VARIABILIDADE DA FREQÜÊNCIA CARDÍACA EM ATLETAS

Anderson Eduardo Guimarães[1], Luciano Ramos, Alexander Berker, Rodrigo Álvaro B. Lopes Martins[2], Carlos Julio Tierra-Criollo[3], Marcos Tadeu Tavares Pacheco[4]

1 - Rua Scorpius, 540 – Jd. Satélite – 12230-570 São José dos Campos–SP.
E mail: ae.guimaraes@uol.com.br

2, 3, 4 – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento – IP&D Universidade do Vale do Paraíba – Av . Shishima Hifumi, 2911 – Urbanova – 12244-000 – São José dos Campos – SP
E mail: carjulio@univap.br, mtadeu@univap.br

Palavras-Chave: *Variabilidade da Freqüência Cardíaca, Atletas, teste de esforço*
Área do Conhecimento: *III - Engenharias*

RESUMO

A Variabilidade da Freqüência Cardíaca (VFC) é definida como a variação temporal que ocorre entre batimentos cardíacos sucessivos em ritmo sinusal. Vários trabalhos relacionam o aumento de disfunção do sistema autônomo com a diminuição da VFC, no entanto, sua aplicação para avaliação de desempenho físico ainda não está bem definida. Através do ECG digital, com 12 derivações padrão, em faixa de freqüências de 0,5 Hz a 150Hz (filtro passa-banda), nosso estudo monitorou o teste de esforço em 10 atletas. Os resultados foram transferidos para o programa MatLab, onde foram realizadas a análise no domínio do tempo (MNN: Média e desvio padrão dos intervalos RR normais , ou intervalos NN, PNN50 e RMSSD). Nossos resultados sugerem uma correlação da análise temporal com as flutuações do ritmo cardíaco decorrentes da interação entre o sistema nervoso simpático e parassimpático. Em futuros pretendemos comparar indivíduos treinados e não treinados a fim de medir a velocidade de resposta na VFC, estabelecendo possível critério de avaliação.

INTRODUÇÃO

A Freqüência Cardíaca (FC) é parâmetro fundamental na análise da aptidão física: "O sistema cardiovascular normalmente limita muito mais o VO2 máx. que o sistema respiratório, podendo dizer muitas vezes por essa razão, que o desempenho que pode ser obtido pelo maratonista depende em grande parte de seu coração" (GUYTON&HALL,1998-p.622). Assim, buscando avaliar o condicionamento físico, a FC reflete a eficiência individual na resposta cardiovascular em nível de aptidão aeróbica (MCARDLE et al,1998; TONO-OKA & KANEKO, 1993; POWERS & HOWLEY, 2000; ALONSO et al ,1998; GUYTON & HALL,1998; FOX, 1989; LEITE, 2000; RONDON et al.,1998; BALLARIN et al,1989, FARDY,1998).

Por outro lado, no diagnóstico clínico, vários trabalhos relacionam o aumento de disfunção do sistema autônomo com a diminuição da Variabilidade da Freqüência Cardíaca (VFC) (KLEIGER et al. 1987, 1992; VAISHNAV et al..1994; BIGGER et al.,1992; ALONSO et al., 1998 e RONDON et al.,1998). A VFC é um mecanismo que liga a depressão cardíaca à mortalidade aumentada nos pacientes pós Infarto agudo do Miocárdio e, tem sido utilizada como meio não-invasivo de avaliação do controle neural do coração (KLEIGER et al. 1987, 1992; VAISHNAV et al..1994; BIGGER et al.,1992; ALONSO et al., 1998 e RONDON et al.,1998).

Conforme GRUPI et al. (1994), o coração não tem os seus batimentos regulares com intervalos fixos como um metrônomo. O ritmo sinusal apresenta certo grau de variação que é esperado e comum em indivíduos sadios. Alterações da freqüência cardíaca ocorrem com o exercício físico e mental, respiração, alterações metabólicas, mudanças posturais e outras influências.

O sistema nervoso autônomo (SNA) produz uma variação batimento a batimento no ritmo cardíaco, cuja valorização como parâmetro fisiológico tem sido reconhecida somente nas duas últimas décadas (GRUPI et al. 1994).

Através da análise da variação entre cada batimento sinusal sucessivo, medindo-se cada intervalo R-R, é possível determinar a FC em qualquer instante de tempo (GRUPI et al. 1994; RIBEIRO et al. 2000). Existem vários parâmetros no domínio do tempo para a análise da VFC baseados nos intervalos R-R, como: média; desvio-padrão; raiz quadrada da média das diferenças quadradas de batimentos sucessivos (RMSSD) e; porcentagem de batimentos adjacentes com diferença maior ou igual que 50 ms (MEDEIROS et al. 2002, GRUPI et al. 1994; RIBEIRO et al. 2000).

