



Caracterização da variabilidade de frequência cardíaca e sensibilidade do barorreflexo em indivíduos sedentários e atletas do sexo masculino

Leandro Yukio A. Kawaguchi¹, Aline C.P. Nascimento², Márcio S. Lima³, Lúcio Frigo⁴, Alderico Rodrigues de Paula Júnior², Carlos Júlio Tierra-Criollo⁵ e Rodrigo Alvaro Brandão Lopes-Martins³

RESUMO

Introdução: A capacidade de variar a frequência cardíaca representa importante papel fisiológico na vida diária. As variações dos intervalos RR estão na dependência de moduladores biológicos, como o sistema nervoso autônomo. Essas variações constituem a variabilidade da frequência cardíaca (VFC). **Métodos:** 10 indivíduos atletas (Atl) e 10 sedentários (Sed) (20-35 anos) foram submetidos a eletrocardiografia digital, em repouso, antes, durante e após a manobra. Os valores de RR foram tratados (software Matlab 6.1), no domínio do tempo. **Resultados:** Os grupos Sed e Atl apresentaram frequência cardíaca média igual a 73,59bpm \pm 2,5 e 51,01bpm \pm 2,4, respectivamente. Quanto aos intervalos RR, o grupo de Sed apresentou média de 826,58ms \pm 5,3 e o grupo Atl, 1.189,18 \pm 6,9. O tempo de retorno simpático após a manobra 72 \pm 12s (Sed) 37 \pm 6s (Atl). O tempo de retorno parassimpático foi de 80 \pm 11s (Sed) 40 \pm 8s (Atl). O pNN50 foi de 10 \pm 3,3 (Sed) e 42,10 \pm 6,9 (Atl). O valor da variação dos RR acima da média de todo o sinal foi de 343 \pm 40ms (Sed) e 175 \pm 39ms (Atl). A variação abaixo da média de todo o sinal foi de 281 \pm 27ms (Sed) e 425 \pm 26ms (Atl). **Conclusões:** A análise da VFC associada à manobra de Valsalva pode representar uma ferramenta simples, mas importante, para possíveis inferências sobre aptidão física.

ABSTRACT

Characterization of heart rate variability and baroreflex sensitivity in sedentary individuals and male athletes

Introduction: The capacity to vary the heart rate represents important physiologic role in the daily life. The variations of the RR intervals is dependent of biological modulators as the autonomic nervous system. Those variations constitute the heart rate variability (HRV). **Methods:** 10 athletes (Atl) and 10 sedentary (Sed) male individuals (20-35 age) were submitted to digital electrocardiography, in rest, before, during and after the maneuver. The values of RR were analyzed (software Matlab 6.1), in the time domain. **Results:** Both Sed and Atl presented mean heart rate of 73.5 bpm \pm 2,5 and 51 bpm \pm 2,4, respectively. Related to the RR intervals, the group of Sed presented average of 826.58 ms \pm 5.3 and the group Atl, 1189.18 \pm 6.9. The return time of sympathetic system after the maneuver was 72 \pm 12 s (Sed) 37 \pm 6 s (Atl). The return time of parasympathetic system was 80 \pm 11 s (Sed) and 40 \pm 8 s (Atl). The pNN50 was of 10 \pm 3,3 (Sed) and 42,10 \pm 6,9 (Atl). The value of RR variation above the average of the whole sign was 343 \pm 40 (Sed) and 175 \pm 39 (Atl). The RR variation below the average of the whole sign was 281 \pm 27 (Sed) and 425 \pm 26 (Atl). **Conclusions:** The analysis of HRV associated to the Valsalva maneuver can represent a simple, but important tool, for possible inferences on physical aptitude.

1. Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, São José dos Campos, SP.
2. Laboratório de Processamento de Sinais Biológicos, IP&D/Univap, São José dos Campos, SP.
3. Laboratório de Farmacologia e Fototerapia da Inflamação. Departamento de Farmacologia, Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.
4. Laboratório de Histologia e Neuroanatomia, Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade Cruzeiro do Sul – UNICSUL, São Miguel Paulista, SP.
5. Grupo de Engenharia Biomédica – GENEBIO, Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

Aceito em 15/1/07.

Endereço para correspondência: Rodrigo Alvaro Brandão Lopes Martins, Laboratório de Farmacologia e Fototerapia da Inflamação, Departamento de Farmacologia, Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo, Av. Lineu Prestes, 1.524 – 05508-900 – São Paulo, SP, Brasil. E-mail: rmartins@icb.usp.br

Palavras-chave: Variabilidade da frequência cardíaca. Sistema nervoso autônomo. Atletas.

Keywords: Heart rate variability. Autonomus nervous system. Athletes.

ability (HRV). Methods: 10 athletes (Atl) and 10 sedentary (Sed) male individuals (20-35 age) were submitted to digital electrocardiography, in rest, before, during and after the maneuver. The values of RR were analyzed (software Matlab 6.1), in the time domain. **Results:** Both Sed and Atl presented mean heart rate of 73.5 bpm \pm 2,5 and 51 bpm \pm 2,4, respectively. Related to the RR intervals, the group of Sed presented average of 826.58 ms \pm 5.3 and the group Atl, 1189.18 \pm 6.9. The return time of sympathetic system after the maneuver was 72 \pm 12 s (Sed) 37 \pm 6 s (Atl). The return time of parasympathetic system was 80 \pm 11 s (Sed) and 40 \pm 8 s (Atl). The pNN50 was of 10 \pm 3,3 (Sed) and 42,10 \pm 6,9 (Atl). The value of RR variation above the average of the whole sign was 343 \pm 40 (Sed) and 175 \pm 39 (Atl). The RR variation below the average of the whole sign was 281 \pm 27 (Sed) and 425 \pm 26 (Atl). **Conclusions:** The analysis of HRV associated to the Valsalva maneuver can represent a simple, but important tool, for possible inferences on physical aptitude.

