

# Acute effects of strength exercise with blood flow restriction on vascular function of young healthy males

## *Efeito agudo do exercício de força com restrição do fluxo sanguíneo sobre parâmetros antioxidantes em indivíduos jovens saudáveis*

Francesco Pinto Boeno<sup>1,2</sup>, Thiago Rozales Ramis<sup>1,3</sup>, Juliano Bouffleur Farinha<sup>1</sup>, Leandro Silva de Lemos<sup>3</sup>, Niara da Silva Medeiros<sup>3</sup>, Jerri Luiz Ribeiro<sup>3</sup>

### Abstract

**Background:** Strength training with blood flow restriction (STBFR) provokes similar neuromuscular adaptations to traditional strength training using low training loads. However, there is a need for better understanding of the repercussions for antioxidant parameters and vascular function. **Objectives:** The objective of the present study was to investigate the effects of a session of low intensity strength training with blood flow restriction, compared with high intensity and low intensity strength training without blood flow restriction, on the levels of nitric oxide products and antioxidant enzyme activity in healthy young men. **Methods:** Eleven young men performed three strength exercise sessions: low intensity with blood flow restriction (LIBFR), high intensity (HI), and low intensity (LI). Activity of the antioxidant enzymes catalase (CAT) and superoxide dismutase (SOD) was assessed and metabolites of nitric oxide (NOx) were assayed before and after each session. **Results:** There were no changes to NOx plasma levels under the different exercise conditions ( $p > 0.05$ ). However, SOD activity exhibited a significant reduction after the LIBFR condition ( $p < 0.05$ ), while CAT activity reduced significantly after the LI condition ( $p < 0.05$ ). **Conclusions:** The results of this study suggest that one session of low intensity strength training with blood flow restriction does not reduce bioavailability of nitric oxide or induce redox imbalance in healthy young men.

**Keywords:** strength training; nitric oxide; oxidative stress; blood flow restriction.

### Resumo

**Contexto:** O treinamento de força com restrição do fluxo sanguíneo (TFRFS) promove adaptações neuromusculares semelhantes às do treinamento de força tradicional utilizando pequenas cargas de treinamento. No entanto, sua repercussão sobre parâmetros antioxidantes e sobre a função vascular precisa ser mais bem compreendida. **Objetivos:** O objetivo do presente estudo foi investigar o efeito de uma sessão de exercício de força de baixa intensidade com restrição do fluxo sanguíneo, em comparação ao exercício de força de alta intensidade e de baixa intensidade sem restrição do fluxo sanguíneo, sobre os níveis de subprodutos do óxido nítrico e a atividade de enzimas antioxidantes em jovens saudáveis. **Métodos:** Onze indivíduos jovens realizaram três sessões de exercício de força: baixa intensidade com restrição do fluxo sanguíneo (BIRFS), alta intensidade (AI) ou baixa intensidade (BI). Foram avaliadas a atividade das enzimas antioxidantes catalase (CAT), superóxido dismutase (SOD) e dos metabólitos do óxido nítrico (NOx). **Resultados:** Não houve modificações nos níveis plasmáticos de NOx nas diferentes condições de exercício ( $p > 0,05$ ). A atividade da SOD apresentou uma diminuição significativa na condição BIRFS ( $p < 0,05$ ). A atividade da CAT diminuiu significativamente na condição BI ( $p < 0,05$ ). **Conclusões:** A partir do presente estudo sugere-se que uma sessão de treinamento de força de baixa intensidade com restrição do fluxo sanguíneo não reduz a biodisponibilidade do óxido nítrico, bem como não induz desequilíbrio redox em indivíduos jovens saudáveis.

**Palavras-chave:** treinamento de força; óxido nítrico; stress oxidativo; restrição do fluxo sanguíneo.

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Programa de Pós-graduação em Ciências do Movimento Humano, Porto Alegre, RS, Brasil.

<sup>2</sup> Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI, Departamento de Ciências da Saúde, São Luiz Gonzaga, RS, Brasil.

<sup>3</sup> Centro Universitário Metodista – IPA, Porto Alegre, RS, Brasil.

Financial support: None.

Conflicts of interest: No conflicts of interest declared concerning the publication of this article.

Submitted: November 05, 2017. Accepted: March 13, 2018.

## ■ INTRODUCTION

Strength training with blood flow restriction (STBFR) can provoke significant strength and muscle hypertrophy gains using low training loads in combination with an occlusive component during exercise.<sup>1</sup> Several studies have suggested that musculoskeletal adaptations in response to STBFR occur at intensities at 20-50% of one repetition maximum (1RM) and at a similar proportion to those observed in traditional strength training, in which loads of around 80% of 1RM are generally used.<sup>1-3</sup> It has therefore been proposed that different molecular mechanisms are involved in the adaptations provoked by STBFR. There appears to be recruitment of motor units that are only activated at elevated work intensities, due to the low oxygen availability;<sup>1</sup> positive signaling in the mTOR activation cascade;<sup>4</sup> myostatin inhibition;<sup>3</sup> and increased release of growth hormone.<sup>5</sup>

Therefore, STBFR could prove to be an important tool for health promotion in individuals with restrictions preventing high intensity exercise. However, few studies have investigated the repercussions of STBFR on prooxidant and antioxidant agents or the relationship with vascular function.<sup>2,6</sup> Acute compromise of vascular function has been shown to be an important prognostic factor of the incidence of cardiovascular events.<sup>7</sup> Reduced bioavailability of nitric oxide may trigger a hypertensive and prooxidant response, exponentially increasing cardiovascular risk in both healthy and diseased individuals.<sup>8</sup>

Increased production of reactive oxygen species affects vascular reactivity, accelerating the atherosclerotic process by creating an imbalance between prooxidant and antioxidant systems, leading to higher cardiovascular risk.<sup>9,10</sup> It is therefore important to understand the behavior of variables related to vascular function in reaction to an STBFR session, since this is an alternative to traditional strength training with substantially lower intensity and volume. The objective of this study is to investigate the effects of a low intensity strength training exercise session with blood flow restriction, comparing it to high and low intensity strength exercise without blood flow restriction in terms of nitric oxide byproduct levels and antioxidant enzyme activity in healthy young men.

## ■ METHODS

Eleven young men were recruited via printed media and social networks. They were physically active, had no history of diseases, and took part in the study voluntarily. The study protocol was approved by the Ethics Committee at the Centro Universitário Metodista (IPA), under registration number 361/2012.

## Experimental design

The design is a randomized crossover study, comprising 5 days of assessments, separated by 72-hour intervals between each. Volunteers undertook an experimental protocol consisting of 2 days of assessments with three different conditions of strength exercise: low intensity with blood flow restriction (LIBFR), high intensity (HI), and low intensity (LI).

At the first visit, anthropometric assessments were conducted and participants were familiarized with the one maximum repetition (1RM) test for leg press and bilateral elbow flexion exercises. At the second visit, the 1RM test was conducted for both exercises. After these initial assessments, the experimental protocols were scheduled. All protocols were conducted during the morning and consisted of performing strength exercises, with or without blood flow restriction. Before and immediately after interventions, blood samples were drawn by a trained professional for determination of blood variables.

