

Respostas cardiovasculares ao treino resistido com diferentes níveis de oclusão vascular

Cardiovascular responses to resistance training with different vascular occlusion levels

SANTOS G, BORGES FA, GONÇALVES A, LOPES LTP, ZANETTI HR. Respostas cardiovasculares ao treino resistido com diferentes níveis de oclusão vascular. R. bras. Ci. e Mov 2019;27(2):48-54.

RESUMO: O treino com oclusão vascular (OV) tem sido amplamente utilizado devido a seus benefícios. No entanto, ainda permanecem escassos os estudos em relação às respostas cardiovasculares a este tipo de treino. O objetivo deste estudo foi verificar as respostas hemodinâmicas e trabalho do miocárdio com diferentes níveis de oclusão vascular no exercício de extensão unilateral de joelho. Recrutamos 14 voluntários e estes foram submetidos a um protocolo de três séries de 15 repetições com 30% de uma repetição máxima no exercício de extensão unilateral de joelho com diferentes níveis de OV, sendo eles: sem oclusão (SO), oclusão parcial (OP) e oclusão total (OT). A pressão arterial sistólica (PAS) e frequência cardíaca (FC) foram verificadas em repouso e ao final de cada série do protocolo. A análise de variância de duas entradas com post hoc de Bonferroni foi utilizado para verificar diferença entre os tipos de oclusão, tendo nível de significância quando $p \leq 0.05$. Observou-se diferença da PAS, FC e duplo-produto (DP) entre as séries e o repouso ($p < 0.001$). Independentemente do tipo de execução, a PAS, FC e DP foram maiores na 2ª e 3ª séries comparadas à 1ª. A OP e OT proporcionaram maiores valores de PAS na 3ª série comparada à 2ª série ($p = 0.036$; $p = 0.025$). Por fim, houve diferença na 3ª série entre a OT e SO ($p = 0.01$). O presente estudo conclui que a sobrecarga cardiovascular tem relação direta com o volume de exercício e o nível de oclusão.

Palavras-chave: Exercício resistido; Pressão arterial; Frequência cardíaca; Duplo-produto.

ABSTRACT: Vascular occlusion (VO) training has been widely used because of its benefits. However, there are still few studies regarding cardiovascular responses to this type of training. The objective of this study was to verify hemodynamics responses and myocardial workload with different occlusion levels on unilateral knee extension exercise. We recruited 14 volunteers and were submitted to a protocol of three series of 15 repetitions with 30% of a maximal repetition in the exercise of with different levels of OV, being: no occlusion (NO), partial occlusion (PO) and total occlusion (TO). Systolic blood pressure (SBP) and heart rate (HR) were checked at rest and at the end of each protocol series. Bonferroni post hoc two-way analysis of variance was used to verify the difference between occlusion types, with significance level when $p < 0.05$. A difference of SBP, HR and double-product (DP) between series and rest was observed ($p < 0.001$). Regardless of the type of execution, SBP, HR and DP were higher in the 2nd and 3rd grades compared to the 1st. The PO and TO provided higher SBP values in the 3rd grade compared to the 2nd grade ($p = 0.036$, $p = 0.025$). Finally, there was a difference in the 3rd grade between TO and NO ($p = 0.01$). It's concluded that the cardiovascular overload has direct relation with exercise volume and occlusion level.

Key Words: Resistance training; Blood pressure; Heart rate; Double product pressure.

Gilvan dos Santos¹
Fernanda dos A. Borges²
Alexandre Gonçalves^{3,4}
Leandro T. P. Lopes^{2,5}
Hugo Ribeiro Zanetti^{2,3}

¹Faculdade Redentor

²Universidade Federal de Uberlândia

³Instituto Master de Ensino Presidente

Antônio Carlos

⁴Centro Universitário Atenas

⁵Universidade Brasil

Introdução

A prática do exercício resistido (ER) tem sido amplamente disseminada devido aos seus diversos benefícios. Sabe-se que tais benefícios estão relacionados aos níveis pressóricos, saúde óssea, perfil lipídico, força muscular, melhoria da composição corporal, além das modificações neurais, musculares, endócrinas, metabólicas e cardiovasculares¹⁻⁵.

