

Artigo Original

ANÁLISE DA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM ATLETAS DE JUDÔ

Luciano Ramos¹, Tatiana Magacho Ramos², Anderson Eduardo Guimarães³, Alexander Beker³ e Rodrigo Álvaro Martins⁴

RESUMO

Introdução: A Variabilidade da Frequência Cardíaca é considerada como uma das mais eficientes avaliações do sistema autonômico na regulação da atividade cardíaca. Fisiologicamente, a capacidade de variar a frequência cardíaca e adaptar o funcionamento do sistema cardiovascular a diferentes necessidades é de extrema importância para o funcionamento adequado do organismo.

Objetivo: O principal objetivo é de avaliar a variabilidade da frequência cardíaca nos dois grupos experimentais e verificar se o grupo de indivíduos treinados apresenta maior variabilidade em relação aos indivíduos sedentários.

Metodologia: A amostra foi constituída por 2 grupos compostos cada um por 7 indivíduos jovens e saudáveis, sendo: Grupo 1 – formado por indivíduos sedentários, de idade média de 28 ± 3 anos; Grupo 2 – formado por atletas da equipe de judô, de idade média de 23 ± 3 anos. A Variabilidade da Frequência Cardíaca foi analisada em teste de esforço, utilizando o Protocolo de Bruce, monitorada por ECG computadorizado através de 12 derivações padrão. Os intervalos R-R obtidos foram agrupados em períodos de 1 minuto e analisados por cálculos estatísticos de média e desvio padrão.

Resultados: Além de constatar a diferença entre a Variabilidade da Frequência Cardíaca entre os grupos, foi possível analisar a atuação dos sistemas simpático e parassimpático durante o teste e pós exercício. A análise no período de recuperação confirma resultados até então possíveis apenas pela análise espectral.

Conclusão: A impressão comum a todos os investigadores dessa área é que as flutuações do ritmo cardíaco ocorrem da interação entre o sistema nervoso simpático e parassimpático na atividade intrínseca do nó sinoatrial.

Palavras chave: variabilidade de frequência cardíaca, intervalo R-R, sistema nervoso autônomo e condicionamento físico.

ABSTRACT

Introduction: The heart rate variability is considered as one of the most efficient evaluation in the autonomic system in the regulation of the heart activity. Physiologically, the capacity of variate the cardiac frequency and adapt the working of the cardiovascular system to different needs is extremely meaningful to de correct work of the organism. The analysis of the time domain is a statistic process like the more simple method to analyze the behavior of the cardiac rhythm.

Objective: The main objective is evaluate the variability of the CF in both experimental groups and verify if the trained individuals group present grater variability than the sedentary individuals.

Methods: The sample was established by 2 groups of each one of the 7 young and healthy individuals, being: Group 1 – sedentary individuals, average age of 28 ± 3 years old; Group 2 – athletes of judo, with average age of 23 ± 3 years old. The Variability of the Cardiac Frequency was analyzed through effort test, using the Bruce Protocol, monitoring through computational ECG in 12 standard derivations. The R-R intervals were grouped by 1 minute period e analyzed through statistical calculation of media and standard diversion.

Results: Besides the difference between the Variability of the Cardiac Frequency between the groups, it was possible to analyze the atuation of the simpatic and parassimpatic systems during the test and after exercise. The analysis of the resting period confirm the results only possible through spectral analysis.

Conclusion: The common impression to all the investigators of this area is that the cardiac rhythm fluctuation occur in the interaction between the simpatic and parassimpatic neurological system and the activity of the sinoatrial node.

Keywords: variability of the cardiac frequency, R-R interval, autonomous nervous system and physical conditioning.

* Afiliações dos autores apresentadas no final do artigo.

Endereço para correspondência
Rua Castelo Branco, 179/1302A
Praia da Costa – Vila Velha
CEP 29.101- 485

E-mail
lunoramos@yahoo.com.br

Submetido em 10/01/2013
Aceito em 10/03/2013

INTRODUÇÃO

O coração não tem os seus batimentos regulares com intervalos fixos como um metrônomo e sim com variações que ocorrem entre batimentos cardíacos sucessivos em ritmo sinusal. O sistema nervoso autônomo (SNA) produz uma variação batimento a batimento no ritmo cardíaco cuja valorização, como parâmetro fisiológico, tem sido reconhecida somente na última década [1].