## Anthropometric assessment

Body composition was determined using the five-component method, according to standards set by the International Society for the Advancement of Kinanthropometry, as described elsewhere.<sup>11</sup>

## 1RM test

After familiarization, the test of maximum dynamic strength was conducted using free weights for elbow flexions and by loading the leg press machine. After a warm-up period, intensity was set at approximately 80% of predicted 1RM. If the volunteer was able to perform more than one repetition, then the load was increased by around 5% until he was no longer able to complete the movement with good technique. A maximum of five attempts were made, with a rest interval of at least 3 minutes between attempts.<sup>12</sup>

## Exercise protocols

When they arrived at the laboratory in the morning, participants were positioned in decubitus dorsal and remained at absolute rest for 10 minutes for measurement of arterial blood pressure at rest. This was conducted using the auscultatory method with a mercury column sphygmomanometer. Arterial blood pressure was measured to enable the magnitude of blood flow restriction to be calculated. Next, after randomization by lots, the volunteers performed exercises in one of the conditions described above. Interventions consisted of elbow flexion and leg press, both performed bilaterally. The exercise volume for each of the three conditions was set at four series of maximum repetitions, with 1 minute intervals between

series. The speed of movements was controlled by a metronome at a cadence of 1 second for each phase of the movement. Exercise intensity was set as 30% of 1RM for LIBFR and LI, and 80% of 1RM for HI.

For LIBFR, inflatable cuffs were fitted to the proximal part of the volunteers' upper limbs, and pressure was set at 20 mmHg below systolic arterial blood pressure (SBP) for elbow flexion exercises. After the exercise, the cuffs were removed and fitted to the proximal portion of the lower limbs, and inflated to a pressure 20 mmHg greater than SBP.<sup>2</sup> Blood flow restriction was maintained during the intervals between each series. After each maximum series, a finger oximeter (New Tech, model PM100C, Brazil) was used to guarantee partial blood flow restriction. If the oximeter signal was absent or oxygenation was below 90%, the pressure in the cuff was reduced by 5 mmHg until the signal was detected again, to ensure that blood flow was not halted completely.<sup>2,13</sup> For HI and LI exercises, cuffs were merely fitted to the volunteers in the same places.

### Blood sampling and biochemical analyses

Blood samples were taken from the antecubital area before and soon after each exercise condition. Samples were drawn into tubes containing EDTA, centrifuged and stored at -80 °C for later analysis.

Plasma concentrations of nitrites and nitrates (NOx) were determined as described previously,<sup>14</sup> and the results expressed in  $\mu\text{M}/\text{mL}$ . Superoxide dismutase (SOD) enzyme activity was measured by adrenochrome formation.<sup>15</sup> SOD levels are expressed as SOD/mg of protein. Plasma activity of the enzyme catalase (CAT) was assayed using the method described by Aebi<sup>16</sup> and results were expressed in U/mg of protein.

### Statistical analysis

Data distributions were analyzed using the Shapiro-Wilk test. Mixed-model analysis of variance (ANOVA) was used for intergroup and intragroup comparisons. The cutoff for significance adopted was  $p < 0.05$  and the Bonferroni post hoc test was used when necessary. All data were analyzed using the Statistical Package for Social Sciences, version 20. Data are expressed as means and standard deviations (SD).

## RESULTS

Table 1 lists the variables used to characterize the sample.

For both exercises, the number of repetitions performed in each series was higher in the LI condition than in the other conditions ( $p < 0.05$ ). The number of repetitions of the elbow flexion exercise performed

in the LIBFR condition was significantly higher than the number performed in the HI condition, whereas for the leg press exercise, the number of repetitions performed did not differ between the conditions. Mean 1RM values and mean number of repetitions performed in the series are shown in Table 2.

No significant differences were detected in baseline NOx levels between the three conditions:  $38.8 \pm 18 \mu\text{M}/\text{mL}$  in condition HI;  $40.6 \pm 6 \mu\text{M}/\text{mL}$  in condition LIBFR; and  $33.2 \pm 13.7 \mu\text{M}/\text{mL}$  in condition LI. There was no modulation in these levels from pre-exercise to post-exercise in any of the three experimental conditions ( $p > 0.05$ ). However, post-exercise plasma NOx concentrations were significantly reduced in condition HI, when compared with condition LIBFR ( $p < 0.05$ ). Condition LI did not exhibit modulations between pre-exercise and post-exercise or in comparison with the other conditions. The changes in plasma NOx levels are illustrated in Figure 1.

There were no significant differences between the three conditions in SOD activity at rest. However, in the LIBFR condition, SOD activity was reduced after exercise ( $p < 0.05$ ). In condition HI, SOD activity was significantly higher than in the other conditions soon after the exercise session (Figure 2).

Activity of the CAT antioxidant enzyme was significantly higher in condition LI than in the others at rest and after exercise. There was a significant reduction in CAT activity in condition LI soon after the end of the session. There were no changes in CAT activity in conditions LIBFR or HI at any of the sample times (Figure 3).

Table 1. Characteristics of the sample.

Variable	Mean $\pm$ SD
Age (years)	23.72 $\pm$ 3.49
Body mass (kg)	81.55 $\pm$ 6.10
Fat mass (%)	25.91 $\pm$ 3.93
Fat free mass (%)	46.59 $\pm$ 2.90

SD = standard deviation.

Table 2. 1RM values and number of repetitions for each protocol.

	LIBFR	HI	LI
1RM			
Elbow flexion	18 $\pm$ 3.19	18 $\pm$ 3.19	18 $\pm$ 3.19
Leg press	172.52 $\pm$ 29.20	172.52 $\pm$ 29.20	172.52 $\pm$ 29.20
Repetitions			
Elbow flexion	21.2 $\pm$ 5.3*	5.7 $\pm$ 3	28.1 $\pm$ 12.5*
Leg press	20.3 $\pm$ 6.3	22 $\pm$ 10.8	89.4 $\pm$ 23.3*

# $p < 0.05$  in relation to condition HI; \* $p < 0.05$  in relation to other conditions; LIBFR: low intensity with blood flow restriction; HI: high intensity; LI: low intensity; 1RM: one repetition maximum.

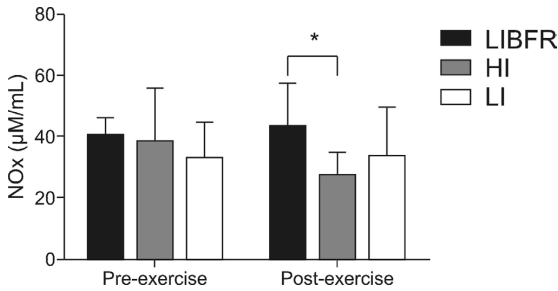


Figure 1. Plasma levels of metabolites of nitric oxide (NOx) before and after exercise. \*Intragroup difference ( $p < 0.05$ ).

