

Análise da Variabilidade de Frequência Cardíaca em Indivíduos Saudáveis Submetidos à Imersão em Nível Xifóide

Ana C. Ricardo¹, Ericka A.V.G. Pereira², Alessandra A. Fagundes³, Daniella G.Barbosa⁴, Rodrigo A.L.Osorio⁵, Thais Helena de Freitas⁶.

^{1,2} Faculdade de Ciências da Saúde, Curso Fisioterapia.
Universidade do Vale do Paraíba, Brasil, CEP: 12244-000.
Fone: +55 12 3947 1015, Fax: +55 12 3947 1015/ email: karolzinha__richard@hotmail.com

^{3,4,5,6} Faculdade de Ciências da Saúde, Docente do Curso de Fisioterapia
Universidade do Vale do Paraíba, Brasil, CEP: 12244-000.
Fone: +55 12 3947 1015, Fax: +55 12 3947-1015/ email: tis_helena@hotmail.com

Resumo - A Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC) pode ser utilizada como ferramenta de pesquisa para avaliar o sistema nervoso autônomo (SNA) em diferentes situações fisiológicas como a imersão. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da imersão em nível xifóide sobre a variabilidade da frequência cardíaca. Foram avaliados 10 indivíduos do sexo masculino, com idade média de $20,5 \pm 5$ anos, saudáveis e sedentários. Os voluntários foram submetidos a um protocolo com três fases: repouso (6 min), imersão em nível xifóide (20 min) e recuperação (10 min). Durante todas as fases os sinais eletrocardiográficos foram captados através de um freqüencímetro da marca Polar[®] S810i. Os resultados absolutos mostraram um aumento significativo do repouso para a recuperação ($p < 0,05$) para o componente de baixa frequência (LF). Além disso, o componente de alta frequência em valores absolutos (HF) e normalizados (HFun) aumentou significativamente ($p < 0,05$) do repouso para a imersão. O componente de baixa frequência normalizado (LFun) reduziu significativamente do repouso para a imersão ($p < 0,05$). Os resultados deste estudo sugerem que a imersão em nível xifóide aumentou a ativação parassimpática.

Palavras-chave: imersão, variabilidade da frequência cardíaca, sistema nervoso autônomo, wavelet.
Área do Conhecimento: Fisioterapia.

Introdução

Para avaliação da atividade autonômica cardíaca, um importante método descrito na literatura é a mensuração da variabilidade da frequência cardíaca (VFC), uma vez que esta constitui-se uma ferramenta de avaliação não invasiva da integridade da função neurocardíaca. A VFC reflete as interações entre o componente simpático e parassimpático sobre o nodo sinusal (NEVES et al., 2006).

A VFC pode ser caracterizada pelas variações da duração dos intervalos entre duas ondas R (iRR) do eletrocardiograma (ECG), onde a estimulação ou inibição do simpático ou parassimpático no coração modulam a resposta da frequência cardíaca adaptando-a as necessidades de cada momento (MALLIANI et al., 1991).

Recentemente, a transformada wavelet contínua (TWC) emergiu como uma potente ferramenta de processamento de sinais utilizada na análise da VFC baseada nos espectros de potência (ADDISON, 2005). Pichot et al. (1999) relatam que a TWC é uma ferramenta útil na análise de sinal não estacionário como os sinais biológicos.

Assim, a VFC pode ser utilizada como ferramenta de pesquisa, permitindo uma melhor compreensão da participação do sistema nervoso autônomo (SNA) em diferentes situações fisiológicas como a imersão (LONGO; FERREIRA; CORREIA, 1995).

A imersão em condições e situações de piscina é um estimulante poderoso para ambos os sistemas nervoso central e autônomo (simpático e parassimpático) (SCHIPKE; PELZER, 2001).

Dessa forma, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da imersão, em nível xifóide, na VFC por meio da transformada wavelet contínua.

Material e Métodos

O estudo foi aceito pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade do Vale do Paraíba sob o protocolo H/291. Todos os voluntários assinaram um termo de consentimento autorizando sua participação.

Foram avaliados 10 indivíduos, do sexo masculino, sedentários, saudáveis com idade média de $20,5 \pm 5$ anos. Como critérios de inclusão foram adotados: sexo masculino, não praticantes de atividade física regular e estado de saúde considerado bom. Foram excluídos

indivíduos tabagistas, ou que fizessem uso de medicamentos que influenciassem na variabilidade de frequência cardíaca, portadores de patologias cardíacas e praticantes de atividade física.