O ritmo sinusal apresenta certo grau de variação que é esperado e comum em indivíduos saudáveis. Alterações da frequência cardíaca ocorrem com o exercício físico e mental, respiração, alterações metabólicas, mudanças posturais e outras influências. Essa variação é provocada por modificações no tônus autonômico; a modulação vagal ou parassimpática diminuindo a frequência cardíaca e a simpática aumentando-a [1,2].

Método para a avaliação da Variabilidade da FC através da análise no domínio do tempo

O presente trabalho usou a análise no domínio do tempo para medir a variação entre cada batimento sinusal sucessivo, porém, como a onda P é de baixa amplitude e apresenta dificuldades técnicas na sua identidade automática, utiliza-se o pico da onda R como referência, justificando a sinonímia de variabilidade do intervalo R-R. Medindo-se cada intervalo R-R de batimentos sinusais sucessivos, em um determinado intervalo de tempo, que através de técnicas matemáticas, se desdobram em alguns índices estatísticos. Esses índices constituem a análise da VFC no domínio do tempo [3].

O processo estatístico trata-se do método mais simples para avaliar a variabilidade da frequência cardíaca, onde são determinados a FC em qualquer ponto no tempo ou intervalos R-R correspondentes. Existem vários tipos de análises disponíveis para variáveis temporais, baseadas nos intervalos entre os batimentos, como média, desvio-padrão, mediana, extremos, e a

diferença entre os intervalos R-R máximo e mínimo e as comparações dos intervalos de tempo entre os ciclos adjacentes, como a raiz quadrada da média das diferenças sucessivas do intervalo – valor RMS, do desvio-padrão (RMSSD) e a porcentagem da diferença maior que 50 ms entre os intervalos R-R [4].

O objetivo do presente estudo é o de verificar a variabilidade da frequência cardíaca durante o incremento de carga nos estágios do Protocolo de Bruce e comparar a VFC entre indivíduos treinados com indivíduos sedentários, através de medida dos intervalos do sinal R-R batimento-a-batimento.

MÉTODOS

Sujeitos

A amostra foi constituída por 2 (dois) grupos compostos cada um por 7 indivíduos jovens, saudáveis, sendo: grupo 1 – formado por indivíduos sedentários, de idade média de 28 ± 3 anos; grupo 2 – formado por atletas de judô de alto nível que compõe a equipe da UNIVAP, de idade média de 23 ± 3 anos.

Os critérios de exclusão adotados para estes grupos foram: fibrilação atrial, disfunção do nó sinusal, distúrbios da condução atrioventricular, portadores de marca passo artificial, portadores de cardiopatias, diabetes melitus, hipertensão arterial e ainda, qualquer outro histórico familiar de risco.

Procedimento Experimental

Após a preparação inicial de tricotomia, e colocação dos eletrodos para registro das 12 derivações, os indivíduos foram posicionados e orientados a realizar as manobras respiratórias (1º apneia inspiratória, 2º apneia expiratória e 3º hiperpneia), antes de iniciar o teste de exercício máximo na Esteira Ergométrica Inbrasport modelo Super ATL, com interface para sistema de computador. Este equipamento possui capacidade para

desenvolver velocidades de 0 a 30 km/h com subidas de até 26% de inclinação.

Utilizamos o Protocolo de Bruce, com incremento de velocidade e inclinação a cada estágio de 3 minutos até a exaustão, seguido de um período de recuperação.

O fator de interrupção adotado para o teste foi o alcance da FC_{máx} estimada para a idade ou a solicitação do voluntário, referindo algum sintoma de desconforto que o impedisse de continuar.

Análise estatística

O sinal eletrocardiográfico da FC foi continuamente monitorizado, através de 12 derivações padrão, através do eletrocardiógrafo ECG Digital Micromed e software Win Cardio. Este equipamento, possui pré-amplificadores totalmente isolados do computador e cumpre as especificações da American Heart Association segundo a faixa de frequências coletadas, possuindo faixa de passagem de 0,5 Hz a 150Hz.

Gravado batimento a batimento em um computador padrão IBM PC, microprocessador Pentium 4, 1.2 GHz, 128Mb RAM, os resultados dos teste foram analisados pelo software ERGO PC ELITE 13 3.2 e disponibilizados em arquivo texto, contendo os registros batimento a batimento das medidas de intervalos R-R. Essas tabelas foram posteriormente transferidas para o programa Microsoft Excel para realização dos cálculos estatísticos.

