



**UNIVERSIDADE ESTADUAL
PAULISTA “JULIO DE
MESQUITA FILHO”**



Faculdade de Ciências - Bauru



JOÃO VICTOR COELHO KANAGUSKO

**EFEITO AGUDO DO EXERCÍCIO DE ALTA INTENSIDADE E BAIXA INTENSIDADE
COM RESTRIÇÃO DE FLUXO SANGUÍNEO SOBRE O CUSTO ENERGÉTICO.**

**Bauru
2023**

JOÃO VICTOR COELHO KANAGUSKO

EFEITO AGUDO DO EXERCÍCIO DE ALTA INTENSIDADE E BAIXA INTENSIDADE
COM RESTRIÇÃO DE FLUXO SANGUÍNEO SOBRE O CUSTO ENERGÉTICO.

Orientador: Dalton Muller Pessoa Filho

Trabalho de conclusão de curso apresentado a
Faculdade de ciências da Universidade Estadual
Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Câmpus de
Bauru, para obtenção do grau de bacharel em
educação física.

Bauru

2023

K16c

Kanagusko, João Victor Coelho

Efeito agudo do exercício de alta intensidade e baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo sobre o custo energético. / João Victor Coelho Kanagusko. -- Bauru, 2023
32 p. : tabs.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Educação Física) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências, Bauru

Orientador: Dalton Muller Pessoa Filho

1. Exercício resistido. 2. Restrição de fluxo sanguíneo. 3. Treinamento de força. 4. Gasto energético. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências, Bauru. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

AGRADECIMENTO

Primeiramente gostaria de agradecer a minha família que sempre me deu forças, sempre acreditaram em mim e estiveram comigo em todos os momentos. Meus pais, minha irmã e minha namorada tiveram grande papel nisso, principalmente por toda a paciência e calma que me transmitiram ao longo de todo o processo.

A todos os meus amigos de sala e de vida que estiveram comigo ao longo de todo o caminho da graduação, que me fizeram ter um grande crescimento acadêmico e pessoal por todas as nossas vivências e trocas de experiências juntos.

Ao professor Dr. Dalton Muller por ter me orientado e por ter me dado todo o suporte necessário para a escrita e desenvolvimento desse trabalho, além de ter acreditado e confiado no meu potencial, o que foi essencial também para o meu crescimento e para minha formação.

E, por fim, agradeço à Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Campus de Bauru e ao todo corpo docente do curso de educação física, que me ajudaram e favoreceram meu desenvolvimento acadêmico com excelência.

RESUMO

Recentemente, métodos de manipulação da resposta fisiológica aguda têm sido aplicados ao treinamento resistido (TR), com ênfase no treinamento com restrição de fluxo sanguíneo (RFS), explorado por seus benefícios na hipertrofia, força e resistência muscular. No entanto, não há pesquisas na literatura comparando gasto energético (GE), contribuição dos metabolismos energéticos e resposta do VO_2 após o exercício ($\text{VO}_{2\text{débito}}$) entre as sessões de baixa intensidade de carga associado a RFS ($\text{TR}_{\text{Low_RFS}}$) e o de alta intensidade de carga ($\text{TR}_{\text{High_Conv}}$). Este estudo teve como objetivo quantificar e comparar o gasto energético e o VO_2 após o exercício entre os protocolos $\text{TR}_{\text{Low_RFS}}$ e $\text{TR}_{\text{High_Conv}}$. Foram utilizados 8 participantes treinados e saudáveis do sexo masculino, com idade média de $25,6 \pm 0,9$ anos, altura de $179,2 \pm 2,5$ cm e peso de $84,9 \pm 4,5$ kg, que treinavam, no mínimo, há 6 meses. As cargas de treinamento foram determinadas pelo teste de uma repetição máxima (1RM). Os protocolos de treinamento consistiram em duas sessões: $\text{TR}_{\text{Low_RFS}}$ com 30% de 1RM e $\text{TR}_{\text{High_Conv}}$ com 70% de 1RM. As sessões incluíram séries de exercícios específicos com intervalos definidos. O protocolo $\text{TR}_{\text{Low_RFS}}$ consistiu em três séries de 15 repetições, 30 segundos de intervalo de recuperação entre as séries e três minutos entre os exercícios. O $\text{TR}_{\text{High_Conv}}$ foi composto por três séries de 12 repetições, 60 segundos de intervalo de recuperação entre as séries e dois minutos entre os exercícios. Os exercícios realizados em cada protocolo foram os mesmos, a saber: supino reto (SR), remada horizontal (RH), tríceps na polia (TP), rosca direta (RD), cadeira extensora (CE), mesa flexora (MF), leg-press 45° (LP45) e panturrilha no leg press 45° (PLP). Foram coletadas amostras de sangue para análise de lactato após cada exercício do protocolo de TR. A medição do VO_2 durante e após cada sessão de TR foi realizada com um sistema automatizado portátil (K4b2, Cosmed, Roma, Itália), os resultados foram analisados estatisticamente, utilizando ANOVA para as diferenças intra e entre grupos, antes e após o protocolo experimental. O post-hoc de Tukey foi aplicado para análises com diferenças significativas, considerando um nível de significância de $p < 0,05$. No entanto, o protocolo $\text{TR}_{\text{High_Conv}}$ resultou em um valor maior de GE devido ao aumento na quantidade de oxigênio utilizado durante o processo de recuperação pós-exercício (55,12% vs 44,88%, 64,11% vs 35,89% e 68,29% vs 31,71%, respectivamente modelo 1, 2 e 3), apesar da maior atividade glicolítica anaeróbia observada no $\text{TR}_{\text{Low_RFS}}$ (55,09% vs 44,91%, 55,11% vs 44,89% e 66,37% vs 33,63%, respectivamente modelo 1, 2 e 3). Concluiu-se que a estimativa do gasto energético (GE) no treino resistido foi influenciada pelo modelo matemático utilizado, contudo não se observou diferenças entre os protocolos de treino.

Palavras-chave: Exercício resistido; restrição de fluxo sanguíneo; treinamento de força; gasto energético.

ABSTRACT

Recently, methods for manipulating acute physiological responses have been applied to resistance training (RT), with an emphasis on blood flow restriction (BFR) training, explored for its benefits in hypertrophy, strength, and muscular endurance. However, there is a lack of research in the literature comparing energy expenditure (EE), contribution of energy metabolism, and post-exercise oxygen consumption (VO₂ debt) between low-intensity load sessions associated with BFR (Low_BFR_RT) and high-intensity load sessions (High_Conv_RT). This study aimed to quantify and compare energy expenditure and VO₂ after exercise between the Low_BFR_RT and High_Conv_RT protocols. Eight trained and healthy male participants, with an average age of 25.6 ± 0.9 years, height of 179.2 ± 2.5 cm, and weight of 84.9 ± 4.5 kg, who had been training for at least 6 months, were included. Training loads were determined by the one-repetition maximum (1RM) test. The training protocols consisted of two sessions: Low_BFR_RT with 30% 1RM and High_Conv_RT with 70% 1RM. The sessions included specific exercise sets with defined intervals. The Low_BFR_RT protocol consisted of three sets of 15 repetitions, a 30-second rest interval between sets, and three minutes between exercises. The High_Conv_RT protocol comprised three sets of 12 repetitions, a 60-second rest interval between sets, and two minutes between exercises. The exercises performed in each protocol were the same, namely: bench press (BP), bent-over row (BOR), triceps pushdown (TP), bicep curl (BC), leg extension (LE), leg curl (LC), leg press 45° (LP45), and calf raise on leg press 45° (CR_LP). Blood samples were collected for lactate analysis after each exercise in the RT protocol. VO₂ measurement during and after each RT session was conducted using a portable automated system (K4b2, Cosmed, Rome, Italy). The results were statistically analyzed using ANOVA for intra and inter-group differences before and after the experimental protocol. Tukey's post-hoc test was applied for analyses with significant differences, considering a significance level of $p < 0.05$. However, the High_Conv_RT protocol resulted in a higher EE value due to the increased oxygen consumption during the post-exercise recovery process (55.12% vs. 44.88%, 64.11% vs. 35.89%, and 68.29% vs. 31.71%, respectively, for models 1, 2, and 3), despite the higher anaerobic glycolytic activity observed in the Low_BFR_RT (55.09% vs. 44.91%, 55.11% vs. 44.89%, and 66.37% vs. 33.63%, respectively, for models 1, 2, and 3). In conclusion, the estimation of energy expenditure (EE) in resistance training was influenced by the mathematical model used, but no differences were observed between the training protocols.

