

Análise Temporal do Controle Autônomo da Frequência Cardíaca de Homens Idosos com Diferentes Capacidades Aeróbias: Estudo de Três Casos

Robison José Quitério¹

¹ Universidade Metodista de Piracicaba; Faculdades Integradas Fafibe
robison@iris.ufscar.br

Ruth Caldeira de Melo²

² PG – Universidade Federal de São Carlos – SP

Aniele Christine M. Takahashi³

³ PG – Universidade Federal de São Carlos – SP

Ester da Silva⁴

⁴ Universidade Metodista de Piracicaba - SP

Aparecida Maria Catai⁵

⁵ Universidade Federal de São Carlos - SP

Abstract. *The purpose of this study was to investigate the autonomic control of heart rate in three healthy men (62,3±1,7 years old), engaged in regular aerobic physical activities. The aerobic functional classification of the volunteers was evaluated by the peak oxygen uptake (peak $\dot{V}O_2$) obtained from maximum cardiopulmonary test in cycle ergometer. The heart rate (HR) and intervals R-R were recorded during 15 minutes, at rest condition in supine posture and analyzed by time domain methods. The results of peak $\dot{V}O_2$ (ml/kg/min) and heart rate variability (HRV) indexes, RMSM (ms) and RMSSD (ms) of intervals R-R, of each volunteer, were respectively: AAO = 18.62, 32.67 and 15.10; GP = 32.68, 36.81 and 22.86; KM = 42.79, 42.54 and 50.26. These data show that the autonomic adaptations of HR were accentuated in the individual with higher peak $\dot{V}O_2$, however the variations of HRV indexes were not proportional to the differences verified in peak $\dot{V}O_2$ data.*

Keywords. *heart rate variability; autonomic nervous system; physical training; aerobic exercise; aging; oxygen uptake.*

Resumo. *A proposta deste estudo foi investigar o controle autônomo da frequência cardíaca em três homens saudáveis, com média de idade de 62,3 anos, praticantes de atividades físicas aeróbias regulares. A classificação funcional aeróbia dos voluntários foi realizada a partir do consumo pico de oxigênio ($\dot{V}O_{2pico}$) obtido em teste ergoespirométrico realizado em cicloergômetro. A FC e os intervalos R-R foram registrados durante 15 minutos, na condição de repouso na postura em supina e analisados no domínio do tempo. Os resultados de $\dot{V}O_{2pico}$ (ml/kg/min) e dos índices de variabilidade da frequência cardíaca, RMSM (ms) e RMSSD (ms) dos intervalos R-R, de cada voluntário, foram, respectivamente: AAO = 18,62, 32,67 e 15,10; GP = 32,68, 36,81 e 22,86; KM = 42,79, 42,54 e 50,26. Esses dados mostram que as adaptações autonômicas da FC foram mais acentuadas*

no indivíduo com maior $\dot{V}O_2$ pico, porém as variações dos índices de VFC não foram proporcionais às diferenças verificadas nos dados de $\dot{V}O_2$ pico.

Palavras-chave: *variabilidade da frequência cardíaca; sistema nervoso autonômico; treinamento físico; exercício aeróbio; envelhecimento; consumo de oxigênio.*

1. Introdução

As oscilações periódicas da frequência cardíaca (FC) e dos intervalos R-R de batimentos cardíacos consecutivos, moduladas pela atuação do sistema nervoso autonômico sobre o coração, são denominadas de variabilidade da frequência cardíaca (VFC) (Antila, 1979; Longo et al., 1995; Task force, 1996).

O estudo da VFC tem permitido, de forma não invasiva, segura e reprodutível (Pumprla et al., 2002), um melhor entendimento da participação do controle neural simpático e parassimpático sobre o nó sinusal tanto em saudáveis (Catai, et al., 2002; Melo et al., 2005) quanto portadores de patologias (Bigger et al., 1992; Takahashi et al., 2005) com ou sem bloqueio farmacológico (Yamamoto et al., 1991).