INTRODUÇÃO

A porção do sistema nervoso que controla as funções viscerais do corpo é chamada de sistema nervoso autônomo ou autônomo (SNA), que significa regular a si próprio. Os ajustes autônômicos não são normalmente acessíveis à consciência; por essa razão, esse sistema é frequentemente chamado de sistema motor involuntário ou neurovegetativo. Esse sistema influencia tônica e reflexamente a pressão arterial, resistência periférica, frequência e o débito cardíacos⁽¹⁻³⁾.

O coração é um órgão central na manutenção da homeostasia e para alcançá-la recebe influências autônômicas. Nesse sentido, uma de suas principais características consiste na constante modificação da frequência de seus batimentos. Através de vias aferentes medulares e vagais, a informação atinge o sistema nervoso central (núcleo trato solitário), é modulada e volta ao coração através de fibras eferentes vagais rápidas (podendo se manifestar no primeiro batimento subsequente) e eferentes simpáticas lentas (podendo ocorrer intervalo de até 20 segundos). O efeito resultante dessas influências autônômicas é a variabilidade batimento a batimento da frequência cardíaca instantânea⁽⁴⁻⁹⁾.

As variações dos intervalos R-R estão na dependência de moduladores biológicos, como o SNA, através da atividade dos sistemas simpático e parassimpático. Essas variações constituem a variabilidade da frequência cardíaca (VFC), em que o objetivo é medir a variação entre cada batimento sinusal sucessivo. Tal técnica tem sido utilizada como meio não-invasivo de avaliação do controle neural sobre o coração. A relevância clínica da VFC foi pela primeira vez apreciada em 1965 por Hon e Lee⁽¹⁰⁾ na monito-

rização fetal. Em 1977, Wolf *et al.*⁽¹¹⁾ foram os primeiros a demonstrar associação entre aumento do risco de mortalidade pós-infarto com redução da VFC. Na verdade, a capacidade de variar a frequência dos batimentos cardíacos tem o significado fisiológico de adaptar o sistema cardiovascular, momento a momento, às mais diversas situações cotidianas, desde o sono até uma atividade física intensa.

O estudo da VFC tem permitido reconhecer e caracterizar algumas situações em que as doenças afetam o controle autonômico. Alguns autores têm demonstrado que a diminuição da VFC está relacionada a maior índice de morbidade e mortalidade cardiovascular implicando a presença de disfunção fisiológica do indivíduo^(4, 6, 9, 12).

A bioengenharia e o processamento de sinais biológicos têm permitido inúmeras possibilidades de procedimentos diagnósticos não invasivos, especialmente na área cardiovascular. Qualquer variável periódica pode ser analisada em função da frequência na qual o evento ocorre. Muitos dos sinais biológicos são definidos como “quase periódicos”, isto é, eles variam de uma maneira repetitiva em tempos “quase regulares”⁽⁷⁾.

O tônus autonômico pode ser avaliado através da VFC durante curtos períodos de monitorização eletrocardiográfica, entre 60 segundos e 30 minutos, ou por períodos prolongados, geralmente através de eletrocardiograma de longa duração, 24 horas (sistema Holter)⁽¹³⁾.

Segundo alguns autores^(4, 8, 13), a análise pode ser realizada de duas formas: no domínio do tempo ou no domínio da frequência (ou o poder espectral da frequência cardíaca): A análise no domínio do tempo reflete a atividade autonômica de maneira global, ou seja, se ela apresenta alguma alteração ou não e as variáveis avaliadas são:

a) média dos intervalos R-R que representa a média dos intervalos de acoplamento de todos os batimentos normais consecutivos; b) SDNN, que representa o desvio-padrão da média dos intervalos de acoplamento de todos os batimentos normais consecutivos; c) SDANN, que representa o desvio-padrão da média dos intervalos R-R obtida a cada cinco minutos; d) RMSSD, que representa a raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças entre intervalos R-R normais sucessivos; e) SDNN index – representa a média de todos os desvios-padrão dos intervalos R-R normais obtidos de cinco em cinco minutos; f) pNN50 – percentagem, em relação ao total de R-R normais, dos R-R normais que, em relação aos R-R anteriores, tenham uma diferença superior a 50ms.

A análise do poder espectral permite a caracterização quantitativa e qualitativa, individualizada e simultânea, em termos absolutos e relativos, das atividades simpática e parassimpática cardíacas, por meio das frequências das ondas e suas respectivas origens fisiológicas: a) componente de muito baixa frequência – (VLF, *very low frequency*) – (0,015 a 0,04Hz) – mediado pela termorregulação e o sistema renina-angiotensina-aldosterona; b) componente de baixa frequência – (LF, *low frequency*) – (0,04 a 0,15Hz) – mediado pelo reflexo barorreceptor, com influências mistas do simpático e parassimpático; c) componente de alta frequência – (HF, *high frequency*) – (0,15 a 0,40Hz) – indicadora de tônus vagal, expressa a influência parassimpática sobre o nó sinusal e frequência respiratória.

A análise da atividade autonômica é baseada na avaliação de mudanças na frequência cardíaca evocadas pela estimulação de reflexos cardiovasculares. Uma das maneiras para investigação dos reflexos cardiovasculares é a manobra de Valsalva⁽⁹⁾.

Essa manobra consiste no ato de fazer um esforço expiratório com a glote fechada. Esse procedimento foi descrito em 1704 como método para expelir pus do ouvido médio pelo esforço com boca e nariz fechados. A exalação forçada contra uma glote fechada ocorre comumente nos levantamentos de pesos e em outras atividades que exigem aplicação rápida e máxima de força por um curto período. A pressão intratorácica, durante a manobra, pode

chegar a mais de 150mmHg acima da pressão atmosférica. Tal pressão é transmitida através das finas paredes das veias que atravessam a região torácica. Como o sangue venoso está submetido a pressão relativamente baixa, essas veias são comprimidas e o fluxo sanguíneo que retorna ao coração sofre redução significativa⁽¹⁴⁻¹⁵⁾.