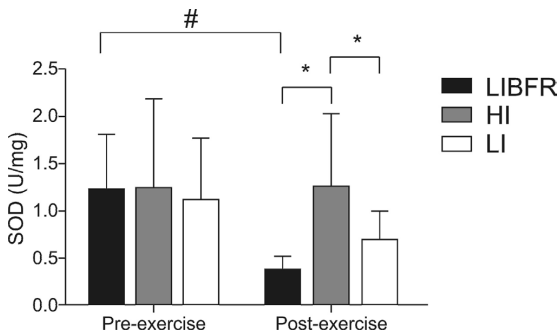


Figure 2. Superoxide dismutase (SOD) activity before and after exercise. \*Intergroup difference ( $p < 0.05$ ); # Intragroup difference ( $p < 0.05$ ).

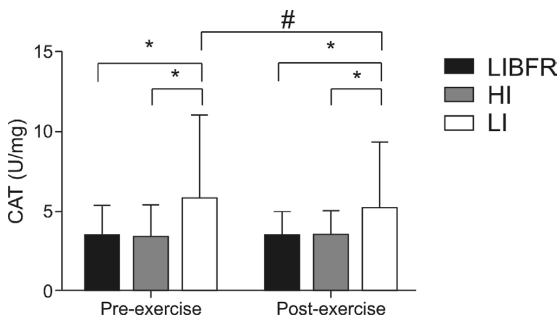


Figure 3. Plasma levels of catalase (CAT) before and after exercise. \*Intergroup difference ( $p < 0.05$ ); # Intragroup difference ( $p < 0.05$ ).

## DISCUSSION

The objective of this study was to investigate the effect on nitric oxide byproduct levels and antioxidant enzyme activity of a low intensity strength training exercise session with blood flow restriction (LIBFR), compared with high intensity (HI) and low intensity (LI) strength exercises without blood flow restriction, in healthy young men. The main findings show that: 1) one session of LIBFR strength exercise is not

capable of modulating plasma NOx levels; 2) LIBFR strength exercise significantly reduced SOD activity and; 3) neither HI nor LIBFR exercises modulate CAT activity.

NOx are the final products of metabolism of nitric oxide, which plays a double physiological role since, while it has a function as a vasodilator, antihypertensive, and antiatherosclerotic, it can also cause oxidative damage through formation of peroxynitrite radicals in the presence of the superoxide anion.<sup>8,17</sup> As stated earlier, plasma levels of NOx did not change in response to LIBFR. However, when compared with the levels in condition HI, these levels were significantly higher after exercise. It has already been demonstrated that traditional high intensity strength exercise can acutely compromise flow-mediated vasodilation, reducing NOx levels in sedentary people.<sup>18,19</sup> In such a scenario, reduced nitric oxide bioavailability, combined with the high intensity, could be the result of two factors: increased sympathetic activation during exercise and consequent acetylcholine-mediated vasoconstriction<sup>20</sup> and increased muscle compression of blood vessels when large muscle groups are recruited.<sup>19,20</sup>

In the present study, a significant reduction in SOD activity was observed in the LIBFR condition. Since NOx levels were not reduced after the LIBFR protocol, it could suggest that this session was not capable of causing significant production of reactive oxygen species and a consequent transitory degree of oxidative stress, which therefore did not demand an increase in SOD activity to eliminate a possible excess of superoxide.<sup>8,10</sup> Along the same lines, a study that used a very similar LIBFR protocol did not detect any increase in blood levels of pro-oxidative or antioxidant markers soon after an exercise session, confirming the fact that this type of session is not capable of provoking a significant degree of oxidative stress.<sup>2</sup>

In this study, CAT activity did not exhibit changes in the LIBFR and HI protocols. The CAT enzyme reduces hydrogen peroxide ( $H_2O_2$ ) levels to water ( $H_2O$ ) and oxygen ( $O_2$ ).<sup>10</sup> The low volume of exercise and the magnitude of muscle injury may explain these results. Child et al. conducted a study in which participants performed 70 maximum eccentric knee extension contractions, observing significant increase in muscle damage, represented by creatine kinase (CK) and, consequently, increased antioxidant protection.<sup>21</sup> Therefore, our findings may also be related to the low impact of the exercise protocols on muscle damage induced by the exercise.

Certain limitations are relevant in the context of this study. For example, vascular function was only measured using biochemical variables, while



image analysis or plethysmography could provide a foundation for more striking inferences from our results. Additionally, measurement of plasma CK levels or other markers of muscle damage could indicate the metabolic magnitude of the different conditions.

## ■ FINAL COMMENTS

On the basis of the results of this study it can be inferred that one low intensity strength training session with blood flow restriction does not reduce nitric oxide bioavailability or induce redox imbalance in healthy young men. As perspectives, future studies should assess vascular function in response to strength training with blood flow restriction in greater depth.