Com a rápida difusão e prática do ER, surgiram métodos de treinamento para otimizar os resultados. Uma das estratégias é o treinamento de baixa intensidade realizado com oclusão vascular, popularmente denominado KAATSU⁶. Este método envolve a aplicação de pressão mecânica para ocasionar restrição do fluxo sanguíneo arterial parcial ou total, tendo como objetivo evitar o fluxo sanguíneo e o retorno venoso de determinado grupamento muscular, sendo comumente utilizado nos membros superiores e inferiores^{7,8}. Estudos anteriores demonstraram que este tipo de treinamento resulta em aumento da força e massa muscular^{7,9-14}.

Embora os ER sejam seguros em relação às respostas hemodinâmicas, estudos anteriores confirmaram que o treinamento KAATSU apresenta maior sobrecarga no sistema cardiovascular comparado ao treinamento sem oclusão vascular¹⁵. Embora se tenha verificado anteriormente a resposta hemodinâmica da oclusão vascular¹⁷, permanecem escassos trabalhos que relacione o impacto da oclusão sobre o trabalho do miocárdio. Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo verificar as respostas hemodinâmicas e trabalho do miocárdio com diferentes níveis de oclusão vascular no exercício de extensão unilateral de joelho.

Materiais e métodos

Amostra, critérios de inclusão e exclusão e procedimentos

A amostra do estudo foi composta por 14 indivíduos, sendo incluídos os voluntários adultos, de ambos os sexos, com tempo mínimo de experiência em exercício resistido de seis meses. Retiramos os participantes com diagnóstico de hipertensão arterial, problemas cardíacos, diabetes, problemas osteomioarticulares ou outras condições em que o exercício físico possa agravar.

Procedimentos e aspectos éticos

Após a seleção elegível da amostra, todos os voluntários foram submetidos a um teste de carga máxima e, posteriormente, a três protocolos experimentais no exercício de extensão de joelho. O estudo foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa com humanos do Centro Universitário do Triângulo (protocolo nº 1.107.117/2015).

Desenho experimental

No primeiro momento foi determinado a carga máxima pelo teste de 1 repetição máxima (1RM). Posteriormente, todos os indivíduos foram convocados para realizar três sessões experimentais, sendo cada uma distinta em relação ao nível de oclusão, sendo (I) sem oclusão (SO); (II) oclusão parcial (OP); (III) oclusão total (OT). Em todas as três sessões os voluntários realizaram três séries de 15 repetições com 30% de 1RM e intervalo de recuperação de 60 segundos.

Teste de 1 repetição máxima (1RM)

Para determinação da carga máxima no exercício de extensão de joelho utilizamos o teste de 1 RM, sendo este realizado somente com o membro dominante. Antes do início das tentativas, os voluntários realizaram um aquecimento, com carga subjetiva, perfazendo 20 repetições. Após um intervalo de três minutos, iniciaram as tentativas, sendo determinada a carga máxima aquela que o participante não conseguisse realizar duas contrações concêntricas

consecutivas. Foi respeitado um intervalo de três minutos e, no máximo, cinco tentativas entre as tentativas¹⁶.

Protocolo experimental e mensuração das variáveis hemodinâmicas

Após a semana do teste de carga máxima, os participantes foram convidados a voltar ao local de testes para realizarem as três sessões experimentais. Para determinar os valores de pressão arterial sistólica (PAS) e frequência cardíaca (FC) de repouso, os voluntários permaneceram sentados durante cinco minutos. Aferimos a PAS no braço esquerdo, por meio do método auscultatório com auxílio de um esfigmomanômetro aneróide (BD®, Brasil) e estetoscópio (Littman®, EUA). A FC foi verificada por meio de frequencímetro (RS800CX, Polar®, Finlândia). Após este momento, foi sorteado pelos pesquisadores o tipo de oclusão (SO, OP ou OT) que seria aplicado no exercício proposto. Ao final de cada série (entre a penúltima e última repetição) foi verificado a PAS e FC. Todos os voluntários realizam todos os tipos de exercício com diferença entre 48 horas entre eles.

Restrição do fluxo sanguíneo

A oclusão vascular foi realizada com auxílio de um esfigmomanômetro padrão (17 cm x 35 cm), o qual posicionamos a dois centímetros abaixo da prega glútea dos voluntários. Consideramos OP o nível de pressão igual a 50% da PAS de repouso e, OT a pressão igual a 100% da PAS aferida. Em todos os procedimentos com oclusão vascular, os participantes permaneceram com o esfigmomanômetro insuflado durante o exercício e os intervalos de recuperação.

