemic conditioning” OR “Preconditioning, Ischemic” OR “Ischemic Pre-Conditioning” OR “Ischemic Pre Conditioning” OR “Pre-Conditioning Ischemic” AND “Muscle Strength” OR “Strength, Muscle” OR “Dynamometer, Muscle Strength” OR “Dynamometers, Muscle Strength” OR “Muscle Strength Dynamometers”.

Após a seleção dos artigos que potencialmente possam entrar na meta-análise, foram realizadas buscas nas referências dos artigos selecionados a fim de agregar novos títulos relevantes. Quando necessário realizamos tentativas de contato com os autores dos estudos selecionados via e-mail com o objetivo de solicitar qualquer eventual falta de informações relevantes. Após a realização da pesquisa, foi realizado uma comparação das listas de estudos incluídos e excluídos e todas as discrepâncias observadas foram analisadas.

6.2.1 Critérios Adotados para Inclusão e Exclusão dos Estudos.

Os critérios de inclusão adotados foram: (i) Estudos completos com humanos saudáveis entre 18 e 45 anos; (ii) Estudos com IPC que quantificaram o número de repetições em exercícios resistidos de forma isotônica ou isocinética; (iii) Publicados em inglês ou em português; e (iv) estudos publicados nos últimos 10 anos. Os critérios de exclusão adotados foram: Estudos com IPC que não mensuraram o número de repetições; (ii) estudos realizados em populações com comprometimento musculo esquelético ou populações clínicas; (iii) que utilizem qualquer tipo de suplemento alimentar ou medicamento descrito no estudo ou anexo ao estudo; (iv) estudos de caso, revisões de literatura (revisão sistemática e meta-análise); e (v) estudos publicados em outros idiomas exceto o inglês e o português.

6.2.2 Avaliação da Qualidade Metodológica e Risco de Vies

Para a avaliação da qualidade metodológica foi utilizado a escala PEDro de 11 pontos (*Physiotherapy Evidence Database*), que atribui um ponto ao estudo se o critério foi atendido, ou 0 se não foi (MAHER et al., 2003). Como o critério 1 diz respeito à validade externa, esta será considerada no escore total; da mesma forma, os critérios 5, 6 e 7 serão retirados devido à impossibilidade em estudos de intervenções com exercícios físicos alocar às cegas os grupos de participantes, visto que raramente os pesquisadores agem às cegas (KUMMEL; KRAMER; GIBOIN; GRUBER; 2016). Com a retirada desses itens, o valor máximo da escala PEDro é de sete pontos, com classificações ajustadas variando de 0 a 3 sendo "qualidade ruim", 4 sendo "qualidade moderada", 5 sendo "boa qualidade" e 6 a 7 sendo qualidade "excelente" (KUMMEL; KRAMER; GIBOIN; GRUBER; 2016; GRGIC et al., 2017). Os estudos com qualidade metodológica considerada pobre serão excluídos desta meta-análise (KUMMEL; KRAMER; GIBOIN; GRUBER; 2016).

6.2.3 Análise Estatística

A magnitude dos resultados da meta-análise foi determinada pela média das diferenças padronizadas (SMD) com intervalo de confiança de 95% (IC 95%), os resultados entre as condições (controle/placebo versus IPC) serão apresentados em um gráfico de floresta (*forest plot*). Um método de combinação com efeitos aleatórios será realizado para cada medição onde apresentar uma heterogeneidade significativa entre os estudos (DERSIMONIAN; LAIRD; 1986). Teste de Higgins (HIGGINS; THOMPSON; 2002), em que o valor categorizado em: $0 < I^2 \leq 25\%$ indica "não heterogeneidade"; $25\% < I^2 \leq 50\%$ indica "baixa heterogeneidade"; $50\% < I^2 \leq 75\%$

indica “heterogeneidade moderada”; e $> 75\%$ indica “alta heterogeneidade” entre os estudos. O valor de $p < 0,05$ será adotado quando houver significância estatística. Para a análise de dados e construção das figuras foi utilizado o software para Windows *RStudio, Inc* e seu pacote de dados *General Package for Meta-Analysis*(version 4.6-0).

Figura 1 Flowchart de estratégia de busca.

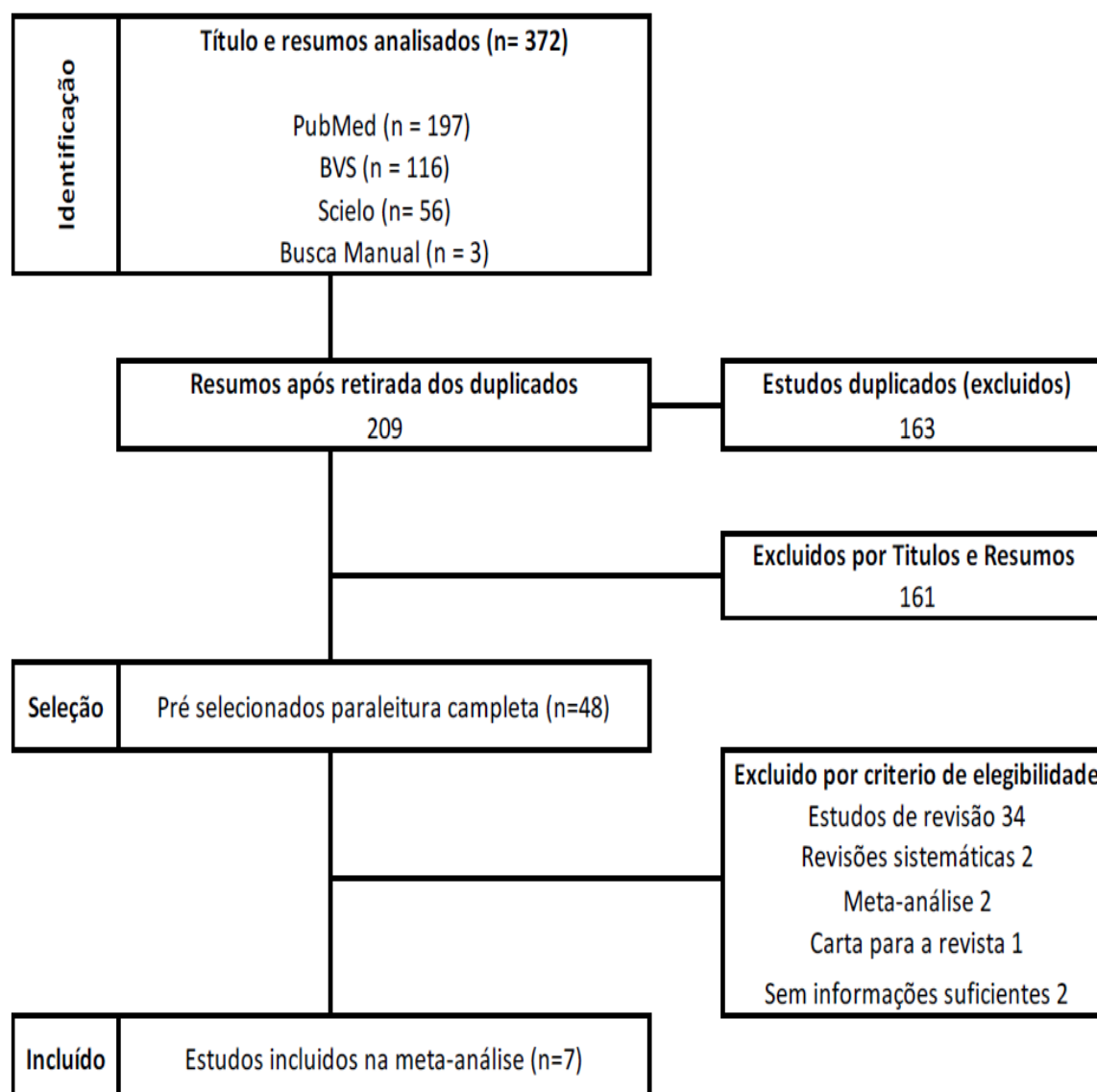


Tabela 1 Descrição dos estudos incluídos na meta-análise.

Estudo	Participantes	Protocolo RT	Resultados	Risco de Viés (PEDro)
Carvalho; Barroso (2019)	10 homens experientes em RT (22 ± 2 anos).	Maior número de repetições com 85% de 1RM	20% a mais de repetições para IPC vs Placebo	6 pontos “excelente”
Velenzuela et al., (2015)	16 homens 1 ano de experiência em RT (23 ± 2 anos).	Supino reto: 3 series até a falha 60% de 1RM	Sem diferença entre IPC (52 ± 13) e Placebo (54 ± 16) ($p=0,492$).	6 pontos “excelente”
Marrocolo et al., (2015)	13 homens ($25,9 \pm 4,6$ anos); $5,2 \pm 3,2$ anos de experiência em RT.	3 séries de leg press com 12% de 1RM até a falha.	IPC e Placebo: aumento no número de repetições em comparação ao Controle.	7 pontos “excelente”
Marrocolo et al., (2016)	21 homens ($25,6 \pm 3,5$ anos)	1 serie de flexão de cotovelo 12% de 1RM até a falha	Melhora do IPC e Placebo em comparação ao controle	7 pontos “excelente”
Novaes et al., (2020)	14 homens ($24,8 \pm 2,2$ anos) com $5,0 \pm 1,6$ anos de experiência em RT.	6 exercícios, 3 séries até a falha com 80% de 1RM	IPC aumento do número de repetição para os 6 exercícios ($p < 0,05$) em comparação ao placebo e controle	7 pontos “excelente”
Telles et al., (2020)	16 homens ($24,8 \pm 2,2$ anos) $5,0 \pm 1,6$ anos de experiência em RT	Supino reto e leg press 3 séries até a falha com 80% de 1RM	IPC melhora ($p < 0,05$) em comparação com placebo e três formas de Aquecimento	7 pontos “excelente”
Santana et al., (2021)	18 homens + 6 mulheres ($25,8 \pm 4,6$ anos) $4,3 \pm 2,3$ anos de experiência no TR	Supino p e leg press com 50% de 1RM até a falha muscular.	IPC supino reto melhora ($p < 0,05$) 11,29% e para leg press melhora de 37,47% vs Controle e Placebo	6 pontos “excelente”

6.3 Resultados

Nossa busca foi iniciada no dia 06/06/22 e finalizada no dia 13/10/22 com estudos publicados nos últimos 10 anos (visto que os estudo com IPC e TR encontram-se neste período de tempo) em 3 bases de dados (*PubMed*; BVS; Scielo) incluindo uma busca manual (ex. busca nas referências) revelando 372 onde 3 estudos foram encontrados por uma busca manual dentro das referências (FIGURA 1) Depois de analisar títulos e resumos, excluir os duplicados e em algumas condições “caso fosse” realizar a leitura completa do estudo (para verificar se os mesmos eram consistentes com o objeto de nosso estudo) restaram 48 estudos.

Após esta etapa foram analisados todos os critérios de elegibilidade e a leitura completa dos 48 manuscritos e após esta fase, 7 estudos foram incluídos em nossa meta-análise. Para avaliar o risco de vieses e a qualidade metodológica dos estudos elegíveis foi adotado a escala de qualidade metodológica PEDro (<http://www.pedro.fhs.usyd.edu.au>) e os cinco estudos elegíveis apresentaram uma pontuação total de 6 pontos dos 8 possíveis, sendo considerados de “excelente” qualidade (ver Tabela. 1). Esta é a primeira meta-análise (até o momento) que analisou o efeito do IPC na melhora do *endurance* muscular evidenciado pelo aumento do número de repetições em exercícios resistidos, nestas condições, os 7 estudos que compuseram esta meta-análise abrange uma população total de 127 sendo 121 homens e 6 mulheres com experiência em TR não profissional ou competitiva por pelo menos 5 ano.

Em uma comparação mais ampla entre a manobra IPC versus diferentes abordagens (Placebo/*Sham*; Controle; Aquecimento; Alongamento e Aeróbio leve), o IPC apresentou se superior ($p < 0,05$) frente a todas as condições para o modelo de efeito aleatório (SMD: 3,02 (IC 95%: 2,23 - 3,81) com uma heterogeneidade $I^2 = 93\%$;

$p < 0,01$ (ver Fig. 2). Foram realizadas também duas análises de subgrupo, onde na primeira comparamos apenas o efeito da manobra PCI versus placebo/*Sham* (pressão de oclusão ~20 mmHg), nesta análise a manobra IPC é superior ($p < 0,05$) a condição placebo/*Sham* (SMD: 0,82 (IC 95%: 0,48 - 1,15) com uma heterogeneidade de $I^2 = 62\%$; $p = 0,01$ (ver Fig.3). Nesta segunda análise de subgrupo comparamos a manobra IPC versus a condição Controle, encontramos que a manobra IPC é superior ($p < 0,05$) a condição placebo/*Sham* (SMD: 3,50 (IC 95%: 1,87 – 5,13) com uma heterogeneidade de $I^2 = 92\%$; $p = 0,01$ (ver Fig.4).

6.3.1 Discussão

Esses achados corroboram com outros estudos primários que já evidenciaram a melhora da função neuromuscular com a aplicação do PCI durante o TR nas variáveis força muscular ou resistência de força (BARBOSA et al., (2014); PARADIS-DESCHÊNES, JOANISSE, BILLAUT (2016); CARVALHO e BARROSO (2019); NOVAES et al., (2020)).

Averiguou-se que IPC frente a uma comparação geral com placebo/*sham*, controle e também aquecimento específico; alongamento e aeróbio leve, apresentou-se superior ($p < 0,05$) para o modelo de efeito aleatório (SMD: 3,02 (IC 95%: 2,23 - 3,81). Por um outro lado julgamos necessário a realização de duas análises de subgrupo para comparar a manobra IPC frente placebo/*sham*, esta necessidade surgiu pela hipótese de que o IPC poderia ser na verdade um efeito placebo (MARROCOLO et al., 2015; MARROCOLO et al., 2016). Corroborando com esta hipótese Velenzuela et al., (2015) quando testou 16 homens (23 ± 2 anos) com 1 ano de experiência em RT para o exercício supino reto (3 series até a falha 60% 1RM) não

observou qualquer diferença entre as condições IPC (52 ± 13) e Placebo (54 ± 16) ($p=0,492$).

Baseado nestas questões quando são retirados os estudos que realizaram as comparações (controle; aquecimento específico; alongamento ativo e aeróbio leve) e fixando apenas estudos que possibilitaram comparar IPC versus placebo/sham, encontramos que o IPC é superior ao placebo/sham ($p<0,05$) (SMD: 0,82 (IC 95%: 0,48 - 1,15), tais resultados refutam a hipótese de que a manobra IPC seja na verdade um efeito placebo perante o número de repetições no TR.

Esse aumento observado em nosso estudo 1 perante ao número de repetições pode evidenciar uma redução da fadiga muscular de forma periférica assim como demonstrado pelo estudo de Barbosa et al., (2014) no qual os autores observaram que IPC aplicado de forma previa a execução de preensões manuais ritmadas (45% da máxima contração voluntária) retardou a fadiga deste grupamento muscular em 11,2% em comparação a condição controle (IPC= 198 ± 70 s vs. Controle: 179 ± 66 segundos, $p < 0,05$). Ainda neste sentido Carvalho e Barroso (2019) encontraram que IPC em comparação com o placebo aumentou o número de repetições em 20% durante uma única série até a falha muscular concêntrica durante o exercício de extensão de joelho, com carga fixa à 85% de uma repetição máxima (1RM).

Perante a um treinamento mais convencional, ou seja, voltado para desenvolvimento de força e hipertrofia, o estudo de NOVAES et al., (2020) foi o que mais se aproximou disso, onde dezesseis voluntários com experiência em treinamento resistido, completaram 3 sessões de treinamento (6 exercícios, 3 series, 80% de 1RM até a falha concêntrica) nas seguintes condições IPC (220 mmHg); Placebo (20 mmHg) e Controle (sem IPC). Ao fim do estudo os autores encontraram que o volume total de treinamento (número de repetições x peso levantado) superior ($p<0,05$) para

a condição IPC (46,170 kg) em comparação com as condições controle (34,069 kg) a placebo (36,590 kg).

