

# ANÁLISE DA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM INDIVÍDUO COM LESÃO MEDULAR – ESTUDO PILOTO

**Daniella Galvão Barbosa<sup>1</sup>, Alessandra de Almeida Fagundes<sup>2</sup>, Mariza R. Santos<sup>3</sup>, Tânia C. C. Souza<sup>3</sup>, Leandro Yukio Alves Kawaguchi<sup>4</sup>, Renato Amaro Zângaro<sup>5</sup>, Rodrigo Alexis Lazo-Osorio<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Univap/Setor de Fisioterapia Neurofuncional Adulto - FCS, Av. Shishima Hifumi nº. 2911 - São José dos Campos, SP, daniella@univap.br

<sup>2</sup>Univap/Setor de Fisioterapia Pneumofuncional - FCS, Av. Shishima Hifumi nº. 2911 - São José dos Campos, SP, alefa@univap.br

<sup>3</sup>Univap/ Fisioterapia, Av. Shishima Hifumi nº. 2911 - São José dos Campos, SP, mrs\_mariza@yahoo.com

<sup>4</sup>Univap/Setor de Reabilitação Cardíaca - FCS, Av. Shishima Hifumi nº. 2911 - São José dos Campos, SP, ralo@univap.br

<sup>5</sup>Univap/Laboratório Óptica Biomédica – IP&D, Av. Shishima Hifumi nº. 2911 - São José dos Campos, SP, zangaro@univap.br

**Resumo** - Os indivíduos com lesão na medula espinal podem apresentar disfunção do sistema nervoso autônomo em consequência de sua lesão espinal. Com isso, objetivo deste estudo foi analisar a variabilidade da frequência cardíaca em indivíduo com lesão medular submetido ao teste de caminhada de 6 minutos adaptado. Para a realização do estudo foi escolhido um indivíduo do sexo masculino, 20 anos, com diagnóstico de traumatismo raquimedular (TRM), nível T<sub>6</sub>-T<sub>7</sub>. O indivíduo foi monitorizado por um frequencímetro, para mensurar a frequência cardíaca e coletar o intervalo R-R durante as seguintes fases: repouso (5min), teste de caminhada de 6 minutos adaptado e recuperação (5 min). Após coletado o intervalo RR os dados foram analisados através da transformada de Wavelet. Os resultados deste estudo mostram razão LF/HF igual a 1 no repouso, indicando próximo ao equilíbrio; e razão LF/HF < 1, durante o TC6M adaptado e a recuperação, indicando predomínio de atividade parassimpática. Os resultados deste estudo sugerem que durante o TC6M adaptado ocorre uma maior atividade parassimpática em indivíduo com lesão medular, aumentando desta forma a variabilidade da frequência cardíaca.

**Palavras-chave:** Variabilidade da Frequência Cardíaca, Lesão Medular, Teste de caminhada de 6 minutos, Transformada Wavelet.

**Área do Conhecimento:** Ciências da Saúde.

## Introdução

A variabilidade da frequência cardíaca (VFC) tem sido utilizada como meio não invasivo de avaliação do controle do sistema nervoso autônomo no coração em muitas condições clínicas (ALONSO et al., 1998; PARATI, et al., 1995; PAGANI et al., 1997; DITOR et al., 2005).

Os indivíduos com lesão na medula espinal podem apresentar disfunção do sistema nervoso autônomo em consequência de sua lesão espinal (GRIMM et al., 1997; MATHIAS; FRANKEL, 1990; BANNISTER; MATHIAS, 1988 apud BUNTEN et al., 1998; INOUE et al., 1995; WECHT et al., 2003). Os indivíduos com lesão da medula espinal experimentam uma variedade de mudanças e de sintomas fisiológicos em consequência desta condição, incluindo a perda da habilidade vasoconstritora periférica, das arritmias cardíacas, e da frequência cardíaca diminuída (LEHMANN et al., 1987; TROP; BENNETT, 1992; apud BUNTEN et al., 1998).

Como a extensão da disfunção autonômica resultada de uma lesão espinal é difícil de prever

com a observação clínica, sugeriu-se que uma análise da VFC pode ser usada para caracterizar e quantificar a função autonômica residual (AKSELROD et al., 1981; KITNEY; ROMPELMAN, 1980; apud BUNTEN et al., 1998). Com isso, o uso de medidas da VFC na população de lesados medulares pode ajudar a impedir progressão de doença cardiovascular e assim, melhorar a qualidade de vida destes indivíduos. (DITOR et al., 2005a).

Com isso, este estudo teve como objetivo analisar a variabilidade da frequência cardíaca em indivíduo com lesão medular submetido ao teste de caminhada de 6 minutos adaptado.