Análise estatística

A normalidade dos dados foi verificada pelo teste de *Shapiro-Wilk*. A fim de verificar possíveis diferenças nas variáveis hemodinâmicas entre os níveis de oclusão ao final de cada série, foi utilizada a análise de variância (ANOVA) de duas entradas (*two-way*) com *post hoc* de Bonferroni, tendo nível de significância quando $p \leq 0.05$. Todos os dados foram processados no *software Social Package for Social Science* (SPSS) versão 20.0 em língua portuguesa.

Resultados

Na figura 1 estão os dados referentes à PAS em repouso e nas três séries. Observa-se que em todas as séries a resposta da PAS foi maior em comparação com a situação em repouso ($p < 0,001$). Independentemente do tipo de execução, a 2ª e 3ª séries apresentaram maiores respostas da PAS quando comparado à 1ª série ($p = 0,01$). Além disso, a OP e OT proporcionaram maiores valores de PAS na 3ª série comparada à 2ª série ($p = 0,036$). E por fim, a resposta de OT foi maior que SO ($p = 0,01$).

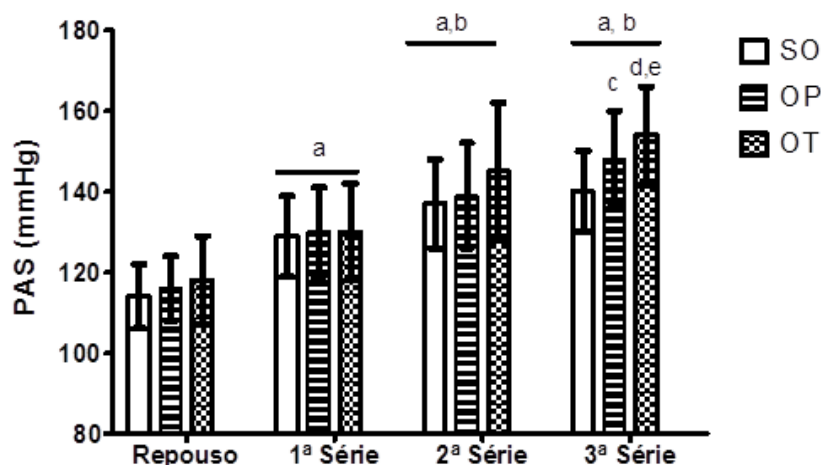


Figura 1. Resposta da FC em repouso e nas três séries de exercício com diferentes níveis de OV.

^a diferença significativa em relação ao repouso; ^b diferença significativa em relação à 1ª série; ^c diferença significativa em relação à 2ª série para OP; ^d diferença significativa em relação à 2ª série para OT; ^e diferença significativa entre SO e OT na 3ª série;

A figura 2 demonstra a resposta da FC no repouso e nas três séries de exercícios. Em todas as séries a resposta da FC foi maior em comparação ao valor de repouso ($p < 0,001$). Além disso, observamos que houve diferença significativa da 2ª e 3ª séries ($p = 0,011$) comparadas a 1ª série.