A VFC pode ser analisada tanto por métodos no domínio do tempo, onde são avaliadas as variações da FC e dos intervalos R-R, utilizando-se de métodos estatísticos, quanto no domínio da frequência, por meio de análise espectral (Antila, 1979; Longo et al., 1995). Em relação à análise temporal, o índice RMSM é considerado como expressivo da VFC total, enquanto que o RMSSD reflete quase que exclusivamente as oscilações de alta frequência, ou seja, comporta-se como um índice sensível e expressivo da atividade vagal sobre o coração (Polanczyk et al., 1998), não sendo influenciado pela atividade simpática (Bigger et al., 1992), o que foi comprovado por meio de experimentos com bloqueio farmacológico (Hayano et al., 2000). Esses índices têm sido utilizados como indicadores sensíveis e precoces do estado de saúde e de condição física, sendo que os altos valores dos mesmos indicam um bom funcionamento dos mecanismos de controle do sistema nervoso autonômico, enquanto que os baixos índices são indicadores de risco para saúde (Dekker et al., 2000; Tsuji et al., 1996).

No que se refere ao processo fisiológico de envelhecimento, alguns autores (Barbosa et al., 1996; Catai et al., 2002; Santos et al. 2003; Melo et al., 2005) constataram que com o aumento da idade ocorreu diminuição da VFC, entretanto, um outro trabalho (Byrne et al., 1996) com homens entre 20 e 97 anos, referem que a diminuição da capacidade aeróbia nesta população, e não o envelhecimento por si só, pode ser o responsável pelo declínio da VFC, haja vista vários estudos (DeMeersman, 1993; Stein et al., 1999; Sachnoff et al., 1994) reportaram que a VFC aumenta com a melhora da capacidade aeróbia.

A literatura refere ainda que a magnitude deste aumento da VFC, em consequência do treinamento físico aeróbio, pode estar relacionada ao nível de treinamento dos indivíduos (Stähle et al.1999; Melanson, 2000), sendo que em atletas espera-se encontrar uma maior VFC, indicando uma maior modulação do eferente parassimpático sobre o coração (Sacknoff et al., 1994). Porém, em um outro trabalho (Stein et al., 1999) com idosos saudáveis submetidos a 9 meses de treinamento aeróbio, verificou-se que o aumento da VFC (12,6%) foi modesto quando comparado ao ganho no consumo máximo de oxigênio (22%).

Assim, o objetivo do presente trabalho foi investigar o controle autonômico da FC, de três idosos com diferentes capacidades aeróbias, praticantes de atividades

físicas aeróbias regulares, porém distintas no que se refere à intensidade e frequência semanal delas.

2. Casuística e métodos

Foram estudados 3 idosos não fumantes e não usuários de qualquer tipo de drogas, considerados saudáveis após avaliação clínica, exames laboratoriais, eletrocardiograma completo em repouso e teste ergométrico de avaliação da capacidade funcional, cujas características estão descritas na tabela 1.

Tabela 1. Idade, dados antropométricos e características da atividade física praticada pelos voluntários.

Voluntários	AAO	GP	KM
Idade (anos)	64	61	62
Massa corporal (kg)	67	71,8	68
Estatura (m)	1,65	1,66	1,70
Índice de massa corporal (kg/m ²)	25,05	26,05	22,59
Tipo de atividade física	Caminhada	Hidroginástica e caminhada	Corrida e ciclismo
Carga horária semanal de atividade física	2 a 3 horas divididas em 2 sessões	6 h 30 min a 8h 30min divididos em 5 sessões	10 h 30 minutos divididos em 6 sessões
Principal objetivo da prática da atividade física	Melhora da qualidade de vida	Melhora da qualidade de vida	Competição

Todos assinaram um termo de consentimento pós-informado de participação em pesquisa, conforme determina a resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde. Esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da instituição (processo n° 69/2003).

Os testes foram realizados no mesmo período do dia, ou seja, à tarde, considerando-se as influências circadianas. A temperatura ambiente foi mantida entre 22 e 24°C e a umidade relativa do ar entre 40 e 60%. Previamente a realização do protocolo experimental, os voluntários foram orientados para que no dia anterior e no dia do teste, não ingerissem bebidas alcoólicas ou estimulantes (café, chá, etc.), não realizassem qualquer tipo de esforço físico, evitassem exageros alimentares e que dormissem bem. Os experimentos foram realizados duas horas após a última refeição.