Os mecanismos fisiológicos envolvidos com o aumento do número de repetições em exercícios resistidos encontrado em nossa metanálise ainda permanecem inconclusivos, contudo algumas especulações são: (i) aumento na extração de O₂ (KIDO et al., 2015) e do fluxo sanguíneo, gerando desta forma uma maior disponibilidade de O₂; (ii) resposta vasodilatadora mediada pela elevação intramuscular de canais de potássio sensíveis a ATP e também maior no teor de adenosina (GIBSON et al., 2013; BAILEY et al., 2012); (iii) maior preservação anaeróbia de ATP (GIBSON et al., 2015), indicando provavelmente a ampliação da participação aeróbia (BAILEY et al., 2012) e (iv) aumento no recrutamento via ativação das fibras musculares de reserva elevando o drive neural (CRUZ et al., 2015) e a produção de força (de GROOT et al., 2010; CRUZ et al., 2019).

Contudo, algumas limitações são apontadas, como o fato da existência muito pouco estudos primários que compuseram esta meta-análise (7 estudos) principalmente no tange os estudos elegíveis que possibilitaram as comparações entre IPC versus Placebo/Sham (6 estudos) e IPC versus Controle (3 estudos). Outra limitação é a falta de outras variáveis no que tange a resposta neuromuscular (força pico; força isométrica concêntrica e excêntrica, *handgrip*, taxa do desenvolvimento de torque).

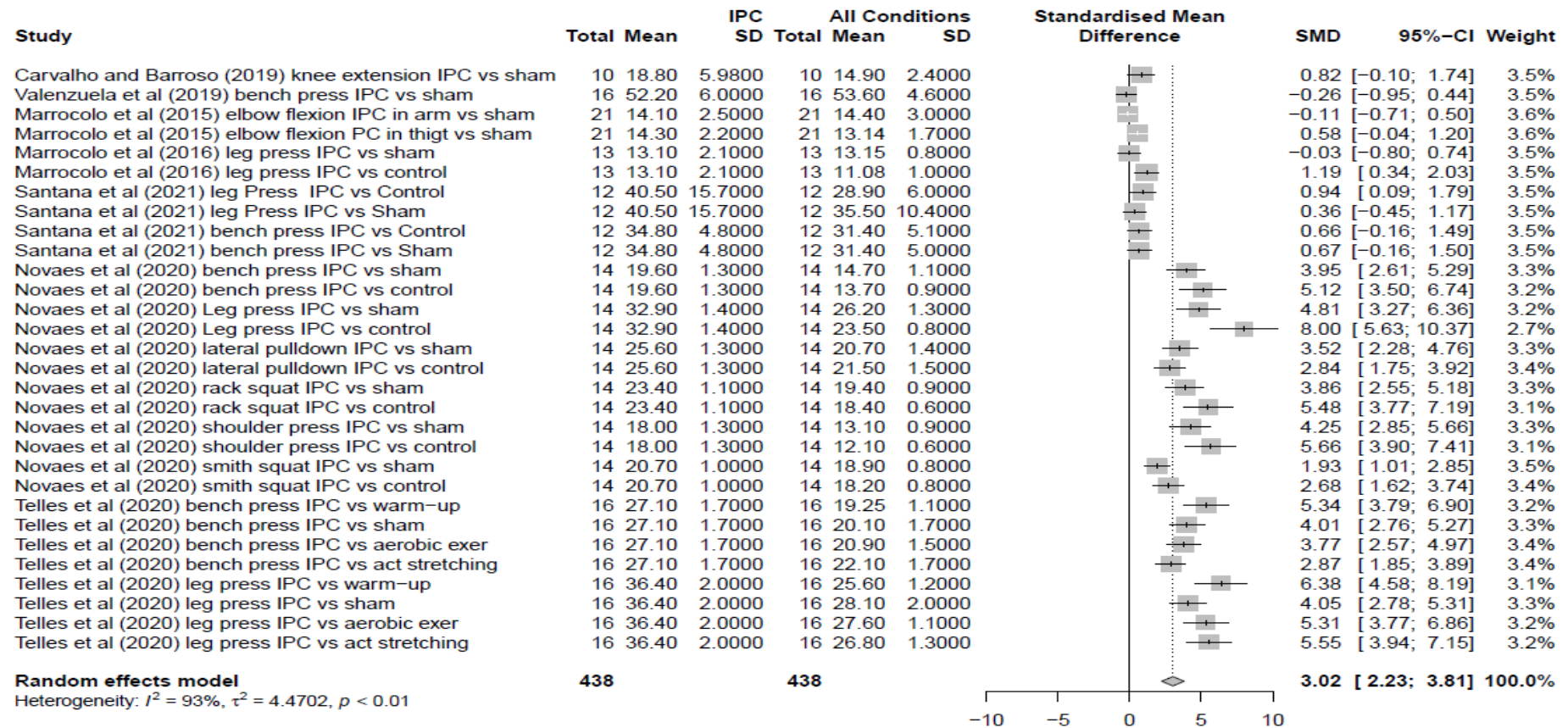


Figura. 2 Forest plot comparando o efeito do Pré Condicionamento Isquêmico (IPC) sobre o número de repetições contra todas as condições de estudadas: Placebo = *Sham*; Controle = *Control*; Aquecimento = *Warm-up*; Exercício aeróbico = *Aerobic Exer*; Alongamento ativo = *Act Stretching*. A linha horizontal indica o intervalo de confiança (IC) de 95% para o efeito, calculada pela média das diferenças padronizadas (SMD). O diamante na parte inferior representa o efeito geral calculado pelo modelo de efeito aleatório (*Random effects model*).

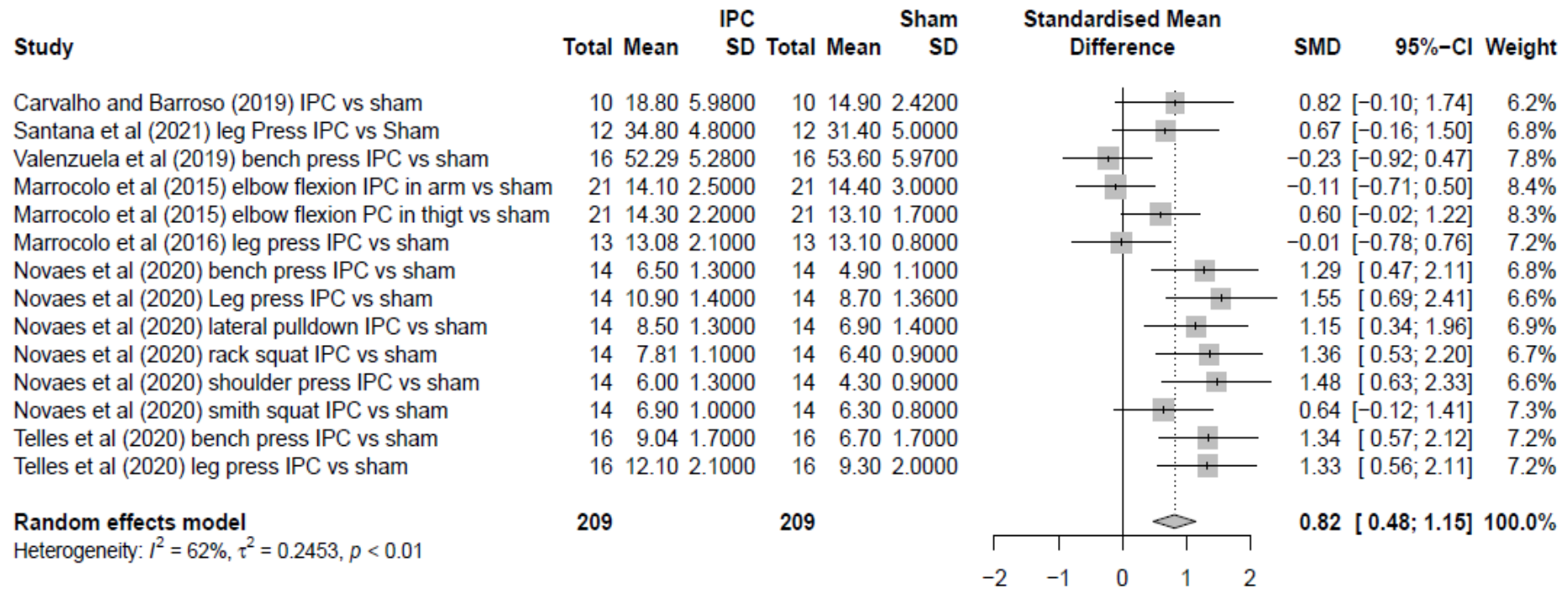


Figura. 3 Primeira análise de subgrupo. Comparando o efeito do Pré Condicionamento Isquêmico (IPC) sobre o número de repetições contra a condição Placebo = Sham. A linha horizontal indica o intervalo de confiança (IC) de 95% para o efeito, calculada pela média das diferenças padronizadas (SMD). O diamante na parte inferior representa o efeito geral calculado pelo modelo de efeito aleatório (*Random effects model*).

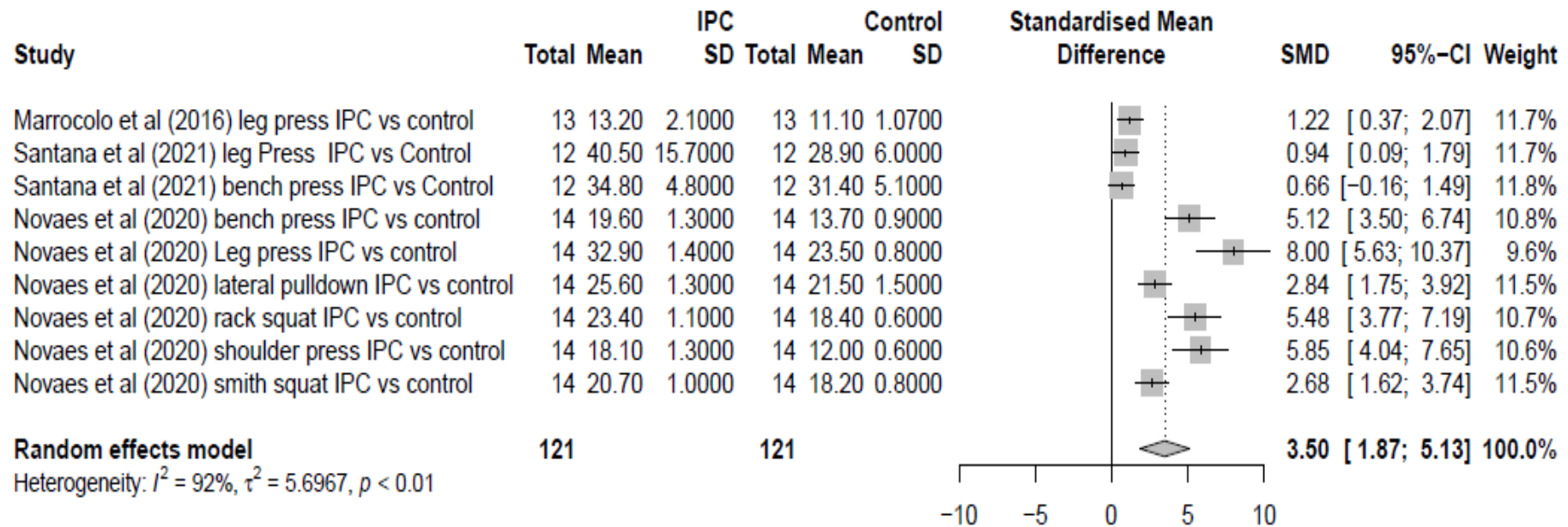


Figura.4 Segunda análise de subgrupo. Efeito do Pré Condicionamento Isquêmico (IPC) sobre o número de repetições contra a condição controle = *Control*. A linha horizontal indica o intervalo de confiança (IC) de 95% para o efeito, calculada pela média das diferenças padronizadas (SMD). O diamante na parte inferior representa o efeito geral calculado pelo modelo de efeito aleatório (*Random effects model*).

6.4 Conclusão

Os resultados desta metanálise sugerem que IPC pode ser considerado uma estratégia de fácil aplicação e efetiva para o aumento do número de repetições durante o TR. O IPC quando aplicado previamente sobre os braços ou pernas antes do TR proporciona um efeito ergogênico que favorece um aumento significativo na sobrecarga total do treinamento (carga x número de repetições) pelo aumento do número de repetições.

Por outro lado, ainda existe a necessidade de se explorar outras abordagens de TR como treinamento em circuito, *crossfit*, treinamento funcional e calistenia para ampliar as comparações. De certa forma no futuro, com a elaboração de mais estudos primários muito provavelmente seja possível concluir de forma mais assertiva sobre o papel de IPC sobre outros efeitos ergogênicos sobre a força e potência muscular além da resposta hipertrófica.

7 MÉTODOS (ESTUDO 2)

TREINAMENTO RESISTIDO E PRÉ-CONDICIONAMENTO ISQUÊMICO (IPC): PERFIL DAS RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E MODELAGEM DA DEMANDA ENERGÉTICA

7.1 Participantes

O estudo piloto contou com a participação de quatro voluntários, com idade média de $23,0 \pm 1,4$ anos, altura $1,80 \pm 0,15$ m, peso $94,2 \pm 19,8$ kg, tempo de prática para exercícios resistidos de $6,4 (\pm 1,1)$ anos de treino, com percentual de gordura (%G) de $23,8 \pm 5,9\%$, índice de massa corporal (IMC) de $31,4 \pm 3,4 \text{ kg} \times \text{m}^2$ e $\dot{V}\text{O}_{2\text{max}}$ de $4239,65 \pm 524,0 \text{ ml} \times \text{min}^{-1}$. Este estudo foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Local, pela Plataforma Brasil com o protocolo do CAAE:19824719.3.0000.5398 e Parecer: 3.572.379.

6.2 Procedimentos

6.2.1 Delineamento experimental

Este estudo teve duração de 4 semanas por indivíduo, sendo dividida em 4 etapas experimentais: Etapa 1- Teste incremental para determinação do $\dot{V}\text{O}_{2\text{max}}$; Etapa 2- Teste de 1 RM para determinação da força máxima; Etapa 3- Avaliação da Composição corporal foi realizada pela absorvometria de raios-x de dupla energia (DXA) e Etapa 4- Treinamento (sem necessidade de familiarização visto o tempo de prática dos voluntários $6,4 \pm 1,1$ anos de treino). Com relação ao TR para as três condições experimentais ($\text{TR}_{70\%}$; $\text{TR}_{35\%}$; TR_{IPC}) os sete exercícios selecionados serão enumerados de 1-7 para os MMII foram: Leg-press 45 (1); Leg-press horizontal (2);

Cadeira. extensora (3); Mesa flexora (4); Cadeira adutora (5); Cadeira abduutora (6) e Panturrilha (7) respectivamente.

A primeira semana de estudos consistia nas etapas 1,2 e 3, onde o teste incremental da determinação do $\dot{V}O_{2\max}$ (ver cap 7.2.2) foi realizado na manhã do primeiro dia e no período da tarde foi iniciado os testes de 1RM que seguiu ao longo da semana com descrito no capítulo 7.2.3. A determinação da composição corporal (DXA) ocorreu ao fim da semana 1 como descrito no capítulo 6.2.4. As semanas 2,3 e 4 consistiu na aplicação do TR sendo alocados a cada semana restante de forma randômica uma das três condições experimentais ($TR_{70\%}$; $TR_{35\%}$; TR_{IPC}) ou seja apenas uma condição experimental por semana. A decisão de se alocar de forma randômica um TR por semana é para tentar evitar qualquer efeito ergogênico tardio por parte do IPC que possa contaminar as outras intervenções de treinamento.