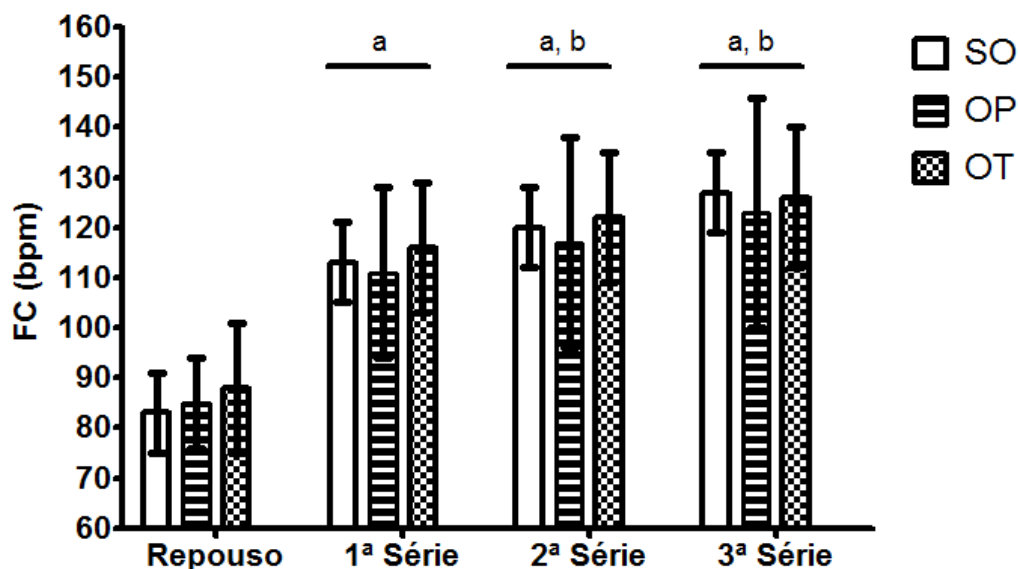


Figura 2. Resposta da FC em repouso e nas três séries de exercício com diferentes níveis de OV.

^a diferença significativa entre repouso e séries; ^b diferença significativa em relação à 1ª série

Os dados referentes ao DP estão na figura 3. Em todas as séries houve maior elevação do DP em comparação ao repouso ($p < 0,001$). Observamos que a 2ª e 3ª séries apresentaram maiores valores comparado à 1ª série ($p = 0,029$). Além disso, a OP e OT proporcionaram maiores valores de DP na 3ª série comparada à 2ª série ($p = 0,041$). Observamos, por fim, diferença significativa na 3ª série entre a SO e OT ($p = 0,02$).

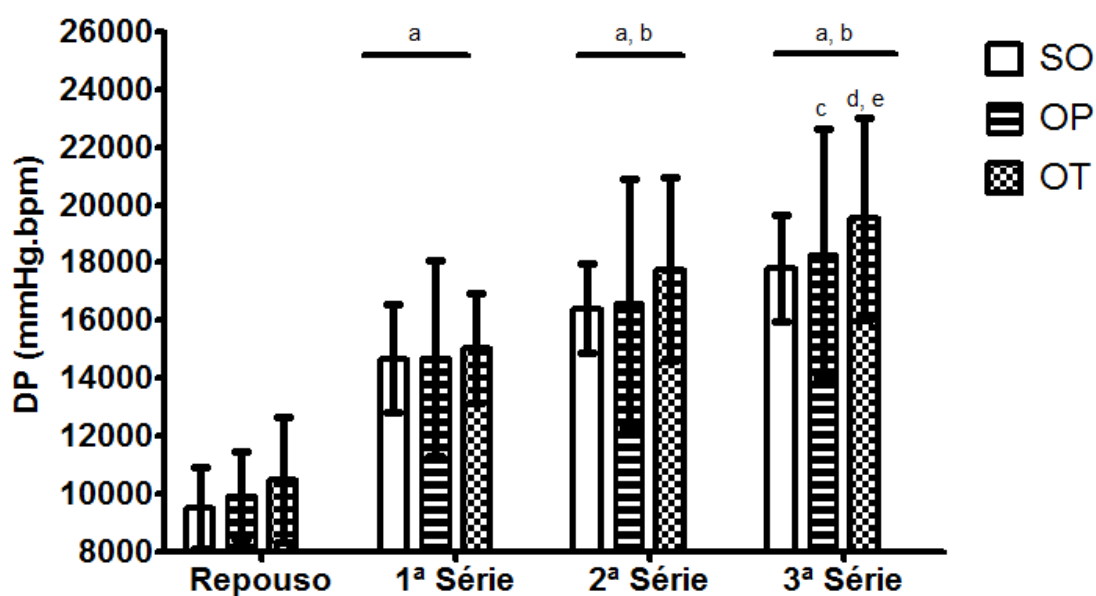


Figura 3. Resposta do DP em repouso e nas três séries de exercício com diferentes níveis de OV.

^a diferença significativa em relação ao repouso; ^b diferença significativa em relação à 1ª série; ^c diferença significativa em relação à 2ª série para OP;

^d diferença significativa em relação à 2ª série para OT; ^e diferença significativa entre SO e OT na 3ª série.