Os voluntários foram submetidos a dois protocolos experimentais. O primeiro consistiu de um teste de esforço físico dinâmico contínuo do tipo rampa, em um cicloergômetro de frenagem eletromagnética (Quinton Corival 400) com a captação simultânea das variáveis ventilatórias, respiração a respiração, por meio de um ergoespirômetro (CPX/D MedGraphics). O incremento de potência foi de 15 watts por minuto para os 3 voluntários estudados, o qual foi determinado individualmente, de acordo com a fórmula proposta por Wasserman et al. (1999) O teste foi realizado até a exaustão física do voluntário. Para a classificação aeróbia funcional (AHA, 1972) dos voluntários foram analisados os dados de consumo de oxigênio no pico do exercício ($\dot{V}O_{2\text{pico}}$), uma vez que não foi observado um platô na resposta do $\dot{V}O_2$ com o aumento da carga de trabalho, que é o critério utilizado para caracterização do $\dot{V}O_{2\text{max}}$.

O segundo protocolo constou da captação da FC e dos intervalos R-R, batimento a batimento, durante 15 minutos na posição supina, a partir de um monitor cardíaco de

um canal (TC-500, ECAFIX) conectado a um microcomputador por meio de um conversor analógico/digital (Lab-PC / National Instruments, Co), usando-se para isso um *software* específico (Silva et al., 1994). Os voluntários foram monitorizados na derivação MC5 modificada, utilizando eletrodos de carbono ativado, auto-adesivos e descartáveis que foram colocados na seguinte configuração: o pólo negativo no manúbrio esternal, pólo positivo na região do 5º espaço intercostal na linha hemiclavicular esquerda e o terra no 5º espaço intercostal direito.

A VFC foi estudada no domínio do tempo, por meio dos índices RMSM e RMSSD dos intervalos R-R, em milissegundos (ms), por serem sensíveis e convencionalmente aceitos para caracterização da VFC (Task force, 1996). O RMSM corresponde à raiz quadrada da somatória do quadrado das diferenças dos valores individuais dos intervalos R-R em relação ao valor médio dividido pelo número de intervalos R-R (Equação 1). O RMSSD corresponde à raiz quadrada da somatória do quadrado da diferença dos intervalos R-R menos os intervalos R-R subseqüentes, divididos pelo número de intervalos R-R em um tempo determinado menos um (Equação 2) (Antila, 1979; Longo et al., 1995).

$$RMSM = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (RR_i - \overline{RR})^2}{N}}$$

(Equação 1)

$$RMSSD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N-1} (RR_i - RR_{i+1})^2}{N-1}}$$

(Equação 2)

Onde: Σ = somatória; RR = intervalos R-R; N = número de intervalos R-R na série de dados selecionados.

Para obtenção deste índice, foi utilizado o programa: “Analisador gráfico de intervalos R-R, frequência cardíaca e eletrocardiograma”, desenvolvido no Laboratório de Fisioterapia Cardiovascular da UFSCar (Gouvea et al., 1998). A partir desses dados foi feita a análise descritiva dos dados.

3. Resultados

Na tabela 2 são apresentados os dados de consumo pico de oxigênio, a classificação aeróbia funcional e os valores dos índices de variabilidade da frequência cardíaca dos voluntários estudados. Observa-se que o voluntário com maior consumo pico de oxigênio apresentou maiores índices de VFC, quando comparado ao voluntário de menor capacidade aeróbia funcional.

Tabela 2: Consumo pico de oxigênio ($\dot{V}O_2$ pico), classificação da capacidade aeróbia e índices de variabilidade da frequência cardíaca dos voluntários estudados.

Voluntários	AAO	GP	KM
$\dot{V}O_2$ pico (ml/kg/min)	18,62	32,68	42,79
Classificação da capacidade aeróbia	Regular	Boa	Ótima
RMSM (ms)	32,67	36,81	42,54
RMSSD (ms)	15,10	22,86	50,26

A figura 1 apresenta os resultados das três variáveis estudadas, normalizados pelos dados do voluntário (KM) que apresentou os maiores valores de $\dot{V}O_2$ pico, RMSM e RMSSD. Verifica-se que os resultados de $\dot{V}O_2$ pico, RMSM e RMSSD dos outros dois

voluntários (GP e AAO) foram, respectivamente: GP = 76,37%, 86,53% e 45,48%; AAO = 43,51%, 76,79% e 30,04%.