Keywords: resistance exercise; blood flow restriction; strength training; energy expenditure.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Comparação entre o custo energético (EqO2L) pelos modelos propostos para os protocolos de alta intensidade (TR_{High_Conv}) ou baixa intensidade com restrição fluxo sanguíneo (TR_{Low_RFS}).....23
- Figura 2.** Média do percentual da contribuição de cada via bioenergética em (EqO2L) modelo1 (Painel A), modelo 2 (Painel B) e modelo 3 (Painel C) para os protocolos de alta intensidade (TR_{High_Conv}) ou baixa intensidade com restrição fluxo sanguíneo (TR_{Low_RFS}).....24
- Figura 3.** Comparação entre o custo energético por unidade Kcal pelos modelos propostos para os protocolos de alta intensidade (TR_{High_Conv}) ou baixa intensidade com restrição fluxo sanguíneo (TR_{Low_RFS}).....25

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	11
2.1 VARIÁVEIS DO TREINAMENTO: IMPLICAÇÕES PARA O GASTO ENERGÉTICO (GE) E A RESPOSTA DO VO ₂ APÓS O EXERCÍCIO (VO ₂ DÉBITO).....	11
2.2 RESTRIÇÃO DE FLUXO SANGUÍNEO (RFS) E GASTO ENERGÉTICO (GE).....	12
3. OBJETIVO.....	16
4. MÉTODOS.....	17
4.1 SUJEITOS.....	17
4.2 AVALIAÇÕES.....	17
4.3 PROTOCOLO DE TREINAMENTO.....	18
4.4 MEDIÇÃO DA RESPOSTA DE CONSUMO DE OXIGÊNIO (VO ₂) DURANTE E APÓS O EXERCÍCIO.....	18
4.5 ANÁLISE DO LACTATO SANGUÍNEO.....	19
4.6 CÁLCULO DO GASTO CALÓRICO.....	19
4.6.1 GASTO ENERGÉTICO AERÓBIO (E _{aer}).....	19
4.6.2 GASTO ENERGÉTICO ANAERÓBIO ALÁTICO DA ATIVIDADE (EqO ₂ Alat).....	19
4.6.3 GASTO ENERGÉTICO ANAERÓBIO LÁTICO DA ATIVIDADE (EqO ₂ [La ⁻]).....	20
4.6.4 MODELOS DE QUANTIFICAÇÃO DO GASTO ENERGÉTICO.....	21
4.7 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	22
5. RESULTADOS.....	23
6. DISCUSSÃO.....	26
7. CONCLUSÃO.....	29
8. REFERÊNCIAS.....	30

1.INTRODUÇÃO

O treinamento resistido (TR) foi empregado com o objetivo de promover ganho de massa muscular, resistência e potência muscular em seus praticantes (KRAEMER, William J. et al., 2002; Hass CJ, Feigenbaum MS, Franklin BA, 2001). Além disso, tem sido uma alternativa eficaz para melhorar questões fisiológicas e metabólicas, como alterações na quantidade de lactato, VO_2 e gasto energético (STEC; RAWSON, 2012; SCOTT et al., 2009; JOÃO et al., 2020). A prática do treinamento resistido (TR) excitou os perfis metabólicos aeróbio e anaeróbio, resultando em um aumento do gasto energético. No entanto, o TR com cargas altas, ou seja, de alta intensidade, pode não ser ideal para alguns grupos, como idosos, pessoas com obesidade, indivíduos com patologias osteomusculares e atletas em processo de recuperação, devido ao potencial de causar estresse mecânico nas articulações (KARABULUT et al., 2007; LOENNEKE et al., 2012) e no sistema cardiovascular (FORJAZ et al., 2003).

A técnica de restrição de fluxo sanguíneo tem sido adotada por indivíduos que apresentam restrições ao uso de cargas de alta intensidade. Observou-se que o uso de baixas cargas resulta em ganhos semelhantes em força e hipertrofia, oferecendo uma nova alternativa e ferramenta de treinamento. Nos últimos anos, essa técnica mostrou eficácia nos ganhos de força, potência e resistência muscular, além de induzir hipertrofia e alterar as quantidades de lactato e VO_2 nos praticantes (AVILA et al., 2016; ARAÚJO et al., 2018; LIXANDRÃO et al., 2018; YANAGISAWA; FUKUTANI, 2018; PFEIFFER et al., 2019).

Apesar de todas essas adaptações conhecidas, há poucos estudos sobre o gasto energético e suas demandas durante a prática do exercício resistido com restrição de fluxo sanguíneo. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo investigar, avaliar e comparar a resposta do custo energético da sessão de treinamento de alta e baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo em praticantes de musculação. A hipótese deste estudo era de que o treinamento de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo teria um custo energético semelhante ao treinamento resistido de alta intensidade durante a sessão de treinamento. A pesquisa foi caracterizada como exploratória e descritiva, utilizando coleta de dados por meio de pesquisa bibliográfica e de campo.

Na pesquisa de campo, os participantes foram submetidos a avaliações, incluindo a avaliação de força máxima para quantificação da carga dos protocolos de treino, teste incremental em esteira para análise das capacidades oxidativas e glicolíticas máximas, protocolo de treino resistido convencional de alta intensidade e protocolo de treino resistido

de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo, com intervalo mínimo de 48 horas entre eles. A mensuração do gasto energético total envolveu a coleta da concentração de lactato sanguíneo e o gasto energético anaeróbio alático. Para isso, foram empregados três modelos de análise do gasto energético, seguindo a sugestão de Scott (2006). Os dados obtidos foram apresentados por tabelas e gráficos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Variáveis do treinamento: implicações para o gasto energético (GE) e a resposta do VO_2 após o exercício (VO_2 débito)

O volume e a intensidade pareciam ter impacto no gasto energético durante uma sessão de treinamento resistido. Um estudo conduzido por Morgan et al. (2003) examinou o gasto energético em dois protocolos de treino resistido com diferentes intensidades e volumes. Homens e mulheres participantes realizaram uma única sessão de treino resistido, consistindo em: (1) 2 séries de 8 repetições com 100% da carga correspondente a 8 repetições máximas (8RM); e (2) 2 séries de 15 repetições com 85% de 8RM. O gasto energético e o débito de oxigênio durante o exercício foram superiores no protocolo 1. Haddock and Wilkin (2006) contrastaram o gasto energético (GE) entre um protocolo de treino resistido de uma única série e outro de séries múltiplas em mulheres pré-menopáusicas, observando que o protocolo de séries múltiplas demonstrou maior GE e débito de oxigênio (VO_2) em comparação com o protocolo de uma única série.

