

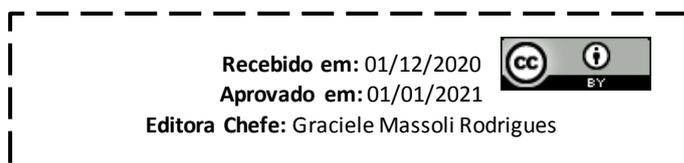
EFEITO AGUDO DO TREINAMENTO DE FORÇA COM E SEM RESTRIÇÃO DO FLUXO SANGUÍNEO SOBRE VARIÁVEIS CARDIOVASCULARES E A SATURAÇÃO DE OXIGÊNIO NO SANGUE EM HOMENS ADULTOS

¹Roque Santos de Oliveira, Rodrigo Volga Fernandes, Alessandra Cristina Marques dos Santos, Aline Gavioli, Gessé Carlos Dias Junior, Ariana Aline da Silva, Gilberto Laurentino

RESUMO

O treinamento de força (TF) com a restrição do fluxo sanguíneo (TFRFS) tem sido proposto como um método alternativo ao TF de alta intensidade (TFAI). Estudos mostram que as adaptações neuromusculares entre ambos os modelos de treinamento foram similares e maiores que o treinamento de força com baixa intensidade (TFBI). No entanto, as respostas cardiovasculares e a saturação de oxigênio sanguíneo entre esses modelos de treinamento tem sido pouco investigadas. Vinte e três homens ($29,1 \pm 9,0$ anos; $79, \pm 14,2$ kg; $1,75 \pm 0,1$ m) com experiência em TF foram submetidos a quatro protocolos de TF no exercício de flexão e extensão do cotovelo unilateral, sendo eles: 20% de 1 RM+40 da pressão de oclusão [POCL] (20/40), 20% de 1 RM+80 da POCL (20/80), 20% de 1 RM+120% da POCL (20/120%) e 70% de 1 RM (70/0). Os protocolos com RFS foram realizados 3-4 séries de 15 repetições, com a RFS sendo mantida durante o protocolo e entre os intervalos entre as séries. O protocolo 70/0 foi realizado com mesmo número de séries, porém, de 8-10 repetições. Foi dado um intervalo de 60s nos protocolos com RFS e 90s para o protocolo 70/0. As medidas pressão arterial sistólica (PAS), diastólica (PAS) e média (PAM), o duplo produto (DP) e a saturação de oxigênio (SpO₂) foram feitas antes e após os protocolos. A PAS e a PAM aumentaram nas condições 20/120 e 70/0 ($p < 0,05$). A PAD aumentou somente na condição 20/120 ($p = 0,000$). O DP aumentou somente na condição 70/0 ($p = 0,03$). Não houve mudança na SpO₂ em nenhuma das condições após o treinamento ($p > 0,05$). Concluímos que o uso de pressão supra sistólica ao TF de baixa intensidade e o treinamento de força de alta intensidade induz maior estresse cardiovascular sem mudanças nos níveis de saturação de oxigênio sanguíneo.

PALAVRAS-CHAVE: Treinamento de força; Oclusão vascular; Variáveis hemodinâmicas; Oxigenação sanguínea.



¹ Grupo de Estudo e Pesquisa em Restrição do Fluxo Sanguíneo e Exercício, Universidade São Judas Tadeu, São Paulo (Brasil). Rua Taquari, 546 – Mooca - São Paulo, 03166-000. Email para correspondência: gclkgs@yahoo.com.br

ACUTE EFFECT OF RESISTANCE TRAINING WITH AND WITHOUT BLOOD FLOW RESTRICTION ON CARDIOVASCULAR VARIABLES AND BLOOD OXYGEN SATURATION IN ADULTS MEN

ABSTRACT

Resistance training (RT) with blood flow restriction (RT-BFR) has been proposed as an alternative method to high-intensity resistance training (HI-RT). Studies have been shown that neuromuscular adaptations between both RT-BFR and HI-RT are similar and higher than low-load resistance training (LL-RT). However, cardiovascular and blood oxygen saturation responses from both training models have been few investigated. Twenty-three resistance-trained men ($29,1 \pm 9,0$ years; $79, \pm 14,2$ kg; $1,75 \pm 0,1$ m) underwent four RT protocols in unilateral elbow flexion and extension exercise as follow: 20% de 1 RM+40 of arterial occlusion pressure [AOP] (20/40), 20% de 1 RM+80 of AOP (20/80), 20% de 1 RM+120% of AOP (20/120%) and 70% de 1 RM (70/0). BFR protocols were performed with 3-4 sets of 15 repetitions, with BFR being kept during exercise and rest intervals between sets. 70/0 protocol was performed with the same number of sets, however, with 8-10 repetitions. 60s-interval was given in the BFR protocols, whereas 90s was obtained for 70/0 protocol. Systolic blood pressure (SBP), diastolic blood pressure (DBP), mean arterial pressure (MAP), double product (DP) and blood oxygen saturation (SpO₂) were measured pre and post-exercise. SBP and MAP were increased from pre to post-exercise in 20/120 and 70/0 conditions ($p < 0.05$). DBP was increased only in 20/120 condition ($p = 0.000$). DP was increased in 70/0 condition ($p = 0,03$). There was no change in SpO₂ in any conditions post-exercise ($p > 0.05$). We conclude that the use of RT-BFR with supra-systolic blood flow restriction and HI-RT training induces greater cardiovascular stress without changes in the blood oxygen saturation levels.