## ■ REFERENCES

- Loenneke JP, Wilson JM, Marín PJ, Zourdos MC, Bembem MG. Low intensity blood flow restriction training: a meta-analysis. *Eur J Appl Physiol.* 2012;112(5):1849-59. <http://dx.doi.org/10.1007/s00421-011-2167-x>. PMID:21922259.
- Goldfarb AH, Garten RS, Chee PDM, et al. Resistance exercise effects on blood glutathione status and plasma protein carbonyls: influence of partial vascular occlusion. *Eur J Appl Physiol.* 2008;104(5):813-9. <http://dx.doi.org/10.1007/s00421-008-0836-1>. PMID:18661144.
- Laurentino GC, Ugrinowitsch C, Roschel H, et al. Strength training with blood flow restriction diminishes myostatin gene expression. *Med Sci Sports Exerc.* 2012;44(3):406-12. <http://dx.doi.org/10.1249/MSS.0b013e318233b4bc>. PMID:21900845.
- Fry CS, Glynn EL, Drummond MJ, et al. Blood flow restriction exercise stimulates mTORC1 signaling and muscle protein synthesis in older men. *J Appl Physiol.* 2010;108(5):1199-209. <http://dx.doi.org/10.1152/jappphysiol.01266.2009>. PMID:20150565.
- Takarada Y, Nakamura Y, Aruga S, Onda T, Miyazaki S, Ishii N. Rapid increase in plasma growth hormone after low-intensity resistance exercise with vascular occlusion. *J Appl Physiol.* 2000;88(1):61-5. <http://dx.doi.org/10.1152/jappphysiol.2000.88.1.61>. PMID:10642363.
- Fahs CA, Rossow LM, Thiebaud RS, et al. Vascular adaptations to low-load resistance training with and without blood flow restriction. *Eur J Appl Physiol.* 2014;114(4):715-24. <http://dx.doi.org/10.1007/s00421-013-2808-3>. PMID:24375201.
- Green DJ, Jones H, Thijssen D, Cable NT, Atkinson G. Flow-mediated dilation and cardiovascular event prediction: does nitric oxide matter? *Hypertension.* 2011;57(3):363-9. <http://dx.doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.110.167015>. PMID:21263128.
- Lei J, Vodovotz Y, Tzeng E, Billiar TR. Nitric oxide, a protective molecule in the cardiovascular system. *Nitric Oxide.* 2013;35:175-85. <http://dx.doi.org/10.1016/j.niox.2013.09.004>. PMID:24095696.
- McClellan C, Harris RA, Brown M, Brown JC, Davison GW. Effects of exercise intensity on postexercise endothelial function and oxidative stress. *Oxid Med Cell Longev.* 2015;2015:723679. <http://dx.doi.org/10.1155/2015/723679>. PMID:26583061.
- Powers SK, Jackson MJ. Exercise-induced oxidative stress: cellular mechanisms and impact on muscle force production. *Physiol Rev.* 2008;88(4):1243-76. <http://dx.doi.org/10.1152/physrev.00031.2007>. PMID:18923182.
- Marfell-jones TOM, Stewart A, Carter L. International standards for anthropometric assessment. Potchefstroom: International Society for the Advancement of Kinanthropometry; 2006.
- Yasuda T, Ogasawara R, Sakamaki M, Ozaki H, Sato Y, Abe T. Combined effects of low-intensity blood flow restriction training and high-intensity resistance training on muscle strength and size. *Eur J Appl Physiol.* 2011;111(10):2525-33. <http://dx.doi.org/10.1007/s00421-011-1873-8>. PMID:21360203.
- Madarambe H, Kurano M, Takano H, et al. Effects of low-intensity resistance exercise with blood flow restriction on coagulation system in healthy subjects. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2010;30(3):210-3. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1475-097X.2010.00927.x>. PMID:20175789.
- Miranda KM, Espey MG, Wink DA. A rapid, simple spectrophotometric method for simultaneous detection of nitrate and nitrite. *Nitric Oxide.* 2001;5(1):62-71. <http://dx.doi.org/10.1006/niox.2000.0319>. PMID:11178938.
- Misra HP, Fridovich I. The role of superoxide anion in the autoxidation of epinephrine and a simple assay for superoxide dismutase. *J Biol Chem.* 1972;247(10):3170-5. PMID:4623845.
- Aebi H. Catalase in vitro. *Methods Enzymol.* 1984;105:121-6. [http://dx.doi.org/10.1016/S0076-6879\(84\)05016-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0076-6879(84)05016-3). PMID:6727660.
- Allen JD, Miller EM, Schwark E, Robbins JL, Duscha BD, Annex BH. Plasma nitrite response and arterial reactivity differentiate vascular health and performance. *Nitric Oxide.* 2009;20(4):231-7. <http://dx.doi.org/10.1016/j.niox.2009.01.002>. PMID:19371597.
- Jurva JW, Phillips SA, Syed AQ, et al. The effect of exertional hypertension evoked by weight lifting on vascular endothelial function. *J Am Coll Cardiol.* 2006;48(3):588-9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jacc.2006.05.004>. PMID:16875990.
- Franklin NC, Ali M, Goslawski M, Wang E, Phillips SA. Reduced vasodilator function following acute resistance exercise in obese women. *Front Physiol.* 2014;5:253. <http://dx.doi.org/10.3389/fphys.2014.00253>. PMID:25071598.
- Smith MM, Buffington CAT, Hamlin RL, Devor ST. Relationship between muscle sympathetic nerve activity and aortic wave reflection characteristics in aerobic- and resistance-trained subjects. *Eur J Appl Physiol.* 2015;115(12):2609-19. <http://dx.doi.org/10.1007/s00421-015-3230-9>. PMID:26245524.
- Child R, Brown S, Day S, Donnelly A, Roper H, Saxton J. Changes in indices of antioxidant status, lipid peroxidation and inflammation in human skeletal muscle after eccentric muscle actions. *Clin Sci.* 1999;96(1):105-15. <http://dx.doi.org/10.1042/cs0960105>. PMID:9857113.

---

**Correspondence**

Francesco Pinto Boeno  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Programa de  
Pós-graduação em Ciências do Movimento Humano  
Rua Olavo Bilac, 418/604 – Cidade Baixa  
CEP 90040-310 - Porto Alegre (RS), Brasil  
Tel: +55 (51) 98518-3056  
E-mail: boenofp@gmail.com

**Author information**

FPB - Professor, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI); MSc in Human Movement Sciences, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS);

TRR - Professor, Centro Universitário Metodista (IPA); MSc in Biosciences and Rehabilitation, Centro Universitário Metodista (IPA).  
JBF - MSc in Physical Education, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

LSL and NSM - MSc in Biosciences and Rehabilitation, Centro Universitário Metodista (IPA).

JLR - PhD in Human Movement Sciences, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS); Professor, Centro Universitário Metodista (IPA).

**Author contributions**

Conception and design: FPB, TRR, JLR

Analysis and interpretation: FPB, TRR, LSL, NSM, JBF, JLR

Data collection: FPB, TRR, LSL

Writing the article: FPB, TRR, LSL, NSM, JBF, JLR

Critical revision of the article: FPB, TRR, LSL, NSM, JBF, JLR

Final approval of the article\*: FPB, TRR, LSL, NSM, JBF, JLR

Statistical analysis: FPB, TRR, JBF, JLR

Overall responsibility: FPB, TRR, JLR

\*All authors have read and approved of the final version of the article submitted to J Vasc Bras.

# Efeito agudo do exercício de força com restrição do fluxo sanguíneo sobre parâmetros antioxidantes em indivíduos jovens saudáveis

## *Acute effects of strength exercise with blood flow restriction on vascular function of young healthy males*

Francesco Pinto Boeno<sup>1,2</sup>, Thiago Rozales Ramis<sup>1,3</sup>, Juliano Bouffleur Farinha<sup>1</sup>, Leandro Silva de Lemos<sup>3</sup>, Niara da Silva Medeiros<sup>3</sup>, Jerri Luiz Ribeiro<sup>3</sup>

### Resumo

**Contexto:** O treinamento de força com restrição do fluxo sanguíneo (TFRFS) promove adaptações neuromusculares semelhantes às do treinamento de força tradicional utilizando pequenas cargas de treinamento. No entanto, sua repercussão sobre parâmetros antioxidantes e sobre a função vascular precisa ser mais bem compreendida. **Objetivos:** O objetivo do presente estudo foi investigar o efeito de uma sessão de exercício de força de baixa intensidade com restrição do fluxo sanguíneo, em comparação ao exercício de força de alta intensidade e de baixa intensidade sem restrição do fluxo sanguíneo, sobre os níveis de subprodutos do óxido nítrico e a atividade de enzimas antioxidantes em jovens saudáveis. **Métodos:** Onze indivíduos jovens realizaram três sessões de exercício de força: baixa intensidade com restrição do fluxo sanguíneo (BIRFS), alta intensidade (AI) ou baixa intensidade (BI). Foram avaliadas a atividade das enzimas antioxidantes catalase (CAT), superóxido dismutase (SOD) e dos metabólitos do óxido nítrico (NOx). **Resultados:** Não houve modificações nos níveis plasmáticos de NOx nas diferentes condições de exercício ( $p > 0,05$ ). A atividade da SOD apresentou uma diminuição significativa na condição BIRFS ( $p < 0,05$ ). A atividade da CAT diminuiu significativamente na condição BI ( $p < 0,05$ ). **Conclusões:** A partir do presente estudo sugere-se que uma sessão de treinamento de força de baixa intensidade com restrição do fluxo sanguíneo não reduz a biodisponibilidade do óxido nítrico, bem como não induz desequilíbrio redox em indivíduos jovens saudáveis.

