

Efeitos da intensidade do exercício de força sobre a cinética da frequência cardíaca

Effects of resistance exercise intensity on heart rate kinetics

BARBOSA NETTO, S; SANTOS, L M; ALMEIDA, M B. Efeitos da intensidade do exercício de força sobre a cinética da frequência cardíaca. **R. bras. Ci. e Mov** 2015;23(1):88-94.

RESUMO: Com o intuito de comparar as respostas da FC nos transientes rápidos inicial e final no exercício de força (extensão de joelho) realizado a 50%, 80% e 100% da carga para executar 10 repetições máximas (10RM), um grupo de 12 adultos jovens com no mínimo de seis meses de treinamento no exercício de força e assintomáticos foram monitorados continuamente durante três momentos: repouso, exercício e recuperação, sempre em períodos de 15 s, mediante um cardiofrequencímetro. A cadência do exercício foi controlada por um metrônomo. Nas três fases do experimento, os valores absolutos da frequência cardíaca (intervalos RR medidos em ms) foram agrupados em intervalos de tempo de 5 segundos e calculadas as médias para cada medida de frequência cardíaca. Todos os níveis de variáveis apresentaram distribuição normal de acordo com o teste de Kolmogorov-Smirnov ($p > 0,05$), logo foi aplicada a estatística paramétrica por intermédio da análise de variância (ANOVA) de dois fatores, sendo adotado um nível de significância de 5%. Concluímos que apesar da carga mais elevada apresentar valores médios mais altos, a cinética da resposta da frequência cardíaca nos transientes rápidos inicial e final não é influenciada pela intensidade do exercício na extensão de joelho unilateral.

Palavras-chave: Sistema Nervoso Autônomo; Exercício; Força Muscular.

ABSTRACT: To the aim of to compare the heart rate responses on the initial and final fast transients of resistance exercise (knee extension) performed at 50%, 80% e 100% % of the maximal load in 10 maximal repetitions (10RM), a group of twelve young-adults trained at least six months in resistance exercise and asymptomatic were continuously evaluated by a heart rate monitor during three stages: at rest, in the exercise and on recovery, all of them containing the same period of time (15 s). The cadence of the exercise was controlled by a metronome. In all phases of the experiment, the absolute values of heart rate (RR interval measured in ms) were grouped at intervals of 5 seconds, and calculated the mean for each measure heart rate. All levels of variables were normally distributed according to the Kolmogorov-Smirnov test ($p > 0.05$), was soon applied through parametric statistical analysis of variance (ANOVA) of two factors, adopting a significance level 5%. We conclude that despite the higher charge have higher average values, the response of heart rate kinetics in the initial and final fast transients is not influenced by exercise intensity in unilateral knee extension.

Key Words: Autonomic Nervous System; Exercise; Muscle Strength.

Sebastião Barbosa Netto¹
Lenifran de Matos Santos²
Marcos Bezerra Almeida¹

¹Universidade Federal de Sergipe

²Universidade Universo - RJ

Recebido: 29/01/2014

Aceito: 10/03/2015

Contato: Sebastião Barbosa Netto - barbosa.netto@yahoo.com.br

Introdução

A frequência cardíaca (FC) tem sido mencionada como uma importante ferramenta para a elaboração de programas de treinamento aeróbio, sendo modulada pelos ramos simpático e parassimpático do sistema nervoso autônomo¹.

As atuações desses ramos podem ser de fundamental importância para compreendermos o comportamento da FC tanto no início (transiente inicial) quanto no final (transiente final) do exercício. Mattioli e Araújo² denominaram e dividiram esses transientes em: a) rápido (respostas que ocorrem nos primeiros segundos) e b) lento (respostas que ocorrem em um ou dois minutos), facilitando a análise e compreensão do comportamento dessas variáveis.