Consistentes com esses resultados, Mookerjee et al. (2016) evidenciaram que o gasto energético (GE) em uma sessão de treino resistido com séries múltiplas foi superior quando comparado à sessão com apenas uma série. No entanto, a taxa de gasto energético (kcal/min) não apresentou diferenças entre as duas sessões.

Adicionalmente, a carga de intensidade, conforme observado por Cesar et al. (2013), desempenha um papel na influência do gasto energético (GE). Neste estudo, constatou-se que o GE foi maior durante uma sessão de treino resistido (TR) com baixa intensidade de carga (resistência muscular) em comparação com uma sessão de TR com alta intensidade de carga (força muscular).

O período de descanso também afeta o gasto energético (GE) durante uma sessão de treino resistido e o débito de oxigênio (VO_2) pós-exercício. Ratames et al. (2007) analisaram as respostas metabólicas de 10 protocolos de exercícios de treino resistido, com intensidade variando entre 75% e 85% de 1RM para 10RM e 5RM, respectivamente, e intervalos de pausa de 30 segundos, 1, 2, 3 e 5 minutos. Os intervalos de 30 segundos e 1 minuto demonstraram um maior gasto energético (kcal/min) nos protocolos de 10 RM e 5 RM. Em concordância com esses achados, a pesquisa conduzida por Haltom et al. (1999) constatou que um circuito de treino resistido com um intervalo de 20 segundos resultou em um gasto energético (GE) e

débito de oxigênio (VO_2) superiores em comparação com o circuito que tinha um intervalo de 60 segundos.

Assim, várias combinações de variáveis no treino resistido (TR) podem impactar o gasto energético (GE); no entanto, há uma escassez de estudos que realizem comparações na demanda energética entre distintos métodos de prescrição de TR. Elliott et al. (1992) e Pichon et al. (1996) notaram um aumento no gasto energético (GE) durante a execução em circuito em comparação com a execução convencional. Aniceto et al. (2013) não identificaram diferenças significativas no gasto energético total durante uma sessão de treino resistido entre essas duas formas de execução. Além disso, Da Silva et al. (2010) demonstraram a ausência de diferenças no gasto energético (GE) durante a execução em circuito e pré-exaustão. Por outro lado, Hunter et al. (2003) observaram que uma sessão realizada de maneira convencional (8 repetições a 65% do 1RM) resultou em um maior GE e uma resposta lactacidêmica superior em comparação com o método super-slow (8 repetições a 65% de 1RM com uma duração de 10 s na fase concêntrica e 5 s na fase excêntrica). Em contrapartida, a realização em super-série parece induzir um aumento no gasto energético (GE) e débito de oxigênio (VO_2), conforme evidenciado pelo estudo de Kelleher et al. (2010), que revelou um GE superior (kcal/min) na super-série em comparação com o método convencional, resultado que também se refletiu no débito de oxigênio (VO_2). No entanto, nos últimos dez anos, têm sido implementados métodos de manipulação da resposta fisiológica aguda no treino resistido (TR). Entre esses métodos, o treinamento com restrição de fluxo sanguíneo (RFS) tem sido objeto de investigação, devido aos seus benefícios para hipertrofia, força e resistência muscular.

2.2 Restrição de fluxo sanguíneo (RFS) e gasto energético (GE)

A prática de exercícios com restrição de fluxo sanguíneo, conhecida como "treinamento KAATSU", era um método desenvolvido por pesquisadores japoneses. Esse método envolvia a aplicação de restrição parcial do fluxo sanguíneo nos músculos dos membros superiores ou inferiores durante a execução do exercício. Nesse método de treinamento, a restrição do fluxo sanguíneo (RFS) era aplicada por meio de um garrote pneumático que era colocado ao redor do membro em exercício, resultando na redução do fluxo sanguíneo nessa região (SATO, 2005). O dispositivo de restrição do fluxo sanguíneo (RFS) era um acessório empregado em diversas modalidades de exercício, incluindo exercício

resistido, caminhada e ciclismo, e tinha sido objeto de vários estudos nos últimos anos (POPE, WILLARDSON, SHOENFELD, 2013).

Havia evidências em estudos que relatavam que o treinamento de baixa intensidade associado a restrição de fluxo sanguíneo podia gerar adaptações cardiovasculares e musculares similares ao treinamento de alta intensidade (AVILA et al., 2016; YANAGISAWA; FUKUTANI, 2018; PFEIFFER et al., 2019). Da mesma forma, o treinamento com baixas intensidades com restrição de fluxo sanguíneo podia trazer benefícios em aspectos de ganhos de força, hipertrofia e resistência muscular, além das respostas fisiológicas e metabólicas (JOÃO et al., 2020; LIXANDÃO et al., 2018, NETO et al., 2017; PARAVLIC et al., 2015). Um aspecto relevante era que o período de recuperação entre as sessões de treino resistido (TR) com baixa intensidade de carga associado à restrição de fluxo sanguíneo (RFS) demandava um tempo de recuperação mais curto, devido ao reduzido estresse mecânico associado a danos musculares mínimos (YASUDA et al., 2008; YASUDA et al., 2009). A título de exemplo, Poveda et al. (2016) constataram que jovens submetidos a 4 semanas de treino resistido (TR) com leg-press a 30% do 1RM apresentaram maiores ganhos na contração voluntária máxima e diâmetro muscular no membro com restrição de fluxo sanguíneo (RFS) em comparação ao membro sem RFS. As análises combinadas de Lixandrão et al. (2018) e Domingos e Hipólito (2018) revelaram que as cargas de 1RM utilizadas para o treino resistido (TR) de baixa intensidade de carga associado à restrição de fluxo sanguíneo (TR_{Low_RFS}) eram $\leq 40\%$ do 1RM, enquanto o TR convencional de alta intensidade de carga (TR_{High_Conv}) era $\geq 70\%$ do 1RM.

Alguns estudos tinham indicado que TR_{Low_RFS} e TR_{High_Conv} resultavam em ganhos semelhantes em termos de força e hipertrofia muscular. Karabulut et al. (2010) evidenciaram que indivíduos submetidos a 6 semanas do protocolo de treino resistido (TR) com baixa intensidade de carga associado à restrição de fluxo sanguíneo (TR_{Low_RFS}) a 20% do 1RM obtiveram ganhos comparáveis na força de leg-press e cadeira extensora em relação àqueles submetidos ao protocolo de TR convencional de alta intensidade de carga (TR_{High_Conv}) a 80% do 1RM. Este mesmo resultado foi corroborado por Cook et al. (2018), os quais não identificaram diferenças significativas nos testes de 1RM e no volume muscular após 6 semanas de TR, sendo o TR_{Low_RFS} a 20% do 1RM equiparado ao TR_{High_Conv} a 70% do 1RM.

Logo, o treinamento de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo podia ser interessante para indivíduos saudáveis ou então com indivíduos em condições especiais ou com acometimentos, devido sua prática ter baixo risco de lesões músculo-articulares ou

complicações hemodinâmicas (HWANG et al., 2020; FITSCHEN et al., 2014; POPE et al., 2013; LOENNEKE et al., 2012; CLARK et al., 2011; NAKAJIMA et al., 2006).