Discussão

O objetivo do nosso estudo foi avaliar o efeito de diferentes níveis de OV sobre a resposta hemodinâmica no exercício de extensão unilateral de joelho. Os nossos achados evidenciam que o exercício realizado com OT apresenta maior sobrecarga cardíaca quando comparado à OP e SO.

Inicialmente devemos salientar que não há um consenso de padronização da pressão de oclusão aplicado ao método KAATSU. Estudos anteriores utilizaram pressões que variam entre 110 mmHg a 200 mmHg ou 50% a 130% da PAS em repouso^{11,15,17-19}. Nós preferimos utilizar os valores de PAS de repouso, uma vez que, nesta pressão já ocorre restrição total do fluxo sanguíneo²⁰. Salientamos que a OV foi mantida durante toda a execução do exercício, incluindo os intervalos de repouso e liberada somente após o término da sessão.

Além disso, uma das maiores dificuldades e limitações em estudar o comportamento da PA durante o ER é a forma de aferição realizada. Sabe-se que o padrão-ouro é por via intra-arterial, um método invasivo, de alto risco que pode ocasionar dor ao voluntário²¹. Mesmo subestimando os valores da PA, o método auscultatório é amplamente aceito no meio científico e o mais utilizado no ambiente de serviço dos profissionais da saúde. Além disso, nosso estudo utilizou o protocolo anteriormente descrito na literatura para aferição da PA em ER²².

Na figura 1 observamos o comportamento da PAS no repouso e nas três séries. Verificamos que o exercício *per se* ocasionou aumento da resposta pressórica. Esse fato explica-se pela ação muscular que promove aumento da pressão intramuscular e comprime os vasos arteriais dentro do músculo ativo com aumento da atividade simpática^{23,24}. Além disso, observamos que o exercício realizado com oclusão vascular (OP ou OT) proporcionou maiores valores de PAS, sugerindo que a adição de compressão vascular proporcionada pelo esfigmomanômetro aumenta a resistência vascular periférica e, consequentemente, a resposta pressórica^{8,25-27}. Nossos dados corroboram com outros estudos que evidenciaram o aumento da PAS realizado com oclusão vascular²⁷⁻³⁰. Dessa forma, podemos inferir que o KAATSU é um método a ser considerado em relação à resposta pressórica ao exercício.

Em relação à resposta da FC (figura 2), observamos aumento desta variável em todas as séries comparadas à situação de repouso. Está descrito na literatura que o aumento da FC ocorre por meio da redução da atividade parassimpática e aumento do estímulo simpático^{31,32}. Sabe-se que a FC reflete o trabalho do coração e é responsiva ao número de repetições e séries, carga mobilizada e natureza do exercício. Portanto, acreditamos que tais fatores expliquem a diferença entre as respostas da FC nas últimas séries comparadas com a primeira no presente estudo³³. Assim, nosso estudo corrobora com achados prévios que demonstraram aumento da FC durante o esforço, porém sem diferença nos métodos aplicados^{9,29,30,34,35}. Dessa forma, podemos sugerir que a oclusão vascular não possui influência direta sobre a resposta da FC durante o exercício.

Na figura 3 estão os valores de DP no repouso e nas três séries realizadas. Esta variável é utilizada como indicadora de sobrecarga do miocárdio, além de ser uma ferramenta amplamente utilizada por profissionais da saúde. Mesmo que o treinamento com OV (OP ou OT) proporcionou maior sobrecarga cardíaca ao final da última série, estes ainda se demonstram seguros por não extrapolar valores demasiadamente elevados quando comparados com treinamentos tradicionais ou aeróbicos conforme descritos na literatura^{36,37}. Dessa forma, o KAATSU nos parece ser seguro em relação às demandas cardiovasculares no exercício de extensão unilateral de joelho.

Por fim, devemos salientar que treinamento KAATSU é um método seguro e promissor para atletas e pessoas saudáveis. Além disso, a restrição do fluxo venoso, induzindo o acúmulo de sangue venoso, e subsequentemente reduzindo a pré-carga cardíaca durante o exercício pode ser benéfica na reabilitação de alguns pacientes cardíacos⁶. Em contrapartida, se excessiva, esta restrição pode acarretar na diminuição do débito cardíaco e, posteriormente, na redução do fluxo sanguíneo para o cérebro e a circulação coronariana e, por conseguinte, efeitos secundários podem ocorrer como tonturas, desmaios, anemia cerebral e deterioração isquêmica do coração.