As atividades foram realizadas na piscina do setor de hidroterapia da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade do Vale do Paraíba, com água aquecida a 35°.

Inicialmente os indivíduos foram submetidos a uma avaliação clínica por meio de uma ficha de avaliação previamente elaborada, com o intuito de assegurar os critérios de inclusão dos voluntários. Após a seleção destes voluntários, eles foram submetidos ao protocolo experimental.

Para assegurar que o nível da água estivesse sempre no mesmo nível do processo xifóide do participante, foi utilizada uma plataforma redutora de profundidade, da marca Aquatic Slade®.

O protocolo experimental foi dividido em três fases: repouso, imersão e recuperação, todas em posição ortostática.

A fase de repouso foi caracterizada por ausência de estímulos visuais, auditivos e ou movimentação, sendo realizada fora da piscina (em solo) com duração de 6 minutos.

A fase de imersão foi constituída por imersão em nível de processo xifóide com duração de 20 minutos.

Por último a fase de recuperação, com duração de 10 minutos, foi caracterizada pela retirada do voluntário da água e ausência, portanto de imersão.

O protocolo apresentou uma duração total de 36 minutos.

Durante todo o protocolo experimental os sinais eletrocardiográficos foram monitorizados através de um freqüencímetro da marca Polar® modelo S810i e os dados obtidos foram convertidos no formato de arquivo de texto (TXT) através do software *Polar Precision Performance*®.

Em seguida, foram transportados ao programa *MatLab* 6.1® para realização da transformada Wavelet Contínua (TWC) a fim de se obter a evolução da potência do sinal a diferentes níveis (freqüências) de decomposição, a qual proporcionou o cálculo da evolução temporal dos índices do Sistema Nervoso Autônomo, ou seja, o cálculo da área de baixa freqüência (*LF*=Low frequency, 0,04-0,15 Hz) e da alta freqüência (*HF*=High frequency, 0,15-0,4 Hz) (TASK FORCE, 1996).

Este estudo assumiu que *LF* representa a área do sistema simpático e *HF* relaciona-se a área correspondente à atividade parassimpática. O balanço autonômico foi dado pela razão entre a área simpática e parassimpática (razão *LF/HF*) (TASK FORCE, 1996). Foram consideradas ainda para este estudo que, razões maiores que 1 são representativas de simpaticotonia relativa e, razões menores que 1 de vagotonia relativa bem

como razões iguais a 1 indicaram equilíbrio simpático-vagal (TASK FORCE, 1996).

A análise da VFC foi calculada por meio da transformada Wavelet Contínua (TWC). 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 (UNIVAP) em que analisa as freqüências pertencentes ao sistema e identifica nelas uma relação entre tempo e freqüência. Portanto, através do cálculo da TWC foram obtidos os espectrogramas.

Nos resultados os dados são apresentados sob a forma de médias \pm desvio padrão. Para efeito das comparações foram utilizados os testes estatísticos ANOVA e Tukey com auxílio do software estatístico *INSTAT* 3.0 (GraphPad Softwares Inc, San Diego, CA, USA) com nível de significância estabelecido para as análises de $p < 0,05$.

Resultados

Por meio da figura 1 pode-se analisar cada fase do protocolo de um voluntário (repouso, imersão e recuperação) e suas relativas intensidades de energia através das diferentes tonalidades de energia, onde quanto mais avermelhada representa maior intensidade de energia, em contrapartida, quanto mais azulada, menor gasto de energia.

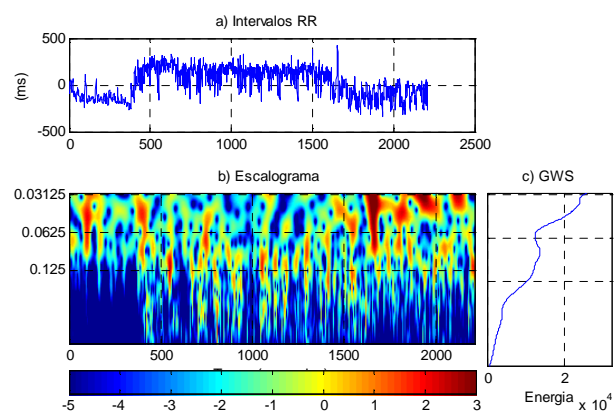


Figura 1. (a) registro elétrico do iRR (intervalo RR) de um voluntário durante a fase de repouso (de 0 a 360 segundos), fase de imersão (de 360 a 1560 segundos) e a fase de recuperação (de 1560 a 2160 segundos) do (b) escalograma do sinal eletrocardiográfico; (c) GWS (*Global Wavelet Spectrum*)

O espectro de energia do *Global Wavelet Spectrum* (GWS) na figura 1(c) é similar ao espectro de energia obtido através da Transformada Rápida de Fourier. No eixo das ordenadas (vertical) representa-se a freqüência (Hz) e no eixo das abscissas a energia total das

bandas de baixa e alta frequência nas faixas de 0,04-0,15 Hz e 0,15 a 0,4 Hz, respectivamente.