**Palavras-chave:** treinamento de força; óxido nítrico; stress oxidativo; restrição do fluxo sanguíneo.

### Abstract

**Background:** Strength training with blood flow restriction (STBFR) provokes similar neuromuscular adaptations to traditional strength training using low training loads. However, there is a need for better understanding of the repercussions for antioxidant parameters and vascular function. **Objectives:** The objective of the present study was to investigate the effects of a session of low intensity strength training with blood flow restriction, compared with high intensity and low intensity strength training without blood flow restriction, on the levels of nitric oxide products and antioxidant enzyme activity in healthy young men. **Methods:** Eleven young men performed three strength exercise sessions: low intensity with blood flow restriction (LIBFR), high intensity (HI), and low intensity (LI). Activity of the antioxidant enzymes catalase (CAT) and superoxide dismutase (SOD) was assessed and metabolites of nitric oxide (NOx) were assayed before and after each session. **Results:** There were no changes to NOx plasma levels under the different exercise conditions ( $p > 0,05$ ). However, SOD activity exhibited a significant reduction after the LIBFR condition ( $p < 0,05$ ), while CAT activity reduced significantly after the LI condition ( $p < 0,05$ ). **Conclusions:** The results of this study suggest that one session of low intensity strength training with blood flow restriction does not reduce bioavailability of nitric oxide or induce redox imbalance in healthy young men.

**Keywords:** strength training; nitric oxide; oxidative stress; blood flow restriction.

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Programa de Pós-graduação em Ciências do Movimento Humano, Porto Alegre, RS, Brasil.

<sup>2</sup> Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI, Departamento de Ciências da Saúde, São Luiz Gonzaga, RS, Brasil.

<sup>3</sup> Centro Universitário Metodista – IPA, Porto Alegre, RS, Brasil.

Fonte de financiamento: Nenhuma.

Conflito de interesse: Os autores declararam não haver conflitos de interesse que precisam ser informados.

Submetido em: Novembro 05, 2017. Aceito em: Março 13, 2018.

## ■ INTRODUÇÃO

O treinamento de força com restrição do fluxo sanguíneo (TFRFS) tem promovido ganhos significativos de força e hipertrofia muscular através do uso de baixas cargas de treinamento associadas a um componente oclusivo durante a realização do exercício<sup>1</sup>. Diferentes estudos sugerem que as adaptações musculoesqueléticas ao TFRFS ocorrem em intensidades entre 20-50% de uma repetição máxima (1RM) e em proporção semelhante às observadas no treinamento de força tradicional, no qual usualmente são utilizadas cargas em torno de 80% de 1RM<sup>1-3</sup>. Nesse sentido, propõe-se que diferentes mecanismos moleculares estão envolvidos nas adaptações ao TFRFS. Parece haver o recrutamento de unidades motoras ativadas somente em elevadas intensidades de trabalho, devido à baixa disponibilidade de oxigênio<sup>1</sup>; sinalização positiva na cascata de ativação da mTOR<sup>4</sup>; inibição de miostatina<sup>3</sup>; além da elevação na secreção de hormônio do crescimento<sup>5</sup>.

Dessa forma, o TFRF pode ser uma importante ferramenta na promoção de saúde em indivíduos com alguma restrição a elevadas intensidades do exercício. No entanto, poucos estudos têm investigado a repercussão do TFRFS sobre agentes pró-oxidantes e antioxidantes, bem como sua relação com a função vascular<sup>2,6</sup>. Comprometimentos agudos na função vascular têm se mostrado um importante fator prognóstico na incidência de eventos cardiovasculares<sup>7</sup>. A redução da biodisponibilidade do óxido nítrico pode deflagrar uma resposta hipertensiva e pró-oxidante, aumentando exponencialmente o risco cardiovascular tanto em indivíduos saudáveis quanto doentes<sup>8</sup>.

O aumento na produção de espécies reativas de oxigênio repercute na reatividade vascular, acelerando o processo aterosclerótico através do desbalanço entre os sistemas pró e antioxidante, acarretando um elevado risco cardiovascular<sup>9,10</sup>. Portanto, é importante compreender o comportamento de variáveis associadas à função vascular frente a uma sessão de TFRFS, pois este oferece uma alternativa ao treinamento de força tradicional, com intensidade e volume substancialmente menores. O presente estudo tem como objetivo investigar o efeito de uma sessão de exercício de força de baixa intensidade com restrição do fluxo sanguíneo, em comparação ao exercício de força de alta e de baixa intensidade sem restrição do fluxo sanguíneo, sobre os níveis de subprodutos do óxido nítrico e a atividade de enzimas antioxidantes em jovens saudáveis.

## ■ MÉTODOS

Onze indivíduos jovens do sexo masculino, recrutados através de mídia impressa e redes sociais, fisicamente ativos e sem histórico de doenças, voluntariaram-se a participar do presente estudo. O presente trabalho foi

aprovado pelo Comitê de Ética do Centro Universitário Metodista (IPA), sob o registro 361/2012.

## Desenho experimental

Este estudo caracteriza-se como randomizado cruzado, composto por 5 dias de avaliações separados por 72 horas de intervalo entre si. Os voluntários foram submetidos a um protocolo experimental que consistiu em 2 dias de avaliações e três condições de exercício de força: baixa intensidade com restrição de fluxo sanguíneo (BIRFS), alta intensidade (AI) e baixa intensidade (BI).

Na primeira avaliação, foram realizadas a avaliação antropométrica e uma familiarização ao teste de uma repetição máxima (1RM) para os exercícios *leg press* e flexão bilateral de cotovelos. Na segunda visita, foi executado o teste de 1RM para os respectivos exercícios. Após a realização dessas primeiras avaliações, foram agendados os protocolos experimentais. A aplicação dos protocolos ocorreu necessariamente no turno da manhã e consistiu na realização do exercício de força, com ou sem restrição do fluxo sanguíneo. Antes e imediatamente após as intervenções, uma coleta de sangue foi realizada por um profissional habilitado para determinação das variáveis sanguíneas.

## Avaliação antropométrica

A composição corporal foi determinada através do método de cinco componentes, seguindo-se as normas da Sociedade Internacional para o Avanço da Cineantropometria, como previamente descrito<sup>11</sup>.

## Teste de 1RM

Após familiarizações, o teste de força dinâmica máxima foi realizado com uso de pesos livres para o exercício de flexão de cotovelos e de carga para o equipamento *leg press*. Após um período de aquecimento, a intensidade foi fixada em aproximadamente 80% de 1RM prevista. Caso o voluntário conseguisse realizar mais de uma repetição, a carga era aumentada em cerca de 5% até que o sujeito não conseguisse realizar o movimento completo com boa técnica. Foram realizadas no máximo cinco tentativas, sendo respeitados pelo menos 3 minutos de descanso entre as tentativas<sup>12</sup>.