Conforme trabalho de ALONSO et al. (1998) os intervalos R-R do sinal eletrocardiográfico registrados batimento a batimento foram agrupados em intervalos de 1 min, do repouso ao pico do exercício.

Em cada um desses intervalos de 1 minuto calculou-se a FC batimento a batimento e obteve-se a média da frequência Cardíaca de cada minuto. Assim, o desvio-padrão da VFC de cada minuto foi calculado pelos valores de FC batimento a batimento, a partir dos intervalos R-R (período cardíaco).

Frequências Cardíacas fora do padrão normal foram visualmente identificadas e excluídos da análise, sendo substituídas pela média dos valores adjacentes.

A Pressão-Arterial (PA) foi monitorada por ausculta durante todo o teste desde o início e novamente a cada novo estágio, até o pico do teste.

RESULTADOS

Variabilidade da frequência cardíaca (VFC) – Grupo Sedentário

Observando a figura 1, verificamos o desempenho do Grupo 1. A VFC diminuiu dentro de cada estágio a cada intervalo de 1 minuto, sendo observado um ganho na VFC a cada início de estágio, ou seja, nos períodos de 4', 7', 10' e 13'. Este ganho na VFC repetiu-se no minuto imediatamente após o incremento da carga. Após o qual, novamente, a VFC seguiu um comportamento de declínio, verificada em todas as etapas.

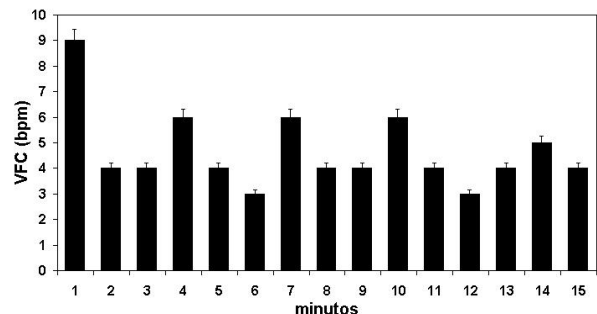


Figura 1. Variabilidade da Frequência Cardíaca medida batimento a batimento, agrupada de minuto em minuto durante aplicação do protocolo de Bruce para Grupo 1 - Sedentário.

Pode-se observar, comparando os valores da VFC dos intervalos 4', 7', 10' e 13', que existiu também uma queda progressiva entre eles. A VFC, medida no 7º minuto (estágio 3), mesmo aumentada com relação ao intervalo 6' (minuto final do estágio 2), foi menor que o ganho obtido no intervalo do 4' (minuto imediatamente após o incremento de carga no início do estágio 2), mantendo igual aumento em 10' (minuto seguinte ao

incremento de carga no estágio 4) e, tornando a sofrer uma nova e mais significativa queda (inter-estágios) em 13' (estágio 5). A partir deste ponto, a VFC apresentou um comportamento levemente alterado dos estágios anteriores, devido a desistência de alguns elementos deste grupo antes de, afetando a média do Grupo.

Variabilidade da Frequência Cardíaca – Grupo Judô

Através da figura 2, podemos analisar o desempenho do Grupo 2 durante a aplicação do teste.

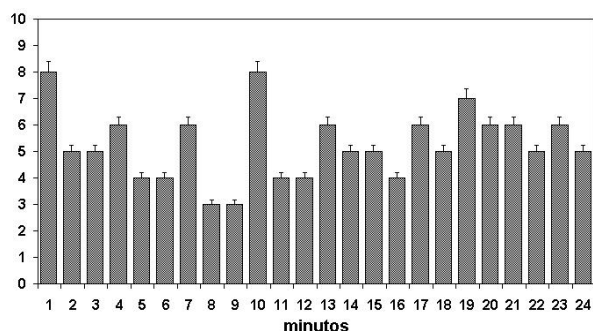


Figura 2. Variabilidade da Frequência Cardíaca medida batimento a batimento, agrupada de minuto em minuto durante aplicação do protocolo de Bruce para Grupo 2 – Equipe Judô UNIVAP.

A VFC diminuiu dentro de cada estágio, a cada intervalo de 1 minuto, sendo observado um novo ganho na VFC a cada início de estágio, ou seja, nos períodos de 4', 7', 10' e 13'. Esta alteração se repetiu no minuto imediatamente após o incremento da carga. Após o qual, novamente, a VFC seguiu um comportamento de declínio, mantendo a mesma tendência verificada nas etapas anteriores. Pode-se observar, comparando os valores da VFC dos intervalos 4', 7', 10' e 13', que existiu também uma queda progressiva entre eles.