Conclusões

De acordo com os resultados encontrados e os métodos aplicados podemos concluir que o exercício realizado com OT levou na terceira série de exercício maior resposta do DP em relação à OP e SO. Portanto, aparentemente, a sobrecarga cardiovascular tem relação direta com o volume de exercício e o nível de oclusão.

Referências

1. Lavie CJ, Arena R, Swift DL, Johannsen NM, Sui X, Lee DC, *et al.* Exercise and the cardiovascular system: clinical science and cardiovascular outcomes. *Circ Res.* 2015; 117(2): 207-19.
2. Gordon B, Chen S, Durstine JL. The effects of exercise training on the traditional lipid profile and beyond. *Curr Sports Med Rep.* 2014; 13(4): 253-9.
3. Nishimune H, Stanford JA, Mori Y. Role of exercise in maintaining the integrity of the neuromuscular junction. *Muscle Nerve.* 2014; 49(3): 315-24.
4. Ball D. Metabolic and endocrine response to exercise: sympathoadrenal integration with skeletal muscle. *J Endocrinol.* 2015; 224(2): R79-95.
5. Ji LL, Kang C, Zhang Y. Exercise-induced hormesis and skeletal muscle health. *Free Radic Biol Med.* 2016; 98: 113-22.
6. Nakajima T, Kurano M, Iida H, Takano H, Oonuma H, Morita T, *et al.* Use and safety of KAATSU training: results of a national survey. *International Journal of KAATSU Training Research.* 2006; 2(1): 5-13.
7. Shinohara M, Kouzaki M, Yoshihisa T, Fukunaga T. Efficacy of tourniquet ischemia for strength training with low resistance. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1998; 77(1-2): 189-91.
8. Pope ZK, Willardson JM, Schoenfeld BJ. Exercise and blood flow restriction. *J Strength Cond Res.* 2013; 27(10): 2914-26.
9. Loenneke JP, Kearney ML, Thrower AD, Collins S, Pujol TJ. The acute response of practical occlusion in the knee extensors. *J Strength Cond Res.* 2010; 24(10): 2831-4.
10. Slys J, Stultz J, Burr JF. The efficacy of blood flow restricted exercise: A systematic review & meta-analysis. *J Sci Med Sport.* 2016; 19(8): 669-75.
11. Takarada Y, Takazawa H, Sato Y, Takebayashi S, Tanaka Y, Ishii N. Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans. *J Appl Physiol* (1985). 2000; 88(6): 2097-106.
12. Fujita T, Kurita K, Sato Y, Abe T. Increased muscle volume and strength following six days of low-intensity resistance training with restricted muscle blood flow. *International Journal of KAATSU Training Research.* 2008; 4(1): 1-8.
13. Ishii N, Madarame H, Odagiri K, Naganuma M, Shinoda K. Circuit training without external load induces hypertrophy in lower-limb muscles when combined with moderate venous occlusion. *International Journal of KAATSU Training Research.* 2005; 1(1): 24-8.
14. Laurentino GC, Ugrinowitsch C, Roschel H, Aoki MS, Soares AG, Neves MJ, *et al.* Strength training with blood flow restriction diminishes myostatin gene expression. *Med Sci Sports Exerc.* 2012; 44(3): 406-12.
15. Iida H, Takano H, Meguro K, Asada K, Oonuma H, Morita T, *et al.* Hemodynamic and autonomic nervous responses to the restriction of femoral blood flow by KAATSU. *International Journal of KAATSU Training Research.* 2005; 1(2): 57-64.
16. American College of Sports Medicine. Diretrizes de ACSM para os testes de esforço e sua prescrição: Guanabara Koogan; 2007.
17. Takarada Y, Sato Y, Ishii N. Effects of resistance exercise combined with vascular occlusion on muscle function in athletes. *Eur J Appl Physiol.* 2002; 86(4): 308-14.
18. Nakajima T, Takano H, Kurano M, Iida H, Kubota N, Yasuda T, *et al.* Effects of KAATSU training on haemostasis in healthy subjects. *International Journal of KAATSU Training Research.* 2007; 3(1): 11-20.
19. Gualano B, Ugrinowitsch C, Neves Junior M, Lima FR, Pinto AL, Laurentino G, *et al.* Vascular occlusion training for inclusion body myositis: a novel therapeutic approach. *J Vis Exp.* 2010; Jun 5(40). PubMed PMID: 20548279. Pubmed Central PMCID: 3153908.
20. Malachias MVB, Gomes MAM, Nobre F, Alessi A, Feitosa AD, Coelho EB. 7th Brazilian Guideline of Arterial Hypertension: Chapter 2 - Diagnosis and Classification. *Arq Bras Cardiol.* 2016 Sep; 107(3 Suppl 3): 7-13.