A resposta normal à manobra de Valsalva consiste de quatro fases. Fase I: está associada a aumento transitório na pressão sanguínea sistêmica à medida que o esforço se inicia. Fase II: é acompanhada por um decréscimo perceptível no retorno venoso sistêmico, pressão sanguínea, pressão de pulso e taquicardia reflexa prontamente detectável. Fase III: inicia-se com a cessação do esforço e está associada a decréscimo transitório e súbito na pressão sanguínea e no retorno venoso sistêmico. Fase IV: é caracterizada por superação da pressão arterial sistêmica e bradicardia reflexa relativamente evidente⁽¹⁶⁾.

Segundo os autores⁽¹⁷⁾, a seleção de testes autonômicos não invasivos como: respiração controlada, mudança postural ativa e manobra de Valsalva, foram sensíveis o suficiente para retratar a melhora na aptidão cardiovascular dos indivíduos que participaram do estudo.

Por outro lado, alguns autores relatam benefícios do exercício moderado de *endurance* na atividade do sistema parassimpático, redução do tônus simpático em repouso, assim como influenciar a sensibilidade do barorreflexo, mencionando, ainda, diferenças relativas à faixa etária e ao sexo dos indivíduos⁽¹⁸⁻²¹⁾. Atletas de alto nível apresentam frequência cardíaca mais baixa, em repouso, do que indivíduos sedentários da mesma faixa etária. O exercício físico induz um bloqueio da atividade parassimpática, assim como a estimulação simpática na medula oblonga, semelhante ao reflexo clássico de luta e fuga⁽²²⁾.

Neste trabalho, procuramos realizar a caracterização da variabilidade da frequência cardíaca, através de ferramentas de processamento de sinais biológicos, em voluntários saudáveis, atletas e sedentários, no teste de Valsalva, normalmente utilizado para aferição da sensibilidade do barorreflexo. Pretendemos, através dos parâmetros analisados na manobra de Valsalva, investigar as possíveis diferenças encontradas entre atletas e sedentários quanto à sensibilidade do barorreflexo, inferindo sobre a utilização deste teste clássico como preditor de aptidão física.

MÉTODOS

As coletas de dados foram realizadas no laboratório de Reabilitação Cardiopulmonar da Universidade do Vale do Paraíba – São José dos Campos – SP.

Participaram do estudo 20 indivíduos, com idade entre 20 e 35 anos, divididos em dois grupos: o grupo I, constituído de 10 atletas (equipes esportivas de Corrida de São José dos Campos, participantes dos Jogos Regionais e Estaduais em provas de longa distância) e o grupo II, constituído de 10 sedentários segundo IPAQ (anexo 1).

Os critérios de inclusão foram: indivíduos saudáveis, sem história de patologia cardiovascular, renal e cerebral ou fatores de risco como hipertensão, tabagismo, diabetes, obesidade e eletrocardiograma de 12 derivações dentro dos limites da normalidade.

Foram excluídos os indivíduos que apresentavam fibrilação atrial, disfunção do nó sinusal, distúrbios de condução atrioventricular, marcapasso artificial e batimentos ectópicos.

Todos os voluntários foram informados sobre o protocolo da pesquisa e, após consentimento livre e esclarecido devidamente assinado, foram submetidos aos seguintes procedimentos:

Procedimento experimental

- Anamnese
- Inicialmente foram fixados os eletrodos no tórax (tomando-se todos os cuidados com a preparação da pele; assepsia com

álcool 70% e lixa 360), nas seguintes regiões: raiz dos membros superiores direito e esquerdo e na região supra-iliaca direita e esquerda, para a captação da despolarização cardíaca nas derivações DI, DII, DIII, aVR, aVL e aVF, sendo utilizada para obtenção dos intervalos R-R da derivação DII.

No início do protocolo o indivíduo permaneceu por cinco minutos sentado em cadeira fixa com membros superiores relaxados; membros inferiores a 90 graus de flexão no quadril e joelho; respiração natural; a temperatura ambiente entre 22 a 25°C com umidade relativa do ar entre 50 e 60%. A partir desse tempo, teve início o registro dos intervalos R-R por 15 minutos contínuos. No 7º minuto foi solicitado o início da manobra de Valsalva; após inspiração máxima (capacidade inspiratória máxima), o avaliado manteve pressão expiratória de 50cmH₂O por 15 segundos, estando o manovacuômetro à frente de seus olhos, sendo sustentado pelo autor da pesquisa.

c) Obtidos os valores dos intervalos R-R, esses dados foram tratados com o auxílio do *software Matlab 6.1*, no domínio do tempo. Para o processamento do sinal utilizou-se a associação de filtros digitais com o cálculo de energia espectral. O programa desenvolvido para processar os sinais da VFC foi implementado através das etapas: sinal → correção temporal → retirada do nível DC → interpolação → reamostragem → filtro passabanda → cálculo de energia → sinal de saída processado.

Primeiramente, realizaram-se a correção da escala de tempo e a retirada do nível DC do sinal, devido ao interesse na análise da VFC. A reconstrução do sinal com a mesma taxa da amostragem foi realizada utilizando a função de interpolação *spline* cúbica. Em seguida, o sinal foi reamostrado a 4Hz. Para separar as frequências relativas à atividade simpática foi utilizado um filtro passabanda *Butterworth* de ordem 2 com as frequências de corte de 0,04Hz e 0,15Hz; para a atividade parassimpática foi utilizado também um filtro passabanda *Butterworth* de ordem 2 com frequências de corte de 0,15Hz e 0,4Hz, gerando os sinais x_a e x_b , respectivamente. Para se ter uma fase linear, ambos os sinais foram filtrados direta e reversamente.

Para o cálculo da energia, o período de aquisição de dados dos sinais x_a e x_b foi dividido em intervalos definidos pelo usuário, podendo este optar em utilizar janelas com sobreposição (*overlaps*) ou não, como representado na figura 1.