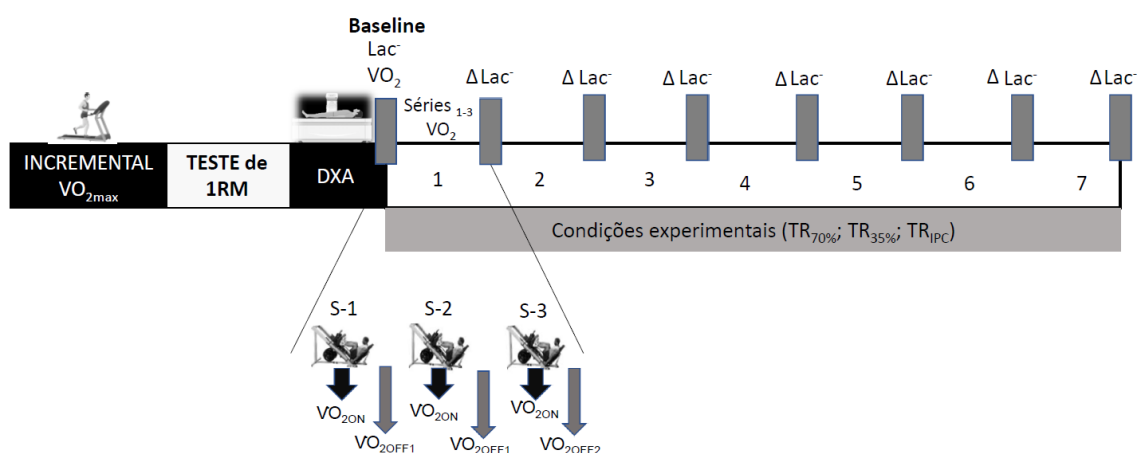


FIGURA 5 - Delineamento geral do protocolo experimental: Onde as três condições experimentais ($TR_{70\%}$; $TR_{35\%}$; TR_{IPC}); os sete exercícios (1-7): *Leg-press* 45 (1); *Leg-press* horizontal (2); Cadeira. extensora (3); Mesa flexora (4); Cadeira adutora (5); Cadeira abduutora (6) e Panturrilha (7). Absorimetria de raios-x de dupla energia (DXA); Valor de lactato basal (Lac^-); Delta de lactato (ΔLac^-); Consumo de oxigênio basal ($\dot{V}O_2$); Séries 1-3 (S-1, S-2, S-3); reposta do $\dot{V}O_2$ durante a série ($\dot{V}O_{2ON}$);

reposta do $\dot{V}O_2$ durante o intervalo entre series de 1 minuto ($\dot{V}O_{2OFF1}$); reposta do $\dot{V}O_2$ durante o intervalo entre aparelhos 2 minutos e ao fim da atividade ($\dot{V}O_{2OFF2}$).

7.2.2 Teste Incremental para determinação do $\dot{V}O_{2max}$

Os voluntários realizaram um teste de rampa em uma esteira motorizada (H/P/Cosmos Pulsar, Nussdorf-Traunstein, Germany) com inclinação fixa em 1,0% (JONES; DOUST, 1996) para determinação do $\dot{V}O_{2max}$. A intensidade inicial foi de 3,0 $km \times h^{-1}$ com incrementos de 1,0 $km \times h^{-1} \times min^{-1}$ (0,1 $km \times h^{-1}$ a cada 6 segundos) até a exaustão voluntária (MASSINI et al., 2018) com coleta de sangue (25 μl) do lóbulo da orelha antes e após o teste para dosagem da $[La^-]$ (YSL, 2300 STAT, 34 Yellow Springs, Ohio, EUA).

O $\dot{V}O_2$ foi mensurado respiração a respiração durante todo o teste a partir do gás expirado (QuarkPFTergo, Cosmed, Roma, Itália), sendo os dados suavizados (filtro de 3s) e obtidas as médias de 09 segundos. A calibração do sistema de análise das concentrações de O_2 e CO_2 foi realizada antes de cada teste, usando ar ambiente e um gás com concentrações conhecidas de O_2 e CO_2 , de acordo com as instruções do fabricante. A turbina do analisador foi calibrada através de uma seringa de três litros. O $\dot{V}O_{2max}$ foi considerado o que satisfizesse os critérios mínimos de máxima intensidade ($QR > 1,1$; $FC > 95\%FC_{max}$ e $[La^-] \geq 8 \text{ mol} \times L^{-1}$) (POOLE et al., 2008). Para a estimativa da frequência cardíaca máxima (FC_{max}) foi empregada a equação: $FC_{max} = 208 - (0,7 \times \text{idade})$ (TANAKA et al., 2001). A intensidade de atingimento do $\dot{V}O_2$ ($i\dot{V}O_{2max}$) foi considerada como sendo a menor intensidade de exercício na qual ocorrerá o $\dot{V}O_{2max}$ (BILLAT; KORALSZTEIN, 1996).

7.2.3 Teste de 1 RM

O teste se inicia com um aquecimento não específico realizado em um cicloergômetro por cinco minutos com intensidade de exercício $\leq 60\%$ da frequência cardíaca máxima prevista para a idade (ou seja, $FC_{\max} = 220 - \text{idade}$, com idade em anos). O protocolo do teste de 1RM seguiu as recomendações de Mayhew et al., (1995), onde após a realização do aquecimento não específico; um aquecimento específico precedeu a primeira tentativa do teste e foi realizado com pesos leves com objetivo de evitar falhas concêntricas e até 8–10 repetições não máximas; o peso do teste inicial foi escolhido com base nas taxas médias de força dos inferiores, de acordo com idade, sexo e massa corporal (HEYWARD.,1997); os participantes realizaram pelo menos três tentativas de 1RM, com três minutos de descanso entre cada tentativa. O peso foi aumentado ou diminuído em relação ao peso inicial de 1,1 a 4,5 kg com base na dificuldade do primeiro levantamento. O peso que não pôde ser levantado duas vezes (ou seja, incapacidade autorrelatada ou falha na tentativa de realizar o segundo levantamento) representou a referência de 1RM. O teste de 1 RM foi aplicado em todos os exercícios descritos no protocolo de treinamento, sendo realizados três testes por dia, sendo completados 48 horas de descanso entre os dias dos testes. Para classificar os voluntários quanto a experiência e familiaridade com relação ao TR foi adotado a razão Peso Corporal – RM *no Leg press* 45 de acordo com Heyward, (2013).

7.2.4 Avaliação da Composição corporal (DXA)

Para a normalização do peso corporal dos voluntários, foi utilizado a absorciometria de raios-x de dupla energia DXA (modelo Hologic®, QDR Discovery Wi®) para obter a composição corporal total e regional. O software de composição

corporal (*Hologic APEX®*) fornece valores de massa gorda (MG) e massa isenta de gordura (MIG, contendo massa magra e massa óssea), para ambas as pernas e braços, regional do tronco e corpo todo. O equipamento foi calibrado de acordo com as recomendação e especificações do fabricante e todos os procedimentos foram realizados por um técnico de laboratório experiente. As linhas de análise foram ajustadas pelo mesmo técnico, de acordo com HIND et al., (2015).

7.2.5 Protocolo de Treinamento

O protocolo de treinamento resistido (TR) foi estruturado em 3 sessões distintas de treinamento para membros inferiores (MMII): 70% de 1 RM ($TR_{70\%}$); 35% de 1RM ($TR_{35\%}$) e 70% de 1RM com IPC (TR_{IPC}). Para a sessão $TR_{70\%}$ e TR_{IPC} foram compostas de 3 séries de 15 repetições com 60 segundos de intervalo entre as séries e 2 minutos entre os exercícios, a sessão $TR_{35\%}$ foram realizados 3 séries de 30 repetições sendo 60 segundos de intervalo entre as séries e 2 minutos entre os sete exercícios enumerados de 1-7. Durante todo o protocolo de treinamento, a permuta gasosa pulmonar foi determinada respiração a respiração, empregando um sistema automatizado portátil (K4b2, *Cosmed*, Roma, Itália), que foi calibrado antes do início de cada teste. Ao final de cada exercício e ao fim do TR foi realizada uma coleta de sangue do lóbulo da orelha para dosagem do Lac^- (YSL, 2300 STAT, *Yellow Springs*, Ohio, EUA).

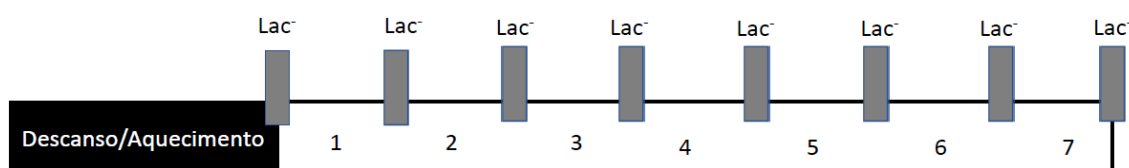


FIGURA 6 - Ordem de execução dos exercícios enumerados de 1-7 e momentos de coleta para cada protocolo de TR (TR_{70%}; TR_{35%}; TR_{IPC}).

7.2.6 Pré-Condicionamento Isquêmico

Ao chegarem ao laboratório, os participantes foram encaminhados a se posicionarem em decúbito dorsal, permanecendo em repouso absoluto por 10 minutos para aferição da pressão arterial em repouso. Os manguitos para RFS foram posicionados na região proximal dos MMII (região inguinal da coxa) e para oclusão vascular foi utilizado um esfigmomanômetro específico para MMII (Esfigmomanômetro Aneróide Premium - Adulto Obeso; 21 cm de largura e 75 cm de comprimento). Os manguitos foram inflados até aproximadamente 200 mmHg alternadamente. A técnica IPC ocorreu de forma intervalada, com cinco minutos de oclusão por cinco minutos de reperfusão, em cada perna. Assim, teremos 4 séries de oclusão de cinco minutos para cada membro, como sugerido por Bailey et al., (2012). O volume total de oclusão foi de 40 minutos, seguido por um total de 20 minutos de recuperação, para em seguida realizar o treinamento.

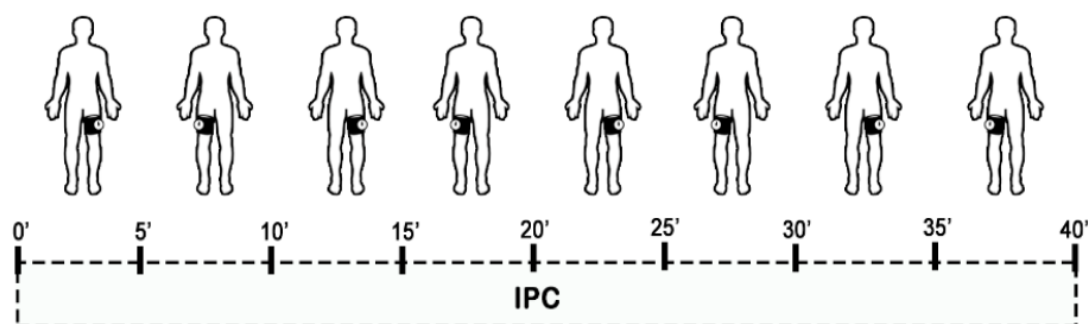


FIGURA 7 - Aplicação da manobra IPC

7.3 Avaliações dos parâmetros fisiológicos durante a após o exercício e modelagens do gasto energético da atividade.

Para os três protocolos de TR (TR_{70%}; TR_{35%}; TR_{IPC}), o gasto energético estimado pela reposta do $\dot{V}O_2$ durante a série ($\dot{V}O_{2ON}$), intervalo entre series que ocorre por um período de tempo fixo de 1 minuto ($\dot{V}O_{2OFF1}$), entre aparelhos ou ao fim da atividade por um período de tempo de 2 minutos ($\dot{V}O_{2OFF2}$) e pelo acúmulo de lactato sanguíneo e analisado pelo delta de lactato *ver cap. 5.3.3*.

7.3.1 Mensuração da taxa metabólica de repouso.

A estimativa da taxa metabólica de repouso vem da necessidade de se determinar o gasto energético da atividade (gasto líquido da atividade) em quilocalorias (kcal), onde o valor bruto da atividade é subtraído pelo valor encontrado da taxa metabólica de repouso, equação 1:

Gasto Energético da Atividade = Valor Bruto da Atividade – Taxa Metabólica de Repouso.

Para esta estimativa os voluntários permaneceram em decúbito ventral por 30 min e os mesmos foram acoplados a um analisador de gases (QuarkPFTergo, Cosmed, Roma, Itália), os dados de O_2 foram registrados respiração por respiração e em seguida alinhados ao tempo, para assim serem plotados em um plano cartesiano

com o objetivo de se observar uma melhor tendência. Os ruídos foram retirados e interpolados segundo-a-segundo pelo programa Origin Pro85®, um valor de mínimo de O_2 foi encontrado e o mesmo multiplicado pelo tempo da atividade (T_{ON}), pelo tempo da recuperação entre series (T_{OFF1}) e entre aparelhos (T_{OFF2}), este valor será considerado como taxa metabólica de repouso para seus respectivos momentos e valores $\dot{V}O_{2ON}$, $\dot{V}O_{2OFF}$ e $\dot{V}O_{2OFF2}$.

7.3.2 Mensuração do $\dot{V}O_2$ nos protocolos de TR.

Para a análise das repostas do $\dot{V}O_2$, foi empregado um sistema portátil com captura respiração-a-respiração (K4b2, Cosmed, Roma, Itália), que foi calibrado antes de cada protocolo de TR, conforme as instruções do fabricante, e conectado aos participantes através da máscara respiratória especial.

Os valores de $\dot{V}O_2$ foram alinhados ao tempo e interpolados segundo a segundo para definir o perfil de resposta durante e após as execuções de cada protocolo (i.e., $\dot{V}O_{2ON}$ e $\dot{V}O_{2OFF1}$) Para as conversões em unidades de calorias, os valores de $\dot{V}O_2$ foram transformados pelas constantes universais respectivas a cada fase do protocolo (i.e., 5,05 e 4,69 kcal $\times$ L $^{-1}$) para $\dot{V}O_{2ON}$ e $\dot{V}O_{2OFF1}$ e $\dot{V}O_{2OFF2}$ respectivamente devido a maior utilização de glicogênio muscular durante a atividade e de ácidos graxos livres após as execuções (WILMORE et al.,1978).

7.3.3 Análise do lactato sanguíneo

Para as análises do lactato as amostras de sangue foram coletadas no lóbulo da orelha, com assepsia local, foram utilizados capilares heparinizados e calibrados para 25 μ L de sangue arterializado. Cada amostra de sangue coletado foi armazenado

em tubo *Eppendorf*, contendo 50 μL de fluoreto de sódio a 1% (NaFI%) e foram analisados através do método enzimático (2500-STAT da Yellow Spring) fornecendo $[\text{La}^-]$ em $\text{mmol} \times \text{L}^{-1}$. Em ambas as sessões de TR as amostras foram coletadas ao final de cada exercício presente do protocolo de TR.

O valor do delta de lactato ($\Delta[\text{La}^-]$) foi obtido pela subtração da maior concentração de lactato durante as 3 séries de cada exercício pelo valor basal de lactato coletado em repouso, que foi multiplicado pela constante $3 \text{ ml} \times \text{kg}^{-1}$ (Di PRAMPERO, FERRETI, 1999). A contribuição do componente glicolítico pode ser expressado em quilocalorias (kcal) ao aplicar a constante 5,05 ao valor final Eq. 2.

7.3.4 Estimativa da contribuição energética do componente aeróbio ($\dot{V}\text{O}_{2\text{ON}}$) e pelo consumo de oxigênio pós-atividade ($\dot{V}\text{O}_{2\text{OFF1}}$ e $\dot{V}\text{O}_{2\text{OFF2}}$).