Frequência Cardíaca Grupo1 x Frequência Cardíaca Grupo 2

Podemos observar na figura 3, os valores de FC apresentados minuto a minuto,

para ambos os grupos durante a aplicação do teste.

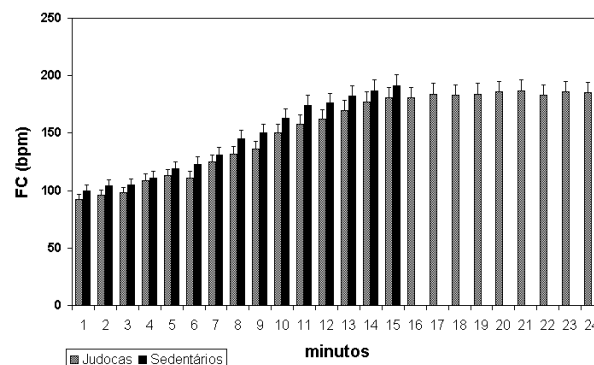


Figura 3. Comparativo progressivo do comportamento da FC, em intervalos de 1 em 1 minuto, durante a aplicação do teste para ambos os Grupos

O Grupo Sedentário atingiu máximo desempenho físico em 15 minutos.

O Grupo de Atletas da Equipe de Judô Univap, atingiu máximo desempenho físico em 24 minutos de teste.

DISCUSSÃO

Atualmente estudos da VFC tem despertado grande interesse da classe científica, pois o coração saudável deve ser capaz de responder aos vários estímulos internos e externos que afetam o indivíduo, como calor, estresse e, entre outros, o esforço físico. Porém, quando o sistema nervoso perde a capacidade de atuar como mecanismo regulador respondendo a esses estímulos, isto significa uma indicação de cardiopatia a ser estudada [5].

Podemos verificar através deste estudo que a FC aumentou progressivamente, desde o início até o pico do teste.

A análise simultânea da FC e da VFC durante o exercício progressivo, demonstraram, em ambos os grupos existir uma relação inversa, mas não linear, entre elas.

Embora a VFC tenha diminuído no decorrer de cada estágio de 3 minutos, o novo incremento de velocidade e inclinação,

previstos nos estágios do Protocolo de Bruce, causou um aumento na VFC no primeiro minuto de cada estágio implementado. Esta capacidade de aumentar variabilidade da frequência cardíaca, no entanto, diminuiu novamente no decorrer dos intervalos seguintes, a medida em que o estado estável era atingido, em sua maioria no minuto final.

Em baixas variabilidades da frequência cardíaca expressam depressão do sistema parassimpático com consequente aumento da atividade simpática. Esta, por sua vez, expõe o miocárdio ventricular a maior vulnerabilidade. Estes resultados sugerem que a prática de exercício físico em intensidades até o LAn parece proporcionar maior segurança a possíveis riscos cardiovasculares, uma vez que nestas intensidades, ainda está presente a ação protetora vagal [6].

Como podemos observar nas figuras 1 e 2, o primeiro minuto de cada estágio parece demonstrar a atuação do mecanismo de proteção do sistema parassimpático, refletindo no aumento da VFC. Porém, ao permanecer o estímulo do teste de esforço, o organismo busca atingir o estado estável aumentando a atuação do sistema simpático para atender a nova demanda metabólica. Ao predominar a atuação simpática a VFC cai significativamente nos minutos seguintes e, principalmente, no minuto final de cada estágio, ao atingir o estado estável.

A medida que o teste prossegue, verificamos que a atuação protetora vagal diminui progressivamente sua capacidade de atuação. Comparando os minutos iniciais de cada estágio, desde o início até o final, vemos que a capacidade de aumentar a VFC como resposta ao implemento de carga vai diminuindo progressivamente. Esses resultados sugerem que a taquicardia do exercício é dependente da ação vagal nos primeiros instantes e dependente da ação simpática nos períodos mais tardios [7-11].

A retirada vagal que controla o coração, no início do exercício, tem sido

explicada pela irradiação cortical sobre a região bulbar [4,15], enquanto a intensificação simpática no coração, tem sido explicada pela ação de catecolaminas circulantes [4] e pela ação metabólicorreflexa aferente iniciada na musculatura esquelética ativa [12-18].