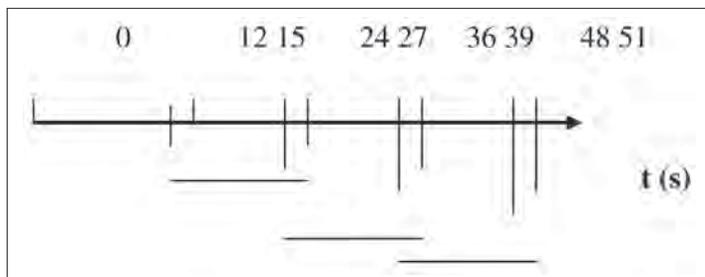


Figura 1 – Criação de intervalos na escala de tempo t (s) com $n = 12$ segundos e $m = 15$ segundos, tendo uma sobreposição de três segundos

Para cada intervalo de tempo foi calculada a energia para os dois sinais x_a e x_b , utilizando-se a equação 1, gerando as matrizes En_a e En_b .

$$En = \sum_{i=n}^{n+m} x(i)^2 \quad (1)$$

onde En é a energia do sinal $x(i)$ no intervalo de n até $n+m$.

Após o cálculo da energia dos sinais x_a e x_b , o programa apresenta graficamente esses resultados em função do tempo, permitindo ao operador definir o início da manobra da Valsalva. O programa calcula também a razão entre En_a e En_b em função do tempo.

Análise estatística

Para a comparação das médias dos grupos estudados foi utilizada a análise de variância – ANOVA, seguida de teste t de Student para amostras não pareadas. Foram considerados significativos os valores de $p \leq 0,05$.

RESULTADOS

Caracterização dos grupos de atletas e sedentários

Após a análise dos dados, do grupo de atletas e sedentários, observando a frequência cardíaca e os intervalos R-R, em tempo real, podemos observar que o grupo de sedentários apresenta frequência cardíaca maior que a do grupo de atletas, sendo a frequência cardíaca média igual a 73,59bpm \pm 2,5 e 51,01bpm \pm 2,4, respectivamente, como observado no gráfico 1A. Os intervalos R-R estão representados no gráfico 1B, onde observamos que o grupo de sedentários apresenta média dos intervalos R-R igual a 826,58ms \pm 5,3 e o grupo de atletas apresenta média de 1.189,18 \pm 6,9. Tais valores confirmam a baixa frequência cardíaca dos atletas, caracterizando os grupos.

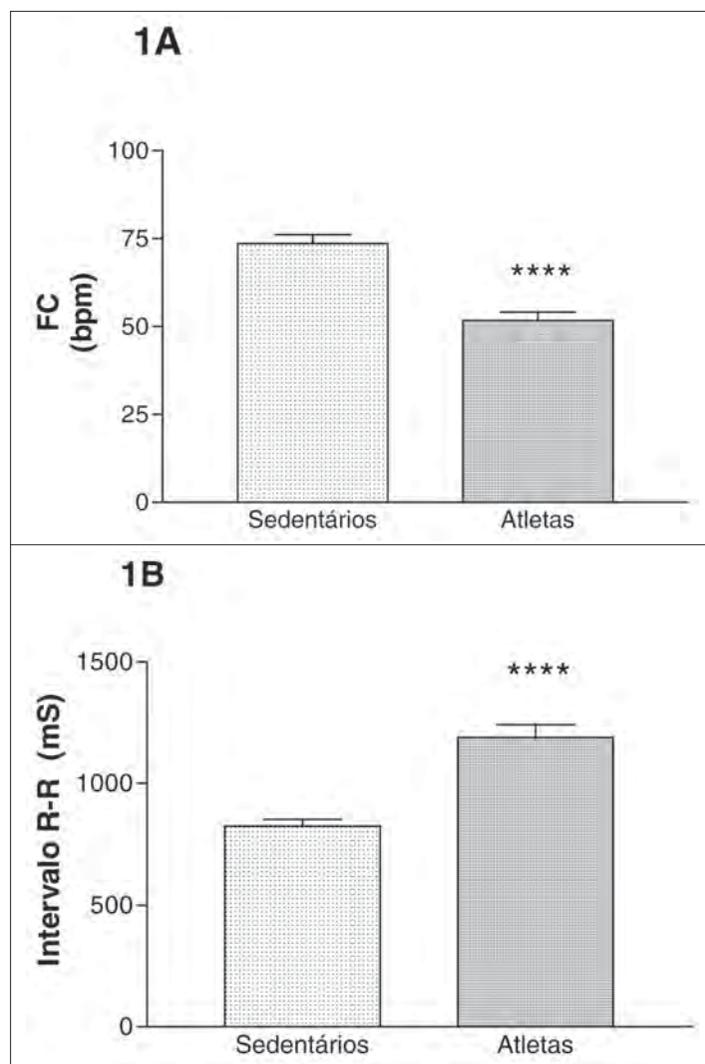


Gráfico 1

Tempo de retorno simpático e parassimpático após manobra de Valsalva

Com o tratamento do sinal foi possível avaliar o tempo que o sistema nervoso autônomo leva para estabilizar o sistema cardiovascular, após estresse através da manobra de Valsalva. No gráfi-