KEYWORDS: Strength training; Vascular occlusion; Hemodynamic variables; Blood oxygenation.

EFFECTOS AGUDOS DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA CON Y SIN RESTRICCIÓN DEL FLUJO SANGUÍNEO SOBRE LAS VARIABLES CARDIOVASCULARES Y LA SATURACIÓN DE OXÍGENO EM SANGRE EM HOMBRES ADULTOS

RESUMEN

El entrenamiento de fuerza con restricción del flujo sanguíneo (EF-RFS) ha sido propuesto como un método alternativo al entrenamiento de fuerza de alta intensidad (EF-AI). La literatura ha demostrado que las adaptaciones neuromusculares desencadenadas por ambos métodos son similares entre sí y mayores que las derivadas del entrenamiento de fuerza de baja intensidad (EF-BI). Sin embargo, las respuestas cardiovasculares y de la saturación de oxígeno han sido poco estudiadas. Veintitrés hombres ($29,1 \pm 9,0$ años; $79, \pm 14,2$ kg; $1,75 \pm 0,1$ m) con experiencia en el EF realizaron cuatro protocolos de entrenamiento con los ejercicios de flexión y extensión unilateral de codo, siendo estos: 20% de 1 RM+40% de la presión de oclusión [POCL] (20/40), 20% de 1 RM+80% de la POCL (20/80), 20% de 1 RM+120% de la POCL (20/120) y 70% de 1 RM (70/0). Los protocolos con RFS realizaron 3-4 series de 15 repeticiones, manteniendo la POCL durante todo el protocolo, incluidos los descansos. El protocolo 70/0 se realizó con el mismo número de serie, pero de 8 a 10 repeticiones. La recuperación fue de 60s para los protocolos con RFS y de 90s para el protocolo 70/0. Antes y después de cada protocolo se registro la presión arterial sistólica (PAS), diastólica (PAD) y media (PAM) así como el doble producto (DP) y la saturación de oxígeno (SpO₂). La PAS y la PAM aumentaron para los protocolos 20/120 y 70/0 ($p < 0.05$). La PAD aumento únicamente para el protocolo 20/120 ($p = 0.000$). El DP aumento solamente para la condición 70/0 ($p = 0.03$). No se observó ningún cambio post-entrenamiento en la SpO₂ para ninguno de los protocolos. Se concluye que el uso de la presión supra-sistólica asociada al EF-RFS y el EF-AI desencadenan mayor estrés cardiovascular sin promover cambios en los niveles de saturación de oxígeno.

PALABRAS-CLAVE: Entrenamiento de fuerza; Oclusión vascular; Variables hemodinámicas; Oxigenación sanguíneo.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o treinamento de força (TF) de baixa intensidade (20 a 50% de 1RM) combinado com a restrição do fluxo sanguíneo (TFRFS) tem sido proposto como um método de treinamento alternativo ao TF de alta intensidade [TFAI- 65-85% 1RM], sendo que, estudos mostraram adaptações neuromusculares similares entre ambos os modelos de treinamento (Takarada *et al.* (2000); Laurentino *et al.* (2012). Porém, embora as respostas neuromusculares entre os modelos de TF foram similares, estudos mostraram que as respostas cardiovasculares entre o TFRFS e o TFAI tem apresentado resultados conflitantes, sendo que alguns estudos mostram que a pressão arterial sistólica (PAS) após o TFRFS foi maior que o TFAI (Downs *et al.* (2014); Sardeli *et al.* (2017) e outros estudos mostram que a PAS foi maior em resposta ao TFAI comparado ao TFRFS (Brandner *et al.* (2015); Libardi *et al.* (2017). A maioria das evidências na literatura reporta que o aumento do estresse cardiovascular em

resposta ao TFRFS é maior quando comparado ao treinamento de força de baixa intensidade sem restrição do fluxo sanguíneo (TFBI) [takano *et al.* (2005); Vieira *et al.* (2013)].

Outro aspecto importante que pode influenciar diretamente a resposta cardiovascular ao TFRFS se refere ao nível de pressão de restrição aplicada durante o protocolo. Estudos mostraram maiores aumentos da PAS com o aumento da pressão de restrição [ex. 80 vs 40%] (Jessee *et al.*, (2017)). O maior nível de pressão de restrição pode induzir o aumento da produção e redução da taxa de remoção dos metabólitos musculares, as quais podem ajudar a explicar a resposta hemodinâmica durante o TFRFS. Recentemente, um grupo de pesquisadores de diferentes países publicou uma diretriz sobre o TFRFS propondo que pressão de restrição deve ser individualizada (i.e. 40% a 80% da pressão de oclusão) para ser usada durante a realização do exercício (Patterson *et al.* (2019)). Essa orientação se faz necessária porque o uso de pressões arbitrárias no TFRFS pode proporcionar a restrição do fluxo sanguíneo (RFS) venoso e arterial de forma diferenciada entre os indivíduos. Para ilustrar essa problemática, um estudo mostrou que a aplicação de 130% da pressão sistólica de braço (~160 mmHg), com um manguito de 13,5 cm de largura induziu a oclusão da artéria femoral em 49 de 116 indivíduos pesquisados. Além disso, a pressão de oclusão arterial pode ser influenciada pela largura do manguito. No estudo anterior, somente em um indivíduo, a oclusão arterial foi alcançada quando um manguito estreito de 5cm foi aplicado para mesma pressão (Loenneke *et al.* (2013)).