## Materiais e Métodos

Para a realização deste estudo foi escolhido o indivíduo L. H. C. B. M., 20 anos, sexo masculino, 1,73 m de altura, aproximadamente 70 kg, com diagnóstico de traumatismo raquimedular (TRM), nível T<sub>6</sub>-T<sub>7</sub>, apresenta como seqüela um quadro de paraplegia ASIA B.

A coleta dos dados foi realizada na Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos – SP.

O critério de inclusão aceito neste estudo foi indivíduo ter lesão medular nível torácico e os critérios de exclusão foram lesão medular cervical ou lombar, indivíduo apresentar cardiopatias e ser obeso.

No local do estudo, após o espaço ser demarcado com uma trena, uma distância de 20 metros, o paciente permaneceu em repouso em sua cadeira por um período de 5 min. Após este período foi realizado o teste de caminhada de 6 minutos (TC6M) adaptado. A seguir o paciente realizou a recuperação passiva durante 5 min, também em sua cadeira.

Durante todas as etapas do estudo o indivíduo foi monitorizado por um frequencímetro da marca Polar®, modelo S 810i, para mensurar a frequência cardíaca e coletar o intervalo R-R.

Após coletado o intervalo RR os dados foram analisados através da transformada de Wavelet.

A transformada Wavelet Contínua (TWC) foi utilizada para obter a evolução da potência do sinal a diferentes níveis (frequências) de decomposição, a qual proporcionou o cálculo da evolução temporal dos índices do Sistema Nervoso Autônomo (PICHOT et al., 1999), ou seja, o cálculo da área de baixa frequência (LF=Low frequency, 0,04-0,15) e alta frequência (HF= high frequency, 0,15-0,4). Foi assumido que LF representa a área do sistema simpático e parassimpático e HF relaciona-se a área correspondente a atividade parassimpática. O balanço autonômico foi dado pela razão entre a área simpática e parassimpática (razão LF/HF) (TASK FORCE, 1996; CAMPELO et al., 1992).

A TWC é calculada na plataforma MatLab através do algoritmo “Morlet” desenvolvido e adaptado pelo instituto de pesquisa e desenvolvimento (IP&D) da Universidade do Vale do Paraíba e que analisa as frequências pertencentes ao sistema e identifica nelas uma relação entre tempo e frequência.

Através do cálculo da TWC foram obtidos os espectrogramas. Os espectrogramas baseados em wavelets ou escalogramas podem ser obtidos tomando o módulo da TWC e elevando-o ao quadrado. Um dos resultados obtidos através das ondeletas é o gráfico GWS (*Global Wavelet Spectrum*), que é gerado através do cálculo da soma de energias existentes em cada intervalo de frequência. Os valores de GWS foram utilizados para o cálculo das áreas referentes ao sistema nervoso simpático e parassimpático de acordo com suas bandas de frequências (LF e HF) citadas acima.

## Resultados

A Tabela 1 mostra os valores obtidos do indivíduo com lesão medular para atividade simpática e parassimpática assim como a relação simpática/parassimpática. Considera-se ainda que razões maiores que 1 ( $R>1$ ) relacionam-se a maior atividade simpática, razões menores que 1 ( $R<1$ ) a maior atividade parassimpática e razões iguais a 1 ( $R=1$ ) caracterizam o equilíbrio simpático/parassimpático do Sistema Nervoso Autônomo (SNA). Os resultados deste estudo mostram razão LF/HF igual a 1 no repouso, indicando próximo ao equilíbrio; e razão LF/HF < 1, durante o TC6M adaptado e a recuperação, indicando predomínio de atividade parassimpática.

Embora, as razões para as fases de TC6M adaptado e recuperação tenham sido semelhantes indicando predomínio parassimpático, pode-se observar que as áreas simpática e parassimpática do TC6M adaptado foram maiores em relação as áreas na recuperação.

Por sua vez, a área simpática durante o TC6M adaptado aumentou 379,60% em relação a área simpática na fase de repouso. Contudo, a área parassimpática na fase do TC6M adaptado aumentou 660,42% em relação a área parassimpática durante o repouso. Na fase de recuperação a área simpática diminuiu 27,54% em comparação com a área simpática durante o repouso. Em relação a área parassimpática na fase de recuperação houve uma diminuição de 42,37% ao comparar com a fase de repouso.

Tabela 1 - Valores das Áreas Simpática e Parassimpática ( $ms^2$ ) e Razão LF/HF (R) do indivíduo com lesão medular.