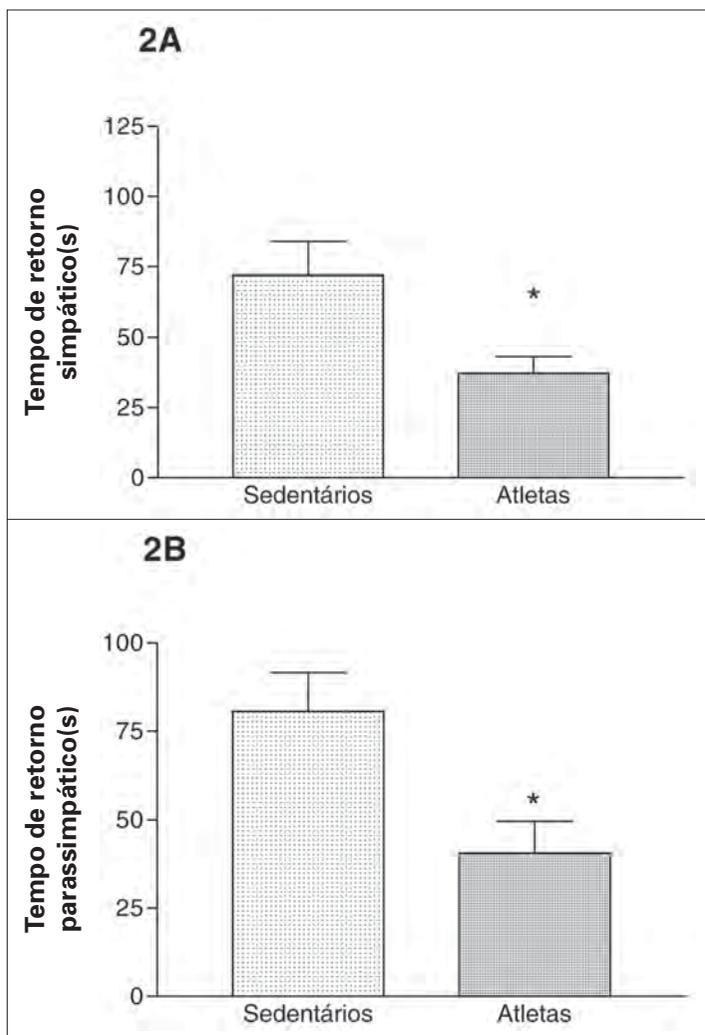


Gráfico 2

co 2A podemos observar o tempo de retorno do sistema simpático, após a manobra de Valsalva. O grupo de sedentários apresenta tempo médio de 72 ± 12 s e, o grupo de atletas, tempo médio de 37 ± 6 s. Quando comparamos os dois grupos, obtemos diferenças significativas com $p = 0,02$. No gráfico 2B está representado o tempo de retorno do sistema parassimpático após a manobra de Valsalva. Observamos que o grupo de sedentários apresenta tempo médio de retorno igual a 80 ± 11 s e o grupo de atletas, igual a 40 ± 8 s, revelando diferença estatística com $p = 0,01$.

Análise da variabilidade da frequência cardíaca no domínio do tempo

Através dos intervalos R-R é possível calcular a variabilidade da frequência cardíaca. No gráfico 3 podemos observar um dos meios para avaliar a variabilidade no domínio do tempo, o pNN50. Observamos que a média dos valores encontrados para o grupo de sedentários foi igual a $10 \pm 3,3$ e para o grupo de atletas, igual a $42,10 \pm 6,9$. Quando comparamos os grupos, observamos diferenças estatísticas com $p = 0,0007$.

Varição do intervalo R-R acima e abaixo da média dos R-R de todo o sinal

No gráfico 4A podemos observar o valor médio da variação dos intervalos R-R acima da média de todo o sinal. No grupo de sedentários esse valor foi igual a 343 ± 40 ms e no grupo de atletas, igual a 175 ± 39 ms. Esses valores, quando submetidos a tratamento estatístico, apresentaram $p = 0,0084$. A variação dos intervalos acima da média do sinal expressa a bradicardia gerada no