O nível de oxigenação nos tecidos depende de fatores que estão relacionados ao sistema cardiovascular (débito cardíaco e pressão arterial) e o nível de hemoglobina (Leach & Treacher 1998). Alguns estudos com TFRFS observaram diminuição da oxigenação local avaliado por meio de espectroscopia por infravermelho [NIRS] (Neto *et al.* 2016; Reis *et al.* 2019, Yanagisawa & Sanomura 2017, Lauver *et al.* 2017). Por exemplo, Neto *et al.* (2016) analisaram a saturação de oxigênio local (SpO₂) e o duplo produto (DP) em três diferentes protocolos: TFAI - 80% de 1 RM, TFBI (20% de 1 RM) e TFRFS (20% de 1RM), realizados de forma intermitente, ou seja, a pressão de restrição aplicada somente durante o exercício. Foi observado neste estudo que a SpO₂ foi reduzida somente nas condições com baixa intensidade, sendo que na condição de TFRFS foi maior que as outras condições. Por outro lado, quando a SpO₂ foi avaliada de forma sistêmica com o TFRFS não apresentou nenhuma mudança (Picon *et al.* 2018). Especula-se que este fato pode ter sido atribuído ao baixo nível de RFS (30% - ~47mmHg). Além disso, a pressão de restrição foi liberada nos intervalos entre as séries. Desta forma, não é conhecido se o TFRFS com maiores níveis de pressão de restrição poderia refletir mudanças significativas na SpO₂ sanguínea. O nível de SpO₂ sistêmica reduzida pode representar um fator limitante para o desempenho físico. Por exemplo, Bowtell *et al.* (2014)

mostraram que a SpO₂ em ambiente simulado de hipóxia sistêmica diminuiu o desempenho físico de atletas em sprints repetidos. Da mesma forma, quando os indivíduos foram submetidos ao TFAI em normoxia ou diferentes níveis de hipóxia sistêmica, houve redução no nível de SpO₂, o qual foi hipóxia-dependente (Scott *et al.* 2015).

Desta forma, o objetivo primário deste estudo foi investigar os efeitos do treinamento de força de baixa intensidade com diferentes níveis de pressão de restrição sobre os marcadores de estresse cardiovascular. O objetivo secundário deste estudo foi investigar se estes modelos de TF afetam os níveis de saturação de oxigênio sanguíneo durante os protocolos.

MÉTODO

Participantes do estudo

Participaram do estudo 23 homens (29,1 ± 9,0 anos; 79,4 ± 14,2 kg; 1,75 ± 0,1 cm; IMC: 25,7 ± 3,7 kg/m²), com experiência mínima de 6 meses em treinamento de força. Foram excluídos do estudo os participantes que responderam sim para uma ou mais questões do questionário de prontidão para atividade física (PAR-Q), com pressão arterial sistólica ≥140/90 mmHg, fumante ou etilista, histórico de tromboembolismo, veias varicosas, história familiar de trombose venosa profunda ou embolia pulmonar, infarto agudo do miocárdio nos últimos 6 meses, dislipidemia colesterol total ≥ 220 mg/dl, uso de anticoagulantes orais, uso de antiplaquetários, doença arterial periférica sintomática, diabéticos não controlados, lesões ortopédicas e doença neurológica. Todos os participantes foram orientados a manterem suas rotinas de treino normalmente. No entanto, se abster de exercícios extenuantes para os flexores do cotovelo 48 horas antes dos protocolos e o uso de cafeína ou estimulantes 24h antes de cada visita. O estudo foi aprovado pelo Comitê de ética em pesquisa da Universidade São Judas Tadeu sob nº CAAE: 31697020.9.0000.0089. Após os participantes serem informados sobre o propósito, possíveis riscos e benefícios associados ao experimento, o termo de consentimento livre e esclarecido foi assinado pelos participantes.

Desenho experimental

Os participantes compareceram ao laboratório para seis visitas. As duas primeiras foram destinadas para a triagem e preenchimento do termo de consentimento livre e esclarecido, realização do teste e reteste de uma repetição máxima (1RM), medida da pressão de oclusão e familiarização aos protocolos. Nas visitas três a seis, os participantes executaram um dos quatro protocolos de exercício de flexão e extensão do cotovelo unilateral, separados por no mínimo 48h entre eles. Foram eles: 20% de 1 RM+40% da pressão de oclusão (POCL) (20/40), 20% de

1 RM+80% da POCL (20/80), 20% de 1 RM+120% da POCL (20/120) e 70% de 1RM (70/0). Foram realizadas as medidas de frequência cardíaca (FC), pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD), pressão arterial média (PAM), o duplo produto (DP) e a saturação de oxigênio sanguíneo (SpO₂) antes e após o exercício.

Teste de força dinâmica máxima dos músculos flexores do cotovelo (1RM)

Para realização do teste de força dinâmica máxima (1RM) no exercício de flexão do cotovelo unilateral, os participantes foram submetidos a um aquecimento específico iniciado com uma série de oito repetições a 50% de 1RM, estimado na sessão de familiarização. Após o intervalo de 2 minutos foi realizada a segunda série de exercício composta por cinco repetições a 70% de 1RM, após intervalo de 2 minutos, foi realizado a terceira série de exercício composta por três repetições a 90% de 1RM. Após um intervalo de 3 minutos, a carga foi progressivamente aumentada entre as tentativas, até que a carga máxima fosse alcançada em no máximo cinco tentativas (Brown e Weir, 2001). Durante o teste, os participantes permaneceram em pé com os ombros, as costas e os calcanhares levemente apoiados contra uma parede. Os participantes foram instruídos a iniciarem o movimento com o braço completamente estendido, em seguida, a flexão completa do cotovelo e retornar à posição inicial, sem se inclinar ou usar o ombro para ajudar no levantamento. Durante as tentativas, um encorajamento verbal foi dado aos participantes. Quando os participantes não conseguiram completar o levantamento do peso por toda a amplitude completa do movimento, a tentativa anterior bem-sucedida foi considerada como valor de 1RM. Foi dado um intervalo de 3 minutos entre as tentativas, sendo permitido no máximo cinco tentativas para alcançar o valor de 1RM.