Sabendo que a restrição de fluxo sanguíneo tinha o propósito de proporcionar uma alta concentração de metabólitos ocasionada por pouca concentração de oxigênio, aumentando a atividade glicolítica e diminuindo a tolerância à atividade (HWANG et al., 2020; POPE et al., 2013), buscava-se entender a exigência energética e a utilização metabólica durante o esforço com restrição de fluxo sanguíneo, além de poder apresentar os mesmos níveis de produção de força e hipertrofia, por exemplo. Até aquele momento, tinham sido observadas maiores concentrações de lactato e VO_2 durante a execução com restrição de fluxo sanguíneo quando comparadas com treinamento com as mesmas intensidades (TAKARADA et al., 2000; FUJITA et al., 2007; YASUDA et al., 2012; de OLIVEIRA et al., 2015; CORVINO et al., 2017; HWANG et al., 2020). No entanto, quando comparados treinamentos com intensidades diferentes, o treinamento convencional de alta intensidade tendia a demandar maior gasto calórico, onde o treinamento com restrição de fluxo ocasionava uma maior demanda energética durante o esforço com baixa intensidade, o que acabava diminuindo a diferença do gasto energético quando comparados os gastos energéticos de alta e baixa intensidade de carga (POTON; POLITO, 2014; VIEIRA et al., 2015; NETO et al., 2017; ARAÚJO et al., 2018). Essa diferença metabólica só era vista quando observada apenas uma via metabólica, ocorrendo um pilar quanto ao gasto total energético do esforço e se essa diferença vista entre os treinos de alta e baixa intensidade com restrição de fluxo de sanguíneo permanecia ao se levar em consideração o metabolismo energético total.

Por outro lado, não tinham sido encontradas pesquisas na literatura que realizassem comparações do gasto energético (GE) e débito de oxigênio (VO_2) entre os protocolos de treino resistido com baixa intensidade de carga associado à restrição de fluxo sanguíneo ($\text{TR}_{\text{Low_RFS}}$) e treino resistido convencional de alta intensidade de carga ($\text{TR}_{\text{High_Conv}}$). Além disso, não havia relatos sobre a proporção de contribuição dos metabolismos aeróbio e anaeróbio para o fornecimento de energia. Estudos que tinham demonstrado aumento no GE com restrição de fluxo sanguíneo durante a sessão de treinamento utilizaram outros tipos de exercícios. Por exemplo, Karabulut e Garcia (2015) observaram que a restrição de fluxo sanguíneo com 40 mmHg e 60 mmHg em uma sessão no cicloergômetro de baixa intensidade resultou em aumento no GE e VO_2 . Concordando com esses achados, Conceição et al. (2018) mostraram que a restrição de fluxo sanguíneo em uma sessão de 30 minutos, também utilizando o cicloergômetro com baixa intensidade, promoveu maior GE e uma resposta metabólica anaeróbica láctica superior quando comparada à realização do exercício sem a

restrição de fluxo sanguíneo. No que dizia respeito ao TR_{Low_RFS} , não existiam estudos na literatura que avaliassem o gasto energético e a contribuição dos metabolismos energéticos, bem como a resposta do VO_2 após o exercício, quando comparados ao TR_{High_Conv} .

Logo, este trabalho buscou entender o custo energético utilizado durante o esforço de alta intensidade e baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo.

3. OBJETIVO

Diante ao que foi apresentado, o objetivo do estudo foi observar as respostas de custo energético durante as sessões de treinamento resistido de alta intensidade em relação ao de baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo, bem como comparar os diferentes modelos de determinação do gasto energético.

4. MÉTODOS

4.1 SUJEITOS

No presente estudo, foram analisados 8 participantes, que apresentavam idade média de $25,6 \pm 0,9$ anos, altura de $179,2 \pm 2,5$ cm e peso de $84,9 \pm 4,5$ kg, homens e que tenham experiência no treinamento há, pelo menos, seis meses. Os participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido deixando todos com conhecimento dos procedimentos envolvidos na pesquisa. Para fator de exclusão foram utilizadas manifestações de doenças como isquemia, diabetes, arritmias, hipertensão arterial e obesidade. Esta pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética em pesquisa da Faculdade de Ciências (FC) da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Bauru (SP), sob o protocolo nº 3.572.379.

4.2 AVALIAÇÕES

Para a avaliação de força máxima, utilizou-se o teste de uma repetição máxima (1RM), seguindo as recomendações fornecidas por Mayhew et al. (1995). O teste foi iniciado com aquecimento geral e séries de progressão até atingir a máxima correspondente à falha concêntrica ao tentar uma nova repetição. O número de séries adotadas para a determinação do 1RM foi de três a cinco, executando-se até duas repetições e progredindo a intensidade da carga até a falha concêntrica após uma repetição completada. O intervalo de pausa entre as séries de aquecimento foi de 90 segundos, e entre as séries de testes foi de 180 segundos. O teste de 1 RM foi aplicado em todos os exercícios descritos no protocolo de treinamento, realizando-se dois testes por dia, alternando exercícios para membros superiores e inferiores, com um intervalo de descanso de 72 horas entre os dias dos testes.

4.3 PROTOCOLO DE TREINAMENTO

O treinamento foi dividido em duas sessões distintas: uma com foco em resistência muscular (TR_{Low_RFS}), utilizando 30% de 1 RM, e outra com ênfase na força convencional (TR_{High_Conv}), utilizando 70% de 1 RM.

Na sessão TR_{Low_RFS} , foram realizadas 3 séries de 15 repetições de cada exercício, com intervalos de 30 segundos entre as séries e pausas de 3 minutos entre os exercícios. Já na

sessão TR_{High_Conv}, foram executadas 3 séries de 12 repetições de cada exercício, com intervalos de 60 segundos entre as séries e pausas de 2 minutos entre os exercícios. Os exercícios escolhidos e praticados em ambas as sessões incluíram: Supino reto (SR), Remada horizontal (CE), Tríceps na polia alta (PD), Rosca direta (RD), Cadeira extensora (PA), Leg press 45° (LP45), Mesa flexora (MF), Panturrilha no hack (PH).

O método RFS envolveu a utilização de dois manguitos pneumáticos, um para membros superiores e outro para membros inferiores, fabricados pela Cardiomed, com medidas específicas: o manguito para membros superiores tinha 80 cm de comprimento, 7 cm de largura e uma câmara inflável com as mesmas dimensões. O manguito para membros inferiores tinha 84 cm de comprimento, 12,5 cm de largura e uma câmara inflável de 53 cm de comprimento e 7 cm de largura.

Esses manguitos foram colocados ao redor da parte proximal dos braços e pernas dos participantes. A pressão aplicada nos manguitos durante a execução dos exercícios correspondia a 50% da pressão arterial sistólica de repouso de cada indivíduo. Entre os exercícios, os manguitos eram desinflados e reinflados antes do início do próximo exercício, seguindo o protocolo descrito por Pope, Willardson e Schoenfeld (2013).

4.4 MEDIÇÃO DA RESPOSTA DE CONSUMO DE OXIGÊNIO (VO₂) DURANTE E APÓS O EXERCÍCIO

Para a mensuração do consumo de oxigênio (VO₂) durante e após cada sessão de treino resistido (TR), a troca gasosa pulmonar foi avaliada respiração a respiração, utilizando um sistema automatizado portátil (K4b2, Cosmed, Roma, Itália). Este sistema foi calibrado antes de cada teste, seguindo as instruções do fabricante, e foi conectado aos participantes por meio de uma máscara respiratória especial. As coletas para a análise do VO₂ foram realizadas durante cada sessão de TR e também após o término da sessão.