Segundo KLEIGER et al. (1987) tais medições com variáveis do domínio de tempo são consideradas um método simples e prático de avaliar a função autônoma. Sua utilidade foi demonstrada em indivíduos normais e em indivíduos com diversas patologias cardíacas. Assim, conforme acrescenta GRUPI et al. (1994), o tônus autonômico pode ser avaliado através da VFC durante curtos períodos de monitoração eletrocardiográfica, entre 60 segundos e 30 minutos de duração, ou por períodos prolongados, geralmente através de eletrocardiograma de longa duração (sistema Holter). A análise no domínio do tempo de curta duração apresenta algumas vantagens como, por exemplo, o curto período de monitoração e a utilização de equipamentos simples. A associação com outras técnicas, por vezes invasivas, sensibilizam o método, tais como: monitoração em freqüência respiratória espontânea ou controlada, mudanças posturais, manobra de Valsalva, estimulação do seio carotídeo e infusão de drogas como adrenalina e atropina, incluindo o exercício e o stress psicológico e físico.

Segundo RIBEIRO; BRUM; FERRARIO (1992) avanços na bioengenharia e no processamento de sinais biológicos têm permitido possibilidades de novos procedimentos terapêuticos não invasivos, bem como aumentado a capacidade de diagnóstico, especialmente na área cardiovascular. A maioria dos médicos reconhece a importância da informação dos mecanismos de regulação contida nos sinais biológicos e a necessidade de uma análise mais fina e precisa desses sinais. Entretanto, dificuldades inerentes ao uso de uma linguagem técnica e matemática têm retardado a aceitação de novas técnicas de processamento de sinais. Recentemente, a análise da variabilidade da freqüência cardíaca realizada por computador trouxe possibilidades reais de observação e compressão dos mecanismos extrínsicos do controle do ritmo cardíaco em situações fisiológicas e patológicas.

A impressão comum a todos esses investigadores é que as flutuações do ritmo cardíaco ocorrem em freqüência distintas e são resultantes da interação entre o sistema nervoso simpático (freqüências baixas) e parassimpático (freqüências baixas e mais altas) na atividade intrínseca do nó sinoatrial (RIBEIRO; BRUM; FERRARIO,1992).

OBJETIVO

Verificar a variabilidade da freqüência cardíaca durante o incremento de carga nos diferentes estágios do Protocolo de Bruce, utilizando parâmetros no domínio do tempo.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Avaliação de Esforço Físico (LAEF) da Universidade do Vale do Paraíba, através de teste de exercício máximo, seguindo o Protocolo de Bruce. Utilizou-se a Esteira Ergométrica Inbrasport modelo Super ATL, com capacidade para desenvolver velocidades de 0 a 30 km/h com subidas de até 26% de inclinação.

A amostra foi constituída por 10 atletas da equipe de judô e de Rugby da Univap com idade média de 23± 3 anos. Os critérios de exclusão adotados para este tipo de análise são: fibrilação atrial, disfunção do nó sinusal, distúrbios da condução atrioventricular, portadores de marca passo artificial. Também não incluímos inicialmente, portadores de cardiopatias, diabetes melitus e hipertensão arterial. O fator de interrupção adotado para o teste foi o alcance da FCmáx estimada para a idade ou a solicitação do voluntário, referindo algum sintoma de desconforto que o impedisse de continuar.

O sinal eletrocardiográfico (ECG) foi continuamente monitorizado, com 12 derivações padrão, através do eletrocardiógrafo ECG Digital Micromed e software Win Cardio. A faixa de freqüências coletadas foi de 0,5 Hz a 150Hz (filtro passa-banda).

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 MatLab, no qual desenvolveu-se programas para eliminar valores considerados fora do ritmo sinusal (devido a ruído presente no ECG ou ritmos ectópicos), obtendo-se uma série

normal de R-R (N-N). Também, eliminado-se a tendência linear em cada estágio, calculou-se os seguintes parâmetros :

MNN: Média dos intervalos e acoplamento de todos os batimentos normais consecutivos;

SDNN: Desvio Padrão dos intervalos NN;

PNN50: Percentagem dos intervalos NN adjacentes com diferença maior ou igual a 50ms;

RMSSD: Raiz quadrada da média das diferenças quadradas de intervalos NN sucessivos

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

IV- RESULTADOS

Os resultados para cada parâmetros foram agrupados em cada intervalo de 3 minutos correspondendo aos estágios do Protocolo de Bruce (tabela 1). Todos os atletas atingiram cinco (5) estágios do protocolo, sendo que o sexto (6) refere-se ao período de recuperação.