Determinação da pressão de oclusão arterial

A determinação da pressão de oclusão arterial (POCL) foi realizada como base para ser usada nos protocolos de exercícios. Ao chegarem no laboratório os participantes descansaram por 15 minutos, em seguida, na posição de pé, um manguito de pressão (5cm de largura x 45 cm de comprimento - JPJ- Materiais Hospitalares, São Paulo, SP, Brasil) foi posicionado no braço dominante dos participantes. Após isso, uma sonda do aparelho Doppler vascular portátil (DV-600, Marted, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil) foi posicionada na artéria braquial do braço do participante para captura do pulso arterial auscultatório. Após o sinal auscultatório ter sido detectado, o manguito foi inflado até o ponto em que o pulso auscultatório fosse completamente interrompido. Esse ponto foi considerado como o ponto da pressão de oclusão arterial (100%) (Laurentino *et al.* 2012).

Protocolos de exercícios de flexão do cotovelo unilateral

Durante as sessões experimentais, os participantes executaram o exercício de flexão do cotovelo unilateral, com o braço dominante, em quatro protocolos realizados de forma randomizada; foram eles: 20% de 1 RM+40% da pressão de oclusão (POCL) (20/40), 20% de 1 RM+80% da POCL (20/80), 20% de 1 RM+120% da POCL (20/120) e 70% de 1RM (70/0). Todos os protocolos com restrição do fluxo sanguíneo (RFS) foram executados a 20% de 1RM, 3-4 séries de 15 repetições, com 60s de intervalo entre as séries. A pressão de restrição foi mantida durante a execução dos exercícios e nos intervalos de recuperação entre as séries. O protocolo 70/0 foi executado de 3-4 séries de 8-10 repetições, com 90s de intervalo entre as séries. Os manguitos de pressão nos protocolos 20/40, 20/80 e 20/120 foram posicionados na região mais proximal das axilas e foram inflados de acordo com a pressão (mmHg) determinados antes do início dos protocolos.

Medidas dos parâmetros cardiovasculares

Ao chegar ao laboratório, os participantes permaneceram em repouso por um período de 15 minutos. A frequência cardíaca (FC), a pressão arterial sistólica (PAS) e a pressão arterial diastólica (PAD) foram mensuradas antes e após os protocolos experimentais, na posição sentada, usando um monitor de pressão arterial automático (Modelo HEM-6124, OMRON Healthcare, Japão). A pressão arterial média (PAM) foi obtida através da fórmula: $PAS + (PAD \times 2) / 3$ e o duplo produto (DP) foi calculado pela fórmula: $DP = PAS \times FC$.

Saturação de oxigênio sanguíneo (SpO₂)

A saturação de oxigênio sanguíneo (%) foi obtida por meio de um oxímetro de dedo e pulso (Modelo JZK-303, Marca Jziki) medida antes e após as séries de exercício, com o oxímetro posicionado no dedo indicador do braço contralateral dos participantes.

Análise estatística

Os dados serão apresentados como média e desvio-padrão. Inicialmente, a normalidade dos dados foi testada a partir do teste de Shapiro-Wilk. Uma vez que os dados apresentarem distribuição normal, a estatística paramétrica foi utilizada. Para comparações entre os protocolos, o modelo misto para medidas repetidas foi aplicado, tendo como fatores fixos as condições experimentais (1 a 4) e os tempos (pré e pós) para análise das variáveis de interesse.

Na presença de F significativa, o teste post-hoc de Tukey foi utilizado para identificar as diferenças entre os protocolos. Foi realizada a análise baseada na magnitude do tamanho do efeito [TE] das diferenças entre médias pré e pós das variáveis de interesse das condições. A magnitude do tamanho do efeito foi considerada pequena (0,20), média (0,50) ou grande ($\geq 0,80$) (Cohen, 1988). O nível de significância foi estabelecido em $p \leq 0,05$. Os dados foram analisados usando o pacote estatístico SAS 9.3 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

RESULTADOS

A análise estatística indicou que não houve diferença significativa entre as condições 20/40, 20/80, 20/120 e 70/0 no pré-treinamento para todas as variáveis dependentes ($p > 0,05$).

Frequência Cardíaca

Na tabela 1 estão representados os efeitos das diferentes condições de treinamento de força sobre o comportamento da frequência cardíaca (FC). Não houve mudança na FC do pré para pós exercício em nenhuma das condições ($p = 0,153$) (Tabela 1).