Araújo *et al.*³ utilizaram bloqueio farmacológico para avaliar a atividade vagal cardíaca (parassimpática) na transição repouso/exercício e verificaram que no transiente inicial rápido, a FC aumenta exclusivamente devido a retirada da atividade vagal. Em exercícios de força, comportamento similar foi encontrado por Lentini *et al.*⁴ durante as fases pré-exercício/exercício, seguido de uma estabilização da FC durante o exercício *leg press* (membros inferiores). Paschoa *et al.*⁵ observaram que no transiente final, exercício/recuperação, a FC diminuiu rapidamente durante os 30 segundos da recuperação, sugerindo a reentrada da atividade vagal cardíaca⁶.

Daanen *et al.*⁷ e Lima *et al.*⁸ realizaram revisões sistemáticas sobre a recuperação da FC, contemplando estudos transversais e longitudinais e observaram que é difícil estabelecer parâmetros uma vez que as investigações possuem amostras pequenas, e amplas variações metodológicas, como por exemplo, grupos com homens e/ou mulheres, variados tipos de exercício e períodos de recuperação diferentes. Ainda assim, ambas as revisões sugerem que estas respostas da FC no transiente final do exercício ocorrem devido à ação de diversos mecanismos de controle cardiovascular, contudo, em especial, a regulação autonômica.

Como observado, os estudos que mostraram as respostas da FC ao exercício de força se limitaram a identificar os valores em repouso e ao final do exercício,

ou então apenas ao longo de todo o exercício. Entretanto, ao nosso melhor conhecimento, poucos estudos investigaram adequadamente as respostas aos transientes rápidos inicial e final, do exercício de força e se há uma relação de dependência com a intensidade do exercício.

Sendo assim, o objetivo do estudo foi comparar as respostas da FC nos transientes rápidos inicial e final no exercício de força (extensão de Joelho) realizado a 50%, 80% e 100% da carga para executar 10 repetições máximas. Nossa hipótese é que quanto maior a intensidade do exercício, mais discrepantes serão as respostas da FC nos transientes rápidos inicial e final do exercício de força.

Materiais e Métodos

Amostra

A amostra foi constituída por conveniência (alunos da academia) e contou com 12 adultos jovens (homens entre 20 e 28 anos) que tinham no mínimo seis meses de treinamento no exercício de força, assintomáticos quanto aos sistemas cardiorrespiratório e locomotor. O projeto foi previamente aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa em seres humanos da Universidade Federal de Sergipe sob protocolo nº CAAE 0024.0.107.000-10. Todos os indivíduos leram e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido antes do início dos procedimentos.

Procedimentos para Coleta de Dados

No primeiro dia, foi entregue ao participante um termo de consentimento contendo as informações sobre o processo de coleta dos dados. Após o consentimento, foi aplicado o questionário PAR-Q, no qual todos os participantes responderam negativamente. Em seguida foram realizadas medidas antropométricas (massa corporal e estatura) numa balança mecânica com estadiômetro (*Filizola*, Brasil).

Posteriormente, os participantes foram submetidos a um teste de carga para 10 repetições máximas no exercício de cadeira extensora (modelo Turbine MT940, *Buick*, Brasil), durante o qual permaneceram sentados, devidamente ajustados ao aparelho e seguros por um

cinturão pélvico para evitar uma possível extensão do quadril⁹. A partir disso, foi solicitada uma extensão do joelho unilateral (membro dominante). Vale ressaltar que, a todo momento, os participantes foram motivados pelo mesmo avaliador, ao decorrer de três tentativas (séries), com intervalo de 10 minutos, para obtenção da carga para 10 repetições máximas. Caso não conseguissem nas três tentativas, o participante deveria retornar após 48h para nova tentativa.