A estimativa da contribuição aeróbia (Aer) foi determinada pelo $\dot{V}\text{O}_{2\text{ON}}$, em cada série de todos os exercícios, pela integral sob a curva de resposta do $\dot{V}\text{O}_2$. Em relação ao $\dot{V}\text{O}_{2\text{OFF1}}$ e $\dot{V}\text{O}_{2\text{OFF2}}$, foram realizados dois procedimentos diferentes: (i) aplicação da integral na reposta do $\dot{V}\text{O}_{2\text{OFF1}}$ e $\dot{V}\text{O}_{2\text{OFF2}}$, por dois minutos ao final de cada exercício (sete ao total) de cada protocolo (três ao total), que representou o volume da resposta principal da recuperação do $\dot{V}\text{O}_2$ pós-exercício o que representaria o EPOC; e (ii) o cálculo do componente fosfagênico pelo ajuste mono-exponencial da fase rápida de recuperação do $\dot{V}\text{O}_2$ ($\dot{V}\text{O}_{2\text{OFFFast}}$) considerando um minuto de reposta ($\dot{V}\text{O}_{2\text{OFF1}}$) ao final de cada série (três ao total) de cada exercício $\dot{V}\text{O}_{2\text{OFF2}}$ (sete ao total) em cada protocolo (três ao total). A descrição matemática da cinética adotada para determinação do $\dot{V}\text{O}_{2\text{OFFFast}}$ segue um modelo mono-exponencial (Equação 3) que

forneceu a estimativa das amplitudes (A1) e constantes de tempo (tau) (ÖZYENER et al., 2001)

$$y = y_0 + A1 * e^{-(x-x_0)/t_1}$$

onde “y” é o $\dot{V}O_2$ estimado para qualquer momento da curva de recuperação após o exercício; “y0” é o valor pico de $\dot{V}O_2$ após o término do exercício; “A1” é a amplitude da resposta primária de recuperação do $\dot{V}O_2$; “e” exponencial, “x” é o tempo final; X0 representa o tempo inicial no intervalo 0 -1 minuto. “t1” é a constante de tempo de decremento da resposta de recuperação do $\dot{V}O_2$ (ÖZYENER et al., 2001; PRINGLE et al., 2003). A fase cardiodinâmica do $\dot{V}O_{2OFFfast}$ com duração de ~15 segundos foi eliminada. O valor do $\dot{V}O_2$ de repouso (*ver cap: 5.3.1*) foi subtraído pelos valores da integral do $\dot{V}O_{2ON}$ coletado durante a series para fornecer os valores líquidos que ocorrem durante as series, a mesma relação foi adotada para o para a integrais de $\dot{V}O_{2OFF}$ com objetivo de fornecer o valor de liquido do $\dot{V}O_{2OFF1}$ e $\dot{V}O_{2OFF2}$.

7.3.5 Modelos para a quantificação do gasto energético.

Com o objetivo de comparação entre os três tipos de TR (TR_{70%}; TR_{35%}; TR_{IPC}) foram aplicados três modelos de quantificação do gasto energético no qual definimos como modelo-1, modelo-2 e modelo-3. Todos modelos foram analisados e comparados por aparelho e também por sessão de treinamento e a unidade para o gasto energético expressa em kcal.

Modelo-1: Soma das integrais líquida $\dot{V}O_{2ON}$, integrais líquida $\dot{V}O_{2OFF1}$ e $\dot{V}O_{2OFF2}$.

Modelo-2: Soma das integrais líquidas $\dot{V}O_{2ON}$, componente láctico $\Delta[La-]$ e integral líquida $\dot{V}O_{2OFF2}$.

Modelo-3: Soma das integrais líquidas $\dot{V}O_{ON}$, componente láctico $\Delta[La-]$ e alático $\dot{V}O_{2OFFast}$.

7.3.6 Tratamento estatístico

A normalidade e a esfericidade dos dados foram avaliadas pelo teste de Shapiro-Wilk ($n < 50$) (SHAPIRO; WILK, 1965) e de Mauchly (MAUCHLY, 1940). Adotado a normalidade dos dados, os resultados foram apresentados em torno da média, desvio-padrão (DP), intervalo de confiança de 95% (IC95%) e erro padrão da medida (EPM). O teste de ANOVA de duas entradas (protocolo vs. modelo, com Bonferroni como análise *post-hoc*) comparou as médias de custo de O_2 entre cada protocolo por modelo. O nível de significância foi estabelecido em $P \leq 0,05$. A análise estatística foi realizada com o programa SPSS versão 18.0 para *Windows* (SPSS Inc., Chicago, EUA).

8 RESULTADOS

8.1 Carga de treinamento e Carga Total.

Os valores em quilograma (kg) para o teste de 1RM são apresentados em média e desvio padrão na Tabela 1. Os voluntários apresentaram a razão Peso Corporal – RM no Leg press 45 de $4,22 \text{ kg} \times \text{kg}^{-1}$, que foram classificados como Boa e Superior, conforme a idade e o sexo, o que demonstra experiência e familiaridade com o TR (HEYWARD, 2013).

Tabela 2 - Valores de força máxima (teste de 1RM) para os exercícios enumerados de 1-7 dos protocolos de treinamentos.

Exercícios	1RM (kg)	Erro-padrão (kg)	Dispersão - IC95% (kg)
1	402,0±84,3	37,7	328,1 - 475,9
2	72,0±8,4	3,7	64,7 - 79,3
3	62,0±7,6	3,4	55,4 - 68,6
4	55,0±19,0	8,5	38,3 - 71,7
5	102,0±16,0	7,2	87,9 - 116,1
6	103,0±15,7	7,0	89,3 - 116,7
7	385,0±78,3	35,0	316,4 - 453,6

A Tabela 2 descreve os valores referentes ao teste de 1RM, são apresentados em média e desvio padrão (kg), erro-padrão (kg) e dispersão dos dados com intervalo de confiança de 95% (IC95%), para os exercícios enumerados de 1-7.

A Tabela 3 apresenta os valores em quilogramas (kg) referente a carga total dos treinamentos (carga de treino) (série × carga × repetições). Na condição TR_{35%} observou-se uma maior carga total, devido ao maior número de repetições até a falha muscular.

Tabela 3: Valores da carga total do treino (kg) por protocolo.

Protocolos	Carga treino (kg)	Erro-padrão (kg)	Dispersão: IC95% (kg)
TR _{70%}	27262,2±2300,1	1028,65	25246,1 -29278,3
TR _{IPC}	28148,8±3640,5	1628,09	24957,7 -31339,7
TR _{35%}	32646,6±3330,5	1489,42	29727,4 -35565,8

8.2 Número total de repetições.

A Figura 8 apresenta os dados referente ao número do repetições (média e desvio padrão) frente as três formas de treinamento (TR_{35%}, TR_{70%} e TR_{IPC}) e também referente aos sete exercícios analisados (1-7).

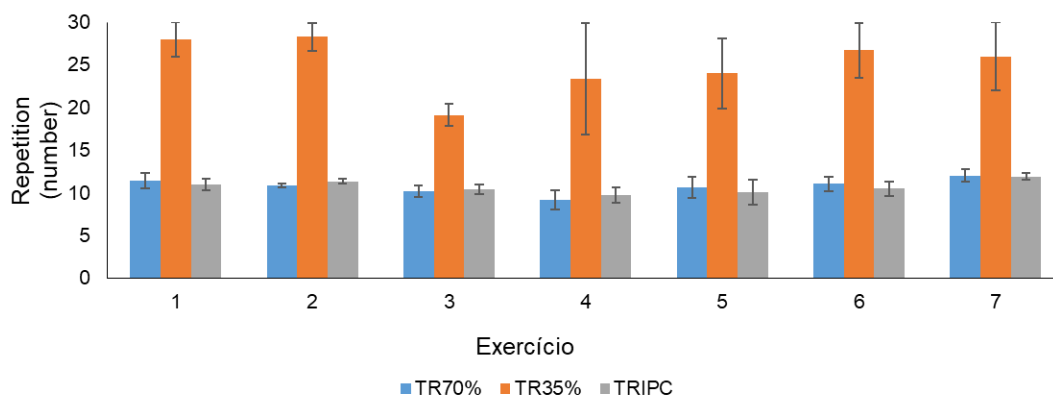


Figura 8 - Média e desvio padrão do número de repetições entre os participantes para os três protocolos de treinamento TR_{35%}, TR_{70%} e TR_{IPC}. Os sete exercícios estão enumerados de 1-7.

8.3 Intensidade aeróbia (% $\dot{V}O_{2max}$) do treinamento.

A intensidade aeróbia referente as três condições de treinamento (TR_{35%}, TR_{70%} e TR_{IPC}) e também referente aos sete exercícios analisados expressos em valores relativos (% do $\dot{V}O_{2max}$) na Figura 9).

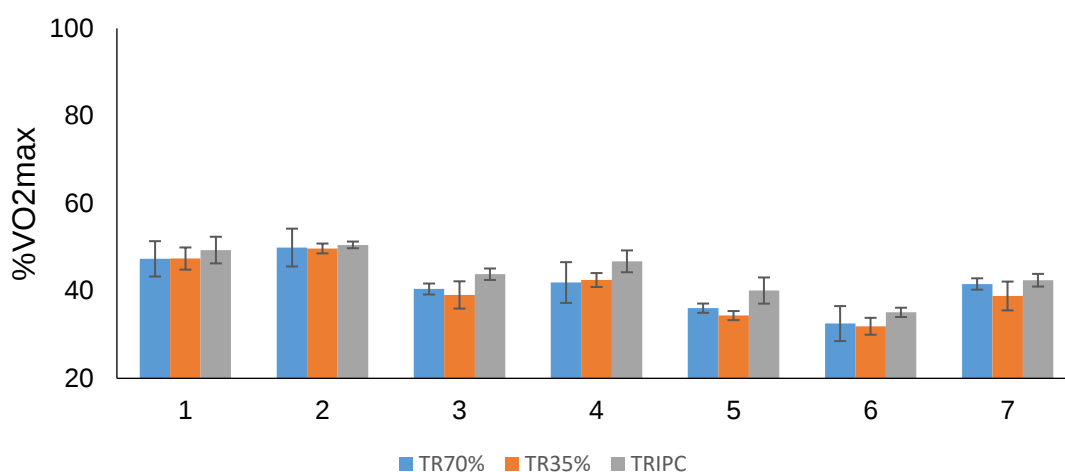


Figura 9 – Média de desvio padrão do percentual do consumo máximo de oxigênio ($\% \dot{V}O_{2\max}$) obtido durante os sete exercícios enumerados de 1-7 referente aos três protocolos de treinamento (TR_{35%}, TR_{70%} e TR_{IPC}).

8.4 Variáveis de desempenho e resposta metabólica.

A Tabela 4 apresenta as variáveis de desempenho físico, tempo ON (T_{ON}) e tempo total das séries de cada aparelho mais seus respectivos intervalos de 1 minuto (T_{Total}) expressos em segundos, além das variáveis de desempenho fisiológico $\dot{V}O_{2pico}$, e delta de lactato no representa o valor de lactato pico subtraído pelo basal ($\Delta[La^-]$) expressos em valores absolutos referente as três formas de treinamento. O T_{ON} do TR_{35%} para o exercício 2 ($326,7 \pm 96,2s$) é superior ($p < 0,05$) aos exercícios 1,3,4,5 e 6 e ao mesmo tempo o mesmo exercício 2, 6 e 7 são superiores ($p < 0,05$) aos seus exercícios correspondentes 2, 6 ($130 \pm 24,7s$) e 7 ($174 \pm 88,8s$) dos TR_{70%} e TR_{IPC}. O T_{ON} do exercício 2 para o TR_{70%} ($167,7 \pm 38,5s$) e para TR_{IPC} ($166,7 \pm 36s$) foram superiores ($p < 0,05$) aos exercícios 1,4,5,6 e 7 de seus respectivos TRs.

Quanto ao T_{Total} para o exercício 2 ($596 \pm 115,07s$) do TR_{35%} é superior ($p < 0,05$) aos exercícios 3,4,5,6,7 e ao tempo é superior ($p < 0,05$) ao seu exercício correspondente 2 dos TR_{70%} e TR_{IPC} (TABELA 4) Especificamente para o TR_{70%} o exercício 2 ($404,2 \pm 43,8s$) é superior aos exercícios 5 e 6. E para o TR_{IPC} seu exercício 2 ($398 \pm 54,0s$) é superior ($p < 0,05$) dos exercícios 4,5, e 6. Referente ao $\dot{V}O_{2pico}$ dentro dos TR_{35%} e TR_{IPC} não apresentaram diferença ($p > 0,05$) referente aos exercícios,

para o TR_{70%} o exercício 2 ($2967,4 \pm 9,8$) é superior ($p < 0,05$) aos exercícios 5 e 6. Sem diferença entre os TRs para o $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ (TABELA 4)

Com relação ao $\Delta [\text{La-}]$ não apresentou qualquer diferença ($p > 0,05$) entre os aos exercícios de cada TR e também não apresentou diferença ($p > 0,05$) entre os três TRs (TABELA 4).

Tabela 4 - Variáveis de desempenho.

Exercício	TR _{35%}				TR _{70%}				TR _{IPC}			
	T _{ON} (s)	T _{Total} (s)	$\dot{V}O_{2\text{pico}}$ ml*min ⁻¹	Δ [La-] mmol*L ⁻¹	T _{ON} (s)	T _{Total} (s)	$\dot{V}O_{2\text{pico}}$ ml*min ⁻¹	Δ [La-] mmol*L ⁻¹	T _{ON} (s)	T _{Total} (s)	$\dot{V}O_{2\text{pico}}$ ml*min ⁻¹	Δ [La-] mmol*L ⁻¹
1	169,2± 47,6	433,7± 56,7	2678,02± 9,5	7,8± 2,8	93,7± 25,3	345± 27,6	2646,6± 12,09	6,3± 1,8	107,2± 27,5	364± 44,5	2703,9± 14,5	6,9± 2,8
2	326,7± 96,2 a,c	596± 115,0 d,e	2691,8± 3,4	8,9± 2,6	167,7± 38,5 b	404,2± 43,8 f	2967,4± 9,8 h	9,6± 3,5	166,7± 36,1 b	398± 54,0 g	2828,7± 8,8	9,03± 2,6
3	155,7± 67,5	404,5± 68,3	2223,7± 6,4	11,4± 2,05	128,2± 33,5	370± 37,9	2171,5± 7,8	9,6± 2,8	116± 34,7	364,5± 44,2	2396,5± 9,05	10,3± 2,05
4	121,5± 31,5	379,5± 32,7	2042,9± 8,1	10,4± 2,4	90± 23,8	340,7± 50,7	2092,4± 8,6	8,3± 4,3	69,2± 12,03	309± 13,1	2358,5± 8,09	9,7± 2,04
5	105,2± 22,7	389,7± 52,7	1811,03± 5,1	10,02± 2,05	55,2± 7,5	302± 16,5	1833,01± 4,3	9,5± 4,4	49,5± 6,1	294,2± 17,4	1969,7± 5,6	9,3± 2,05
6	130± 24,7 c	328,3± 84,8	1759,6± 5,9	10,2± 1,9	54± 13,6	293,7± 12,8	1669,6± 7,1	8,2± 2,5	39± 2,9	285± 7,4	1615,3± 7,01	8,6± 1,9
7	174± 88,8 c	421± 77,1	2145,6± 7,6	8,7± 2,01	68± 6,7	315± 8,3	2020,7± 6,3	8,7± 2,2	69± 13,3	323,7± 25,8	2052,6± 8,7	8,1± 2,01

Onde: TR_{35%} **a** exercício 2 superior (p<0,05) aos exercícios 1,3,4,5, e 6; TR_{70%} e TR_{IPC} **b** (p<0,05) aos exercícios 1,4,5,6, e 7; TR_{35%} **c** (p<0,05) aos respectivos exercícios dos TR_{70%} e TR_{IPC}. TR_{35%} **d** exercício 2 superior (p<0,05) aos exercícios 3,4,5,6 e 7; TR_{35%} **e** (p<0,05) aos respectivos exercícios dos TR_{70%} e TR_{IPC}. TR_{70%} **f** (p<0,05) aos exercícios 5 e 6; TR_{IPC} **g** (p<0,05) aos exercícios 4, 5 e 6; TR_{70%} **h** (p<0,05) para os exercícios 5 e 6.