Tabela 1 – Frequência cardíaca das condições experimentais

Condições	Pré (bpm)	Pós (bpm)	IC (bpm)	TE u.a.	$\Delta\%$	p
20/40	70,7 \pm 12,5	96,1 \pm 18,3	5,6 – 10,4	1,62	35,9	0,983
20/80	73,1 \pm 11,1	99,2 \pm 22,1	7,5 – 8,5	1,47	35	1,000
20/120	72 \pm 11,2	104,2 \pm 18,1	7,5 – 8,5	2,13	44,6	1,000
70/0	70,5 \pm 14,5	105,4 \pm 21,7	3,8 – 12,2	1,90	49,6	0,752

20/40: 20% de 1RM + 40% da pressão de oclusão (POCL); 20/80: 20% de 1RM + 80% da pressão de oclusão (POCL); 20/120: 20% de 1RM + 120% da pressão de oclusão (POCL); 70/0: 70% de 1RM; IC: Intervalo de confiança 95%; TE: tamanho do efeito; u.a.: unidade arbitrária; $\Delta\%$: Delta percentual; $p > 0,05$.

Pressão arterial sistólica

Na tabela 2 estão representados os efeitos das diferentes condições de treinamento de força sobre o comportamento da pressão arterial sistólica (PAS). A análise estatística indicou que houve efeito de tempo ($p < .0001$) sem interação entre as condições ($p = 0,693$) para a PAS. A PAS aumentou do pré para pós exercício nas condições 20/120 e 70/0 (Tabela 2).

Tabela 2 – Pressão arterial sistólica das condições experimentais

Condições	Pré (mmHg)	Pós (mmHg)	IC (mmHg)	TE u.a.	Δ%	p
20/40	121,2±11,4	121,6±11,3	7,9 - 8,8	0,04	0,38	1,000
20/80	121,1±14,8	126,4±14,1	2,8 - 13,8	0,37	4,41	0,469
20/120	120±8,9	128±13,8	0,4 – 17,1	0,75	7,3	0,030*
70/0	118,1±8	128,5±10,7	1,9 – 18,6	1,09	8,7	0,005*

20/40: 20% de 1RM + 40% da pressão de oclusão (POCL); 20/80: 20% de 1RM + 80% da pressão de oclusão (POCL); 20/120: 20% de 1RM + 120% da pressão de oclusão (POCL); 70/0: 70% de 1RM; IC: Intervalo de confiança 95%; TE: tamanho do efeito; u.a.: unidade arbitrária; Δ%: Delta percentual. *Diferença significativa comparado ao pré exercício (p<0,05).

Pressão arterial diastólica

Na tabela 3 estão representados os efeitos das diferentes condições de treinamento de força sobre o comportamento da pressão arterial diastólica (PAD). A análise estatística indicou que houve efeito de tempo (p<.0001) sem interação entre as condições (p=0,144) para PAD. A PAD aumentou do pré para pós exercício na condição 20/120 (Tabela 3).

Tabela 3 – Pressão arterial diastólica das condições experimentais

Condições	Pré (mmHg)	Pós (mmHg)	IC (mmHg)	TE u.a.	Δ%	p
20/40	76±8,4	79,5±9,3	4,4 – 11,5	0,40	4,6	0,872
20/80	78,6±13,8	82,4±8,7	4,2 – 11,8	0,33	4,8	0,823
20/120	74,3±10	85,5±13,8	3,2 – 19,2	0,93	15,1	0,000*
70/0	75,6±9,4	83,1±8,4	0,5 – 15,5	0,84	9,9	0,085

20/40: 20% de 1RM + 40% da pressão de oclusão (POCL); 20/80: 20% de 1RM + 80% da pressão de oclusão (POCL); 20/120: 20% de 1RM + 120% da pressão de oclusão (POCL); 70/0: 70% de 1RM; IC: Intervalo de confiança 95%; TE: tamanho do efeito; u.a.: unidade arbitrária; Δ%: Delta percentual. *Diferença significativa comparado ao pré exercício (p<0,05).

Pressão arterial média

Na tabela 4 estão representados os efeitos das diferentes condições de treinamento de força sobre o comportamento da pressão arterial média [PAM]. A análise estatística indicou que houve efeito de tempo ($p < 0,0001$) sem interação entre as condições ($p = 0,075$) para a PAM. A PAM aumentou do pré para pós exercício nas condições 20/120 e 70/0 (Tabela 4).

Tabela 4 – Pressão arterial média das condições experimentais

Condições	Pré (mmHg)	Pós (mmHg)	IC (mmHg)	TE u.a.	$\Delta\%$	p
20/40	91,0±8,8	93,5±9,6	5,4 – 10,4	0,27	2,7	0,977
20/80	92,8±13,6	95,2±12,1	5,5 – 10,3	0,19	2,6	0,982
20/120	89,5±8,7	100±13,3	2,4 – 18,4	0,93	11,6	0,002*
70/0	89,8±8,6	98,2±8	0,4 – 16,3	1,02	9,4	0,030*

20/40: 20% de 1RM + 40% da pressão de oclusão (POCL); 20/80: 20% de 1RM + 80% da pressão de oclusão (POCL); 20/120: 20% de 1RM + 120% da pressão de oclusão (POCL); 70/0: 70% de 1RM; IC: Intervalo de confiança 95%; TE: tamanho do efeito; u.a.: unidade arbitrária; $\Delta\%$: Delta percentual. *Diferença significativa comparado ao pré exercício ($p < 0,05$).

Duplo produto

Na tabela 5 estão representados os efeitos das diferentes condições de treinamento de força sobre o comportamento do duplo produto [DP]. A análise estatística indicou que houve efeito de tempo ($p < 0,0002$) sem interação entre as condições ($p = 0,310$) para o DP. O DP aumentou do pré para pós exercício na condição 70/0 (Tabela 5).