O conceito de que a variação da FC é modulada pelo SNA não é novo. As variações encontradas nos parâmetros hemodinâmicos batimento a batimento expressam a resposta fisiológica de uma série de comandos neuro-humorais na tentativa de sustentar a função cardiovascular. Portanto, uma das mais acessíveis e confiáveis fontes de informação sobre os efeitos do SNA sobre o sistema cardiovascular é a variabilidade da FC. A variação batimento a batimento, obtida pelo intervalo R-R do eletrocardiograma, pode ser analisada em função das frequências que compõem essa variabilidade.

Comparando as figuras 1 e 2, podemos verificar também que, embora exista para ambos os grupos uma queda na VFC, ela foi menor para o Grupo 2 do que para o Grupo 1.

Tais diferenças sugerem e apontam existir na análise da VFC um diferença relacionada a prática de atividade física, como resposta da adaptação a longo prazo. Estudo demonstrou que através de análise no domínio da frequência sugere ser provável que, nos atletas, a FC mais baixa durante o descanso e a recuperação mais rápida do pós-exercício da FC aconteçam devido a um nível elevado de potência de HF (Alta frequência), indicando que a atividade vagal esteve realçada pelas mudanças adaptáveis no regulamento neural produzido pelo treinamento físico a longo prazo [19].

A figura 3 apresenta a progressão da FC durante o teste, comparando os Grupos de estudo. Podemos verificar que o Grupo 1 apresenta valores maiores desde o início até o pico do exercício. Assim, a FC sobe de forma mais acelerada no Grupo 1, o que

também contribuiu para a interrupção do teste.

Outro fator importante é que a interrupção do teste esteve também diretamente relacionada com esta capacidade de VFC entre os estágios. Podemos observar no Grupo 1, que após o intervalo de 10 minutos a VFC não alterou significativamente o valor de 4 batimentos por minuto, como pode ser observado na figura 2. Esta incapacidade de resposta pode estar associada a fatores como LAN, embora não tenha sido mensurado neste estudo. Tais resultados sugerem que a VFC diminuída e/ou estacionada refletiu como fator que contribuiu na interrupção do teste da maioria dos indivíduos, também observada, porém em menor grau no Grupo 2.

Em alguns indivíduos, principalmente no Grupo 2, cuja interrupção do teste não foi evidenciada por este comportamento de estacionamento e/ou queda da VFC, a fadiga muscular parece ter interferido no desenvolvimento do teste.

Embora, através de revisão de literatura esta ocorrência já fosse esperada [17], esperávamos verificar a influência da ação metabolorreflexa aferente iniciada na

musculatura esquelética ativa interferindo em uma VFC mais expressivamente diferente entre os Grupos.

CONCLUSÃO

Nossos resultados demonstram uma maior variabilidade da Frequência Cardíaca no grupo de indivíduos treinados. Estes achados corroboram com os encontrados na literatura, confirmando que o treinamento físico é capaz de influenciar a capacidade fisiológica do sistema cardiovascular, de adaptação a diferentes situações de esforço físico e demanda energética.

Estudos futuros são necessários para esclarecer se o tipo de atividade física, tempo e intensidade de treinamento podem influenciar na variabilidade da frequência cardíaca no teste de esteira.

Podemos concluir que a prática da atividade física é capaz de aumentar a variabilidade da Frequência Cardíaca e conseqüentemente, aumentar a capacidade de adaptação do Sistema Cardiovascular a diferentes situações.