Os participantes retornaram para um re-teste da carga máxima 48 horas depois. Após estabelecermos a carga individual para 10 RM, eles retornaram em outros três dias não consecutivos (intervalo mínimo de 48h) para realização dos testes em diferentes intensidades 100%, 80% e 50%, em ordem aleatória definida por sorteio. Os indivíduos foram orientados a evitar consumo de álcool nas 24h anteriores à realização dos exercícios. O consumo de cafeína foi mantido dentro dos seus níveis rotineiros. Durante o exercício, os indivíduos foram monitorados constantemente por um monitor de frequência cardíaca Polar S810i (Polar, Finlândia) e por um metrônomo (modelo DM 50, Seiko, China) para controlarmos a velocidade de execução durante três fases: 15 segundos antes do exercício, durante o exercício (15 segundos) e 15 segundos após o exercício, totalizando 45 segundos de teste.

A determinação da carga foi realizada da seguinte forma: se um participante suportou 55 kg nas 10 repetições máximas, logo, 44 kg e 27,5 kg seriam correspondentes a 80% e 50% de 55 kg, respectivamente. No entanto, como as placas da cadeira extensora utilizada no estudo eram de 5 kg, realizamos o seguinte procedimento para estabelecermos as intensidades: cargas com as unidades ≤ 2 kg, sofriam um decréscimo. Cargas com unidades ≥ 3 kg sofriam um acréscimo. No exemplo anterior: 100% = 55 kg, 80% = 45 kg e 50% = 25 kg.

O metrônomo foi configurado para uma cadência de 80 batimentos por minuto, o que equivale à execução das 10 repetições em exatos 15 s, ou seja, um período de tempo de 1,5 s para cada ciclo completo de flexão-extensão do joelho.

Análise Estatística

Nas três fases do experimento (repouso, exercício e recuperação), os valores absolutos da FC (intervalos RR medidos em ms) foram agrupados em intervalos de tempo de 5 segundos e calculadas as médias para cada medida de FC. Desta forma, os dados foram analisados considerando uma série de nove medidas repetidas, em três distintas situações, caracterizadas pela intensidade do exercício (50%, 80% e 100% da carga para 10RM).

Todos os níveis de variáveis apresentaram distribuição normal de acordo com o teste de Kolmogorov-Smirnov ($p > 0,05$), logo foi aplicada a estatística paramétrica por intermédio da análise de variância (ANOVA) de dois fatores (3 x 3) com medidas repetidas no segundo fator. Adicionalmente, a ANOVA de um fator seguida de *post hoc* de Tukey foi aplicada para a comparação dos valores médios da FC (em bpm) do último intervalo de tempo do exercício. Os cálculos foram realizados no software estatístico SPSS 20.0 (IBM, EUA), sendo adotado um nível de significância de 5%.

Resultados

Em todas as intensidades, a FC apresentou uma aceleração rápida no transiente inicial do exercício (repouso-exercício) e uma resposta lenta no transiente final (exercício-recuperação) (figura 1). Não houve, contudo, efeito da intensidade sobre a cinética destas respostas, pois a interação entre intensidade e momento da medida não apresentou diferença significativa ($p = 0,225$; poder de 0,797), apesar da proximidade com o limite observado no transiente inicial do exercício ($p = 0,052$; poder de 0,578). Houve diferença significativa ao longo da série de medidas repetidas da FC ($p < 0,001$; poder de 1,000). Todavia, as intensidades testadas resultaram em respostas similares ($p = 0,097$; poder de 0,467).

No momento final do exercício, os valores da FC foram maiores proporcionalmente à intensidade da carga (ANOVA $p = 0,010$), contudo o *post hoc* de Tukey detectou diferença significativa apenas entre as intensidades leve e vigorosa ($p < 0,05$; figura 2). Os valores individuais mais altos em cada intensidade foram

132 bpm, 135 bpm e 147 bpm, para leve, moderada e vigorosa, respectivamente.