A Tabela 4 apresenta em média e desvio padrão as variáveis de desempenho físico onde o tempo ON (T_{on}) e o tempo total (T_{total}) expresso em segundos, $\dot{V}O_{2pico}$ ($\dot{V}O_{2pico}$) expresso em $ml \cdot min^{-1}$, e delta de lactato ($\Delta [La-]$) expresso em $mmol \cdot L^{-1}$ perante as três formas de treinamento $TR_{35\%}$, $TR_{70\%}$ e TR_{IPC} , para aos sete exercícios enumerados de 1-7.

8.5 Equivalentes de oxigênio

Os equivalentes metabólicos de O_2 (expressos em média e desvio padrão) são apresentados na tabela 5 para as três formas de treinamento $TR_{35\%}$, $TR_{70\%}$ e TR_{IPC} referente os sete exercícios numerados de 1-7. Referente ao EqO_2 ON para os $TR_{35\%}$, $TR_{70\%}$ e TR_{IPC} o exercício 2 ($TR_{35\%}= 78,5 \pm 15,4$; $TR_{70\%}= 41,4 \pm 12,8$ e $TR_{IPC}= 42,3 \pm 8,4$) é superior ($p < 0,05$) aos exercícios 1,3,4,5,6 e 7 de cada TR. Ainda com relação ao EqO_2 ON do TR_{35} os exercícios 1 ($138,7 \pm 4,9$), 2 ($78,5 \pm 15,4$) e 7 ($29,0 \pm 13,2$) são ($p < 0,05$) aos seus correspondentes dos $TR_{70\%}$ e TR_{IPC} .

EqO_2 OFF 2min o exercício 1 ($34,6 \pm 6,2$) do $TR_{35\%}$ é superior ($p < 0,05$) aos exercícios 5 e 6. Para o $TR_{70\%}$ o exercício 1 ($42,6 \pm 5,2$) é superior ($p < 0,05$) os 4,5, e 6. Para o TR_{IPC} o exercício 1 ($42,6 \pm 5,2$) é superior ($p < 0,05$) os 3,4,5, 6 e 7. Sem diferença ($p > 0,05$) entre a comparação dos três TR para a variável EqO_2 OFF 2min.

Sem diferença ($p > 0,05$) para Eq LAC tanto para cada exercícios dentro de cada TR como para a comparação entre os três TR. Para a variável Eq_{FAST} o exercício 1 ($30,0 \pm 15,9$) do $TR_{35\%}$ ($p < 0,05$) aos exercícios 4,5 e 6. Dentro do $TR_{70\%}$ o exercício 1 ($31,8 \pm 9,5$) ($p < 0,05$) apenas ao 6, e para o TR_{IPC} o exercício 1 ($25,3 \pm 11,8$) ($p < 0,05$) dos exercícios 4,5 e 6. Sem diferenças entre os TR para a variável Eq_{FAST} .

Tabela 5 – Demanda energética total (em EqO₂) em cada treino.

Exercício	TR _{35%} ml*Kg ⁻¹				TR _{70%} ml*Kg ⁻¹				TR _{IPC} ml*Kg ⁻¹			
	Eq O ₂ ON	Eq O ₂ OFF 2min	Eq LAC	Eq FAST	Eq O ₂ ON	Eq O ₂ OFF 2min	Eq LAC	Eq FAST	Eq O ₂ ON	Eq O ₂ OFF 2min	Eq LAC	Eq FAST
1	38,7± 4,9 a	34,6± 6,2 b	23,6± 10,3	30,0± 15,9 e	20,9± 9,2	37,4± 3,9 c	19,1± 5,4	31,8± 9,5 F	25,7± 7,8	42,6± 5,2 d	20,7± 8,4	25,3± 11,8 g
2	78,5± 15,4 #,a	27,0± 7,9	26,8± 11,4	12,0± 5,9	41,4± 12,8 #	28,2± 8,2	28,8± 10,7	12,3± 9,3	42,3± 8,4 #	32,7± 2,5	27,1± 7,9	14,9± 6,8
3	27,6± 16,2	21,9± 3,1	34,2± 12,3	12,1± 4,1	21,7± 6,3	23,6± 5,4	28,8± 8,5	11,0± 7,1	21,0± 5,9	27,6± 6,6	31,0± 6,1	16,5± 1,8
4	24,7± 14,4	23,8± 3,1	31,2± 11,0	9,4± 3,0	17,5± 5,7	27,7± 4,3	24,9± 4,3	17,4± 10,9	13,9± 7,1	28,6± 7,7	29,1± 7,3	9,5± 6,3
5	16,4± 5,3	17,2± 5,1	30,0± 7,5	9,2± 3,6	9,2± 1,1	19,5± 5,4	28,6± 13,3	8,9± 0,8	8,7± 1,1	20,2± 5,7	28,1± 6,1	8,01± 2,4
6	16,8± 4,9	10,2± 6,6	30,8± 14,2	4,2± 2,9	6,6± 1,7	20,3± 7,8	24,6± 7,5	9,3± 6,7	4,9± 0,9	18,8± 4,5	25,8± 5,7	6,5± 1,6
7	29,0± 13,2 a	22,6± 2,4	26,3± 8,6	8,70± 3,6	12,2± 2,2	23,5± 4,3	26,3± 6,6	13,2± 9,2	12,7± 3,2	23,8± 3,8	24,5± 6,0	8,7± 4,2

Onde: # dentro de cada TR_{35%}, TR_{70%} e TR_{IPC} o exercício 2 é superior ($p < 0,05$) aos exercícios 1,3,4,5,6 e 7; TR_{35%} **a** superior aos mesmos exercícios do TR_{70%} e TR_{IPC}. Para o TR_{35%} **b** superior ($p < 0,05$) aos exercícios 5 e 6. Para o TR_{70%} **c** superior ($p < 0,05$) aos 3,5 e 6. Para o TR_{IPC} **d** ($p < 0,05$) 3,4,5,6 e 7. Para o TR_{35%} **e** ($p < 0,05$) aos exercícios 5 e 6. Para o TR_{70%} **F** ($p < 0,05$) apenas ao exercício 6. Dentro do TR_{IPC} **g** ($p < 0,05$) dos exercícios 4,5 e 6.

Tabela 5 - Equivalentes metabólicos de oxigênio apresentados em média e desvio padrão, onde: O equivalente metabólico de oxigênio ON (Eq O₂ ON); equivalente metabólico de oxigênio OFF 2 minutos (Eq O₂ OFF_{2min}), equivalente metabólico de oxigênio do delta de lactato (Eq LAC) e equivalente metabólico de oxigênio para o componente alático do Epoc *fast* (Eq *fast*) são expressos de forma relativa pela massa corporal total em ml* Kg⁻¹ frente as três formas de treinamento TR_{35%}, TR_{70%} e TR_{IPC} e referente os sete exercícios enumerados de 1- 7.

8.6 Valor calórico por modelos energéticos e exercícios.

A tabela 6 apresenta dados em média e desvio padrão para os valores calóricos em kJ para cada modelo de quantificação energética (modelos 1, 2 e 3) aplicado nas três formas de treinamento (TR_{35%}, TR_{70%} e TR_{IPC}) para os sete exercícios enumerados de 1-7. Dentro do TR_{35%} o exercício 2 (278,1±23,2 kJ) para o modelo 1 é superior ($p < 0,05$) aos exercícios 3,4,5,6 e 7. Referente os modelos 2 e 3 do TR_{35%} o mesmo exercício 2 é superior ($p < 0,05$) aos exercícios 5 e 6 de ambos modelos. Em uma comparação entre modelos e também entre TR o exercício 2 do TR_{35%} é superior ($p < 0,05$) aos seus respectivos exercícios para cada TR (70% e IPC) e também para os três modelos energéticos dentro de cada TR (70% e IPC).

Dentro do TR_{70%} o exercício 1 (221,1±10,2 kJ) do modelo 1 é superior aos seus exercícios 5,6 e 7, o mesmo exercício 1 é superior ($p < 0,05$) ao seu correspondente

dos modelos 2 e 3 do $TR_{70\%}$. Dentro do $TR_{70\%}$, o exercício 2 para o modelo 2 ($202,7 \pm 12,3$ kJ) e modelo 3 ($173,4 \pm 34,1$ kJ) é superior ($p < 0,05$) aos exercícios 5 e 6 dos modelos 2 e 3. Para o TR_{IPC} o exercício 1 ($248,8 \pm 23,1$) é superior ($p < 0,05$) aos exercícios 5 e 6 do modelo 1, e o mesmo exercício é superior aos seus correspondentes dos modelos 2 e 3. Para o modelo 2 o exercício 2 (é superior $p < 0,05$) aos exercícios 5 e 6 do mesmo modelo. E em uma comparação entre modelos dentro do TR_{IPC} , os exercícios 2 ($227,4 \pm 22,2$ kJ) e 4 ($143,6 \pm 20,3$ kJ) do modelo 1 é superior aos seus correspondentes do modelo 3.

Tabela 6 – Demanda energética (em kJ) por modelos energéticos.

	APARELHOS						
	1	2	3	4	5	6	7
	kJ	kJ	kJ	kJ	kJ	kJ	kJ
TR_{35%}							
Modelo_1	226,3±34,5	278,1±23,2 a,b	154,5±10,1	149,9±12,3	107,2±16,4	86,2±12,4	156,6±13,5
Modelo_2	201,1±12,5	279,4±12,6 a,c	173,01±23,2	164,6±20,2	130,2±19,3	123,1±19,4	172,5±18,4
Modelo_3	196,4±45,5	253,1±24,1 a,d	156,2±20,1	136,9±14,3	116,4±22,1	111,8±17,4	144,5±17,4
TR_{70%}							
Modelo_1	221,1±10,2 e,f	205,6±22,7	140,7±23,1	146,8±17,5	96,4±22,3	87,5±20,1	124,4±24,7
Modelo_2	161,6±30,2	202,7±12,3 g	154,1±22,4	145,3±17,4	117,7±23,6	107,2±13,9	131,9±30,2
Modelo_3	153,3±34,2	173,4±34,1 h	130,2±16,3	123,1±14,4	98,4±28,5	87,1±18,6	111,1±19,4
TR_{IPC}							
Modelo_1	248,8±23,1 j,L	227,4±22,2	164,6±19,9	143,6±20,3	100,1±20,3	80,8±19,9	130,6±13,4
Modelo_2	187,2±12,8	217,4±18,4 m	167,9±31,2	149,1±19,8	119,3±23,4	105,5±23,4	130,2±13,4
Modelo_3	162,5±35,2	186,4±12,3	147,4±21,3	111,8±14,8	96,7±19,8	81,2±21,3	101,7±18,3

Onde: TR_{35%} **a** os exercícios 2 do modelo 1; modelo 2 e modelo 3 é superior ($p < 0,05$) para os seus correspondentes dos três modelos (TR_{70%} e TR_{IPC}). Dentro do **b** TR_{35%} modelo 1 o exercício 2 é ($p < 0,05$) aos exercícios 3,4,5,6 e 7. Para **c** do TR_{35%} modelo 2 o exercício 2 é ($p < 0,05$) para aos exercícios 5 e 6. Para **d** do TR_{35%} modelo 3 o exercício 2 é ($p < 0,05$) para aos exercícios 5 e 6. Dentro do **e** TR_{70%} modelo 1 o exercício 1 é ($p < 0,05$) perante os exercícios 5,6 e 7 e **f** superior aos seus correspondentes dos modelos 2 e 3. Dentro do **g** TR_{70%} modelo 2 o exercício 2 é ($p < 0,05$) apenas ao 6. Onde **h** TR_{70%} modelo 3 o exercício 2 é ($p < 0,05$) para os exercícios 5 e 6. Dentro do **j** TR_{IPC} modelo 1 o exercício 1 é ($p < 0,05$) perante os exercícios 5 e 6, para **L** ($p < 0,05$) aos seus correspondentes dos modelos 2 e 3. Quanto **m** TR_{IPC} modelo 2 o exercício 2 é ($p < 0,05$) perante os exercícios 5 e 6.

Tabela – 6 Apresenta dados em média e desvio padrão para os valores calóricos em kJ para cada modelo de quantificação energética (modelos 1, 2 e 3) aplicado nas três formas de treinamento (TR_{35%}, TR_{70%} e TR_{IPC}).

8.7 Análise da demanda energética em kJ relativo à massa corporal e ao tempo durante o exercício.

Para a análise da demanda energética nos relativizados os valores em kJ pela massa corporal (Kg) e pelo tempo ON (s) (TABELA 7) e adotamos duas bases de comparações, onde a primeira é comparar dentro de cada TR (35%, 70% e IPC) de forma independente cada modelo energético, ou seja, o TR_{35%} versus modelo 1, 2 e 3 e o mesmo procedimento para os outros TR. E a segunda base de comparação visa comparar dentro de cada modelo 1, 2 e 3 de forma independente os três TR, ou seja, modelo 1 versus TR_{35%}, TR_{70%} e TR_{IPC} e o mesmo procedimento para os demais modelos (2 e 3).

8.7.1 Primeira base de comparação.

Quando analisamos a primeira base de comparação, o TR_{35%} perante o modelo 1 não apresentou diferenças estatística ($p > 0,05$) para os seus respectivos exercícios dentro do modelo 1 e o mesmo comportamento ocorreu para os modelos 2 e 3 e seus respectivos exercícios. Quando realizada uma comparação entre modelos 1, 2 e 3 apenas para o TR_{35%} não foi observado diferença ($p > 0,05$).

Contudo para o TR_{70%} encontramos que perante o modelo 1 o custo energético foi maior ($p < 0,05$) para os exercícios 1 e 2 (entre eles $p > 0,05$) onde o 1 foi superior ($p < 0,05$) aos exercícios 3,4,5,6,7 e 2 ($p < 0,05$) apenas para os exercícios 5 e 6, dentro dos modelos 2 e 3 para seus respectivos exercícios não apresentaram diferença estatística ($p > 0,05$). Quando analisado o custo energético perante os modelos 1,2 e 3 para o TR_{70%} o exercício 1 do modelo 1 é superior ($p > 0,05$) aos seus correspondentes dos modelos 2 e 3 enquanto o exercício 2 para o modelo 1 foi diferente apenas para seu correspondente ($p < 0,05$) do modelo 3 e não apresentando diferença ($p > 0,05$) em comparação aos modelos 1, 2 e 3 perante aos demais exercícios (3,4,5,6,7).

Em relação ao TR_{IPC} para os três modelos energético, foi observado que dentro do modelo 1 o custo energético foi superior ($p < 0,05$) apenas para os exercícios 1 e 2 em comparação aos demais exercícios, enquanto dentro dos modelos 2 e 3 para seus respectivos exercícios não apresentaram diferença ($p > 0,05$). Em uma comparação entre modelos e exercício dentro do TR_{IPC} o exercício 1 do modelo 1 é superior ($p < 0,05$) ao seu correspondente do modelo 2 e 3 enquanto o exercício 2 do modelo 1 foi superior ($p < 0,05$) apenas em relação ao seu correspondente do modelo 3 e os exercícios 4 e 7 do modelo 1 foi superior ao modelo 3.

8.7.2 Segunda base de comparação

Quando analisamos a segunda base de comparação, dentro do modelo 1 não encontramos diferença ($p > 0,05$) perante aos TR e seus respectivos exercícios e o mesmo comportamento foi observado para os modelos 2 e 3 (TABELA 7).

Tabela 7 - Demanda energética em kJ relativizados pela massa corporal e pelo tempo ON (kJ/Kg/T_{ON}).