4.5 ANÁLISE DO LACTATO SANGUÍNEO

Para as análises de lactato, as amostras de sangue foram obtidas no lóbulo da orelha, seguindo procedimentos de assepsia local. Foram utilizados capilares heparinizados e calibrados para coletar 25 µL de sangue arterializado. O sangue coletado foi armazenado em

tubos Eppendorf, contendo 50 µL de fluoreto de sódio a 1% (NaFl%), e as análises foram conduzidas por meio do método enzimático (2500-STAT da Yellow Spring), fornecendo a concentração de lactato ($[La^-]$) em mmol/L.

4.6 CÁLCULO DO GASTO CALÓRICO

4.6.1 gasto energético aeróbio (Eaer)

A quantificação do gasto energético aeróbio foi realizada por meio da aplicação da equação proposta por Weir (1949), estimada em quilocalorias (kcal). Cada conjunto de dados de $\dot{V}O_2$ e $\dot{V}CO_2$ coletados respiração a respiração foi alinhado ao tempo utilizando o programa Origin 18.0®. Esse programa foi empregado para remover ruídos e realizar interpolação segundo a segundo, correspondendo ao tempo de execução de cada exercício durante os protocolos de treinamento. A equação de Weir para o gasto energético aeróbio (expresso como $kcal \times min^{-1}$) é representada por:

$$\dot{E}_{aer} = 3,941 \times \dot{V}O_2 + 1,106 \times \dot{V}CO_2$$

4.6.2 Gasto energético anaeróbio alático da atividade (EqO2Alat)

O cálculo do gasto energético alático (EqO2Alat) foi realizado por meio da modelagem da fase inicial da cinética do $\dot{V}O_2$ após o término de cada exercício. Ao final da sessão de treinamento, o $\dot{V}O_2$ obtido respiração a respiração foi ajustado em relação ao tempo, representado no plano cartesiano. Cada curva de resposta foi então analisada manualmente para a exclusão de pontos extremos, que indicam eventos fisiológicos não característicos da resposta do $\dot{V}O_2$ durante o exercício. Esses pontos foram definidos como valores maiores que dois desvios-padrões da média local (4 a 5 respirações) (Jones; Poole, 2005). Posteriormente, os dados foram interpolados para fornecer valores alinhados a cada segundo (Burnley et al., 2001).

Para descrever matematicamente a cinética do $\dot{V}O_2$, optou-se pela utilização do modelo monoexponencial (Equação 3) durante as fases de recuperação entre os exercícios. Isso se deve à impossibilidade de estabilizar completamente o sistema energético durante o

intervalo de tempo, proporcionando estimativas das amplitudes (A1) e constantes de tempo (T1) (Özyener et al., 2001).

$$y = y_0 + A_1 * (1 - \exp(-x/t_1))$$

Na equação, "y" representa o VO₂ estimado para qualquer momento "t" da curva de recuperação pós-exercício. "y₀" é o valor pico de VO₂ após o término do exercício, "A₁" é a amplitude da resposta primária de recuperação do VO₂, "exp" refere-se ao número neperiano, "t₁" é a constante de tempo de decremento da resposta de recuperação do VO₂ (Özyener et al., 2001; Pringle et al., 2003).

Após suavização dos dados por meio de uma média móvel (5 pontos), a área total sob a curva de VO₂ em relação ao tempo foi calculada por integração numérica. Após obter as variáveis "y₀", "A₁" e "t₁" nas fases de recuperação entre os exercícios e ao término da sessão, conforme ajuste exponencial de Özyener et al. (2001) e Scheuermann et al. (2001), foram também calculados os componentes das fases rápida e lenta da cinética do VO₂.

4.6.3 Gasto energético anaeróbio láctico da atividade (EqO₂[La⁻])

O cálculo do gasto energético do metabolismo anaeróbico alático foi realizado considerando a fase inicial da cinética do VO₂ nos primeiros 2 minutos após o término de cada exercício. O VO₂ obtido por meio de respiração a respiração foi ajustado em relação ao tempo.

Para o cálculo do gasto energético anaeróbio láctico (EqO₂[La⁻]) foi calculado através da conversão em equivalentes de O₂, a partir da variação dos níveis [La⁻] encontrados acima dos valores de repouso (~3mlO₂ x kg⁻¹) e multiplicando pela massa corporal do indivíduo (DiPRAMPERO, FERRETI, 1999), representado pela equação:

$$\text{EqO}_2[\text{La}^-] = (\beta * ([\text{La}^-]_{\text{Pico}} - [\text{La}^-]_{\text{Rep}}) * mc) * K$$

Onde "β" é o equivalente de O₂ para cada 1mmol x L⁻¹ [La⁻] de variação acima do valor de repouso; "[La⁻]_{Pico}" é a maior concentração de lactato durante a sessão de treinamento; "[La⁻]_{Rep}" é a concentração de lactato pré-teste; "mc" é 49 a massa corporal do

indivíduo dada em quilogramas (kg) e “K” é a constante de conversão para EqO₂ (PHILLIPS; ZIURAITIS, 2004).

4.6.4 Modelos de quantificação do gasto energético

Para a avaliação do gasto energético durante o exercício resistido, foram escolhidos três modelos propostos por Scott (2006), e as equações correspondentes a esses modelos são apresentadas abaixo:

Modelo 1

$$CustoO_2 = \int VO_{2ON} \times t_{ON} \quad x=f,ON \quad x=i,ON - (VO_{2rep} \times t_{ON}) + (A_1 \times \tau_1) + EqO_2[La]$$

Modelo 2

$$Custo O_2 = (\int VO_{2ON} \times t_{ON} \quad x=f,ON \quad x=i,ON - (VO_{2rep} \times t_{ON})) + (\int VO_{2OFF} \times t_{OFF} - (VO_{2rep} \times t_{OFF}) \quad x=f.OFF \quad x=i,OFF)$$

Modelo 3

$$Custo O_2 = (\int VO_{2ON} \times t_{ON} \quad x=f,ON \quad x=i,ON - (VO_{2rep} \times t_{ON})) + (\int VO_{2OFF} \times t_{OFF} - (VO_{2rep} \times t_{OFF}) \quad x=f.OFF \quad x=i,OFF) + EqO_2[La]$$

Em todos os modelos, o custo de O₂ foi expresso em termos absolutos (mlO₂), ponderado pelo peso corporal (mlO₂×kg⁻¹) e pelo tempo de esforço durante cada sessão de treinamento (mlO₂×kg⁻¹×min⁻¹). Os cálculos de custo durante o exercício foram referenciados como ON, enquanto o custo pós-exercício (EPOC) foi referenciado como OFF. Para o componente aeróbio em todos os modelos, foram utilizados valores correspondentes ao consumo de O₂ durante a atividade (EqO₂ON). No entanto, cada modelo adotou abordagens distintas para caracterizar a contribuição anaeróbia total, que compreendeu a contribuição aláctica mais láctica no modelo 1, EPOC total no modelo 2 e EPOC total + componente láctico no modelo 3.

4.7 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os resultados foram apresentados como média $\pm$ erro padrão da média. Foi aplicado ANOVA com dois caminhos (treinamento e tratamento). O teste post hoc de Bonferron e foi usado diferenças significativas ($P < 0,05$). Para comparações entre TR_{High_Conv} e TR_{Low_RFS} foi utilizado o teste t com nível de significância ($P < 0,05$).