## Protocolos de exercício

Ao chegarem ao laboratório, necessariamente no turno da manhã, os participantes foram posicionados em decúbito dorsal, permanecendo em repouso absoluto por 10 minutos para que a pressão arterial de repouso fosse mensurada. Para tal, foi utilizado o método auscultatório através de um esfigmomanômetro com coluna de mercúrio. A pressão arterial foi medida para determinação da magnitude da restrição do fluxo



sanguíneo. Em seguida, através de randomização por sorteio, os voluntários realizaram uma das condições de exercício supracitadas. As intervenções foram compostas pelos exercícios de flexão do cotovelo e *leg press*, ambos realizados de forma bilateral. O volume determinado nas três condições foi de quatro séries de repetições máximas para cada exercício, com intervalo de 1 minuto entre as séries. A execução do movimento foi controlada por um metrônomo com cadência de um segundo para cada fase do movimento. A intensidade do exercício foi estabelecida em 30% de 1RM nas condições BIRFS e BI, e de 80% de 1RM na condição AI.

Na condição BIRFS, foram fixados manguitos infláveis na porção proximal dos membros superiores dos indivíduos, sendo determinada uma pressão de 20 mmHg abaixo da pressão arterial sistólica (PAS) para execução do exercício de flexão do cotovelo. Ao final do exercício, os manguitos eram retirados e fixados na porção proximal dos membros inferiores, sendo inflados a uma pressão de 20 mmHg acima da PAS<sup>2</sup>. A restrição do fluxo sanguíneo era mantida durante o intervalo de cada série. Para garantir a restrição parcial do fluxo sanguíneo, foi utilizado um oxímetro de dedo (New Tech modelo PM100C, Brasil) após cada série máxima. Em caso de ausência de sinal no equipamento ou oxigenação abaixo de 90%, a pressão no manguito era reduzida em 5 mmHg até a detecção de sinal, dessa forma assegurando-se que o fluxo sanguíneo não fosse completamente interrompido<sup>2,13</sup>. Na condição AI e BI, os manguitos foram apenas fixados nos voluntários na mesma região.

### Coleta sanguínea e análises bioquímicas

Amostras de sangue foram coletadas da região antecubital antes e logo após cada condição de exercício. As amostras foram armazenadas em tubos contendo EDTA, centrifugadas e armazenadas a -80 °C para posterior análise.

As concentrações plasmáticas de nitritos e nitratos (NOx) foram determinadas conforme previamente descrito<sup>14</sup>, e os resultados expressos em  $\mu\text{M}/\text{mL}$ . A atividade da enzima superóxido dismutase (SOD) foi mensurada através da formação de adrenocromo<sup>15</sup>. Os valores de SOD estão expressos em SOD/mg de proteína. A atividade plasmática da enzima catalase (CAT) foi mensurada conforme o método descrito por Aebi<sup>16</sup>, estando os resultados expressos em U/mg de proteína.

### Análise estatística

A distribuição dos dados foi avaliada através do teste de Shapiro-Wilk. Foi utilizada a análise de variância (ANOVA) de modelo misto para comparações entre e intra-grupos. Foi adotado um  $p < 0,05$  como

significativo e utilizado o teste *post hoc* de Bonferroni quando necessário. Todos os dados foram analisados pelo programa estatístico Statistical Package for Social Sciences 20. Os dados estão apresentados como média e desvio padrão (DP).

## RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta as variáveis de caracterização da amostra.

Em ambos os exercícios, o número de repetições realizadas a cada série foi maior na condição BI quando comparado às das demais condições ( $p < 0,05$ ). Na condição BIRFS, o número de repetições concluídas foi significativamente maior para o exercício de flexão do cotovelo em comparação à condição AI, enquanto que, na execução do exercício de *leg press*, o número de repetições executadas não diferiu entre as condições. A média dos valores de 1RM e a média de repetições realizadas ao longo das séries estão demonstradas na Tabela 2.

Não foram encontradas diferenças significativas nos níveis basais de NOx entre as três condições:  $38,8 \pm 18 \mu\text{M}/\text{mL}$  na condição AI;  $40,6 \pm 6 \mu\text{M}/\text{mL}$  na condição BIRFS;  $33,2 \pm 13,7 \mu\text{M}/\text{mL}$  na condição BI. Não houve modulação desses níveis entre os momentos pré e pós-exercício nas três condições experimentais ( $p > 0,05$ ). Entretanto, as concentrações plasmáticas de NOx no momento pós-exercício mostraram-se significativamente reduzidas na condição AI, quando comparadas às da condição BIRFS ( $p < 0,05$ ). A condição BI não apresentou modulações entre os momentos ou diferença quando comparada à das demais condições.

Tabela 1. Caracterização da amostra.

Variável	Média $\pm$ DP
Idade (anos)	23,72 $\pm$ 3,49
Massa corporal (kg)	81,55 $\pm$ 6,10
Massa adiposa (%)	25,91 $\pm$ 3,93
Massa livre de gordura (%)	46,59 $\pm$ 2,90

DP = desvio padrão.

Tabela 2. Valores de 1RM e número de repetições realizadas em cada protocolo.

	BIRFS	AI	BI
<b>1RM</b>			
Flexão de cotovelo	18 $\pm$ 3,19	18 $\pm$ 3,19	18 $\pm$ 3,19
Leg press	172,52 $\pm$ 29,20	172,52 $\pm$ 29,20	172,52 $\pm$ 29,20
<b>Repetições</b>			
Flexão de cotovelo	21,2 $\pm$ 5,3*	5,7 $\pm$ 3	28,1 $\pm$ 12,5*
Leg press	20,3 $\pm$ 6,3	22 $\pm$ 10,8	89,4 $\pm$ 23,3*

# $p < 0,05$  em relação à condição AI; \* $p < 0,05$  em relação às demais condições; BIRFS: baixa intensidade com restrição do fluxo sanguíneo; AI: alta intensidade; BI: baixa intensidade; 1RM: uma repetição máxima.

As alterações nos níveis plasmáticos de NOx estão demonstradas na Figura 1.

A atividade da SOD não apresentou diferença significativa entre as três condições durante o repouso. Contudo, foi encontrada uma diminuição dessa atividade na condição BIRFS no momento pós-exercício ( $p < 0,05$ ). Na condição AI, a atividade da SOD se mostrou significativamente aumentada em relação às demais condições logo após a sessão de exercício (Figura 2).

A atividade da enzima antioxidante CAT mostrou-se significativamente maior na condição BI em relação às demais durante o repouso e após o exercício. Houve uma diminuição significativa da atividade da CAT na

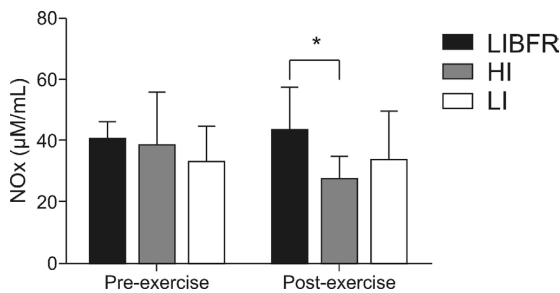


Figura 1. Níveis plasmáticos de metabólitos do óxido nítrico (NOx) pré e pós-exercício. \*Diferença intergrupo ( $p < 0,05$ ).