	APARELHOS						
	1	2	3	4	5	6	7
	KJ/Kg/T _{on}	KJ/Kg/T _{on}	KJ/Kg/T _{on}	KJ/Kg/T _{on}	KJ/Kg/T _{on}	KJ/Kg/T _{on}	KJ/Kg/T _{on}
TR_{35%}							
Modelo_1	0,32±0,08	0,28±0,07	0,23±0,03	0,23±0,06	0,17±0,06	0,15±0,08	0,20±0,1
Modelo_2	0,28±0,07	0,28±0,09	0,25±0,08	0,26±0,09	0,21±0,07	0,23±0,1	0,23±0,1
Modelo_3	0,27±0,06	0,25±0,04	0,23±0,05	0,22±0,04	0,18±0,04	0,19±0,1	0,18±0,09
TR_{70%}							
Modelo_1	0,37±0,01 #,a	0,30±0,05 b	0,23±0,05	0,26±0,04	0,19±0,04	0,18±0,03	0,23±0,02
Modelo_2	0,27±0,03	0,30±0,05 b	0,24±0,03	0,25±0,01	0,22±0,03	0,22±0,01	0,24±0,04
Modelo_3	0,26±0,03	0,25±0,03	0,21±0,02	0,22±0,03	0,19±0,06	0,17±0,01	0,20±0,03
TR_{IPC}							
Modelo_1	0,39±0,01*,c,e	0,33±0,02 *	0,26±0,03	0,28±0,04 d	0,20±0,04	0,16±0,03	0,23±0,04 d
Modelo_2	0,30±0,04	0,32±0,03	0,27±0,04	0,29±0,05 d	0,23±0,04	0,23±0,03	0,23±0,03 d
Modelo_3	0,25±0,06	0,26±0,03	0,24±0,02	0,21±0,03	0,19±0,03	0,16±0,02	0,18±0,04

TR_{70%} # (p<0,05) exercícios 3,4,5,6,7 do modelo 1; TR_{70%} a (p<0,05) modelos 2 e 3 dentro do TR_{70%}; TR_{70%}; b (p<0,05) exercício 1 do modelo 3; TR_{IPC} * (p<0,05) todos exercícios do modelo 1; TR_{IPC} c (p<0,05) modelos 2 e 3 dentro do TR_{IPC}; TR_{IPC} d (p<0,05) ao modelo 3.

Tabela 8 - Demanda energética em kJ relativizados pela massa corporal e pelo tempo TOTAL (kJ/Kg/T_{total}), para os três modelos energéticos e para os sete exercícios dentro dos TR_{35%} TR_{70%} e TR_{IPC}.

	APARELHOS						
	1	2	3	4	5	6	7
	kJ/kg/T _{total}	kJ/kg/T _{total}	kJ/kg/T _{total}	kJ/kg/T _{total}	kJ/kg/T _{total}	kJ/kg/T _{total}	kJ/kg/T _{total}
TR_{35%}							
Modelo_1	0,89±0,4	0,55±0,1	0,67±0,2	0,76±0,2	0,67±0,2	0,39±0,2	0,56±0,3
Modelo_2	0,76±0,2	0,54±0,2	0,73±0,2	0,83±0,2	0,79±0,2	0,60±0,3	0,65±0,4
Modelo_3	0,74±0,3	0,47±0,1	0,71±0,3	0,73±0,2	0,70±0,1	0,45±0,2	0,48±0,2
TR_{70%}							
Modelo_1	1,44±0,2*, b	0,77±0,2	0,71±0,2	1,04±0,3	1,09±0,3	1,078±0,4*	1,07±0,1*
Modelo_2	1,05±0,1	0,74±0,1	0,75±0,1	1,02±0,1*	1,23±0,2*	1,30±0,3#,* a	1,13±0,1*
Modelo_3	1,01±0,1	0,64±0,2	0,64±0,2	0,87±0,1	1,12±0,5e	0,99±0,2e	0,96±0,1e
TR_{IPC}							
Modelo_1	1,40±0,2*, d	0,82±0,1	0,88±0,2	1,28±0,3*, a	1,24±0,3*	1,22±0,2*	1,11±0,1*
Modelo_2	1,04±0,1	0,78±0,9	0,89±0,2	1,32±0,2 a,c	1,42±0,2 c	1,68±0,2 b,c	1,12±0,2
Modelo_3	0,89±0,2	0,65±0,1	0,79±0,2	0,97±0,1	1,16±0,2e	1,22±0,2e	0,84±0,1e

TR_{70%} # (p<0,05) em relação aos exercícios 2 e 3, dentro do modelo 2; TR_{IPC} **a** (p<0,05) modelo 3; TR_{70%} **b** (p<0,05) modelos 2,3; TR_{IPC} **c** (p<0,05) aos exercícios 2 e 3 dentro do modelo 2; TR_{IPC} **d** (p<0,05) exercício 1 do modelo 3; TR_{IPC} (p<0,05) exercício 4 do modelo 3; Segunda base comparação: TR_{IPC} TR_{70%} *(p<0,05) ao TR_{35%}; TR_{IPC} TR_{70%} **e** (p<0,05) ao modelo 3 do TR_{35%}

Tabela 8 - Demanda energética em kJ relativizados pela massa corporal e pelo tempo TOTAL ($\text{kJ/Kg/T}_{\text{total}}$), para os três modelos energéticos e para os sete exercícios dentro dos $\text{TR}_{35\%}$, $\text{TR}_{70\%}$ e TR_{IPC} .

8.8 Análise da demanda energética em kJ relativizados pela massa corporal e pelo tempo TOTAL ($\text{kJ/Kg/T}_{\text{total}}$).

O mesmo procedimento de comparação que foi adotado pelo tempo ON foi adotado para o tempo TOTAL onde os valores são apresentados na tabela 8.

O $\text{TR}_{35\%}$ perante o modelo 1 não apresentou diferenças estatística ($p > 0,05$) para os seus respectivos exercícios, o mesmo comportamento ocorreu para os modelos 2 e 3 e seus respectivos exercícios. Quando realizada uma comparação entre os três modelos dentro do $\text{TR}_{35\%}$, também não foi observado qualquer mudança ($p > 0,05$).

Perante o $\text{TR}_{70\%}$ o modelo 1 não apresentou diferenças estatística ($p > 0,05$) para os seus respectivos exercícios dentro do modelo 1, em relação ao modelo 2 o custo energético foi maior ($p < 0,05$) para o exercício 6 em relação aos exercícios 2 e 3. O modelo 3 não apresentou diferenças estatística ($p > 0,05$) para os seus respectivos exercícios. Com relação ao modelo 1 do $\text{TR}_{70\%}$, exercício 1 é maior ($p < 0,05$) que o seu correspondente dos modelos 2 e 3 e o exercício 6 do modelo 2 é superior ($p < 0,05$) ao seu correspondente do modelo 3.

Referente ao TR_{IPC} o modelo 1 não apresentou diferenças estatística ($p > 0,05$) para os seus respectivos exercícios dentro do modelo 1, contudo para o modelo 2 o custo energético é superior ($p > 0,05$) para os exercícios 4, 5 e 5 em comparação aos

exercícios 2 e 3. Por outro lado, o TR_{IPC} em relação ao modelo 3 também não apresentou diferenças estatística ($p > 0,05$) para os seus respectivos exercícios. Agora em uma comparação dentro do TR_{IPC} perante os modelos energéticos, o exercício 1 do modelo 1 e 2 não diferem ($p > 0,05$) contudo superior ao exercício 1 do modelo 3. O exercício 4 do modelo 1 e 2 é superior ($p < 0,05$) ao seu correspondente do modelo 3 e o exercício 6 do modelo 2 é superior ($p < 0,05$) ao seu correspondente do modelo 1 e 3.

8.8.1 Segunda base de comparação ($kJ/Kg/T_{total}$).

A segunda base de comparação para o modelo 1 encontrou que os exercícios 1, 4, 5, 6 e 7 do $TR_{IPC\%}$ produziu uma maior demanda energético ($p < 0,05$) em comparação ao seu correspondente do $TR_{35\%}$ enquanto os exercícios 1, 6 e 7 do $TR_{70\%}$ foi superior ($p < 0,05$) aos seus exercícios correspondentes do $TR_{35\%}$. Perante o modelo 2 os exercícios 4, 5, 6 e 7 do $TR_{70\%}$ foi superior ($p < 0,05$) os seus correspondentes tanto do $TR_{35\%}$. Com relação ao modelo 3 os exercícios 5, 6 e 7 do $TR_{\%}$ produziu um maior gasto ($p < 0,05$) em relação aos seus correspondentes tanto do $TR_{70\%}$ como do TR_{IPC} (TABELA 8).

9 DISCUSSÃO

O presente estudo estimou a demanda energética por diferentes modelos quantitativos, em três diferentes protocolos de TR. Quanto às respostas fisiológicas que caracterizam a intensidade do esforço, em equivalentes de oxigênio (i.e., EqO_2 ON; EqO_2 OFF_{2min}; Eq_{LAC} e Eq_{FAST}), os resultados indicaram que TR_{35%} diferiu dos demais treinos (i.e., TR_{70%} e TR_{IPC}), em relação à variável Eq O_2 ON, nos exercícios 1, 2 e 7. Enquanto que as variáveis O_2 : OFF_{2min}, Eq_{LAC} e Eq_{FAST} não se apresentaram diferentes ao compará-las entre às condições de treino, bem como entre os exercícios.

Essa diferença observada a favor do TR_{35%} para o equivalente metabólico de O_2 ON foi correlato ao tempo ON em atividade expresso em segundos (T_{ON}), visto que o exercício 1 do TR_{35%} foi superior em segundos ao seu correspondente do TR_{70%}; o exercício 2 foi superior em ambos os protocolos TR_{70%} e TR_{IPC} assim como o exercício 7 ($\text{TR}_{35\%} > \text{TR}_{70\%} = \text{TR}_{\text{IPC}}$). Tal resposta em relação ao T_{ON} corroborou o com o tempo total (T_{total}) da atividade visto que os exercícios 1 ($\text{TR}_{35\%} > \text{TR}_{70\%} = \text{TR}_{\text{IPC}}$) e 7 ($\text{TR}_{35\%} > \text{TR}_{70\%}$) contribuíram para esta resposta, ou seja, o tempo de atividade foi o maior determinante desta resposta ao invés da carga de treino (carga: $\text{TR}_{70\%} = \text{TR}_{\text{IPC}} > \text{TR}_{35\%}$). As respostas das variáveis $\dot{\text{V}}\text{O}_{2\text{pico}}$ e $\Delta [\text{La-}]$ não apresentaram diferenças, ao compará-las nas três condições de TR.

As respostas das variáveis OFF_{2min}; Eq_{LAC} ; $\dot{\text{V}}\text{O}_{2\text{pico}}$ e delta de lactato em TR (35%, 70% e IPC) são compatíveis com os resultados do estudo de Thronton et al, (2011), que compararam o gasto energético em kcal para as intensidades distintas (i.e.: 85%- 8RM vs. 45%-8RM) e não encontraram diferença quanto às respostas do lactato pico, ventilação e o $\dot{\text{V}}\text{O}_2$ medidos durante a sessão. Destaca-se também que nesse estudo não houve diferença no volume de EPOC (por 30 minutos) nas duas

condições. Nosso estudo analisou um *janelamento fixo* de 2 minutos ao fim de cada exercício e ao fim das sessões de treinamento (TR_{35%}, TR_{70%} e TR_{IPC}).

Em outro estudo, Thornton; Potteiger (2002) compararam TR de alta vs. baixa intensidade (45% vs. 80%), com volume total equalizado e não encontraram diferença significativa nas respostas do $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ e quociente respiratório (QR), mas sim quanto às respostas do lactato e EPOC que foram maiores no treino de alta intensidade. Por outro lado, havia uma expectativa de que o $\dot{V}O_2$ durante TR fosse dependente da intensidade de carga utilizada, o que está alinhado às observações da literatura (HUNTER et al., 1988; COLLINS et al., 1989).

Em nosso estudo o TR_{35%} apresentou uma demanda energética total de 1116,0 $\pm$ 170 kJ, o TR_{70%} (877,3 $\pm$ 92,7 kJ) e o TR_{IPC} (885,6 $\pm$ 105,6 kJ). Os valores encontrados na literatura para TR de alta intensidade foram: 1004,2 $\pm$ 76,8 kJ (BURLESON et al., 1998); 953,3 $\pm$ 87,8 kJ (KELLERHER et al., 2010); 720,5 $\pm$ 96,5 kJ (ANICETO et al., 2013); uma comparação entre máquinas (891,2 $\pm$ 100,4 kJ) e pesos livres (1041,8 $\pm$ 154,8 kJ) (BENITO et al., 2016); 1184,1 $\pm$ 288,7 kJ (RUSTADEN et al., 2020).

Curiosamente, o TR_{35%} frente ao modelo 3 apresentou um maior custo energético ($p < 0,05$) (1116,0 $\pm$ 170 kJ) em comparação ao TR_{70%} (877,3 $\pm$ 92,7 kJ) e TR_{IPC} (885,6 $\pm$ 105,6 kJ), esta diferença sobre o valor total foi significativa ($p > 0,05$) apenas para o contribuinte em kJ ON do TR_{35%} (505,6 $\pm$ 46,1 kJ) em comparação ao mesmo contribuinte ON do TR_{70%} (276,6 $\pm$ 24,3 kJ) e TR_{IPC} (280,3 $\pm$ 28,1 kJ). As vias dos fosfagênios (FAST) e lácticos (LAC) não diferiram entre os TR, o que talvez possa ter ocorrido pelo maior número de repetições (TR_{35%} 25,1 $\pm$ 3,3 > TR_{70%} 10,8 $\pm$ 0,8 e TR_{IPC} 10,7 $\pm$ 0,7 reps) e tempo de treino que, por sua vez, tendem a possibilitar maior contribuição energética por via oxidativa, se comparado a condição de alta intensidade de carga em TR_{70%} e TR_{IPC}.

De fato, a literatura apresenta evidências que a intensidade de carga (i.e., alta vs. baixa) não tendem a apresentar diferenças, contrariando os resultados do presente estudo. Por exemplo, o estudo de Cesar et al., (2013) comparou duas intensidades de TR: 90% de 1RM (8 exercícios, 3 séries, 5 reps) versus 50% de 1RM (8 exercícios, 3 séries, ~20 reps) e não observou diferenças na demanda energética ($137 \pm 55,2$ kcal vs. $145 \pm 21,6$ kcal, respectivamente). Outro estudo, Almeida (2011), também comparou duas intensidades diferentes (80% vs. 55% de 1RM), e mesmo com o volume não equalizado (5555 para 80% versus 3128 para 55% de 1RM) a demanda energética entre as duas condições não diferiu. Ambos os estudos, corroboram com os achados João et al., (2020) que, em uma revisão sistemática e metanálise, indicaram ausência de associação entre a intensidade da carga durante o TR e a demanda energética (SMD: -0,40; 95% CI: - 0,98, 0,18; $p = 0,18$).

Ainda em relação ao modelo 3, outro ponto importante que já foi mencionado anteriormente e que também evocam questões metodológicas deste estudo é que para as outras variáveis Eq_{FAST} e Eq_{LAC} que ao lado do $Eq_{O_2 ON}$ compõem o modelo 3, não apresentaram diferença ($p > 0,05$), inclusive os valores de $\% \dot{V}O_{2max}$ apresentados na figura 5 também não foram diferentes ($p > 0,05$) entre as três condições (média da $\% \dot{V}O_{2max}$ para os 7 exercícios: $TR_{35\%}$ $40,5 \pm 2,1\%$; $TR_{70\%}$ $41,4 \pm 2,9\%$; TR_{IPC} $44,0 \pm 1,9\%$). Dentro deste contexto, a reposta do $Eq_{O_2 ON}$ tende a ser dependente do tempo e não da carga utilizada.

Todavia, os resultados discutidos até o momento foram respectivos aos valores absolutos para as variáveis de desempenho (T_{on} ; T_{total} ; $\dot{V}O_{2pico}$; $\Delta [La^-]$) e para os equivalentes de O_2 (ON ($Eq_{O_2 ON}$; $Eq_{O_2 OFF_{2min}}$; Eq_{LAC})). Para tentar compreender a influência que o tempo de exercício exerce sobre os diferentes treinos, a demanda

energética foi considerada em termos proporcionais à massa corporal e ao tempo de atividade.