Tabela 5 – Duplo produto das condições experimentais

Condições	Pré (mmHg*bpm)	Pós (mmHg*bpm)	IC (mmHg*bpm)	TE u.a.	$\Delta\%$	p
20/40	8522,5±1502,2	8862,4±1707,6	851,40 - 1531,03	0,21	4	0,987
20/80	8879,6±1638,1	9197,2±1509,2	873,63 - 1508,81	0,20	3,6	0,991
20/120	8664,2±1591,4	9345,4±24,99,5	510,03 - 1872,40	0,33	7,9	0,647
70/0	8307,5±1700,6	9565,0±2071,3	66,1931 - 2448,63	0,66	15,1	0,030*

20/40: 20% de 1RM + 40% da pressão de oclusão (POCL); 20/80: 20% de 1RM + 80% da pressão de oclusão (POCL); 20/120: 20% de 1RM + 120% da pressão de oclusão (POCL); 70/0: 70% de 1RM; IC: Intervalo de confiança 95%; TE: tamanho do efeito; u.a.: unidade arbitrária; $\Delta\%$: Delta percentual. *Diferença significativa comparado ao pré exercício ($p < 0,05$).

Saturação de oxigênio sanguíneo

Na tabela 6 estão representados os efeitos das diferentes condições de treinamento de força sobre o comportamento da saturação do oxigênio (SpO₂). Não houve mudança nos níveis de SpO₂ após os protocolos [p=0,097] (Tabela 6).

Tabela 6 – Saturação de oxigênio sanguíneo das condições experimentais

Condições	Pré (%)	Pós (%)	IC (%)	TE u.a.	Δ%	p
20/40	97,5±1,2	97,1±1,5	5,9 - 6,8	0,33	-0,5	1,000
20/80	97,8±1,2	97,5±1,9	6,6 - 6,08	0,17	-0,3	1,000
20/120	97,7±1,1	97,5±1,7	0,9 - 11,8	0,41	-0,3	0,163
70/0	97,7±1,0	97±1,8	5,5 - 7,1	0,51	-0,8	0,999

20/40: 20% de 1RM + 40% da pressão de oclusão (POCL); 20/80: 20% de 1RM + 80% da pressão de oclusão (POCL); 20/120: 20% de 1RM + 120% da pressão de oclusão (POCL); 70/0: 70% de 1RM; IC: Intervalo de confiança 95%; TE: tamanho do efeito; u.a.: unidade arbitrária; Δ%: mudança percentual. P>0,05.

DISCUSSÃO

Os principais resultados deste estudo foram: 1) Não houve mudança significativa na FC de pré para pós exercício. No entanto, o tamanho do efeito para a FC foi grande (>0,8) para todas as condições do pré para pós exercício. 2) O protocolo 20/120 induziu maiores aumentos nos marcadores de estresse cardiovascular, seguido do protocolo 70/0 quando comparado às condições 20/40 e 20/80. 3) A saturação de oxigênio sanguíneo não foi alterada independentemente da intensidade ou pressão de restrição.

Observamos no presente estudo que a FC de todas as condições experimentais não alcançou mudança significativa. Nossos resultados foram divergentes dos apresentados por Brandner *et al.* (2014) que mostraram que os aumentos da FC em resposta ao TFRFS a 20% de 1RM com diferentes níveis de pressão (80% da POCL e 130% da POCL) e o TFAI (80% de 1RM) foram maiores que a mesma condição de exercício sem restrição do fluxo sanguíneo em baixa intensidade (TFBI – 20% de 1RM). Embora não foi observado mudança significativa na FC, podemos observar que o tamanho do efeito observado na FC foi de grande magnitude para todas as condições do pré para pós exercício (>0,8). Em outro estudo conduzido por Vieira *et al.* (2013) com o exercício de flexão do cotovelo unilateral, os pesquisadores mostraram maior resposta da FC na condição de TFRFS comparada a TFBI (30% de 1RM). Podemos especular que as divergências dos estudos de Brandner *et al.* (2015) e de Vieira *et al.* (2013) comparado ao nosso estudo, com relação ao aumento da FC pode estar relacionado ao volume de treino

usado no estudo de Brandner *et al.* (2015) comparado ao nosso estudo (1 x 30 + 3x 15 reps vs 3 x 15 reps) e a intensidade de treinamento usada no protocolo por Vieira *et al.* (2013) [30% de 1RM vs 20% de 1RM).

A PAS e a PAM das condições 20/120 e 70/0 foram maiores das condições pré para pós exercício, embora essas condições não foram diferentes das condições 20/40 e 20/80. Estes resultados deixam evidente o papel da pressão de restrição e da intensidade de treinamento de força na resposta cardiovascular. Estudos com o TFRFS com o uso de manguitos de pressão mostraram que o aumento na resposta da pressão sanguínea é maior quando comparado à um protocolo com carga baixa e volume de treinamento equalizado (Downs *et al.* 2014; Brandner *et al.* 2015, Takano *et al.* 2005; Vieira *et al.* 2013). Outros estudos têm mostrado que a resposta cardiovascular é maior quanto maior forem os níveis pressão de restrição utilizados nos protocolos (Rossow *et al.* 2012; Jessee *et al.* 2017; Mouser *et al.* 2017). Por exemplo, Brandner *et al.* (2015) reportaram que a PAS, a PAD e o débito cardíaco foram maiores em resposta ao TFAI quando comparados ao TFRFS e o TFBI após uma sessão aguda de exercício. Em linha com nossos achados, estudos tem mostrado aumentos nos marcadores de estresse cardiovascular em protocolos com maior pressão de restrição quando comparado a protocolos com menores pressão de RFS [e.g. 10 a 60%] (Counts *et al.* 2016; Mouser *et al.* 2017), entretanto, não superiores aos protocolos de TFAI. Desta forma, podemos sugerir que o uso de pressões de restrição acima da pressão de oclusão (acima de 100% da POCL) associado ao TFBI e em protocolos de TFAI pode exacerbar os aumentos nos marcadores de estresse cardiovascular. No entanto, o uso das pressões de restrição que tomam como base a pressão de restrição individual e sugerida pelas diretrizes atuais do TFRFS (ex. 40% a 80% da POCL) pode ser mais viável do ponto de vista de segurança cardiovascular (Patterson *et al.* 2019).