5. RESULTADOS

A Figura 1 mostra os valores do custo energético em EqO2L a partir dos modelos propostos de ambos os protocolos. Não foi observado diferenças entre EqO2L entre TR_{High_Conv} e TR_{Low_RFS} independente dos modelos. O modelo 3 apresentou valores superiores comparado ao modelo 1 ($P < 0,001$) em ambos os protocolos, mas em relação ao modelo 2 houve diferença apenas no TR_{Low_RFS} ($P < 0,001$).

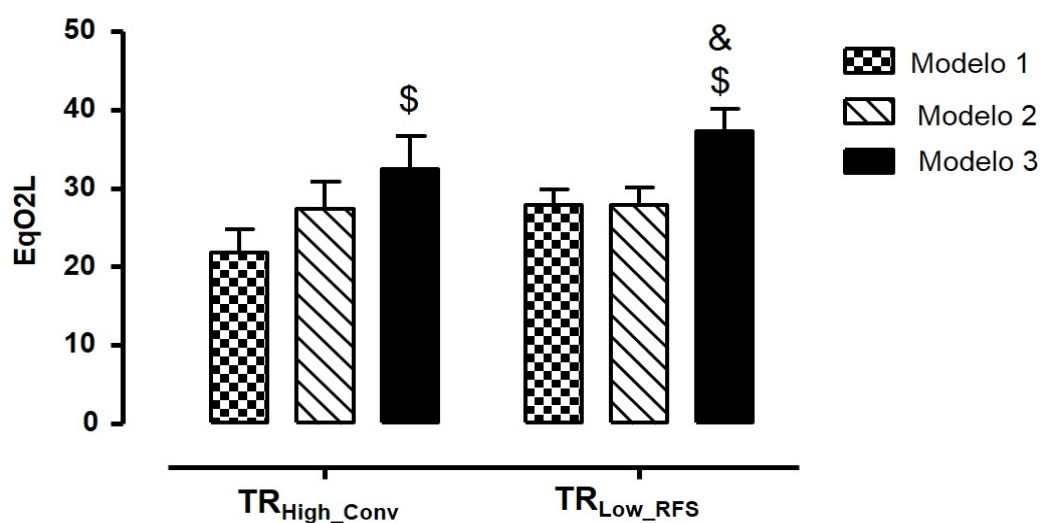


Figura 1. Comparação entre o custo energético (EqO2L) pelos modelos propostos para os protocolos de alta intensidade (TR_{High_Conv} , $N = 8$) ou baixa intensidade com restrição fluxo sanguíneo (TR_{Low_RFS} , $N = 8$). \$ Diferença significativa $P \leq 0,001$ em comparação ao modelo 1. Diferença significativa $P \leq 0,001$ comparado ao modelo 2.

Na figura 2 mostra a média da contribuição da via bioenergética em EqO2L. Em todos os modelos propostos a contribuição energética anaeróbia foi maior comparado ao aeróbio em ambos os protocolos, TR_{High_Conv} (55,12% vs 44,88%, 64,11% vs 35,89% e 68,29 % vs 31,71%, respectivamente modelo 1, 2 e 3) e TR_{Low_RFS} (55,09% vs 44,91%, 55,11% vs 44,89% e 66,37% vs 33,63%, respectivamente modelo 1, 2 e 3).

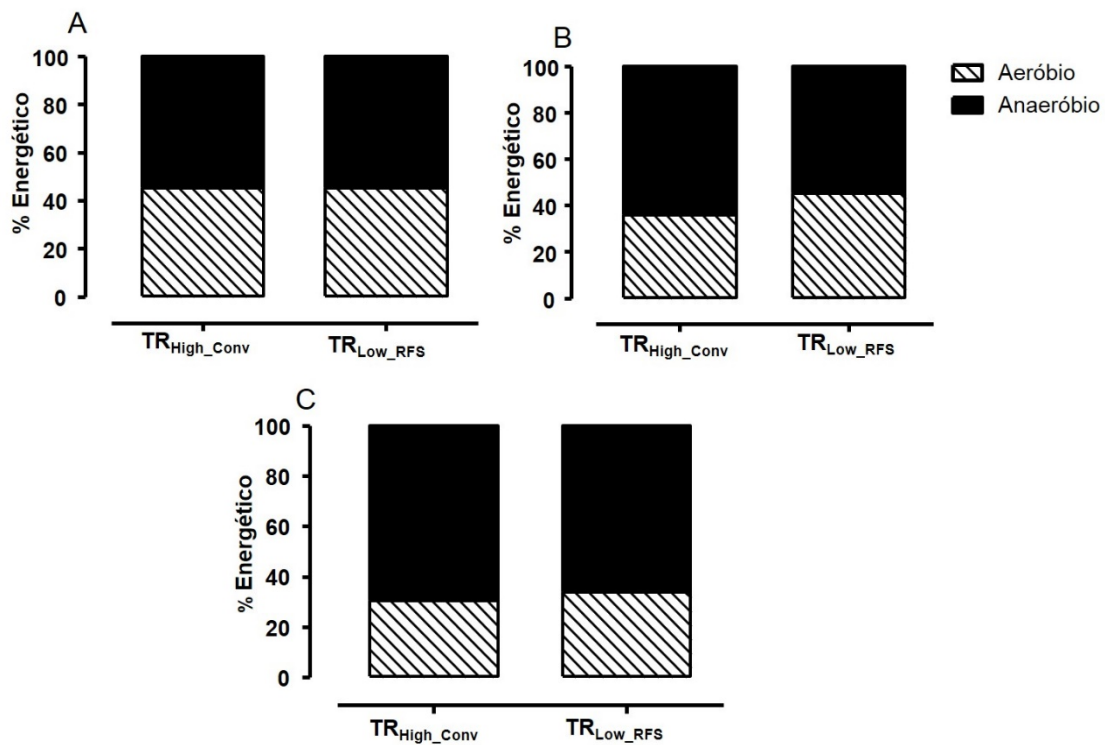


Figura 2. Média do percentual da contribuição de cada via bioenergética em (EqO2L) modelo1 (Painel A), modelo 2 (Painel B) e modelo 3 (Painel C) para os protocolos de alta intensidade (TR_{High_Conv} , N = 8) ou baixa intensidade com restrição fluxo sanguíneo (TR_{Low_RFS} , N = 8).

A figura 3 ilustra o custo energético por unidade Kcal da sessão através dos modelos propostos e protocolos de TR. O protocolo TR_{High_Conv} apresentou maior valor de kcal por repetição comparado TR_{Low_RFS} em todos os modelos investigados ($P < 0,001$), sendo que o modelo 3 foi superior ao modelo 3 ($P < 0,001$). Já no TR_{Low_RFS} não apresentou diferenças entre os modelos investigados.