Ao relativizar a demanda energética pela massa corporal e pelo tempo durante o exercício, observa-se que TR_{35%} não apresenta diferenças em relação à demanda energética estimada pelos diferentes modelos, seja pelos valores médios da sessão ou por exercícios. Para TR_{70%} observou-se que os exercícios 1 e 2 apresentaram maiores demandas energéticas em comparação aos demais exercícios, em todos os modelos de estimativa do CE. Em relação ao TR_{IPC} observou-se que CE para o modelo 1 foi maior apenas que os exercícios 1 e 2, enquanto que CE estimado pelos modelos 2 e 3 não apresentaram diferença entre os exercícios.

Em relação aos exercícios 1 (*leg press* 45) e 2 (*leg press* reto) foram os que produziram a maior demanda energética para os TR_{IPC} e TR_{70%}, esta condição pode ser explicada pelo fato que estes exercícios apresentam a maior massa muscular em comparação aos demais exercícios mediante aos TR_{IPC} e TR_{70%}. Para Farinatti; Castinheiras Neto (2011), em uma comparação entre dois exercícios com massa muscular diferentes (*leg press* vs *crucifixo*), o exercício com maior massa muscular envolvida e produziu o maior gasto calórico (*Leg press* 3min = 91,16±13,5 kcal; *Leg press* 1min = 88,76 ±18,4 kcal vs. *Crucifixo* 3min= 54,16 ±12,0 kcal; *Crucifixo* 1min = 50,3 ±14,4 kcal), independente do intervalo entre séries escolhido (1 vs. 3 min).

Quanto aos valores de CE relativizados pelo peso corporal e pelo tempo total da sessão de treino, o TR_{35%} não apresentou qualquer diferença entre os seus respectivos exercícios em relação aos modelos 1, 2 e 3, repetindo o mesmo comportamento quando os valores foram relativizados pelo tempo ON. Com relação ao TR_{70%} e assim como o TR_{IPC} não apresentaram qualquer diferença estática entre os seus exercícios em relação aos modelos 1. Contudo, em relação ao modelo 2 do

TR_{70%} o custo energético foi maior apenas para o exercício 6 em relação aos exercícios 2 e 3. Um ponto importante observado é que quando os dados foram relativizados pelo tempo total ($\text{kJ/kg/T}_{\text{total}}$) o modelo 1 e 3 foram os mais homogêneos dentro de cada TR (35%, 70% ou IPC) e seus respectivos aparelhos ($p > 0,05$) na primeira base de comparação.

Na segunda base de comparação para os valores relativos pelo tempo TOTAL o TR_{35%} apresentou o menor gasto energético na maior parte dos exercícios (4, 5, 6 e 7) em comparação ao TR_{70%} e TR_{IPC} independente do modelo energético (1, 2 ou 3) analisado. Em resumo, diferentemente do que aconteceu com os dados absolutos, os dados relativos ($\text{kJ/kg/T}_{\text{total}}$) revelam que os protocolos com cargas mais elevadas apresentaram maiores valores ($\text{TR}_{70\%} = \text{TR}_{\text{IPC}} > \text{TR}_{35\%}$) principalmente para os exercícios 4,5,6 e 7.

De certa forma é notável que a calorimetria indireta é capaz de fornecer uma excelente reprodutibilidade (−2% e 4% de precisão) da demanda energética durante a atividade física (CROONEN; BINKHORST, 1974). Independentemente deste contexto a quantificação da demanda energético durante o TR apresentam uma infinidade desafios visto que a comparação entre os estudos é extremamente difícil visto a grande gama de variáveis que diversos trabalhos investigaram ao longo do tempo: massa muscular envolvida (JAMURTAS et al., 2004; FARINATTI; CASTINHEIRAS, 2011), formato da sessão (HALTOM et al., 1999; JOÃO et al., 2020), número de series (HADDOCK; WILLKIN, 2006), volume de treino (KANG, J et al., 2005), modelo energético de quantificação (SCOTT, 2006; LYRISTAKIS; BALL; MCKUNE, 2019), velocidade de execução (HUNTER; SEELHORST; SNYDER, 2003; MAZZETTI; DOUGLASS; YOCUM; HARBER, 2007), carga aplicada (ALMEIDA, 2011; CESAR et al., 2013; THORNTON; POTTEIGER, 2002; JOÃO et al., 2020), ordem dos

exercícios (FARINATTI; SIMÃO; MONTEIRO; FLECK, 2009) e intervalo entre series (FARINATTI; CASTINHEIRAS NETO, 2011).

Apesar desta dificuldade presente nos diferentes métodos de TR, nosso estudo apresenta três modelos de quantificação onde o modelo 1 é um modelo adaptado de exercícios contínuos analisando apenas a demanda aeróbia da série e do intervalo entre elas (SCOTT, 2006), o modelo 2 é um modelo baseado na adição do componente aeróbio lático que por sua vez é um método que apresenta um alto grau de confiabilidade (SCOTT, 2006; LYRISTAKIS; BALL; MCKUNE, 2019). É curioso notar que mesmo com a “grande robustez” apresentada pelo modelo 2 por meio do estudo de Scott, (2006) existem pequenas adaptações do mesmo onde Magosso et al., (2013) propõem uma adaptação quanto metodologia do componente lático.

De certa forma para o componente lático proposto por Scott, (2006) o mesmo subtraiu os valores de lactato sanguíneo de forma subsequente, ou seja, basal pela serie um, serie um pela serie dois, serie dois pela serie três. Magosso et al., (2013) por sua vez utilizou a diferença entre o lactato basal pelo pico de cada serie, tal estratégia foi adaptada por nosso estudo tanto para o modelo 2 como para o modelo 3. A justificativa apresentada para isso é de que a proposta apresentada por Scott, (2006) poderia em algumas situações produzir leituras do componente lático igual a zero, pois o corpo poderia utilizar o lactato disponível como meio de fornecer energia aos músculos durante o trabalho (MAGOSSO et al., 2013; LYRISTAKIS; BALL; MCKUNE, 2019).

Para Scott, (2006) durante a execução da série do TR ocorre oclusão do fluxo sanguíneo visto a intensa contração muscular aplicada durante o que por sua vez resulta em um déficit de oxigênio, logo para uma análise mais fidedigna do custo energético torna-se necessário observar os três componentes: avaliação do consumo

de O_2 , contribuição de lactato do EPOC (SCOTT, 2009). O nosso modelo 2 contempla esta necessidade visto que possuímos uma análise do consumo de O_2 durante as 3 series, o delta do lactato sanguíneo para quantificação da demanda láctica e um breve EPOC de 2 minutos, o que em nosso ponto de vista julgamos com adequado, visto que Lyristakis; Ball; Mckune, (2019), mensurou o EPOC por um período de 5 minutos ao fim do exercício e encontrou um alto grau de confiabilidade pela correlação intraclasse de Hopkins (>93%) e a porcentagem do erro típico mensurado ficou abaixo de 5,8%.

Com relação ao nosso modelo 3 que fornece a estimativa dos três contribuintes energéticos (EqO_2 ON), fosfagênio (Eq_{FAST}) e láctico (Eq_{LAC}) encontramos que em uma análise por exercício em comparação com o modelo 1 e 2, nosso modelo 3 pode subestimar um pouco os valores da demanda energética, apesar de nossos valores em kJ para o modelo 3 se apresentarem condizentes com a literatura para os três TR (35%; 70% e IPC) como mencionado anteriormente (BURLESON et al., 1998; KELLERHER et al., 2010; ANICETO et al., 2013; BENITO et al., 2016; RUSTADEN et al., 2020). Uma explicação para os valores do modelo 3 se afastar dos modelos 1 e 2 com demonstrado nas duas análises relativas para alguns aparelhos, se dá pelo fato do mesmo não avaliar qualquer parcela do EPOC, fato jugado como necessário por Scott, (2006) e Scott et al., (2011), por um outro lado o modelo 3 é o único que fornece uma estimativa do componente alático, por meio de uma estratégia metodológica advinda de estudos que analisam a cinética do consumo de O_2 (DI PRAMPERO. FERRETI, 1999; ÖZYENER et al., 2001), fato que deve ser considerado em futuros estudos.

Com relação a manobra IPC, apesar da maioria dos estudos apontarem melhora do IPC frente ao TR (ANDREAS et al., 2011; CRISAFULLI et al., 2011;

MOROCOLO et al., 2016b; PARADIS-DESCHÊNES et al., 2016; PARADIS-DESCHÊNES et al., 2017; MAROCOLO et al., 2016a; TANAKA et al., 2016; CARVALHO; BARROSO, 2019; CARVALHO et al., 2020; NOVAES et al., 2020) não foi possível observar qualquer efeito ergogênico ou melhora da performance por parte da manobra IPC, sobre tudo seja pelo aumento do número de repetições, contrariando até mesmo os resultados do estudo 1 (i.e.: IPC vs. *All Conditions*: SMD: 3,02 (IC 95%: 2,23 – 3,81).

Por um outro lado, podemos entender que o presente estudo 2 não teve como objetivo primário observar melhora perante ao número de repetições assim como realizado por outros estudos (CARVALHO; BARROSO, 2019; CARVALHO et al., 2020; NOVAES et al., 2020).

Apesar destas questões apresentadas, esperava-se que IPC apresentasse alguma melhora em comparação ao TR_{70%} sobre tudo em relação a EqO₂, muito por conta do estudo de Andreas et al., (2011). Neste estudo, os autores observaram que aplicação previa do IPC influenciou positivamente o metabolismo muscular local durante a reperusão, isso resultou em um aumento na produção da PCr e maior consumo de oxigênio muscular local com aplicação da ressonância magnética de imagem. É importante resaltar que no presente estudo houve uma análise do componente fosfagênico pelo Eq_{FAST} baseando-se na proposta de Di Prampero e Ferreti (1999), mas os resultados observados não sugerem haver diferenças para o Eq_{FAST} e também para a demanda lactica (Eq_{LAC}) entre os treinos e exercícios.

Com relação a relativização com o tempo total a manobra IPC se aproximou do TR_{70%} e foi superior ao TR_{35%} para os exercícios 4,5,6 e 7 independentes dos modelos energéticos 1,2 e 3. De certa forma isso já era esperado pelo próprio processo matemático no qual envolve a relativização dos dados, o que reforça que exercícios

mais intensos demandarem maior energia em relação ao tempo de atividade (SCOTT et al., 2013 e JOÃO et al., 2020).

Mesmo que por um lado estudos dentro do TR e em outros esportes apresentem a manobra IPC como uma ferramenta ergogênica, as adaptações causadas ainda precisam ser mais analisadas para que haja maior compreensão sobre os mecanismos locais e sistêmicos que sejam responsáveis por tais benefícios (MAROCOLO et al., 2016a; CARVALHO et al., 2020).

10 CONCLUSÃO

Mediante aos dados apresentados no estudo 1 (metanálise) a manobra IPC se apresentou como uma estratégia de fácil aplicação e muito efetiva para o aumento do *endurance* muscular mediante ao número de repetições em exercícios resistidos, e o seu efeito se sobrepõem a hipótese de um efeito placebo (~20 mmHg).

Referente ao estudo experimental 2 a utilização do IPC como método ergogênico associado ao TR não contribuiu para a melhora da performance no TR_{IPC}, apesar dos dados de nosso estudo 1 apresentarem melhora, onde nós não apresentamos alterações nas respostas do consumo energético ou da contribuição das variáveis estudadas $\dot{V}O_2$, lactato e fosfagênio, quando comparado ao mesmo protocolo sem a utilização da manobra IPC.

Com relação aos modelos, a diferença da contribuição energética existentes entre os valores calóricos é diretamente influenciada pelo tipo de modelo utilizado para o cálculo do gasto energético. Quando os dados são expressos de forma absoluta o protocolo com menor carga apresentasse com o maior gasto energético em relação aos exercícios isolados em comparação ao de maior carga. Por um outro lado, quando os dados são expressos de forma relativa em relação ao tempo ON e total os protocolos com maior carga apresentam o maior gasto.

Os modelos 1 e 2 se aproximam entre os três TR isso talvez se deve ao fato do tempo de EPOC do modelo 2, e por outro lado se afastam do modelo 3 com um menor valor para alguns aparelhos. Quanto aos contribuintes que compõem os três modelos, nosso estudo reforça a importância da contribuição láctica e de um maior EPOC, além da adoção do componente alático que se mostrou perante aos demais TR (35%, 70% e IPC).

Como limitações para o estudo 1, a necessidade de se explorar outras abordagens de TR como treinamento em circuito, *crossfit*, treinamento funcional e calistenia para ampliar ainda mais o leque de comparações. Para o estudo 2, foi o número de indivíduos analisados (4 voluntários) além da necessidade de explorar um maior tempo de EPOC e também testar outras combinações entre os contribuintes energéticos, agregando ou ajustando ainda mais o que foi proposto por Scott et al., (2006) e Magosso et al., (2013), principalmente no tange o metabolismo dos fosfagênios, junto com a necessidade já confirmada do metabolismo láctico e EPOC.

11 BIBLIOGRAFIA

AAGAARD, P. et al. Neural adaptation to resistance training: changes in evoked V-wave and H-reflex responses. **Journal of Applied Physiology**. v. 22, p. 2309 - 2318, 2002.

ANDREAS, M. et al. Effect of ischemic preconditioning in skeletal muscle measured by functional magnetic resonance imaging and spectroscopy: a randomized crossover trial. **J Cardiovasc Magn Reson**. 13(1), 32, 2011.

ALMEIDA, A.P.V. et al. Consumo de oxigênio de recuperação em resposta a duas sessões de treinamento de força com diferentes intensidades. **Rev Bras Med Esporte**, 17(2), 2011

ARRIEL, A.R. et al. Ischemia–Reperfusion Intervention: From Enhancements in Exercise Performance to Accelerated Performance Recovery—A Systematic Review and Meta-Analysis. **Int J Environ Res Public Health**, 17, 8161, 2020.

ANICETO, R. R. et al. Efeitos agudos de diferentes métodos de treinamento com pesos sobre o gasto energético em homens treinados. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**.19(3), 181-185, 2013.

BALLOR, D.L.; BECQUE, M.D.; KATCH, V.L. Metabolic responses during hydraulic resistance exercise. **Med Sci Sports Exerc**. 19: 363–367, 1987.

BAILEY, T. G. et al. Effect of ischemic preconditioning on lactate accumulation and running performance. **Med Sci Sports Exerc**. 44(11), 2084-2089, 2012.

BARBOSA, T. C. et al. Remote ischemic preconditioning delays fatigue development during handgrip exercise. **Scand J Med Sci Sports**. 25(3), 356-364, 2015.

BEAVEN, C. M. et al. Intermittent lower-limb occlusion enhances recovery after strenuous exercise. **Appl Physiol Nutr Metab**. 37(6), 1132-1139, 2012.

BENITO, P. J. et al. Cardiovascular fitness and energy expenditure response during a combined aerobic and circuit weight training protocol. **PLoS One**.11(11), e0164349, 2016.

BILLAT, L. V.; KORALSZTEIN, J. P. Significance of the velocity at $\dot{V}O_{2max}$ and time to exhaustion at this velocity. **Sports Med**. 22(2), 90-108, 1996.

BURLESON, M. A. et al., Effect of weight training exercise and treadmill exercise on post-exercise oxygen consumption. **Med Sci Sports Exerc**,30, (4), p. 518-22, 1998.

CARU, M. et al. An overview of ischemic preconditioning in exercise performance: A systematic review. **J Sport Health Sci**. 8(4), 355-369, 2019.

CAMPANHOLI NETO, J. **Demanda energética na sessão de exercício resistido com características de hipertrofia e resistência muscular localizada**. Orientador:

Vilmar Baldissera. 2015. 118 f. Dissertação - (Mestrado em Ciência da Motricidade) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro, 2015.

CARVALHO, L.; BARROSO, R. Ischemic Preconditioning Improves Strength Endurance Performance. **J Strength Cond Res**, 33(12), 3332-3337, 2019.