REFERÊNCIAS

- [1] Howley, E.T; B.D.Franks. Health/Fitness Instructor's Handbook. 2 ed. Champaign, IL: Human Kinetics, 1992.
- [2] Mcardle, W.D; Katch, F.I; Katch, V.L., Fisiologia do Exercício, 4ª edição, Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 1998, p.156-157, 200, 283, 288.
- [3] Tono-Oka T; Kaneko I. The estimation of daily physical activity with the coefficient of variation (CV) of heart rates continuously recorded, Hokkaido Igaku Zasshi. 1993. 68(3): 431-4. Japanese.
- [4] Alonso, Denise De Oliveira, Forjaz, Claudia Lucia De Moraes, Rezende, Liliane Onda *et al.* Comportamento da frequência cardíaca e da sua variabilidade durante as diferentes fases do exercício físico progressivo máximo. Arq. Bras. Cardiol. [online]. dez. 1998, vol.71, no.6, p.787-792.
- [5] Guyton, A.C; Hall, J.E., Fisiologia Humana e Mecanismos das Doenças, 6ª edição, Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 1998, p. 622.
- [6] Fox, E.L; Bowers,R.W; Foss, M.L., Bases Fisiológicas da Educação Física e dos Desportos, 4ª edição, Rio de Janeiro, Guanabara Koogan S.A., 1989, p.209.
- [7] Leite, Paulo Fernando. Fisiologia do Exercício – ergometria e condicionamento físico cardiologia desportiva, 4ª edição, São Paulo, Robe Editorial, 2000, p70-72.
- [8] RONDON, Maria Urbana Pinto Brandão, FORJAZ, Cláudia Lúcia De Moraes, NUNES, Newton *et al.* Comparação entre a prescrição de intensidade de treinamento físico baseada na avaliação ergométrica convencional e na

- ergoespirométrica. Arq. Bras. Cardiol. mar. 1998, vol.70, no.3, p.159-166.
- [9] Ballarin, E. et al Adaptation of the "Conconi test" to children and adolescents. Int J Sports Med. 1989 Oct;10(5):334-8.
- [10] Fardy, P.S. et al, Reabilitação Cardiovascular – Aptidão Física do Adulto e Teste de Esforço, Rio de Janeiro, Revinter, 1998, p105.
- [11] Kleiger, Re; Miller, Jp; Bigger Jt Jr; Moss, AJ. Decreased heart rate variability and its association with increased mortality after acute myocardial infarction. Am J Cardiol 1;59(4):256-62, 1987.
- [12] Vaishnav, S; Stevenson, R; Marchant, B; Lagi K; Ranjadayalan, K; Timmis, Ad. Relation between heart rate variability early after acute myocardial infarction and long-term mortality. Am J Cardiol 1994 1; 73 (9): 653-7, 1994.
- [13] Bigger Jr, Jt; Fleiss, JI; Steinman, Rc; Rolnitzky, Lm; Kleiger, Re; Rottman, Jn. Frequency domain measures of heart period variability and mortality after myocardial infarction. Circulation. 1992; 85: 164-71.
- [14] Rimoldi O, Pagani M, Pagani Mr, Baseli G, Malliani A. Sympathetic activation during treadmill exercise in the conscious dog: assessmente with spectral analysis of heart period and systolic pressure variabilities. Auton Nerv Syst, 1990; 30 (suppl): S129-32.
- [15] Gallo Jr, L; Maciel, Bc; Marin Neto, Ja; Martins Leb. Sympathetic and parasympathetic changes in heart rate control during dynamic exercise induced by endurance training in man. Brazilian J Med Biol Res 1989; 22: 631.
- [16] Mitchel, Jh – Neural control of the circulation during exercise. Med Sci Sports Exer 1990; 22:141-54.
- [17] Middlekauff Hr, Nguyen Ah, Negrão Ce et al – Impact of acute mental stress on sympathetic nerve and regional blood flow in advanced failure: implications for “triggering” adverse events . Circulation 1997; 96: 1835-42.
- [18] Shin K, Minamitani H, Onishi S, Yamazaki H, Lee M. The power spectral analysis of heart rate variability in athletes during dynamic exercise- Part I. Clin Cardiol,1995Oct;18(10):583-6.
- [19] GREEN, JM Et Al. Physiological responses at 0% and 10% treadmill incline using the RPE estimation-production paradigm. J Sports Med Phys Fitness. 2002 Mar;42(1):8-13.

1. Faculdade Estácio de Sá, Vitória – ES; Faculdade Pitágoras, Linhares / Guarapari – ES; Laboratório de Experimentação Animal – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, Universidade do Vale do Paraíba – UNIVAP. São José dos Campos – SP; Laboratório de Avaliação do Esforço Físico – LAEF, Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade do Vale do Paraíba – UNIVAP. São José dos Campos – SP

2. Faculdade Estácio de Sá, Vitória – ES; Faculdade Pitágoras, Linhares – ES; Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, Universidade do Vale do Paraíba – UNIVAP. São José dos Campos – SP

3. Laboratório de Avaliação do Esforço Físico – LAEF, Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade do Vale do Paraíba – UNIVAP. São José dos Campos – SP

4. Laboratório de Farmacologia e Fototerapia da Inflamação, Departamento de Farmacologia, Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo – São Paulo, SP