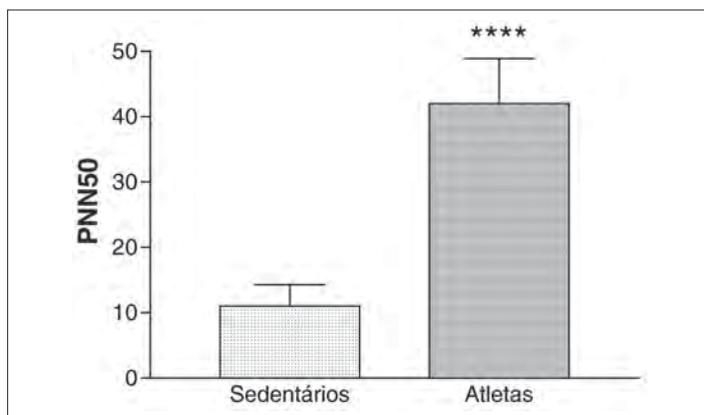


Gráfico 3

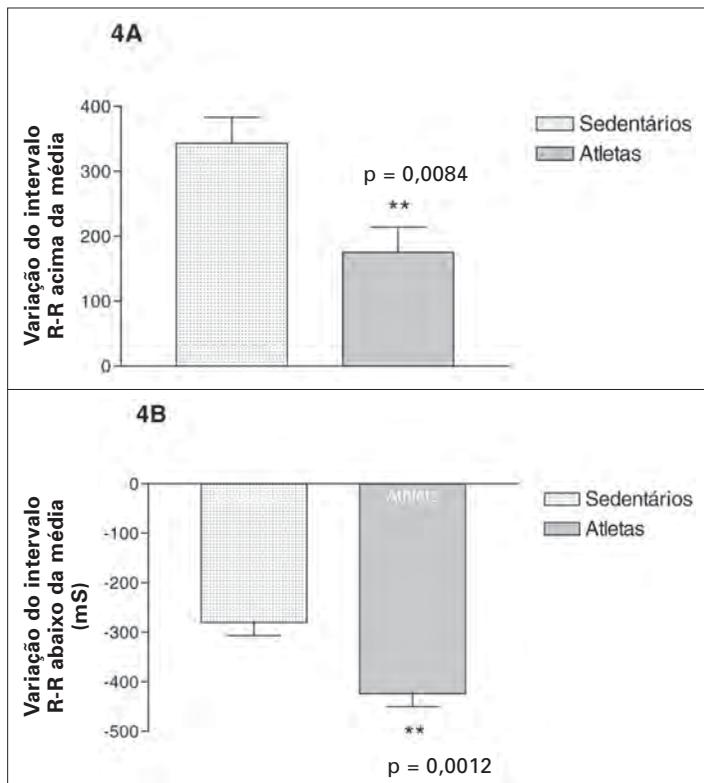


Gráfico 4

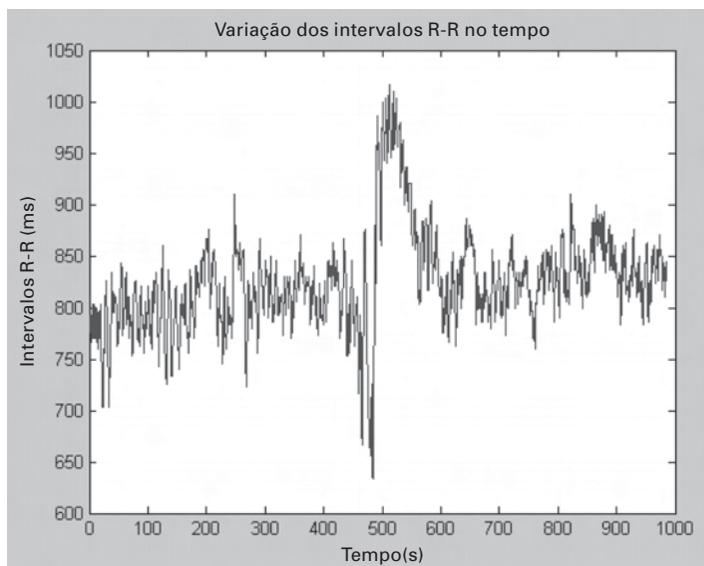


Figura 2 – Variação dos intervalos R-R no tempo de indivíduo sedentário

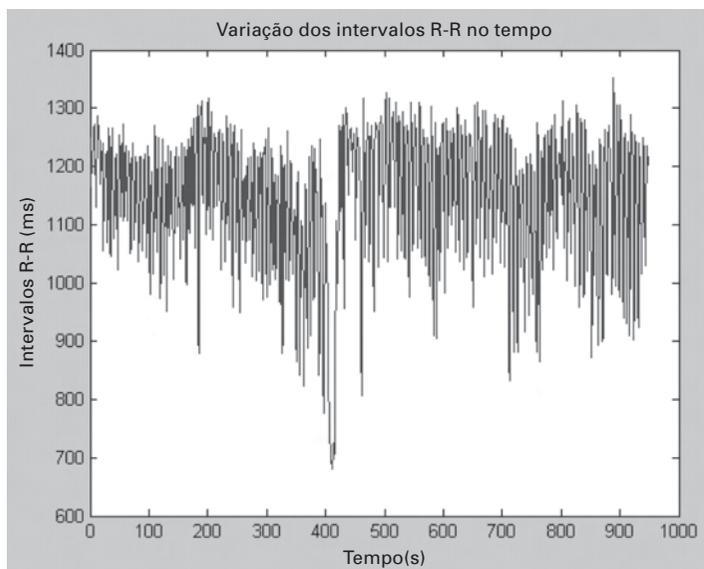


Figura 3 – Variação dos intervalos R-R no tempo de indivíduo atleta

sistema cardiovascular induzida pela manobra de Valsalva. O gráfico 4B demonstra o valor médio da variação dos intervalos R-R abaixo da média de todo o sinal. No grupo de sedentários encontramos valor médio de 281 ± 27 ms. No grupo de atletas encontramos valor médio de 425 ± 26 ms; quando comparamos os grupos, encontramos $p = 0,0012$. A variação dos intervalos abaixo da média do sinal expressa a taquicardia gerada no sistema cardiovascular induzida pela manobra de Valsalva.

As figuras 2 e 3 são traçados representativos da variabilidade da frequência cardíaca durante todo o experimento para indivíduos sedentários e atletas, respectivamente, auxiliando no entendimento dos dados obtidos supra citados nos gráficos 4A e B.

DISCUSSÃO

Como mencionado anteriormente, as variações dos intervalos R-R, batimento a batimento, dependem da modulação do sistema nervoso autônomo e receberam a denominação de “variabilidade da frequência cardíaca” (VFC), representando a medida da variação entre cada batimento sinusal sucessivo⁽⁸⁾. A capacidade de variar a frequência cardíaca em função de estímulos externos parece representar um importante papel fisiológico na vida diária, mesmo em situações simples de mudanças posturais, mas principalmente em situações de esforço físico mais intenso, como a atividade esportiva. Além disso, eventos cardiovasculares ou mesmo a evolução natural da idade parecem corroborar para a perda ou redução da capacidade de variar a frequência cardíaca. Wolf *et al.*⁽¹¹⁾ foram os primeiros a demonstrar associação entre aumento do risco de mortalidade pós-infarto com redução da VFC. Nesse trabalho, os autores constataram que 73 de 176 pacientes admitidos na unidade coronariana com infarto agudo do miocárdio apresentavam arritmia sinusal e, conseqüentemente, maior variabilidade do intervalo R-R. Esses pacientes tiveram menor taxa de mortalidade. Mais recentemente, outros autores confirmaram essa hipótese inicial, demonstrando que a diminuição da VFC está relacionada a maior índice de morbidade e mortalidade cardiovascular^(4,6,9,12).

Neste trabalho, investigamos e analisamos a variabilidade de frequência cardíaca associada à manobra de Valsalva, com o objetivo de caracterizar a resposta a esta em indivíduos sedentários e atletas. Nesse sentido, pretendemos identificar parâmetros que possam auxiliar a realização de inferências a respeito da aptidão do sistema cardiovascular, de maneira rápida e simplificada.

Como citado anteriormente na introdução, o exercício moderado de *endurance* pode influenciar significativamente a atividade

do sistema nervoso autônomo, assim como da sensibilidade do barorreflexo⁽¹⁸⁻²¹⁾.