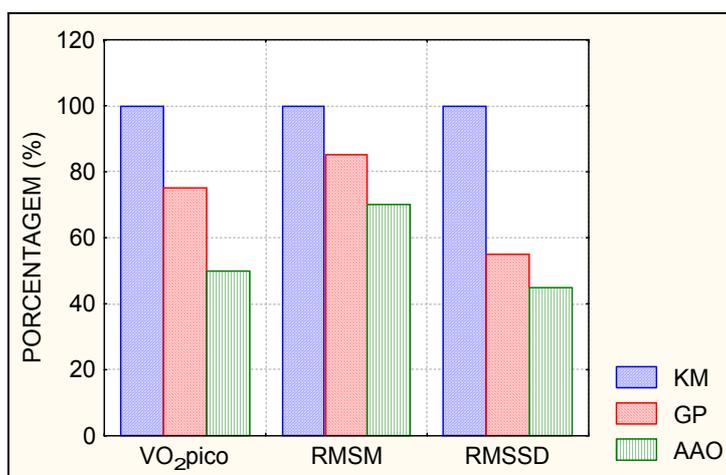


Figura 1. Dados das três variáveis estudadas, normalizados pelos dados do voluntário (KM) que apresentou os maiores valores de $\dot{V}O_2$ pico, RMSM e RMSSD.

4. Discussão

A literatura (Barbosa et al., 1996; Catai et al., 2002; Santos et al. 2003; Melo et al., 2005) tem referido que durante o processo fisiológico de envelhecimento ocorre uma diminuição da VFC, entretanto, vários estudos (DeMeersman, 1993; Sacknoff et al., 1994; Stein et al., 1999; Melo et al., 2005) observaram aumento da VFC total em idosos submetidos a treinamento físico aeróbio, sugerindo que ele atenuaria os efeitos do envelhecimento sobre o controle autônomo da frequência cardíaca.

Os resultados do presente estudo confirmam que a magnitude das adaptações autonômicas sobre o coração é maior naqueles com maior nível de capacidade aeróbia, ou seja, está de acordo com os trabalhos (Smith et al., 1989; Bryan et al., 1992) que mostraram que os atletas de endurance apresentam maior modulação vagal sobre o coração. Entretanto, quando os nossos dados são analisados de forma relativa, observa-se que as diferenças percentuais, intervoluntários, verificadas no $\dot{V}O_2$ pico não foram semelhantes às obtidas para os índices RMSM e RMSSD dos intervalos R-R. Esses achados são corroborados por outro trabalho (Stein et al., 1999) com idosos saudáveis, que verificou que o aumento da VFC foi modesto (12,6%) quando comparado ao ganho no consumo máximo de oxigênio (22%), após 9 meses de treinamento aeróbio. Isto pode ser atribuído ao fato que o aumento do consumo pico de oxigênio, resultante do treinamento, é fortemente influenciado por fatores genéticos (Prud'homme et al., 1984), portanto os altos níveis de VFC observados em estudos transversais (Sacknoff et al., 1994) com atletas de endurance pode, em parte, refletir esses fatores.

Os dados do presente trabalho são extremamente relevantes considerando-se que a redução da VFC, em decorrência do processo de envelhecimento, está relacionada com altas frequências de morbidade e mortalidade por doença cardiovascular (Bigger et al., 1992; Task Force, 1996).

5. Conclusões

Em suma, nossos dados mostram que o idoso saudável que realiza atividades físicas aeróbias regulares apresentou maiores valores de $\dot{V}O_2$ pico e de VFC, indicando

maior atividade autonômica sobre o coração. Apesar de esses efeitos adaptativos serem maiores naquele com maior nível de treinamento físico, a variação dos índices de VFC não foram proporcionais aos valores de consumo pico de oxigênio. Isto pode ser observado pela análise dos resultados, haja vista que, quando comparados aos valores relativos de $\dot{V}O_2$ pico, os índices de RMSM apresentaram menores diferenças percentuais, enquanto que as diferenças para os índices de RMSSD foram maiores.