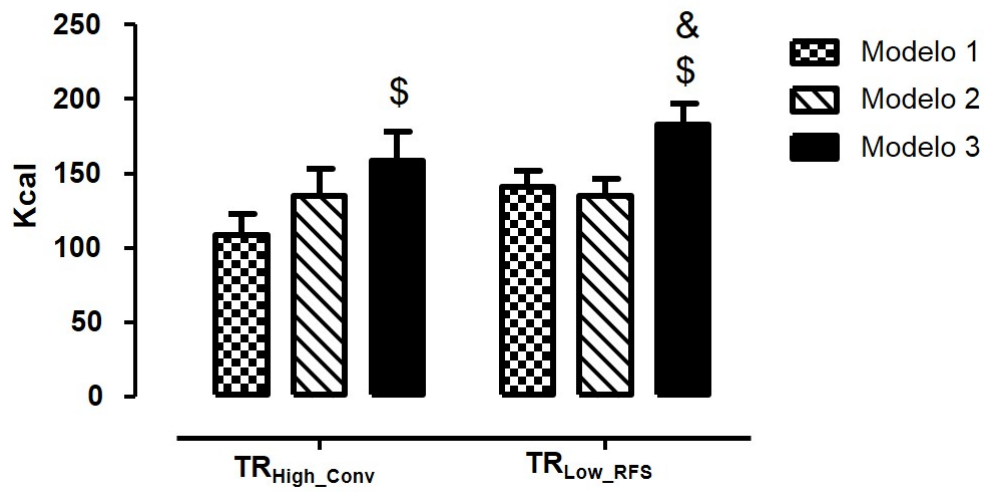


Figura 3. Comparação entre o custo energético por unidade Kcal pelos modelos propostos para os protocolos de alta intensidade (TR_{High_Conv}, N = 8) ou baixa intensidade com restrição fluxo sanguíneo (TR_{Low_RFS}, N = 8). \$Diferença significativa $P \leq 0,001$ em comparação ao modelo 1. & Diferença significativa $P \leq 0,001$ comparado ao modelo 2.

6. DISCUSSÃO

As adaptações musculares provenientes do exercício foram resultado do efeito combinado da tensão mecânica, dano muscular e estresse metabólico (Schoenfeld, Brad J., 2010). A terapia de restrição do fluxo sanguíneo (RFS) utiliza um manguito especial aplicado ao redor do membro proximal que restringe o fluxo vascular por meio de compressão automatizada ou manual. (Loenneke, Jeremy P et al., 2015) que vem sendo utilizada em indivíduos que apresentem restrições ao uso de cargas de intensidade alta, sendo observado assim, que o uso de baixas cargas tem resultados semelhantes no ganho de força e hipertrofia, gerando uma nova alternativa e ferramenta de treinamento quando comparados ao treinamento de alta intensidade convencional.

Já os resultados parciais indicaram que os protocolos de treinamento (TR_{High_Conv} vs. TR_{Low_RFS}) apresentam diferenças em relação à sobrecarga de esforço, respostas perceptuais e acúmulo de lactato sanguíneo. No que diz respeito à sobrecarga de esforço, a carga de treino (CT) foi mais elevada em TR_{High_Conv} , assim como à maior percepção de esforço (PSE). Isso não se refletiu nas intensidades de ativação anaeróbia da glicólise, conforme analisado pelo acúmulo de lactato sanguíneo. Por contraste, as medições das variáveis hemodinâmicas revelaram que TR_{Low_RFS} resultou em uma diminuição mais acentuada na frequência cardíaca (expressa relativamente à máxima, %FCmax) e do duplo produto (DP), onde isso sugere que pode haver uma reduzida exigência sobre a função cardiovascular, possivelmente devido a uma menor compressão vascular causada pela contração muscular, em comparação com TR_{High_Conv} .

Sobre Os valores de resposta para a frequência cardíaca (FC), a frequência cardíaca relativa (%FCmax), a pressão arterial sistólica (PAS) e o duplo produto (DP) foram mais elevados em ambos os protocolos em comparação com os valores medidos antes da atividade (repouso prévio). Houve algumas discrepâncias notáveis entre os protocolos TR_{High_Conv} e TR_{Low_RFS} , onde uma possível explicação para o aumento dos valores hemodinâmicos em relação ao repouso é a compressão vascular realizada pela contração muscular durante a execução do exercício resistido, que aumenta a resistência vascular periférica e estimulação simpática através de mudanças mecânicas e bioquímicas decorrentes da contração muscular (VILAÇA-ALVES et al., 2016; MCDOUGALL et al., 1985; MAYO, KRAVITZ, 1999).

Por sua vez, durante a execução do exercício o TR_{Low_RFS} apresentou maior concentração de lactato sanguíneo, em conformidade com resultados de outros estudos (POPE, WILARDSON, SCHOENFELD, 2013). Se por um lado, a maior concentração de

lactato sanguíneo após a execução de TR_{Low_RFS} ser esperada devido ao processo de restrição do fluxo sanguíneo, não se pode afirmar se esse acúmulo ocorre por uma ativação maior da glicólise anaeróbia, ou se a limitação da perfusão sanguínea limita o lançamento de lactato no sangue e assim reduz sua eliminação por oxidação em músculos inativos e pelo miocárdio (CONSEIÇÃO et al., 2018; NITZSHE et al., 2018; BROOKS, 2020). Durante a sessão de exercícios, os valores hemodinâmicos do TR_{High_Conv} foram superiores ao TR_{Low_RFS} . Isto pode ter ocorrido devido a grande magnitude da contração muscular e maiores níveis de fadiga alcançados pelo TR_{High_Conv} (MACDOUGALL et al., 1985; MAYO, KRAVITZ, 1999; GOMIDES et al., 2007).

Esses resultados evidenciaram, de maneira preponderante, a adequação distintiva de cada protocolo. O TR_{High_Conv} emerge como particularmente propício para o aprimoramento da capacidade de tensão muscular, ao passo que o TR_{Low_RFS} se revela como um viés apropriado para otimizar a tolerância muscular. Nesse contexto, cada protocolo se demarca de maneira distinta em relação ao propósito do treinamento, seja ele direcionado para o desenvolvimento da força ou da tolerância.

Existem poucos estudos na literatura que realizam comparações do custo energético durante o Treinamento Resistido (TR) utilizando diferentes protocolos de treinamento resistido. Independentemente dos modelos adotados, não foi observada diferença no gasto energético, seja em termos de EqO_2 L ou kcal, entre os protocolos TR_{High_Conv} e TR_{Low_RFS} . O TR_{High_Conv} é frequentemente recomendado para promover o aumento da massa muscular, o fortalecimento muscular e alterações na composição corporal (ACMS, 2009). O Treinamento Resistido com Restrição de Fluxo Sanguíneo (TR_{Low_RFS}) representa uma alternativa viável para indivíduos que enfrentam desafios em treinar com cargas elevadas. Nossos resultados indicam que o TR_{Low_RFS} foi capaz de gerar gastos energéticos semelhantes ao TR_{High_Conv} . Em relação aos modelos propostos por Scott et al. (2006), o Modelo 3 demonstrou um custo energético maior, seja em EqO_2 L ou kcal, em comparação com o Modelo 1, em ambos os protocolos, e apenas em relação ao Modelo 2 no TR_{Low_RFS} .

Esses achados destacam que os fatores utilizados para calcular o custo energético, como o consumo de oxigênio, lactato e EPOC rápido e lento, têm um impacto significativo nos resultados. O Modelo 3, que incorpora a soma de todos esses fatores, resultou em uma quantificação maior de EqO_2 L ou kcal em comparação com os Modelos 1 e 2, que não consideram essa soma de fatores, onde a escolha do protocolo de Treinamento Resistido (TR) pode igualmente influenciar as disparidades nos resultados do custo energético durante a realização do exercício resistido.

As médias das contribuições energéticas anaeróbias foram superiores em todos os modelos analisados, tanto em EqO₂ L quanto em kcal, em comparação com a contribuição energética aeróbia. Até agora, os resultados sobre as contribuições das vias energéticas no contexto do Treinamento Resistido (TR) têm sido contraditórios, podendo indicar uma maior contribuição da via anaeróbia (Scott et al., 2009) ou uma maior contribuição da via aeróbia (Scott et al., 2011b; Campanholi Neto, 2015).