O aumento da PAD na condição 20/120 pode estar relacionada à maior diminuição do retorno venoso em consequência do maior nível de restrição do fluxo sanguíneo. A técnica de restrição do fluxo sanguíneo tem por objetivo reduzir ou ocluir o retorno venoso e restringir o fluxo sanguíneo arterial (Mattocks *et al.* 2018). É plausível aceitar que a pressão exercida pelo manguito de pressão no protocolo 20/120 possa ter induzido ao maior nível de oclusão venosa, o que pode estar associado ao aumento da PAD.

O duplo produto (DP) é o produto da PAS e da FC e serve como um preditor de consumo de oxigênio do miocárdio durante o exercício (Picón *et al.* 2018). Foi observado neste estudo que o DP somente aumentou na condição 70/0. Embora as condições 20/120 e 70 aumentaram a FC e a PAS de forma similar, é possível que a redução da sobrecarga ao miocárdio (pré-carga)

na condição 20/120 devido à maior redução do retorno venoso possa explicar o aumento do DP somente na condição 70/0.

A saturação de oxigênio (SpO₂) não foi alterado em nenhuma das condições de exercício. Nossos achados corroboram os de Picon *et al.* (2018), que reportaram que o nível de saturação de oxigênio sanguíneo medido durante o TFRFS a 30% de 1RM permaneceu em ~97%. Tomados juntos, nossos resultados mostram que diferentes níveis de restrição do fluxo sanguíneo (40% a 120% da POCL) e intensidades (20% de 1RM vs 70% de 1RM) não afetaram os níveis de SpO₂ periférica durante o exercício. Esses resultados divergem de alguns estudos que reportaram a diminuição dos níveis de saturação de oxigênio durante a realização do TFRFS (Neto *et al.* 2016; Miller *et al.* 2020). Cabe ressaltar que nos estudos anteriores os pesquisadores analisaram o nível de SpO₂ local com o uso da técnica de espectroscopia por infra-vermelho (NIRS), o que, de certa forma, impossibilita qualquer comparação com os nossos achados.

CONCLUSÃO

Concluimos que o uso de pressão de restrição do fluxo supra sistólica ao TF de baixa intensidade e o treinamento de força de alta intensidade induz maior estresse cardiovascular sem mudanças nos níveis de saturação de oxigênio sanguíneo.

REFERÊNCIAS

- Bowtell, J. L., Cooke, K., Turner, R., Mileva, K. N., & Sumners, D. P. (2014). Acute physiological and performance responses to repeated sprints in varying degrees of hypoxia. *Journal of science and medicine in sport*, 17(4), 399–403. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2013.05.016>
- Brandner, C. R., Kidgell, D. J., & Warmington, S. A. (2015). Unilateral bicep curl hemodynamics: Low-pressure continuous vs high-pressure intermittent blood flow restriction. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 25(6), 770–777. <https://doi.org/10.1111/sms.12297>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Counts, B. R., Dankel, S. J., Barnett, B. E., Kim, D., Mouser, J. G., Allen, K. M., Thiebaud, R. S., Abe, T., Bemben, M. G., & Loenneke, J. P. (2016). Influence of relative blood flow restriction pressure on muscle activation and muscle adaptation. *Muscle & nerve*, 53(3), 438–445. <https://doi.org/10.1002/mus.24756>
- Downs, M. E., Hackney, K. J., Martin, D., Caine, T. L., Cunningham, D., O'Connor, D. P., & Ploutz-Snyder, L. L. (2014). Acute vascular and cardiovascular responses to blood flow-restricted exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 46(8), 1489–1497. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000253>