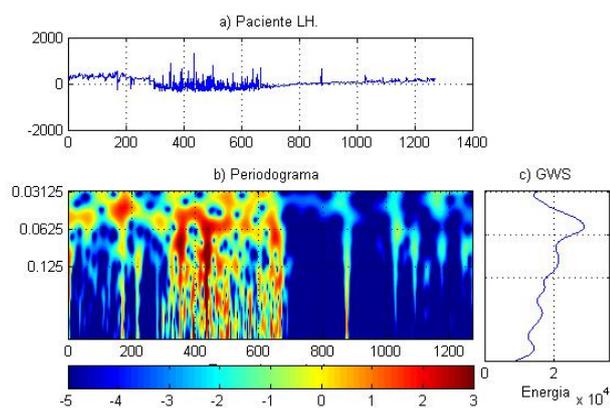
	Área Simpática	Área Parassimpática	R
Repouso	1583	1579	1,0024
TC6M adap	6009	10428	0,5763
Recuperação	436	669	0,6529

Na Figura 1 estão demonstrados o Escalograma com os intervalos RR, o Periodograma e o GWS do indivíduo com lesão medular.

O periodograma ilustra na fase de repouso, de 0 a 300 segundos, um equilíbrio do tônus simpático/parassimpático.

Na seqüência, houve uma maior ativação do sistema simpático e parassimpático, com predomínio deste último durante o TC6M adaptado durante os tempos de 300 a 660 segundos.

Na fase de recuperação, de 660 a 960 segundos observa-se uma diminuição da energia das áreas simpática e parassimpática a níveis menores que a fase inicial de repouso, com predomínio parassimpático.



**Figura 1-** (a) registro elétrico do iRR (intervalo RR) durante a fase de repouso (0 a 300 segundos), fase do TC6M adaptado (300 a 660 segundos) e a fase de recuperação (660 a 960 segundos) (b) escalograma do sinal eletrocardiográfico; (c) GWS (*Global Wavelet Spectrum*).

## Discussão

Frente à pesquisa realizada nas bases de dados Scielo, Lilacs, Medline e PubMed com as palavras-chaves: variabilidade da frequência cardíaca, lesão medular, teste de caminhada de 6 minutos, transformada Wavelet não foram encontrados artigos.

Os indivíduos com lesão na medula espinal podem sofrer alterações severas no controle autônomo do sistema cardiovascular, como as fibras simpáticas pré-ganglionares que originam na medula espinal (T1-L2) e podem ser danificados durante o trauma (STRACK et al., 1988).

A atividade física é associada às mudanças hemodinâmicas e altera as condições da carga do coração. Assim, as respostas cardiovasculares durante a atividade física dependem do tipo e da intensidade do exercício que está sendo executado. Nesta maneira, uma das respostas cardiovasculares durante a atividade física é o aumento da frequência cardíaca, denominado taquicardia. De acordo com Aubert, Seps e Beckers (2003), esta alteração fisiológica ocorre através de dois mecanismos diferentes: a) a diminuição do estímulo parassimpático e b) aumento no estímulo simpático (FREEMAN et al., 2006).

Ao comparar com os resultados deste estudo, observa-se que durante a atividade física, através do TC6M adaptado, houve aumento da atividade simpática, porém houve um aumento da atividade parassimpática, o que discorda de Aubert, Seps e Beckers (2003) e Freeman et al. (2006). Assim, este estudo demonstrou uma importante elevação da área parassimpática durante a fase de

exercício o que denota um maior tônus parassimpático.

É possível que a maior atividade parassimpática no exercício deva-se a um efeito protetor do organismo em relação ao sistema nervoso autônomo, uma vez que os indivíduos com lesão medular apresentam disfunções autonômicas.

Por sua vez, a recuperação de um teste de exercício dinâmico envolve a reativação do sistema parassimpático e desativação de atividade simpática, causando uma diminuição na frequência cardíaca (IMAI, K. et al., 1994; PAVIA, MYERS, CESARE, 1999).

A literatura relata que a recuperação lenta da frequência cardíaca, após o exercício dinâmico em curto prazo máximo ou submáximo é considerada um preditor poderoso da mortalidade global baseado em dado populacional (NISSINEN et al., 2003; COLE et al., 2000; SCHWARTZ; BILLMAN; STONE, 1984).

A fase de recuperação do presente estudo, concorda com os autores citados acima, pois mostra também um predomínio parassimpático. Contudo, a área parassimpática desta fase foi muito menor em relação a fase do TC6M adaptado, possivelmente em razão de uma menor atividade vagal.

## Conclusão

Os resultados deste estudo nas condições experimentais utilizadas sugerem que durante o TC6M adaptado ocorre uma maior atividade parassimpática em indivíduo com lesão medular, aumentando desta forma a variabilidade da frequência cardíaca.

Contudo, mostram-se necessários novos estudos científicos para determinar os valores preditos nos resultados.

## Referências

- AKSELROD S., et al. Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: a quantitative probe of beat-to-beat cardiovascular control. **Science Wash DC**; v. 213, p. 220-222, 1981.
- ALONSO, D. O. et al. Comportamento da Frequência Cardíaca e da sua Variabilidade durante as diferentes Fases do Exercício Físico Progressivo Máximo. **Arq Bras Cardiol**, v. 71, n. 6, p. 787-792, 1998.
- AUBERT AE, SEPS B, BECKERS F. Heart Rate Variability in Athletes. **Sports Med.**, v.33, n.12, p.889-919, 2003.