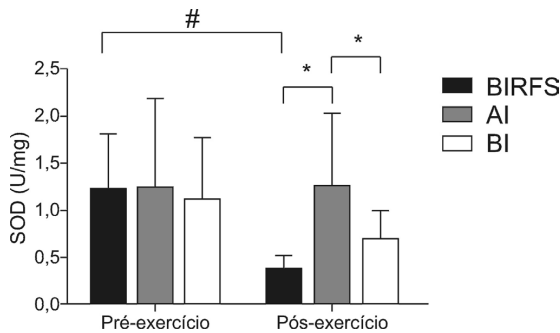


Figura 2. Atividade da superóxido dismutase (SOD) pré e pós-exercício. \*Diferença intergrupo ( $p < 0,05$ ); # Diferença intragrupo ( $p < 0,05$ ).

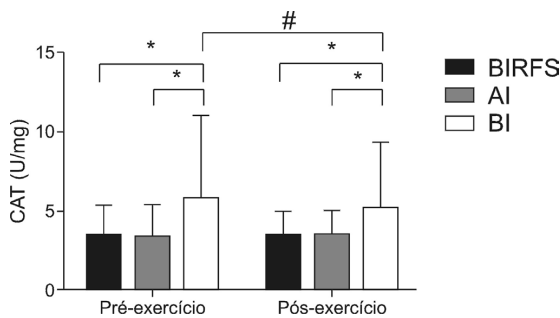


Figura 3. Níveis plasmáticos de catalase (CAT) pré e pós-exercício. \*Diferença intergrupo ( $p < 0,05$ ); # Diferença intragrupo ( $p < 0,05$ ).

condição BI logo ao fim da sessão. Nas condições BIRFS e AI, a atividade da CAT não sofreu alteração em nenhum dos momentos (Figura 3).

## DISCUSSÃO

O presente estudo objetivou investigar o efeito de uma sessão de exercício de força de baixa intensidade com restrição do fluxo sanguíneo (BIRFS), em comparação com os exercícios de força de alta intensidade (AI) e de baixa intensidade sem restrição de fluxo sanguíneo (BI), sobre os níveis de subprodutos do óxido nítrico e sobre a atividade de enzimas antioxidantes em jovens saudáveis. Os principais resultados demonstram que: 1) uma sessão de exercício de força BIRFS não é capaz de modular os níveis plasmáticos de NOx; 2) o exercício de força BIRFS diminui significativamente a atividade da SOD e; 3) os exercícios de AI e BIRFS não modulam a atividade da CAT.

NOx são produtos finais do metabolismo do óxido nítrico, o qual exibe um papel fisiológico duplo, pois ao mesmo tempo em que desempenha função vasodilatadora, anti-hipertensiva e antiaterosclerótica, também pode causar danos oxidativos através da formação do radical peroxinitrito na presença do ânion superóxido<sup>8,17</sup>. Como anteriormente citado, os níveis plasmáticos de NOx não foram alterados em resposta à condição BIRFS. No entanto, quando comparados aos da condição AI, esses níveis se mostram significativamente maiores após o exercício. Já foi demonstrado que, agudamente, o exercício de força tradicional de alta intensidade pode comprometer a vasodilatação mediada pelo fluxo, reduzindo os níveis de NOx em indivíduos sedentários<sup>18,19</sup>. Nesse cenário, a redução da biodisponibilidade do óxido nítrico, associada à alta intensidade, pode ser resultado de dois fatores: aumento da ativação simpática durante o exercício e consequente vasoconstrição mediada pela acetilcolina<sup>20</sup> e aumento da preensão muscular sobre os vasos sanguíneos quando se recrutam grandes grupos musculares<sup>19,20</sup>.

Foi observada, no presente estudo, uma redução significativa da atividade da SOD na condição BIRFS. Como os níveis de NOx não se encontraram reduzidos após o protocolo BIRFS, pode-se sugerir que essa sessão não foi capaz de causar significativa produção de espécies reativas de oxigênio e consequente grau transitório de estresse oxidativo, não exigindo uma aumentada atividade da SOD para eliminação de um possível excesso de superóxido<sup>8,10</sup>. Nesse contexto, em um estudo envolvendo um protocolo de BIRFS muito semelhante, não foi encontrado aumento dos níveis sanguíneos de marcadores pró-oxidativos ou antioxidantes logo após a sessão de exercício, corroborando o fato de que esse tipo de sessão não

é capaz de provocar significativo grau de estresse oxidativo<sup>2</sup>.

No presente estudo, a atividade da CAT não apresentou alteração frente aos protocolos BIRFS e AI. A enzima da CAT reduz os níveis de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) à água (H<sub>2</sub>O) e ao oxigênio (O<sub>2</sub>)<sup>10</sup>. O baixo volume de exercício e a magnitude da lesão muscular podem justificar os resultados apresentados. No trabalho de Child et al., envolvendo um desenho experimental no qual os sujeitos realizaram 70 contrações excêntricas máximas de extensão de joelhos, foi encontrado aumento significativo de dano muscular, representado pela creatina quinase (CK) e, por consequência, aumento da proteção antioxidante<sup>21</sup>. Dessa forma, nossos achados também podem estar relacionados ao baixo impacto dos protocolos de exercícios sobre o dano muscular induzido pelo exercício.

Algumas limitações foram relevantes no presente estudo. Por exemplo, a medida da função vascular foi realizada apenas através de variáveis bioquímicas, sendo que medidas de análise de imagem ou pletismografia poderiam subsidiar inferências mais contundentes a partir de nossos resultados. Adicionalmente, a mensuração dos níveis plasmáticos de CK ou dos demais marcadores de lesão muscular poderiam dimensionar a magnitude metabólica das diferentes condições.

## ■ CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados apresentados, pode-se inferir que uma sessão de treinamento de força de baixa intensidade com restrição do fluxo sanguíneo não reduz a biodisponibilidade do óxido nítrico, bem como não induz desequilíbrio redox em indivíduos jovens saudáveis. Como perspectivas, futuros estudos devem avaliar de modo mais amplo a função vascular em resposta ao treinamento de força com restrição do fluxo sanguíneo.