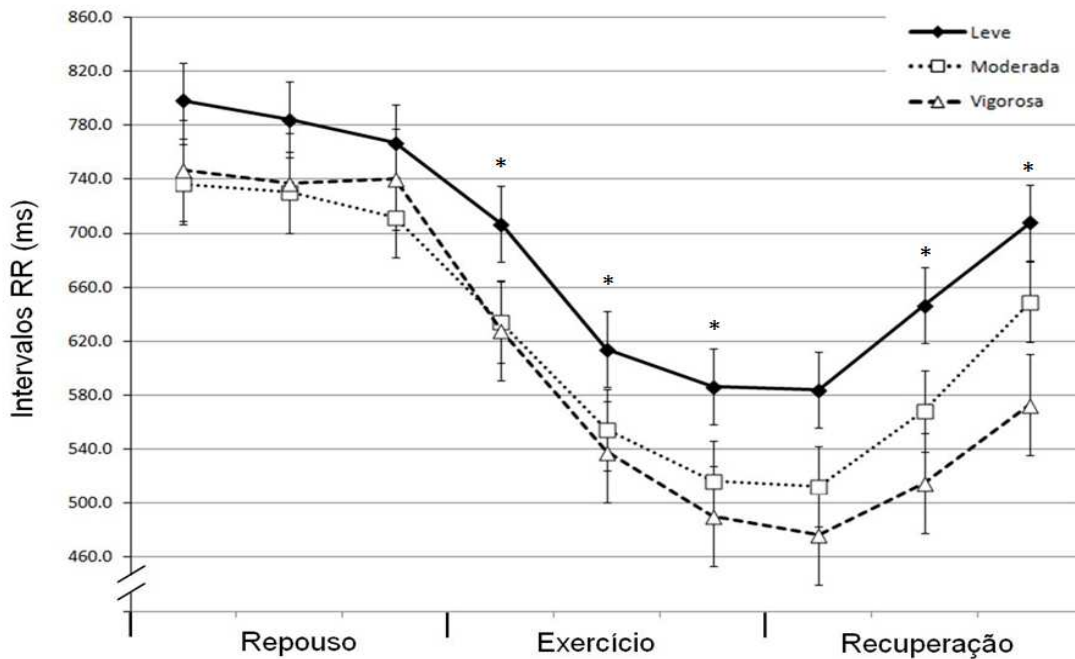


Figura 1. Cinética da frequência cardíaca pré-, durante e pós-exercício na extensão de joelho unilateral na cadeira extensora em três intensidades leve (50%), moderada (80%) e vigorosa (100%) da carga para 10RM.
* Significa $p < 0,001$ (poder de 1,00) em relação ao estágio imediatamente anterior

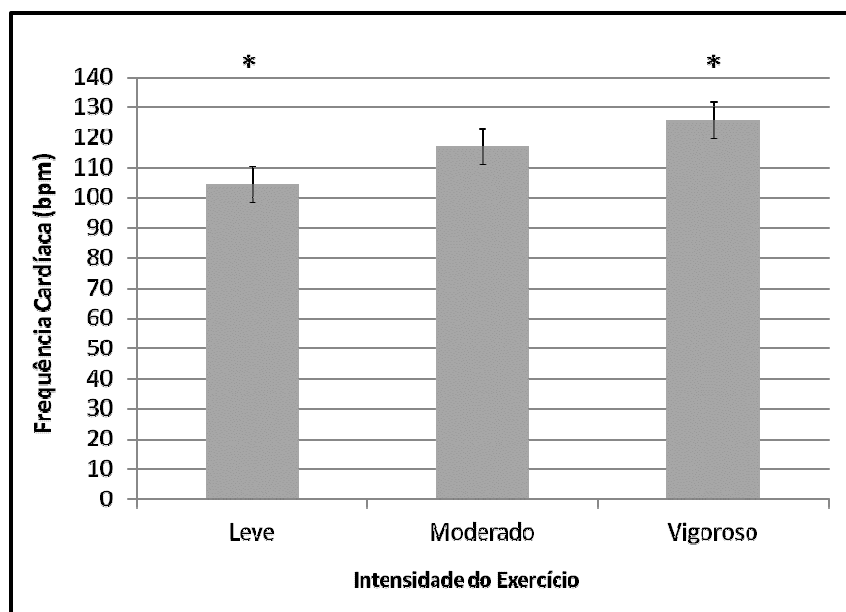


Figura 2. Frequência cardíaca no final do período de exercício em cada uma das intensidades testadas na extensão unilateral do joelho. Valores são apresentados como média e erro padrão da média.
*significa $p < 0,05$