CESAR MC, et al. Comparação do gasto energético de mulheres jovens durante o treinamento de força máxima e resistência muscular localizada. **Motricidade**. 9, 49–55, 2013.

CERQUEIRA et al. M. S. Effects of Individualized Ischemic Preconditioning on Protection Against Eccentric Exercise–Induced Muscle Damage: A Randomized Controlled Trial. **Sports Health**, 13(6), 554–564, 2021.

COLLINS, M.A.; CURETON, K.J.; HILL, D.W.; RAY, C.A. Relation of plasma volume change to intensity of weight lifting. **Med Sci Sports Exerc**. 21:178–185, 1989.

COLLINS, M.A. et al. Relation of plasma volume change to intensity of weight lifting. **Med Sci Sports Exerc**. 21,178–185, 1989.

CROONEN, F, BINKHORST, RA. Oxygen uptake calculated from expiratory volume and analysis only. **Ergonomics**. 17, 113-7, 1974.

CRISAFULLI, A. et al. Ischemic preconditioning of the muscle improves maximal exercise performance but not maximal oxygen uptake in humans. **J Appl Physiol**. 111, 530–536, 2011

CRUZ, R. S. et al. Effects of ischemic preconditioning on maximal constant-load cycling performance. **J Appl Physiol**. 119(9), 961-967, 2015.

CRUZ, R.S. et al. Effects of ischemic conditioning on maximal voluntary plantar flexion contractions. **J Electromyogr Kinesiol**. 48, 37-43, 2019.

de GROOT, P. C. et al. Ischemic preconditioning improves maximal performance in humans. **Eur J Appl Physiol**, 108(1), 141-146, 2010.

di PRAMPERO, P.E.; FERRETTI, G. The energetics of anaerobic muscle metabolism: a reappraisal of older and recent concepts. **Respir Physiol**. 118, 103–115, 1999.

ESTON, R.G.; MICKLEBOROUGH, J; BALTZOPOULOS, V. Eccentric activation and muscle damage: Biomechanical and physiological considerations during downhill running. **Br J Sports Med**. 29, 89-94, 1995.

FARINATTI, PTV; SIMÃO, RF; MONTEIRO, WD; FLECK, S. Influence of exercise order on oxygen uptake during strength training in young women. **J Strength Cond Res**. 20, 1037–1044, 2009.

FARINATTI, P.T.V; CASTINHEIRAS NETO, A.G. The effect of between-set rest intervals on the oxygen uptake during and after resistance exercise sessions

performed with large and small-muscle mass. **J Strength Cond Res.** 25(11), 3181–3190, 2011.

FRANZ, A. et al. Ischemic Preconditioning Blunts Muscle Damage Responses Induced by Eccentric Exercise. **Med Sci Sports Exerc.** 50 (1), 109–115, 2018.

GIBSON, N. et al. Effect of ischemic preconditioning on land-based sprinting in team-sport athletes. **Int J Sports Physiol Perform.** 8 (6), 671-676, 2013.

GIBSON, N. et al. Effect of ischemic preconditioning on repeated sprint ability in team sport athletes. **J Sports Sci.** 33(11), 1182-1188, 2015.

GUPTA, R. D. et al. Indirect calorimetry: from bench to bedside. **Indian J Endocrinol Metab.** 21 (4), 594, 2017.

HADDOCK, B.L; WILLKIN, L.D. Resistance training volume and post exercise energy expenditure. **Int J Sports Med.** 27, 143–148, 2006.

HALLEY, S. L.; MARSHALL, P.; SIEGLER, J. C. The effect of IPC on central and peripheral fatiguing mechanisms in humans following maximal single limb isokinetic exercise. **Physiol Rep.** 7(8), e14063, 2019.

HALTOM, R.W. et al. Circuit weight training and its effects on excess postexercise oxygen consumption. **Med Sci Sports Exerc.** 31, 1613–1618, 1999.

HEYWARD, V. H. **Avaliação física e prescrição de exercício: técnicas avançadas.** 2013.

HIND, K. et al. A cross-calibration study of the GE-lunar iDXA and prodigy for the assessment of lumbar spine and total hip bone parameters via three statistical methods. **J Clin Densitom.** 18(1), 86-92, 2015.

HITTINGER, E. A. et al. Ischemic preconditioning does not improve peak exercise capacity at sea level or simulated high altitude in trained male cyclists. **Appl Physiol Nutr Metab.** 40(1), 65-71, 2015.

HUNTER, G. et al. Bench press metabolic rate as a function of exercise intensity. **J. Appl. Sport Sci.** 2, 1–6. 1988.

HUNTER, GR; SEELHORST, D; SNYDER, S. Comparison of metabolic and heart rate responses to super slow vs. traditional resistance training. **J Strength Cond Res.** 17, 76–81, 2003.

JAMURTAS, A. Z. et al. The effects of a single bout of exercise on resting energy expenditure and respiratory exchange ratio. **Eur J Appl Physiol.** 92, 393–398, 2004.

JEAN-ST-MICHEL, E. C. et al. Remote Preconditioning Improves Maximal Performance in Highly Trained Athletes. **Med Sei Sports Exerc.** 43(7), 1280-1286, 2011.

JONES, A. M.; DOUST, J. H. A 1% treadmill grade most accurately reflects the energetic cost of outdoor running. **J Sports Sci.** 14, 321 – 327, 1996.

KANG, J et al. Evaluation of physiological responses during recovery following three resistance exercise programs. **J Strength Cond Res.** 19, 305–309, 2005.

KELLEHER, A. R. et al. The metabolic costs of reciprocal supersets vs. traditional resistance exercise in young recreationally active adults. **The Journal of Strength & Conditioning Research.** 24 (4), 1043-1051, 2010.

KIDO, K. et al. Ischemic preconditioning accelerates muscle deoxygenation dynamics and enhances exercise endurance during the work-to-work test. **Physiological Reports**, 3(5), e12395, 2015.

KIDO, K. et al. Ischemic preconditioning accelerates muscle deoxygenation dynamics and enhances exercise endurance during the work-to-work test. **Physiol Rep.** 3(5), 1-10, 2015.

KRAEMER, W. J. et al. Physiologic responses to heavy-resistance exercise with very short rest periods. **Int J Sports Med.** 8 (04), 247-252, 1987.

LAGALLY, K.M. et al. Ratings of perceived exertion during low- and high-intensity resistance exercise by young adults. **Percept Mot Skills.** 94 (3): 723–731, 2002.

LISBÔA, F.D. et al. The Time Dependence of the Effect of Ischemic Preconditioning on Successive Sprint Swimming Performance. **J Sci Med Sport.** 20(5), 507-511, 2016.

LLIODROMITIS, E, K.; LAZOU, A.; KREMASTINOS, D, TH. Ischemic preconditioning: Protection against myocardial necrosis and apoptosis. **Vasc Health Risk Manag.** 3 (5), 629-637, 2007.

LYRISTAKIS; BALL; MCKUNE. Reliability of methods to measure energy expenditure during and after resistance exercise. **Appl Physiol Nutr Metab.** 44(12), 1276-1282, 2019.

MAGOSSO, R. et al. Energy expenditure during multiple sets of leg press and bench press. **J. Exerc Physiol Online.** 16(5), 57-62, 2013.

MAGOSSO, R.F. et al. A Review of Ergogenesis and Effect of Training Variables on Energy Expenditure in Resistance Training Exercises. **J Exerc Physiol Online.** 20(2), 2017.

MARGARIA, R.; EDWARDS, H.T.; DILL, D.B. The possible mechanisms of contracting and paying the oxygen debt and the role of lactic acid in muscular contraction. **Am J Physiol-Legacy Content.** 106 (3): 689-715, 1933.

MAROCOLO, M. et al. Are the Beneficial Effects of Ischemic Preconditioning on Performance Partly a Placebo Effect? **Sports Med.** 36(10), 822-5, 2015.

MAROCOLO, M. et al. Ischemic preconditioning and PLACEBO intervention improves resistance exercise performance. **J Strength Cond Res.** 30(5), 1462–1469, 2016a.

MAROCOLO, M. et al. Beneficial Effects of Ischemic Preconditioning in Resistance Exercise Fade Over Time. **Int J Sports Med.** 37(10), 819-24, 2016.

MASSINI, D. A. et al. Avaliação da velocidade crítica de corrida em pista e esteira: perfis fisiológicos e relações com o desempenho em 3000 metros. **Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum.** 20(5), 432-444, 2018.

MAUCHLY, J. W. Significance test for sphericity of a normal n-variate distribution. **The Annals of Mathematical Statistics**, vol. 11, n. 2, p. 204 – 209, 1940.

MAYHEW, J.L. et al. Muscular endurance repetitions to predict bench press strength in men of different training levels. **J Sports Med Phys Fitness.** 35(2):108-113, 1995.

MAZZETTI, S; DOUGLASS, M; YOCUM, A; HARBER, M. Effect of explosive versus slow contractions and exercise intensity on energy expenditure. **Med Sci Sports Exerc.** 39, 1291–1301, 2007.

MEIRELHES, C. M.; GOMES, P. S.C. Acute effects of resistance exercise on energy expenditure: revisiting the impact of the training variables. **Rev Bras Med Esporte.** 10 (2), 131-138, 2004.

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

NOVAES, J.S. et al. Ischemic Preconditioning Improves Resistance Training Session Performance. **J Strength Cond Res.** 35(11), 2993-2998, 2021.

ÖZYENER, F. et al. Influence of exercise intensity on the on- and off-transients kinetics of pulmonary oxygen uptake in humans. **J Physiol**, 533: 891-902, 2001.

PANG, C.Y. et al. Protective effect of ischemic preconditioning (ipc) and adenosine in skeletal-muscle ischemia reperfusion (i/r) injury. In: **Faseb Journal.** 9650
ROCKVILLE PIKE, BETHESDA, MD 20814-3998 USA: FEDERATION AMER SOC
EXP BIOL, p. A494-A494, 1993.

PARADIS-DESCHÊNES, P.; JOANISSE, D. R.; BILLAUT, F. Ischemic preconditioning increases muscle perfusion, oxygen uptake, and force in strength-trained athletes. **Appl Physiol Nutr Metab**, 41(9), 938-44, 2016.

PHILLIPS, WT; ZIURAITIS, JR. Energy cost of the ACSM single-set resistance training protocol. **J Strength Cond Res**, 17(2):350-355, 2003.

PRINGLE, J.S. et al. Oxygen uptake kinetics during moderate, heavy and severe intensity 'submaximal' exercise in humans: the influence of muscle fibre type and capillarisation. **Eur J Appl Physiol.** 89(3), 289-300, 2003.

RATAMESS, N. A. et al. The effect of rest interval length on metabolic responses to the bench press exercise, **Eur J Appl Physiol**. 100(1), 1-17, 2007.

RICHARD, P.; BILLAUT, F. Time-Trial Performance in Elite Speed Skaters After Remote Ischemic Preconditioning. **Int J Sports Physiol Perform**. 16, 1-9, 2018.

RUSTADEN, A. M. et al. Similar Energy Expenditure During BodyPump and Heavy Load Resistance Exercise in Overweight Women. **Frontiers in Physiology**. 11, 570, 2020.

SANTANA, V,J. et al. The linfluence of Ischemic Preconditioning on Neuromuscular Performance. **Rev Bras Med Esporte**. 27(2), 207-211, 2021.

SALVADOR, A.F. et al. Ischemic preconditioning and exercise performance: a systematic review and meta-analysis. **Int J Sports Physiol Perform**. 11(1), 4–14, 2016.

SCALA, D. et al. Metabolic cost of a reparatory phase of training in weight lifting: a practical observation. **J Appl Sports Sci Res** 1:48–52, 1987.

SCHOENFELD, B, J. et al. Resistance Training Volume Enhances Muscle Hypertrophy but Not Strength in Trained Men. **Med Sci Sports Exerc** 51(1), 94–103, 2019.

SCHOENFELD, B, J. et al. Loading Recommendations for Muscle Strength, Hypertrophy, and Local Endurance: A Re-Examination of the Repetition Continuum. **Sports (Basel)**. 9 (2), 32, 2021.

SCOTT, C.B; KEMP, R. Direct and indirect calorimetry of lactate oxidation: implications for whole-body energy expenditure. **J Sports Sci**. 23 (1), 15-19, 2005.

SCOTT, C.B. Contributions of blood lactate to the energy expenditure of resistance training. **J Strenght Cond Res**, 20, 404 – 411, 2006a.

SCOTT, C.B. Estimating energy expenditure for brief bouts of exercise with acute recovery. **Appl Physiol Nutr Metab**, 31(2), 144-149, 2006b.

SCOTT, C. B.; CROTEAU, A.; RAVLO, T. Energy expenditure before, during and after bench press. **J Strenght Cond Res** 23: 611 – 618, 2009.

SCOTT, C. B. et al. Aerobic, anaerobic, and excess postexercise oxygen consumption energy expenditure of muscular endurance and strength: 1-set of bench press to muscular fatigue. **J Strenght Cond Res**. 25 (4), 903-908, 2011.

SEEGER, J, P.H. et al. Is delayed ischemic preconditioning as effective on running performance during a 5km time trial as acute IPC?. **J Sci Med Sport**. 20(2):208-212. 2017.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, vol. 52, n. 3 – 4, p. 591 – 611, 1965.

SKIDMORE, B.L. et al. Acute effects of three different circuit weight training protocols on blood lactate, heart rate, and rating of perceived exertion in recreationally active women. **J Sports Sci Med**. 11(4), 660, 2012.

SLYSZ, J.T, BURR, J.F. Impact of 8 weeks of repeated ischemic preconditioning on running performance. **Eur J Appl Physiol**. 119(6), 1431–7, 2019.

TANAKA, D. et al. Ischemic preconditioning enhances muscle endurance during sustained isometric exercise. **International journal of sports medicine**. 37(08), 614-618, 2016.

TAMAKI, T. et al. Changes in muscle oxygenation during resistance training exercise. **Eur J Appl Physiol**. 68, 465–469, 1994.

TANAKA, D. et al. Ischemic preconditioning enhances muscle endurance during sustained isometric exercise. **Int J Sports Med**. 37, 614–8, 2016.

TELLES, L.G. et al. Effects of Ischemic Preconditioning as a Warm-Up on Leg Press and Bench Press Performance. **J Hum Kinet**. 31(75), 267-277. 2020.

TESCH, PA; COLLIANDER, EB; KAISER, P. Muscle metabolism during intense, heavy resistance exercise. **Eur J Appl Physiol**. 55, 362–366, 1986.

THORNTON, M. K.; POTTEIGER, J. A. Effects of resistance exercise bouts of different intensities but equal work on EPOC. **Med Sci Sports Exerc**. 34(4), 715-722, 2002.

THORNTON, M. K.; ROSSI, S. J.; MCMILLAN, J. L. Comparison of two different resistance training intensities on excess post-exercise oxygen consumption in African American women who are overweight. **J Strength Cond Res**. 25(2), 489-496, 2011.

TOMAI, F. et al. Ischemic preconditioning in humans models, mediators, and clinical relevance. **Circulation**, 100(5), 559-563, 1999.

WILLIAMS, M. et al. The effect of ischemic preconditioning on maximal swimming performance. **J Strength Cond Res**. 35(1), 221-226, 2021.

WILMORE, J.H. et al. Energy cost of circuit weight training. **Med Sci Sports**. 10(2), 75-8, 1978.

XU, Z.L. et al. Effect of ischemic preconditioning on myocardial oxygen consumption during ischemia. **J Mol Cell Cardiol**. 30 (11), 2165–2174, 1998.

ZAUGG, M.; LUCCHINETTI, E. Remote Ischemic Preconditioning in Cardiac Surgery—Ineffective and Risky? **N Engl J Med**. 373(15), 1470-1472, 2015.

ZHU, X. et al. Ischemic preconditioning prevents in vivo hyperoxygenation in postischemic myocardium with preservation of mitochondrial oxygen consumption. **Am J Physiol Heart Circ Physiol.** 293 (3), H1442–H1450, 2007.