Nossos resultados confirmam aqueles já relatados na literatura, demonstrando que atletas apresentam frequência cardíaca mais baixa, em repouso, do que indivíduos sedentários da mesma faixa etária. Os valores médios observados para frequência cardíaca em repouso (gráfico 1A) foram significativamente inferiores (FC) em atletas, quando comparados com os indivíduos sedentários. Com relação aos valores de R-R, indivíduos atletas apresentaram valores de R-R significativamente superiores em relação aos sedentários, representando maior intervalo entre cada batimento cardíaco. Segundo alguns autores, o treinamento físico induz maior atividade de parassimpática em repouso, explicando os resultados obtidos neste estudo⁽²²⁾.

Outra variável analisada neste trabalho foi o tempo de recuperação do sistema cardiovascular, após estimulação simpática e parassimpática da manobra de Valsalva, a condições basais de VFC. O objetivo deste estudo foi o de verificar, através da análise de VFC, se a melhor aptidão física dos indivíduos poderia alterar o tempo de recuperação do sistema cardiovascular ou a sensibilidade do barorreflexo.

Como podemos observar nos gráficos 2A e 2B, indivíduos atletas apresentaram, em ambos os casos, tempos de recuperação da VFC, após manobra de Valsalva, significativamente menores do que indivíduos sedentários. Esses resultados sugerem que a sensibilidade do barorreflexo é uma variável que efetivamente sofre influências do treinamento físico, sendo capaz de diferenciar, de maneira apurada, duas condições de aptidão física.

Como medida mais específica da VFC, a variável pNN50 foi calculada também com o objetivo de caracterizar os dois grupos estudados. Como esperado, a VFC de indivíduos atletas foi significativamente mais elevada do que em indivíduos sedentários (gráfico 3), também confirmando achados prévios de literatura e indicando que o treinamento físico é capaz de aumentar a capacidade fisiológica do sistema cardiovascular em variar frequência cardíaca e, conseqüentemente, melhor se adaptar a alterações ou estímulos do ambiente externo. Os resultados aqui obtidos corroboram aqueles previamente verificados por Levy *et al.*⁽¹⁸⁾, que observaram aumento do tônus parassimpático em repouso após seis meses de treinamento aeróbio.

Com o objetivo de melhor caracterizar e diferenciar os grupos estudados quanto à VFC e à sensibilidade do barorreflexo, calculamos a variação dos intervalos R-R durante a manobra de Valsalva acima e abaixo da média estabelecida para todos os R-R obtidos. Como podemos observar no gráfico 4A, a variação dos intervalos R-R acima da média, ou seja, aumento dos intervalos R-R, foi significativamente menor para indivíduos atletas, quando comparados com os sedentários. Esse achado se deveu, provavelmente, ao fato de que os atletas já apresentavam valores de intervalos R-R significativamente maiores do que os sedentários, no período que antecedeu a manobra, conforme demonstrado anteriormente (gráfico 1B). Nossos resultados corroboram aqueles encontrados por Middleton e De Vito⁽²¹⁾, que encontraram efeito parassimpático relacionado à sensibilidade do barorreflexo inferior para indivíduos treinados, quando comparados com sedentários.

Por outro lado, a variação dos intervalos R-R abaixo da média, ou seja, redução dos intervalos R-R, foi significativamente maior para indivíduos atletas, quando comparados com os sedentários. Esse achado indica que o treinamento físico pode conferir maior capacidade do sistema simpático em induzir aumentos de frequência cardíaca, alcançando valores superiores, quando comparados com indivíduos sedentários, em um mesmo período de tempo e sob estímulos de mesma intensidade. Esses resultados estão de acordo com aqueles observados por Iellamo *et al.*⁽²⁰⁾, que observaram que o treinamento físico aumenta a capacidade de resposta simpática, principalmente em picos de treinamento.

Nesse contexto, podemos sugerir que os resultados obtidos neste estudo utilizando manobra de Valsalva parecem se correlacionar com aqueles relatados na literatura onde foi analisada a VFC em situações de esforço. Sendo assim, o presente trabalho pode ser considerado o primeiro a sugerir que o teste clássico da manobra de Valsalva pode vir a ser utilizado como indicador de aptidão física em diferentes grupos de indivíduos. Estudos futuros ainda se fazem necessários para melhor caracterizar e confirmar essa hipótese.