Discussão

O objetivo deste estudo foi comparar as respostas da FC nos transientes rápidos inicial e final na extensão de joelho unilateral realizada a 50%, 80% e 100% da carga equivalente para executar 10 RM. Não houve diferença na cinética das respostas da FC entre as

intensidades propostas, contudo a aceleração da FC no transiente inicial foi mais acentuada do que a desaceleração no transiente final (figura 1).

Mesmo em apenas 15 s de exercício, as respostas de FC aumentaram e diferiram de acordo com a intensidade, apesar de não apresentarem diferenças

significativas entre si ($p= 0,225$). Essas respostas diferem das dos exercícios aeróbicos, cujas investigações normalmente adotam exercícios progressivos. Neste sentido, Alonso *et al.*¹⁰ investigaram a FC em exercício progressivo até a exaustão (cicloergômetro) e verificaram que à medida que a intensidade foi aumentando, a FC foi aumentando até se estabilizar. Entretanto, deve-se compreender que no exercício aeróbico progressivo as cargas foram ajustadas minuto a minuto e o tempo total de esforço foi superior à duração do treino de força. Em exercícios intervalados, quanto maior a intensidade dos estímulos maior a FC¹¹. Contudo, este referido estudo analisou a FC após o exercício e não durante, além de ter contemplado um período de tempo mais longo que o do nosso estudo. Ainda assim, as evidências indicam que com o aumento da intensidade do exercício há retirada da atividade vagal e aumento da atividade simpática¹².

Outros estudos investigaram os efeitos da intensidade sobre o balanço autonômico, mas apenas na fase de recuperação até 60 min¹³ e 90 min¹⁴. Rezk *et al.*¹⁴ não encontraram diferenças na atividade autonômica em função da intensidade do exercício de força (40% e 80% de 1RM). Contudo, é possível que uma variável interveniente deste estudo tenha sido o tempo total de tensão (3 x 20 reps vs 3 x 10 reps). Mais recentemente, o mesmo grupo buscou controlar esta variável adotando um mesmo número de repetições para dois níveis de intensidade (50% e 70% de 1RM)¹³. Desta vez, os exercícios mais intensos provocaram maiores alterações na modulação autonômica, reduzindo a atividade parassimpática e aumentando a atividade adrenérgica. Ainda assim, mesmo com um mesmo número de repetições em cada intensidade, não se sabe adequadamente se o tempo de duração (em segundos) foi similar ou não.

Esta preocupação tem sentido, pois ao que parece as respostas cardiovasculares podem ser dependentes tanto da intensidade como da duração do esforço¹⁵. Desta forma, em nosso estudo um metrônomo foi utilizado com o intuito de manter o exercício numa mesma cadência, comparando exclusivamente a intensidade do exercício em função de equalizar o tempo de duração de cada série

ao utilizar o mesmo número de repetições para todos os indivíduos, evitando variações no padrão de recrutamento de unidades motoras¹⁶, na velocidade das contrações e subsequente aumento da FC¹⁷.

Lamotte *et al.*¹⁷ também controlaram a velocidade de execução por intermédio de um metrônomo, desta vez configurado para manter a cadência dos movimentos equivalente a uma extensão/flexão de joelhos a cada 2 s, 4 s e 6 s, o que representa um tempo um pouco mais longo do que nosso protocolo para completar as 10 repetições programadas (15 s vs 20 a 60 s). Optamos por realizar cada ciclo de movimento a cada 1,5 s o que levou a um tempo de execução padronizado de 15 s.