*	SD	MRR	PRR50	RMSSD
1	43,79±18,27	603,99±55,31	2,50±3,60	16,47±8,71
2	32,71±12,27	506,84±52,39	0,40±0,66	09,76±4,66
3	21,79±08,71	418,00±48,54	0,93±1,40	09,80±5,98
4	16,96±06,43	361,59±26,96	1,14±2,35	11,91±7,47
5	18,77±15,04	348,72±43,51	1,02±1,22	12,26±5,16
6	35,33±24,52	417,85±72,22	1,40±2,51	11,43±7,10

***Tabela 1* -** VFC em teste de esforço.
****** Estágios do Protocolo de Bruce.*

A média dos intervalos NN (tabela 1), demonstrou queda progressiva da VFC para os implementos de carga e de inclinação da esteira durante os estágios. Inicialmente em 603,99ms ± 55,31, a média dos intervalos NN diminuiu sucessivamente, do primeiro (1) ao último estágio atingido (5). No entanto, a etapa de recuperação (6), apresentou um aumento de 348,72ms ±43,51 atingido no quinto (5) estágio para 417,85ms ±72,22 durante a recuperação (6).

Da modo similar, o SDNN, PNN50 e RMSSD também apresentaram comportamento de queda durante os estágios. Nota-se porém, que SDNN e RMSSD (tabela 1) demonstraram discreto aumento para transição do quarto (4) para o quinto (5) estágio: de 16,96ms ± 06,43 para 18,77ms ± 15,04 e de 11,91ms± 07,47 para 12,26ms ± 5,16 respectivamente.

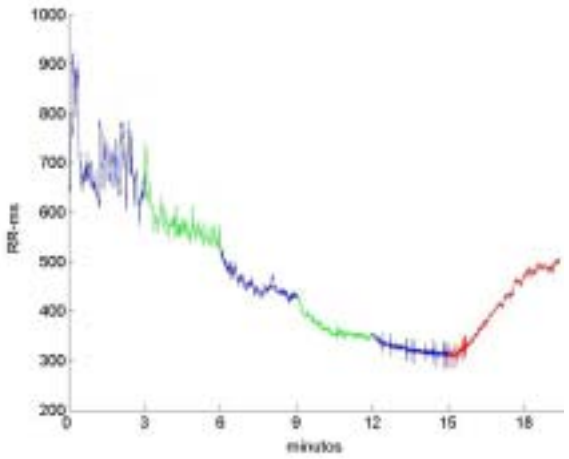
A figura 1 mostra permite visualizar a queda progressiva da VFC durante os estágios de 3 minutos, bem como o ganho obtido na recuperação.

Figura 1 – VFC ponto a ponto no tempo.

V- DISCUSSÃO

Em acordo com a literatura, observamos que a FC aumenta, ao passo que a VFC cai progressivamente durante o desenvolvimento do teste. ALONSO et al. (1998) e RIMOLDI et al. (1990) sugerem que a taquicardia do exercício é dependente da diminuição da ação vagal nos primeiros instantes e dependente da estimulação da ação simpática nos períodos mais tardios. GALLO et al. (1989) apud ALONSO et al. (1998) explica que a retirada vagal que controla o coração, no início do exercício, tem sido explicada pela irradiação cortical sobre a região bulbar, enquanto a intensificação simpática no coração, segundo ALONSO et al. (1998) tem sido explicada pela ação de catecolaminas circulantes. Estudos de MITCHEL (1990); MIDDLEKAUFF et al (1997) apud ALONSO et al. (1998), demonstraram ainda, o efeito de intensificação simpática também pela ação metabolorreflexa aferente iniciada na musculatura esquelética ativa.

Podemos observar na tabela 1, que a VFC apresentou comportamento de queda progressiva, mas voltou a subir no último estágio (correspondente ao período de recuperação). Conforme GRUPI et al. (1994), a VFC é provocada por modificações no tônus autonômico: a modulação vagal ou parassimpática diminui a freqüência cardíaca e a simpática aumenta-a. Estes resultados sugerem que durante o exercício progressivo, predomina a atuação dos sistema simpático, aumentando a FC e diminuindo a VFC.



No entanto, após a interrupção do teste, correspondente ao estágio 6 (recuperação) o ganho observado na VFC, com conseqüente diminuição da FC, pode ser atribuído a ação parassimpática, conforme demonstrado por SHIN et al. (1995), em seu estudo através de análise no domínio da freqüência. Nossos resultados corroboram com as observações do autor que 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 alta freqüência, indicando que a atividade vagal esteve realçada pelas mudanças adaptáveis no regulamento neural produzido pelo treinamento físico a longo prazo.