21. Gotshall R, Gootman J, Byrnes W, Fleck S, Valovich T. Noninvasive characterization of the blood pressure response to the double-leg press exercise. *Journal of Exercise Physiology Online*. 2001; 4(3).
22. Polito MD, Farinatti P. Respostas de frequência cardíaca, pressão arterial e duplo-produto ao exercício contra-resistência: uma revisão da literatura. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*. 2003; 3(1): 79-91.
23. Schultz MG, Sharman JE. Exercise Hypertension. *Pulse (Basel)*. 2014 May; 1(3-4): 161-76.
24. Forjaz C, Rezk C, Melo C, Santos D, Teixeira L, Nery S, *et al.* Exercício resistido para o paciente hipertenso: indicação ou contra-indicação. *Rev Bras Hipertens*. 2003; 10(2): 119-24.
25. MacDougall JD, Tuxen D, Sale DG, Moroz JR, Sutton JR. Arterial blood pressure response to heavy resistance exercise. *J Appl Physiol* (1985). 1985; 58(3): 785-90.
26. MacDougall JD, McKelvie RS, Moroz DE, Sale DG, McCartney N, Buick F. Factors affecting blood pressure during heavy weight lifting and static contractions. *J Appl Physiol* (1985). 1992; 73(4): 1590-7.
27. Downs ME, Hackney KJ, Martin D, Caine TL, Cunningham D, O'Connor DP, *et al.* Acute vascular and cardiovascular responses to blood flow-restricted exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 2014; 46(8): 1489-97.
28. Pinto RR, Karabulut M, Poton R, Polito MD. Acute resistance exercise with blood flow restriction in elderly hypertensive women: haemodynamic, rating of perceived exertion and blood lactate. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2018; 38(1): 17-24.
29. Renzi CP, Tanaka H, Sugawara J. Effects of leg blood flow restriction during walking on cardiovascular function. *Med Sci Sports Exerc*. 2010; 42(4): 726-32.
30. Poton R, Polito MD. Hemodynamic response to resistance exercise with and without blood flow restriction in healthy subjects. *Clinical physiology and functional imaging*. 2016; 36(3): 231-6.
31. White DW, Raven PB. Autonomic neural control of heart rate during dynamic exercise: revisited. *J Physiol*. 2014; 592(12): 2491-500. PubMed PMID: 24756637. Pubmed Central PMCID: 4080933.
32. Fisher JP. Autonomic control of the heart during exercise in humans: role of skeletal muscle afferents. *Exp Physiol*. 2014 Feb; 99(2): 300-5. PubMed PMID: 23995102.
33. Magder SA. The ups and downs of heart rate. *Crit Care Med*. 2012; 40(1): 239-45.
34. Takano H, Morita T, Iida H, Asada K, Kato M, Uno K, *et al.* Hemodynamic and hormonal responses to a short-term low-intensity resistance exercise with the reduction of muscle blood flow. *Eur J Appl Physiol*. 2005; 95(1): 65-73.
35. Abe T, Kearns CF, Sato Y. Muscle size and strength are increased following walk training with restricted venous blood flow from the leg muscle, Kaatsu-walk training. *J Appl Physiol* (1985). 2006; 100(5): 1460-6.
36. Pollock ML, Franklin BA, Balady GJ, Chaitman BL, Fleg JL, Fletcher B, *et al.* Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease: benefits, rationale, safety, and prescription an advisory from the committee on exercise, rehabilitation, and prevention, council on clinical cardiology, American Heart Association. *Circulation*. 2000; 101(7): 828-33.
37. Farinatti PT, Assis BF. Estudo da frequência cardíaca, pressão arterial e duplo-produto em exercícios contra resistência e aeróbio contínuo. *Revista brasileira de atividade física & saúde*. 2000; 5(2): 5-16.