Analisando o transiente rápido inicial, há um aumento da FC nos primeiros segundos do exercício devido à retirada do componente vagal e da ação dos mecanorreceptores^{3,18-20} oriundos da musculatura esquelética que executou o exercício. Com relação ao transiente rápido final, exercício-recuperação, observamos a resposta da FC no período de recuperação em predominância quase exclusiva da reativação vagal⁶. O tempo de 15 s não foi suficiente para restaurar a FC aos níveis de repouso ($p<0,01$, para todas as intensidades) ocorrendo uma diminuição gradativa da FC, diferentemente do estudo de Paschoa *et al.*⁵, que observaram uma rápida diminuição da FC até chegar aos níveis de repouso. Isso possivelmente ocorreu devido ao maior tempo de recuperação dado no estudo acima citado (30 s), suficiente para diminuir a atividade adrenérgica e promovendo aumento do componente vagal superior ao do nosso estudo⁶. Não obstante, com relação às intensidades, não houve diferença significativa, logo, podemos afirmar que no exercício de força unilateral para 10 repetições, a intensidade do exercício (50, 80 ou 100% da carga) não interfere significativamente nas respostas autonômicas.

A amostra do estudo consistiu de homens jovens, assintomáticos e fisicamente ativos, ou seja, pessoas treinadas e com esperada integridade autonômica preservada, não sendo claro que essas respostas podem ser observadas em indivíduos cardiopatas, hipertensos ou diabéticos. Importante mencionar que os resultados

obtidos denotam certa segurança na execução desses exercícios, mesmo em intensidades altas, em face às respostas cardíacas relativamente baixas (<150 bpm) observadas ao longo do exercício, independentemente da intensidade adotada. Outro aspecto metodológico a se considerar foi o limite de carga da cadeira extensora (100 kg), nível facilmente alcançado por vários indivíduos. Por essa razão, o teste foi realizado de forma unilateral. Ainda assim, este foi um problema similar ao encontrado no estudo de Paschoa *et al.*⁵ o que de certa forma, favorece a comparação dos resultados entre os estudos.

A busca por evidências acerca desta temática nos remete a um quadro de relativa escassez de informações. A maior parte dos estudos encontrados nas bases de dados investiga os efeitos crônicos dos exercícios de força sobre a FC, mas não agudos, ou ainda os efeitos pós-exercício⁸. Este panorama limita em parte a discussão dos resultados do ponto de vista da análise metodológica. Todavia, Barros *et al.*²¹ apresentaram uma proposta de identificação do limiar de lactato nos exercícios de força que pode contemplar futuramente a análise associada da FC neste tipo de esforço.

Conclusão

Concluimos que apesar da carga mais elevada apresentar valores médios mais altos, a cinética da resposta da FC nos transientes rápidos inicial e final não é influenciada pela intensidade do exercício na extensão de joelho unilateral.