Comparando valores medidos no tempo e na freqüência, o estudo de MEDEIROS et al. (2002) afirma que é possível dispensar a análise espectral frente aquisição mais direta de variáveis do domínio do tempo.

ALONSO et al. (1998), complementa ainda que após o Limiar Anaeróbio (LA), a condição de estado de equilíbrio não é mantida, o que é inerente às altas intensidades do exercício. Assim, a VFC pode não ser uma maneira absoluta de se estudar o controle neural do coração durante o exercício progressivo máximo após o LA. Tais observações sugerem que a prática de exercício físico em intensidades até o LA parece proporcionar maior segurança a possíveis riscos cardiovasculares, uma vez que nestas intensidades, ainda está presente a ação protetora vagal.

V-CONCLUSÕES]

Nossos resultados sugerem existir uma relação nos valores de VFC analisados no domínio do tempo com as observações de atuação simpática e parassimpática mais precisamente demonstradas no domínio da freqüência.

Estudos futuros devem realizar associação da análise no tempo com a análise espectral e também comparar os resultados obtidos com indivíduos não treinados.

VI - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALONSO, Denise de Oliveira, FORJAZ, Claudia Lucia de Moraes, REZENDE, Liliane Onda et al. Comportamento da freqüência cardíaca e da sua variabilidade durante as diferentes fases do exercício físico progressivo máximo. Arq. Bras. Cardiol. [online]. dez. 1998, vol.71, no.6 [citado 13 Agosto 2002], p.787-792.

BALLARIN, E. et al Adaptation of the "Conconi test" to children and adolescents. Int J Sports Med. 1989 Oct; 10(5): 334-8. PMID: 2599720.

BIGGER J.R, J.T; FLEISS, JL; 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.

FARDY, P.S. et al, Reabilitação Cardiovascular – Aptidão Física do Adulto e Teste de Esforço, Rio de Janeiro, Revinter, 1998, p105.

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.

GALLO Jr L, MACIEL BC MARIN NET J A, MARTINS LEB – Sympathetic and Parasympathetic changes in heart rate control during dynamic exercise induced by enfurence training in man. Brazilian J Med Bio Res 1989; 22:631-43.

GUYTON, A.C; HALL, J.E., Fisiologia Humana e Mecanismos das Doenças, 6ª edição, Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 1998, p. 622.

GRUPI, C.J., MOFFA, P.J., SANCHES, P.C.R., BARBOSA, S.A. et al. Variabilidade da Freqüência Cardíaca: significado e aplicação clínica. Rev Ass Med Brasil 1994; 40(2): 129-36

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.

LEITE, PAULO FERNANDO. Fisiologia do Exercício – ergometria e condicionamento físico cardiologia desportiva, 4ª edição, São Paulo, Robe Editorial, 2000, p70-72.

LEVI MN, MARTIN PJ. Neural control of heart. In: BERNE RM, eds Handbook of Physiology, section II – Vol 1, Baltimore, Willians ; Wiking Co, 1979; 586-7.

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.

MEDEIROS, A.L.; PEDROSA, R.C.; BARBOSA, P.R; NADAL, J. Variabilidade da Freqüência Cardíaca na Cardiopatia Chagástica Crônica: Marcador Confiável da Função Autonômica?. XVIII Congresso Bras de Eng Biomédica. Univap. 2002.

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.

MITCHEL, JH – Neural control of the circulation during exercise. Med Sci Sports Exer 1990; 22:141-54.

POWERS, S. K; EDWARDS, T. H. Fisiologia do exercício teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho, 3ª edição. São Paulo, Manole Ltda.,1997, P.152-266-273-274,276-277.

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. [online]. mar. 1998, vol.70, no.3 [citado 13 Agosto 2002], p.159-166.

RIBEIRO, M.P.; BRUM, J.M.; FERRARIO, C.M. Análise Espectral da Freqüência Cardíaca. Conceitos Básicos e Aplicação Clínica. Arq Bras Cardiol mar,1992; vol.59, no. 3.

RIBEIRO, T.F., CUNHA, A., LOURENÇO, G.C.D. et al. Estudo da Variabilidade da Freqüência Cardíaca em dois Voluntários de Meia-idade, um coronariopata e outro saudável – relato de caso. Rev Soc Cardiol Estado de São Paulo 2000; vol. 10, no. 1 (supl A)

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.

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, 1995 Oct;18(10):583-6. PMID: 8785905

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. PMID: 8319939. [PubMed - indexed for MEDLINE]. Disponível em: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/PubMed/. Acesso em 02 Abr. 2002.

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.