As discrepâncias nas contribuições energéticas podem estar relacionadas às diferentes abordagens e/ou modelos utilizados para quantificar as participações aeróbias e anaeróbias. Além disso, é importante observar que nossos resultados sobre as contribuições energéticas dizem respeito à quantificação do custo energético durante a execução do TR, enquanto outros estudos também consideram o tempo dos intervalos e o EPOC ao final da sessão.

7. CONCLUSÃO

Esses resultados destacaram, principalmente, a aplicabilidade distinta de cada protocolo. O TR_{High_Conv} demonstrou ser particularmente adequado para o desenvolvimento da capacidade de tensão muscular, enquanto o TR_{Low_RFS} se apresentou como uma abordagem propícia para aprimorar a tolerância muscular. Assim, cada protocolo se diferencia em termos do propósito do treinamento (força versus tolerância) e, conseqüentemente, na especificidade da resposta, sem, contudo, apresentar riscos à resposta cardiovascular saudável.

Adicionalmente, os resultados da quantificação do custo energético durante o TR em $\dot{V}O_2$ (L ou kcal) por meio dos modelos propostos revelaram distinções. Essa variabilidade decorreu da soma dos fatores utilizados para a quantificação (consumo de oxigênio, lactato e EPOC rápido e lento). Um achado relevante foi a similaridade no custo energético entre o TR_{High_Conv} e o TR_{Low_RFS} , independentemente do modelo de determinação do custo energético. Dessa forma, o TR_{Low_RFS} pode se mostrar como uma alternativa viável para indivíduos que enfrentam dificuldades em treinar com cargas elevadas, proporcionando gastos energéticos equivalentes aos métodos tradicionais de alta carga.

8. REFERÊNCIAS

American College Sports Medicine. Diretrizes do ACMS para os testes de esforço e sua prescrição. 9ª edição Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2014.

ANICETO, Rodrigo Ramalho et al. Acute effects of different weight training methods on energy expenditure in trained men. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 19, p. 181-185, 2013.

BØRSHEIM, Elisabet; BAHR, Roald. Effect of exercise intensity, duration and mode on post-exercise oxygen consumption. **Sports medicine**, v. 33, p. 1037-1060, 2003.

BURNLEY, Mark et al. Effects of prior exercise and recovery duration on oxygen uptake kinetics during heavy exercise in humans. **Experimental physiology**, v. 86, n. 3, p. 417-425, 2001.

CONCEIÇÃO, Miguel S. et al. Anaerobic metabolism induces greater total energy expenditure during exercise with blood flow restriction. **PLoS One**, v. 13, n. 3, p. e0194776, 2018.

COOK, Summer B. et al. Neuromuscular adaptations to low-load blood flow restricted resistance training. **Journal of sports science & medicine**, v. 17, n. 1, p. 66, 2018.

DA SILVA, Rodrigo Lavinhas; BRENTANO, Michel Arias; KRUEL, Luiz Fernando Martins. Effects of different strength training methods on postexercise energetic expenditure. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 24, n. 8, p. 2255-2260, 2010.

ELLIOT, Diane L.; GOLDBERG, Linn; KUEHL, Kerry S. Effect of resistance training on excess post-exercise oxygen consumption. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 6, n. 2, p. 77-81, 1992.

FARINATTI, Paulo TV; NETO, Antonio G. Castinheiras. The effect of between-set rest intervals on the oxygen uptake during and after resistance exercise sessions performed with large-and small-muscle mass. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 25, n. 11, p. 3181-3190, 2011.

FLECK, Steven J.; KRAEMER, William J. **Fundamentos do treinamento de força muscular**. Artmed Editora, 2017.

GOMIDES, R. S. et al. Finger blood pressure during leg resistance exercise. **International journal of sports medicine**, p. 590-595, 2010.

HADDOCK, B. L.; WILKIN, L. D. Resistance training volume and post exercise energy expenditure. **International Journal of Sports Medicine**, p. 143-148, 2005.

KARABULUT, Murat et al. The effects of low-intensity resistance training with vascular restriction on leg muscle strength in older men. **European journal of applied physiology**, v. 108, p. 147-155, 2010.

LIXANDRÃO, Manoel E. et al. Magnitude of muscle strength and mass adaptations between high-load resistance training versus low-load resistance training associated with blood-flow restriction: a systematic review and meta-analysis. **Sports medicine**, v. 48, p. 361-378, 2018.

LOENNEKE, Jeremy P. et al. Effects of exercise with and without different degrees of blood flow restriction on torque and muscle activation. **Muscle & nerve**, v. 51, n. 5, p. 713-721, 2015.

LORENZ, Daniel S. et al. Blood flow restriction training. **Journal of athletic training**, v. 56, n. 9, p. 937-944, 2021.

MACDOUGALL, J. D. et al. Arterial blood pressure response to heavy resistance exercise. **Journal of applied Physiology**, v. 58, n. 3, p. 785-790, 1985.

MAYHEW, Jerry L. et al. Muscular endurance repetitions to predict bench press strength in men of different training levels. **The Journal of sports medicine and physical fitness**, v. 35, n. 2, p. 108-113, 1995.

MAYO, JERRY J.; KRAVITZ, L. E. N. A review of the acute cardiovascular responses to resistance exercise of healthy young and older adults. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 13, n. 1, p. 90-96, 1999.

MELBY, CHRISTOPHER et al. Effect of acute resistance exercise on postexercise energy expenditure and resting metabolic rate. **Journal of Applied Physiology**, v. 75, n. 4, p. 1847-1853, 1993.

PHILLIPS, WAYNE TP; ZIURAITIS, Joana R. Energy cost of the ACSM single-set resistance training protocol. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 17, n. 2, p. 350-355, 2003.

POEHLMAN, Eric T.; MELBY, Christopher. Resistance training and energy balance. **International journal of sport nutrition**, v. 8, p. 143-159, 1998.

POPE, Zachary K.; WILLARDSON, Jeffrey M.; SCHOENFELD, Brad J. Exercise and blood flow restriction. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 27, n. 10, p. 2914-2926, 2013.

SANCASSANI, Andrei. Respostas fisiológicas agudas ao exercício com pesos: comparação entre sessões executadas com alta e baixa intensidade de carga, com e sem restrição de fluxo sanguíneo. 2022.

SATO, Yoshiaki. The history and future of KAATSU training. **International Journal of KAATSU Training Research**, v. 1, n. 1, p. 1-5, 2005.

SCHOENFELD, Brad J. The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 24, n. 10, p. 2857-2872, 2010.

SCOTT, Christopher B. Estimating energy expenditure for brief bouts of exercise with acute recovery. **Applied physiology, nutrition, and metabolism**, v. 31, n. 2, p. 144-149, 2006.

VILAÇA-ALVES, José et al. Acute Effect of Resistance Exercises Performed by the Upper and Lower Limbs with Blood Flow Restriction on Hemodynamic Responses. **Journal of Exercise Physiology Online**, v. 19, n. 3, 2016.

YASUDA, Tomohiro et al. Muscle activation during low-intensity muscle contractions with varying levels of external limb compression. **Journal of sports science & medicine**, v. 7, n. 4, p. 467, 2008.

YASUDA, Tomohiro et al. Muscle activation during low-intensity muscle contractions with restricted blood flow. **Journal of sports sciences**, v. 27, n. 5, p. 479-489, 2009.