Referências

1. Almeida MB. Frequência cardíaca e exercício: uma interpretação baseada em evidências. **Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum** 2007;9:196-202.
2. Mattioli GM, Araújo CGS. Association between initial and final transient heart rate responses in exercise testing. **Arq Bras Cardiol** 2009;93(2):133-8
3. Araujo CG, Nobrega AC, Castro CL. Heart rate responses to deep breathing and 4-seconds of exercise before and after pharmacological blockade with atropine and propranolol. **Clin Auton Res** 1992;2:35-40.
4. Lentini AC, McKelvie RS, McCartney N, Tomlinson CW, MacDougall JD. Left ventricular response in healthy young men during heavy-intensity weight-lifting exercise. **J Appl Physiol** 1993;75(6):2703-10.
5. Paschoa DC, Coutinho JFS, Almeida MB. Análise da variabilidade da frequência cardíaca no exercício de força. **Rev SOCERJ** 2006. 19:385-390.
6. Imai K, Sato H, Hori M, Kusuoka H, Ozaki H, Yokoyama H, et al. Vagally mediated heart rate recovery after exercise is accelerated in athletes but blunted in patients with chronic heart failure. **J Am Coll Cardiol** 1994;24:1529-1535.
7. Daanen HAM, Lamberts RP, Kallen VL, Jin A, Van Meeteren NLU. A systematic review on heart rate recovery to monitor changes in training status in athletes. **Int J Sports Physiol Perform** 2012;7:251-60.
8. Lima, J. R. P., Oliveira T. P., Ferreira-Júnior, A. J. Recuperação autonômica cardíaca pós-exercício: Revisão dos mecanismos autonômicos envolvidos e relevância clínica e desportiva. **Motricidade** 2012; 8(S2):419-430.
9. Nozaki D, Nakazawa K, Akai M. Uncertainty of knee joint muscle activity during knee joint torque exertion: the significance of controlling adjacent joint torque. **J Appl Physiol** 2005;99:1093-1103.
10. Alonso DO, Forjaz CL, Rezende LO, Braga AM, Barretto AC, Negrao CE, et al. Comportamento da frequência cardíaca e da sua variabilidade durante as diferentes fases do exercício físico progressivo máximo. **Arq Bras Cardiol** 1998;71:787-792.
11. Kaikkonen P, Hynynen E, Mann T, Rusko H, Nummela A. Heart rate variability is related to training load variables in interval running exercises. **Eur J Appl Physiol**, 2012; 112: 829-38
12. Arai Y, Saul JP, Albrecht P, Hartley LH, Lilly LS, Cohen RJ, et al. Modulation of cardiac autonomic activity during and immediately after exercise. **Am J Physiol** 1989;256:H132-141.
13. Lima AH, Forjaz CL, Silva GQ, Meneses AL, Silva AJ, Ritti-Dias RM. Acute effect of resistance exercise intensity in cardiac autonomic modulation after exercise. **Arq Bras Cardiol** 2011;96:498-503.
14. Rezk CC, Marrache RC, Tinucci T, Mion D, Jr., Forjaz CL. Post-resistance exercise hypotension, hemodynamics, and heart rate variability: influence of exercise intensity. **Eur J Appl Physiol** 2006;98:105-112.
15. Farinatti PTV, Assis B. Estudo da frequência cardíaca, pressão arterial e duplo-produto em exercícios contra-resistência e aeróbico contínuo. **Rev Bras Ativ Fís e Saúde** 2000;5:5-16.
16. Hodson-Tole EF, Wakeling JM. Motor unit recruitment patterns 1: responses to changes in locomotor velocity and incline. **J Exp Biol** 2008. 211:1882-1892.
17. Lamotte M, Fleury F, Pirard M, Jamon A, van de Borne P. Acute cardiovascular response to resistance training during cardiac rehabilitation: effect of repetition speed and rest periods. **Eur J Cardiovasc Prev Rehabil** 2010;17:329-336.
18. Bull, R. K., Davies, C. T., Lind, A. R. & White, M. J. The human pressor response during and following voluntary and evoked isometric contraction with occluded local blood supply. **J Physiol** 1989; 411:63-70.
19. Coote, J. H. Recovery of heart rate following intense dynamic exercise. **Exp Physiol** 2010: 95431-440.
20. Gladwell, V. F., Fletcher, J., Patel, N., Elvidge, L. J., Lloyd, D., Chowdhary, S., & Coote, J. H. The influence of small fibre muscle mechanoreceptors on the cardiac vagus in humans. **J Physiol**. 2005: 567, 713-721.
21. Barros CLM, Agostini GG, Garcia ES, Baldissera V. Limiar de lactato em exercício resistido. **Motriz**. 2004;10:31-36.