Assim, são necessários mais estudos, com maior número de sujeitos, para melhor precisar a influência de fatores genéticos e outros associados ao exercício físico (i.e., tipo, intensidade, frequência e duração) sobre estas adaptações.

6. Referências Bibliográficas

1. ANTILA, K. Quantitative characterization of heart rate during exercise. **Scandinavian Journal of Clinical Laboratory Investigation**, v. 80, p. 153-155, 1979.
2. BIGGER, J.T.; FLEISS, J.L.; STEINMAN, R.C.; ROLNITZKY, L.M. Correlations among time and frequency domain measures of heart period variability two weeks after acute myocardial infarction. **American Journal of Cardiology**, v.69, p.891-898, 1992.
3. BRYAN, G.; WARD, A.; RIPPE, J. Athletic heart syndrome. **Clinical Sports of Medicine**, v.11, p.259-272, 1992.
4. CATAI, A.M.; CHACON-MIKAHIL, M.P.T.; MARTINELLI, F.S.; FORTI, V.A.M.; SILVA, E.; GOLFETTI, R.; MARTINS, L.E.B.; SZRAJER, J.S.; WANDERLEY, J.S.; LIMA-FILHO, E.C.; MILAN, L.A.; MARIN-NETO, J.A.; MACIEL, B.C.; GALLO-JUNIOR, L. Effects of aerobic exercise training on heart rate variability during wakefulness and sleep and cardiorespiratory responses of young and middle-aged healthy men. **Brazilian Journal of Medicine and Biological Research**, v.35, p.741-752, 2002.
5. DEKKER, J.M.; CROW, R.S.; FOLSOM, A.R. Low heart rate variability in a 2-min rhythm strip predicts risk of coronary heart disease and mortality from several causes. The ARIC Study. **Circulation**, v.102, p.899-908, 2000.
6. DEMEERSMAN, R.E. Heart rate variability and aerobic fitness. **American Heart Journal**, v.125, p.726-731, 1993.
7. GOUVÊA, E.C.; CATAI, A.M.; SILVA, E.; OLIVEIRA, L.; MILAN, L.A.; GALLO JR., L.; BARCELOS, S.R.; TREVELIN, L.C. Implementação e incorporação dos módulos de análise de dados e emissão de relatórios ao sistema computacional de eletrocardiografia de esforço. In: VI Congresso De Iniciação Científica da UFSCar, São Carlos, 1998. Anais, São Carlos, UFSCar, 1998.
8. HAYANO, J.; SANKAKIBARA, Y.; YAMADA, Y. Accuracy of assessment of cardiac vagal tone by heart rate variability in normal subjects. **American Journal of Cardiology**, v.67, p.199-204, 1991.
9. LONGO, A.; DANIEL, F.; CORREIA, M.J. Variabilidade da frequência cardíaca. **Revista Portuguesa de Cardiologia**, v. 14, n. 3, p. 241-262, 1995.
10. MELANSON, E.L. Resting heart rate variability in men varying in habitual physical activity. **Medicine Science of Sports Exercise**, v32, p.1894-1901, 2000.
11. MELO, R.C.; SANTOS, M.D.B.; SILVA, E.; QUITÉRIO, R.J.; MORENO, M.A.; REIS, M.S.; VERZOLA, I.A.; OLIVEIRA, L.; MARTINS, L.E.B.; GALLO-JUNIOR, L.; CATAI, A.M. Effects of age and physical activity on the autonomic control of heart rate in healthy men. **Brazilian Journal of Medicine and Biological Research**, v.38, p.1-8, 2005.