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

REFERÊNCIAS

1. Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM. Principles of neural science. 4th ed. McGraw Hill, 2000.
2. Johnson LR. Fundamentos de fisiologia medica. 2ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.
3. Guyton AC, Hall JE. Tratado de fisiologia médica. 10ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002.
4. Longo A, Ferreira D, Correia JC. Variabilidade da frequência cardíaca. Rev Port Cardiol. 1995;14:241-62.
5. Ribeiro FT, Cunha A, Lourenço GCD, Marães VRFS, Catai AM, Gallo Jr L, et al. Estudo da variabilidade da frequência cardíaca em dois voluntários de meia-idade, um coronariopata e outro saudável – Relato de caso. Rev Soc Cardiol Estado de São Paulo. 2000;10:1-10.
6. Campelo M, Coutinho J, Fernandes P, Maciel MJ, Gonçalves FR, Gomes MC. Variabilidade da frequência cardíaca: uma perspectiva. Rev Port Cardiol. 1992; 11:723-32.
7. Ribeiro MP, Brum JM, Ferrario CM. Análise espectral da frequência cardíaca. Conceitos básicos e aplicação clínica. Arq Bras Cardiol. 1992;59:141-9.
8. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Circulation. 1996;93:1043-65.
9. Pumpura J, Howorka K, Groves D, Chester M, Nolan J. Functional assessment of heart rate variability: physiological basis and practical applications. Int J Cardiol. 2002;84:1-14.
10. Hon EH, Lee ST. Electronic evaluations of the fetal heart rate patterns preceding fetal death, further observation. Am J Obstet Gynec. 1965;87:814-26.
11. Wolf MM, Varigos GA, Hunt D, Sloman JG. Sinus arrhythmia in acute myocardial infarction. Med J Aust. 1978;2:52-3.
12. Alonso DO, Forjaz CLM, Rezende LO, Braga AMFW, Barretto ACP, Negrão CE, et al. Comportamento da frequência cardíaca e da sua variabilidade durante diferentes fases do exercício físico progressivo máximo. Arq Bras Cardiol. 1998;71:787-92.
13. Grupi CJ, Moffa PJ, Sanches PCR, Barbosa SA, Bellotti GMV, Pileggi FJC. Variabilidade da frequência cardíaca: significado e aplicação clínica. Rev Assoc Med Brasil. 1994;40:129-36.
14. Fox ML, Keteyian SJ. Bases fisiológicas do exercício e do esporte. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.
15. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. Fisiologia do exercício, energia, nutrição e desempenho humano. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998.
16. Castro CLB, Nóbrega ACL, Araújo CGS. Testes autonômicos cardiovasculares, uma revisão crítica, parte I. Arq Bras Cardiol. 1992;59:175-85.
17. Guo XH, Yi G, Batchavarov V, Gallagher MM, Malik M. Effect of moderate physical exercise on noninvasive cardiac autonomic test in healthy volunteers. Int J Cardiol. 1999;69:155-68.
18. Levy WC, Cerqueira MD, Harp GD, Johannessen KA, Abrass IB, Schwartz MS, et al. Effect of endurance exercise training on heart rate variability at rest in healthy young and older men. Am J Cardiol. 1998;82:1236-41.
19. Pichot V, Roche F, Gaspoz JM, Enjolras F, Antoniadis A, Minini P, et al. Relation between heart rate variability and training load in middle-distance runners. Med Sci Sports Exerc. 2000;32:1729-36.

20. Iellamo F, Legramante JM, Pigozzi F, Spataro A, Norbiato G, Lucini D, et al. Conversion from vagal to sympathetic predominance with strenuous training in high-performance world class athletes. Circulation. 2002;105(23):2719-24.
21. Middleton N, De Vito G. Cardiovascular autonomic control in endurance-trained and sedentary young women. Clin Physiol Funct Imaging. 2005;25:83-9.
22. Aubert AE, Seps B, Beckers F. Heart rate variability in athletes. Sports Med. 2003; 33:889-919.

ANEXO 1

Questionário Internacional de Atividade Física – versão curta

Nome: _____

Data: ____ / ____ / ____ Idade: ____ Sexo: F () M ()

Nós estamos interessados em saber que tipos de atividade física as pessoas fazem como parte do seu dia a dia. Este projeto faz parte de um grande estudo que está sendo feito em diferentes países ao redor do mundo. Suas respostas nos ajudarão a entender que tão ativos nós somos em relação a pessoas de outros países. As perguntas estão relacionadas ao tempo que você gasta fazendo atividade física na **ÚLTIMA** semana. As perguntas incluem as atividades que você faz no trabalho, para ir de um lugar a outro, por lazer, por esporte, por exercício ou como parte das suas atividades em casa ou no jardim. Suas respostas são **MUITO** importantes. Por favor responda cada questão mesmo que considere que não seja ativo. Obrigado pela sua participação!

Para responder às questões lembre que:

- atividades físicas **VIGOROSAS** são aquelas que precisam de um grande esforço físico e que fazem respirar **MUITO** mais forte que o normal
- atividades físicas **MODERADAS** são aquelas que precisam de algum esforço físico e que fazem respirar **UM POUCO** mais forte que o normal

Para responder às perguntas pense somente nas atividades que você realiza **por pelo menos 10 minutos contínuos** de cada vez:

1a. Em quantos dias da última semana você caminhou por pelo menos 10 minutos contínuos em casa ou no trabalho, como forma de transporte para ir de um lugar para outro, por lazer, por prazer ou como forma de exercício?

dias ____ por **SEMANA** () Nenhum

1b. Nos dias em que você caminhou por pelo menos 10 minutos contínuos quanto tempo no total você gastou caminhando **por dia**?

horas: ____ Minutos: ____

2a. Em quantos dias da última semana você realizou atividades **MODERADAS** por pelo menos 10 minutos contínuos, como por exemplo pedalar leve na bicicleta, nadar, dançar, fazer ginástica aeróbica leve, jogar vôlei recreativo, carregar pesos leves, fazer serviços domésticos na casa, no quintal ou no jardim como varrer, aspirar, cuidar do jardim, ou qualquer atividade que fez aumentar **moderadamente** sua respiração ou batimentos do coração (**POR FAVOR NÃO INCLUA CAMINHADA**)

dias ____ por **SEMANA** () Nenhum

2b. Nos dias em que você fez essas atividades moderadas por pelo menos 10 minutos contínuos, quanto tempo no total você gastou fazendo essas atividades **por dia**?

horas: ____ Minutos: ____

3a. Em quantos dias da última semana você realizou atividades **VIGOROSAS** por pelo menos 10 minutos contínuos, como por exemplo correr, fazer ginástica aeróbica, jogar futebol, pedalar rápido na bicicleta, jogar basquete, fazer serviços domésticos pesados em casa, no quintal ou cavoucar no jardim, carregar pesos elevados ou qualquer atividade que fez aumentar **MUITO** sua respiração ou batimentos do coração.

dias ____ por **SEMANA** () Nenhum

3b. Nos dias em que você fez essas atividades vigorosas por pelo menos 10 minutos contínuos quanto tempo no total você gastou fazendo essas atividades **por dia**?

horas: ____ Minutos: ____

PERGUNTA SOMENTE PARA O ESTADO DE SÃO PAULO

5. Você já ouviu falar do Programa Agita São Paulo?

6. Você sabe o objetivo do Programa? () Sim () Não