- Jessee, M. B., Dankel, S. J., Buckner, S. L., Mouser, J. G., Mattocks, K. T., & Loenneke, J. P. (2017). The Cardiovascular and Perceptual Response to Very Low Load Blood Flow Restricted Exercise. *International journal of sports medicine*, 38(8), 597–603. <https://doi.org/10.1055/s-0043-109555>
- Laurentino, G. C., Ugrinowitsch, C., Roschel, H., Aoki, M. S., Soares, A. G., Neves, M., Jr, Aihara, A. Y., Fernandes, A., & Tricoli, V. (2012). Strength training with blood flow restriction diminishes myostatin gene expression. *Medicine and science in sports and exercise*, 44(3), 406–412. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318233b4bc>
- Lauver, J. D., Cayot, T. E., Rotarius, T., & Scheuermann, B. W. (2017). The effect of eccentric exercise with blood flow restriction on neuromuscular activation, microvascular oxygenation, and the repeated bout effect. *European journal of applied physiology*, 117(5), 1005–1015. <https://doi.org/10.1007/s00421-017-3589-x>
- Leach, R. M., & Treacher, D. F. (1998). Oxygen transport-2. Tissue hypoxia. *BMJ (Clinical research ed.)*, 317(7169), 1370–1373. <https://doi.org/10.1136/bmj.317.7169.1370>
- Libardi, C. A., Catai, A. M., Miquelini, M., Borghi-Silva, A., Minatel, V., Alvarez, I. F., Milan-Mattos, J. C., Roschel, H., Tricoli, V., & Ugrinowitsch, C. (2017). Hemodynamic Responses to Blood Flow Restriction and Resistance Exercise to Muscular Failure. *International journal of sports medicine*, 38(2), 134–140. <https://doi.org/10.1055/s-0042-115032>
- Loenneke, J. P., Fahs, C. A., Rossow, L. M., Thiebaud, R. S., Mattocks, K. T., Abe, T., & Bembem, M. G. (2013). Blood flow restriction pressure recommendations: a tale of two cuffs. *Frontiers in physiology*, 4, 249. <https://doi.org/10.3389/fphys.2013.00249>
- Mattocks, K. T., Jessee, M. B., Mouser, J. G., Dankel, S. J., Buckner, S. L., Bell, Z. W., Owens, J. G., Abe, T., & Loenneke, J. P. (2018). The Application of Blood Flow Restriction: Lessons From the Laboratory. *Current sports medicine reports*, 17(4), 129–134. <https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000473>
- Miller, R.M., Galletti BAR, Koziol K.J., Freitas E.D.S., Heishman A.D., Black C.D., Larson D.J., Bembem D.A., Bembem M.G. (2020). Perceptual responses: Clinical versus practical blood flow restriction resistance exercise. *Physiol Behav*. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2020.113137>. Epub 2020 Aug 14. PMID: 32798570.
- Mouser, J. G., Dankel, S. J., Jessee, M. B., Mattocks, K. T., Buckner, S. L., Counts, B. R., & Loenneke, J. P. (2017). A tale of three cuffs: the hemodynamics of blood flow restriction. *European journal of applied physiology*, 117(7), 1493–1499. <https://doi.org/10.1007/s00421-017-3644-7>
- Neto, G. R., Sousa, M. S., Costa e Silva, G. V., Gil, A. L., Salles, B. F., & Novaes, J. S. (2016). Acute resistance exercise with blood flow restriction effects on heart rate, double product, oxygen saturation and perceived exertion. *Clinical physiology and functional imaging*, 36(1), 53–59. <https://doi.org/10.1111/cpf.12193>
- Picón, M. M., Chulvi, I. M., Cortell, J. T., Tortosa, J., Alkhadar, Y., Sanchís, J., & Laurentino, G. (2018). Acute Cardiovascular Responses after a Single Bout of Blood Flow Restriction Training. *International journal of exercise science*, 11(2), 20–31.
- Reis, J. F., Fatela, P., Mendonca, G. V., Vaz, J. R., Valamatos, M. J., Infante, J., Mil-Homens, P., & Alves, F. B. (2019). Tissue Oxygenation in Response to Different Relative Levels of Blood-Flow Restricted Exercise. *Frontiers in physiology*, 10, 407. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00407>

Rossow, L. M., Fahs, C. A., Loenneke, J. P., Thiebaud, R. S., Sherk, V. D., Abe, T., & Bemben, M. G. (2012). Cardiovascular and perceptual responses to blood-flow-restricted resistance exercise with differing restrictive cuffs. *Clinical physiology and functional imaging*, 32(5), 331–337. <https://doi.org/10.1111/j.1475-097X.2012.01131.x>

Sardeli, A. V., do Carmo Santos, L., Ferreira, M., Gáspari, A. F., Rodrigues, B., Cavaglieri, C. R., & Chacon-Mikahil, M. (2017). Cardiovascular Responses to Different Resistance Exercise Protocols in Elderly. *International journal of sports medicine*, 38(12), 928–936. <https://doi.org/10.1055/s-0043-115737>

Scott, B. R., Slattery, K. M., Sculley, D. V., Hodson, J. A., & Dascombe, B. J. (2015). Physical performance during high-intensity resistance exercise in normoxic and hypoxic conditions. *Journal of strength and conditioning research*, 29(3), 807–815. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000680>

Takano, H., Morita, T., Iida, H., Asada, K., Kato, M., Uno, K., Hirose, K., Matsumoto, A., Takenaka, K., Hirata, Y., Eto, F., Nagai, R., Sato, Y., & Nakajima, T. (2005). Hemodynamic and hormonal responses to a short-term low-intensity resistance exercise with the reduction of muscle blood flow. *European journal of applied physiology*, 95(1), 65–73. <https://doi.org/10.1007/s00421-005-1389-1>

Takarada, Y., Takazawa, H., Sato, Y., Takebayashi, S., Tanaka, Y., & Ishii, N. (2000). Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans. *Journal of applied physiology* (Bethesda, Md. : 1985), 88(6), 2097–2106. <https://doi.org/10.1152/jappl.2000.88.6.2097>

Vieira, P. J., Chiappa, G. R., Umpierre, D., Stein, R., & Ribeiro, J. P. (2013). Hemodynamic responses to resistance exercise with restricted blood flow in young and older men. *Journal of strength and conditioning research*, 27(8), 2288–2294. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318278f21f>

Yanagisawa, O., & Sanomura, M. (2017). Effects of low-load resistance exercise with blood flow restriction on high-energy phosphate metabolism and oxygenation level in skeletal muscle. *Interventional medicine & applied science*, 9(2), 67–75. <https://doi.org/10.1556/1646.9.2017.2.16>