12. POLANCZIK, C.A.; ROHDE, L.E.P.; MORAES, R.S; FERLIN, E.L.; LEITE, C.; RIBEIRO, J.P. Sympathetic nervous system representation in time and frequency domain of heart rate variability. **European Journal of Applied Physiology**, v.79, p.69-73, 1998.
13. PRUD'HOMME, D.; BOUCHARD, C.; LEBLANC, C.; LANDRY, F.; FONTAINE, E. Sensitivity of maximal aerobic power to training is genotype-dependent. **Medicine Science of Sports Exercise**, v.16, p.489-493, 1984
14. PUMPRLA, J.; HOWORKA, K.; GROVES, D.; CHESTER, M.; NOLAN, J. Functional assessment of heart rate variability: physiological basis and practical applications. **Internation Journal of Cardiology**, v.84, p.1-14, 2002.
15. RIBEIRO, T.F.; CUNHA, A.; LOURENÇO, G.C.D.; MARÃES, V.R.F.S.; CATAI, A.M; GALLO-JR, L.; SILVA, E. Estudo da variabilidade da frequência cardíaca em dois voluntários de meia-idade, um coronariopata e outro saudável – relato de caso. **Revista da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo**, v.1, n.1 (supl A), p.1-10, 2000.
16. SACKNOFF, D.M.; GLEIN, G.W.; STACHENFELD, N.; COPLAN, N. Effect of athletic training on heart rate variability. **American Heart Journal**, v. 127, p.1275-1278, 1994.
17. SANTOS, M.D.B.; MORAES, F.R.; MARÃES, V.R.F.S.; SAKABE, D.I.; TAKAHASHI, A.C.M.; OLIVEIRA, L.; GALLO-JR, L.; SILVA, E; CATAI, A.M. Estudo da arritmia sinusal respiratória e da variabilidade da frequência cardíaca de homens jovens e de meia-idade. **Revista da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo**, v.13, n.3 (supl A), p. 15-25, 2003.
18. SILVA, E.; CATAI, A.M.; TREVELIN, L.C.; GUIMARÃES, J.O.; SILVA JR, L.P.; SILVA, L.M.P.; OLIVEIRA, L.; MILAN, L.A.; MARTINS, L.E.B.; GALLO JR, L. Design of a computerized system to evaluate the cardiac function during dynamic exercise. In: World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, Rio de Janeiro, 1994. Annals, Rio de Janeiro: 1994, v. 39, p. 409-409.
19. SMITH M.; HUDSON, D.; GRAITZER, H.; RAVEN, P. Exercise training bradycardia: the role of autonomic balance. **Medicine Science of Sports Exercise**, v.21, p.40-44, 1989.
20. STAHL, A.; NORDLANDER, R.; BERGFELDT. Aerobic group training improves exercise capacity and heart rate variability in elderly patients with a recent coronary event. **European Heart Journal**, v.20, p.1638-1646, 1999.
21. STEIN, P.K.; EHASIN, A.A.; DOMITOVICH, P.P.; KLEIGER, R.E.; ROTTMAN, J.N. Effect of exercise training on heart rate variability in healthy older adults. **American Heart Journal**, v.138, p.567-576, 1999.
22. TAKAHASHI, A.C.M.; NOVAIS, L.D.; SILVA, E; SAKABE, D.I.; OLIVEIRA, L.; MILAN, L.A.; DAREZZO, F.; CATAI, A.M. Avaliação do controle autonômico da frequência cardíaca e determinação do limiar de anaerobiose em homens saudáveis e coronariopatas. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v.9, n.2, p.1-8, 2005.
23. TASK FORCE - Heart Rate Variability – Standards of Measurement, Physiological Interpretation and Clinical Use. **Circulation**, v. 93, n. 5, p. 1043-1065, 1996.
24. TSUJI, H.; LARSON, M.G.; VENDITTI-JR, F.J. Impact of reduced heart rate variability on risk for cardiac events: The Framingham Heart Study. **Circulation**, v.94, p.2850-2855, 1996.
25. WASSERMAN K.; HANSEN, J.E.; SUE, D.; WHIPP, B.J.; CASABURI, R. Principles of exercise testing and interpretation. 3a. ed. Philadelphia: Willians & Wilkins, 1999.

26. YAMAMOTO, Y.; HUGHDON, R.L.; PETERSON, J.C. Autonomic control of heart rate during exercise studied by heart rate variability spectral analysis. **Journal Applied Physiology**, v.71, p.1136-1142, 1991.