- BANNISTER, R; MATHIAS, C.J. Testing autonomic reflexes. In: Bannister R, ed. *Autonomic Failure: A Textbook of Clinical Disorders of the Autonomic Nervous System*. 2nd ed. Oxford: Oxford University Press; p. 289-307, 1988.
- BUNTEN, D. C., et al. Heart rate variability is altered following spinal cord injury. **Clinical Autonomic Research**, v. 8, p. 329-334, 1998.
- CAMPELO et al. Variabilidade da frequência cardíaca: uma perspectiva. **Rev. Port. Cardiol.**, v. 11, n. 9, p. 723-732, 1992.
- COLE, C. R. et al. Heart-Rate Recovery after Submaximal Exercise testing as a Predictor of Mortality in a Cardiovascular Healthy Cohort. **Ann. Intern. Med.**, v. 132, n. 7, p. 552-555, 2000.
- DITOR et al. Reproducibility of heart rate variability and blood pressure variability in individuals with spinal cord injury. **Clin Auton Res**, v. 15, p. 387-393, 2005.
- FRANKEL, H. L. et al. The value of postural reduction in the initial management of closed injuries of the spine with paraplegia and tetraplegia. **Paraplegia**, v. 7, p. 179-192, 1969.
- FREEMAN et al, Autonomic Nervous System Interaction With the Cardiovascular System During Exercise. **Progress in Cardiovascular Diseases**, v. 48, n. 5, p 342-362, 2006.
- GRIMM D.R., et al. Sympathovagal balance of the heart in subjects with spinal cord injury. **Am. J. Physiol. (Heart Circ. Physiol.41)**, v. 272, p. H835-H842, 1997.
- IMAI, K. et al. Vagally mediated heart rate recovery after exercise is accelerated in athletes but blunted in patients with chronic heart failure. **J Am Coll Cardiol**, v.24, p.1529- 1535, 1994.
- INOUE, K., et al. Assessment of autonomic function in traumatic quadriplegic and paraplegia patients by spectral analysis of heart rate variability. **J Auton Nerv Syst**, v. 54, p. 225-234, 1995.
- KITNEY, R.I.; ROMPELMAN O. **The Study of Heart Rate Variability**. London: Oxford Clarendon; 1980. 457p.
- LEHMANN KG, et al. Cardiovascular abnormalities accompanying acute spinal cord injury in humans: incidence, time course and severity. **J Am Coll Cardiol**, v. 10, p.46-52, 1987.
- MATHIAS, C J; FRANKEL, HL. **Central Regulation of the Autonomic Nervous System**. London: Oxford University Press; 1990. 1021p.
- NISSINEN, S.I. et al. Heart Rate Rafter Exercise as a Predictor of Mortality among Survivors of Acute Myocardial Infarction. **Am. J. Cardiol.**, v. 91, n.6, p. 711-714, 2003.
- PAGANI M., et al. Relationship between spectral components of cardiovascular variabilities and direct measures of muscle sympathetic nerve activity in humans. **Circulation**, v. 95, p. 1441-1448, 1997.
- PARATI G, et al. Spectral analysis of blood pressure and heart rate variability in evaluating cardiovascular regulation. **Hypertension**, v. 25, p.1276-1286, 1995.
- PAVIA L, MYERS J, CESARE R. Recovery kinetics of oxygen uptake and heart rate in patients with coronary artery disease and heart failure. **Chest**, v.116, p.808-813, 1999.
- PICHOT, V. et al. Wavelet transform to quantify heart rate variability and to assess its instantaneous changes. **J. Appl. Physiol.**, v. 86, n. 3, p. 1081-1091, 1999.
- SCHWARTZ, P. J; BILLMAN, G. E.; STONE, H. L. Autonomic Mechanisms in Ventricular Fibrillation Induced by Myocardial Ischemia during Exercise in Dogs with Healed Myocardial Infarction. An Experimental Preparation for Sudden Cardiac Death. **Circulation**, v. 69, n. 4, p. 790-800, 1984.
- STRACK, A.M. et al. Spinal origin of sympathetic preganglionic neurons in the rat. **Brain Res.**, v. 455, p. 187-191, 1988.
- 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. **Eur. Heart J.**, v. 17, p. 354-381, 1996.
- TROP, C.S.; BENNETT, C.J. The evaluation of autonomic dysreflexia. **Sem Urol.**, v. 10, p.95-100, 1992.
- WECHT, J. M. et al. Cardiac autonomic responses to progressive head-up tilt in individuals with paraplegia. **Clin. Auton. Res.**, v. 13, p. 433-438, 2003.