## ■ REFERÊNCIAS

- Loenneke JP, Wilson JM, Marín PJ, Zourdos MC, Bembien MG. Low intensity blood flow restriction training: a meta-analysis. *Eur J Appl Physiol.* 2012;112(5):1849-59. <http://dx.doi.org/10.1007/s00421-011-2167-x>. PMID:21922259.
- Goldfarb AH, Garten RS, Chee PDM, et al. Resistance exercise effects on blood glutathione status and plasma protein carbonyls: influence of partial vascular occlusion. *Eur J Appl Physiol.* 2008;104(5):813-9. <http://dx.doi.org/10.1007/s00421-008-0836-1>. PMID:18661144.
- Laurentino GC, Ugrinowitsch C, Roschel H, et al. Strength training with blood flow restriction diminishes myostatin gene expression. *Med Sci Sports Exerc.* 2012;44(3):406-12. <http://dx.doi.org/10.1249/MSS.0b013e318233b4bc>. PMID:21900845.
- Fry CS, Glynn EL, Drummond MJ, et al. Blood flow restriction exercise stimulates mTORC1 signaling and muscle protein synthesis in older men. *J Appl Physiol.* 2010;108(5):1199-209. <http://dx.doi.org/10.1152/jappphysiol.01266.2009>. PMID:20150565.
- Takarada Y, Nakamura Y, Aruga S, Onda T, Miyazaki S, Ishii N. Rapid increase in plasma growth hormone after low-intensity resistance exercise with vascular occlusion. *J Appl Physiol.* 2000;88(1):61-5. <http://dx.doi.org/10.1152/jappphysiol.2000.88.1.61>. PMID:10642363.
- Fahs CA, Rossow LM, Thiebaud RS, et al. Vascular adaptations to low-load resistance training with and without blood flow restriction. *Eur J Appl Physiol.* 2014;114(4):715-24. <http://dx.doi.org/10.1007/s00421-013-2808-3>. PMID:24375201.
- Green DJ, Jones H, Thijssen D, Cable NT, Atkinson G. Flow-mediated dilation and cardiovascular event prediction: does nitric oxide matter? *Hypertension.* 2011;57(3):363-9. <http://dx.doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.110.167015>. PMID:21263128.
- Lei J, Vodovotz Y, Tzeng E, Billiar TR. Nitric oxide, a protective molecule in the cardiovascular system. *Nitric Oxide.* 2013;35:175-85. <http://dx.doi.org/10.1016/j.niox.2013.09.004>. PMID:24095696.
- McClellan C, Harris RA, Brown M, Brown JC, Davison GW. Effects of exercise intensity on postexercise endothelial function and oxidative stress. *Oxid Med Cell Longev.* 2015;2015:723679. <http://dx.doi.org/10.1155/2015/723679>. PMID:26583061.
- Powers SK, Jackson MJ. Exercise-induced oxidative stress: cellular mechanisms and impact on muscle force production. *Physiol Rev.* 2008;88(4):1243-76. <http://dx.doi.org/10.1152/physrev.00031.2007>. PMID:18923182.
- Marfell-jones TOM, Stewart A, Carter L. International standards for anthropometric assessment. Potchefstroom: International Society for the Advancement of Kinanthropometry; 2006.
- Yasuda T, Ogasawara R, Sakamaki M, Ozaki H, Sato Y, Abe T. Combined effects of low-intensity blood flow restriction training and high-intensity resistance training on muscle strength and size. *Eur J Appl Physiol.* 2011;111(10):2525-33. <http://dx.doi.org/10.1007/s00421-011-1873-8>. PMID:21360203.
- Madarame H, Kurano M, Takano H, et al. Effects of low-intensity resistance exercise with blood flow restriction on coagulation system in healthy subjects. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2010;30(3):210-3. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1475-097X.2010.00927.x>. PMID:20175789.
- Miranda KM, Espey MG, Wink DA. A rapid, simple spectrophotometric method for simultaneous detection of nitrate and nitrite. *Nitric Oxide.* 2001;5(1):62-71. <http://dx.doi.org/10.1006/niox.2000.0319>. PMID:11178938.
- Misra HP, Fridovich I. The role of superoxide anion in the autoxidation of epinephrine and a simple assay for superoxide dismutase. *J Biol Chem.* 1972;247(10):3170-5. PMID:4623845.
- Aebi H. Catalase in vitro. *Methods Enzymol.* 1984;105:121-6. [http://dx.doi.org/10.1016/S0076-6879\(84\)05016-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0076-6879(84)05016-3). PMID:6727660.
- Allen JD, Miller EM, Schwark E, Robbins JL, Duscha BD, Annex BH. Plasma nitrite response and arterial reactivity differentiate vascular health and performance. *Nitric Oxide.* 2009;20(4):231-7. <http://dx.doi.org/10.1016/j.niox.2009.01.002>. PMID:19371597.
- Jurva JW, Phillips SA, Syed AQ, et al. The effect of exertional hypertension evoked by weight lifting on vascular endothelial function. *J Am Coll Cardiol.* 2006;48(3):588-9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jacc.2006.05.004>. PMID:16875990.
- Franklin NC, Ali M, Goslawski M, Wang E, Phillips SA. Reduced vasodilator function following acute resistance exercise in obese women. *Front Physiol.* 2014;5:253. <http://dx.doi.org/10.3389/fphys.2014.00253>. PMID:25071598.
- Smith MM, Buffington CAT, Hamlin RL, Devor ST. Relationship between muscle sympathetic nerve activity and aortic wave reflection characteristics in aerobic- and resistance-trained

subjects. *Eur J Appl Physiol.* 2015;115(12):2609-19. <http://dx.doi.org/10.1007/s00421-015-3230-9>. PMID:26245524.

21. Child R, Brown S, Day S, Donnelly A, Roper H, Saxton J. Changes in indices of antioxidant status, lipid peroxidation and inflammation in human skeletal muscle after eccentric muscle actions. *Clin Sci.* 1999;96(1):105-15. <http://dx.doi.org/10.1042/cs0960105>. PMID:9857113.

---

#### Correspondência

Francesco Pinto Boeno  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Programa de Pós-graduação em Ciências do Movimento Humano  
Rua Olavo Bilac, 418/604 – Cidade Baixa  
CEP 90040-310 - Porto Alegre (RS), Brasil  
Tel.: (51) 98518-3056  
E-mail: boenofp@gmail.com

#### Informações sobre os autores

FPB - Professor, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI); Mestre em Ciências do Movimento Humano, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS);  
TRR - Professor, Centro Universitário Metodista (IPA); Mestre em Biociências e Reabilitação, Centro Universitário Metodista (IPA).  
BF - Mestre em Educação Física, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).  
LSL e NSM - Mestres em Biociências e Reabilitação, Centro Universitário Metodista (IPA).  
JLR - Doutor em Ciências do Movimento Humano, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS); Professor, Centro Universitário Metodista (IPA).

#### Contribuições dos autores

Concepção e desenho do estudo: FPB, TRR, JLR  
Análise e interpretação de dados: FPB, TRR, LSL, NSM, JBF, JLR  
Coleta de dados: FPB, TRR, LSL  
Redação do artigo: FPB, TRR, LSL, NSM, JBF, JLR  
Revisão crítica do texto: FPB, TRR, LSL, NSM, JBF, JLR  
Aprovação final do artigo\*: FPB, TRR, LSL, NSM, JBF, JLR  
Análise estatística: FPB, TRR, JBF, JLR  
Responsabilidade geral pelo estudo: FPB, TRR, JLR

\*Todos os autores leram e aprovaram a versão final submetida ao J Vasc Bras.