O GWS deste voluntário demonstra que existe uma maior distribuição de energia correspondente ao componente simpático, caracterizando uma maior área simpática e, portanto um predomínio simpático.

Tabela 1 – Bandas de Baixa Frequência (*LF*) e Alta Frequência (*HF*) em unidades absolutas (ms^2) e normalizadas (*un*), e Razão (*LF/HF*) durante as fases de repouso, imersão e recuperação ($n=10$).

Índices	Repouso	Imersão	Recuperação
LF (ms^2)	783,90 ± 180,45 *	1214,66 ± 579,15	1323,23 ± 481,06 *
HF (ms^2)	213,28 ± 118,11 #	679,47 ± 460,63 #	418,73 ± 138,23
LF/HF	4,81 ± 3,33	2,53 ± 1,60	3,38 ± 1,33
LF (un)	79,55 ± 6,95 #	66,67 ± 12,55 #	75,68 ± 5,88
HF (un)	20,44 ± 6,95 #	33,32 ± 12,55 #	24,31 ± 5,88

* valor de $p \leq 0,05$ para a comparação entre as fases de repouso e recuperação e recuperação.

valor de $p \leq 0,05$ para a comparação entre as fases de repouso e imersão.

ms^2 = milissegundos ao quadrado

un = unidades normalizadas

Na Tabela 1 observa-se uma diferença estatisticamente significativa da fase de repouso para a fase de recuperação ($p=0,0285$) quando os valores absolutos do componente espectral de *LF* foram analisados.

Por outro lado os índices espectrais de *LF* não apresentaram diferenças significativas da fase de repouso para fase de imersão e da fase de imersão para a fase de recuperação ($p > 0,05$) em nível xifóide.

A comparação entre as fases para o componente espectral de valores absolutos (*HF*) demonstrou diferença significativa, observou-se que os valores do componente *HF* aumentaram

significativamente ($p < 0,05$) da fase de repouso para a fase de imersão em nível xifóide.

Não houve diferença significativa nos valores absolutos do componente de (*HF*) da fase de imersão em nível de xifóide para a fase de recuperação ($p > 0,05$) quando o sujeito foi retirado da imersão no ambiente aquático.

Quando os dados normalizados foram comparados houve diferença estatisticamente significativa entre as fases do protocolo para os índices de (*LF*, $p=0,0103$) e de (*HF*, $p=0,0103$). Ambos os índices, *LF* e *HF* apresentaram diferença significativa da fase de repouso para a fase de imersão ($p < 0,05$).

Por outro lado, a razão *LF/HF* não apresentou diferença significativa entre as diferentes fases do protocolo ($p=0,0952$), permanecendo o predomínio do componente simpático.

Discussão

Este estudo demonstrou por meio dos valores absolutos uma ativação parassimpática (*vagal*) (*HF*) em resposta a imersão em nível xifóide. Por outro lado, após a retirada dos voluntários da água ocorreu um aumento significativo da atividade simpática, representada pelo componente espectral absoluto de *LF*.

Segundo Seps; Beckers; Aubert (2002) durante a imersão em água com a cabeça mantida para fora, a pressão hidrostática nos tecidos dos membros inferiores causa um aumento no volume sanguíneo torácico e uma alta perfusão vascular. Este desvio sanguíneo resulta em mudanças no balanço autonômico podendo justificar as alterações nos componentes espectrais da VFC encontrada neste estudo.

Pereira; Cubero (2000) também relataram que a imersão causa alterações na hemodinâmica central tendo desta forma um aumento do débito cardíaco em 32% e no volume sanguíneo central de 0,7 litro, ocorrendo assim um aumento no volume sanguíneo intratorácico.

Outros autores afirmaram que a ação da pressão hidrostática e da termodinâmica são as prováveis responsáveis pela redistribuição sanguínea, resultando em um aumento do retorno venoso e do volume sanguíneo central (WATENPAUGH et al, 2000; CHRISTIE et al, 1990).

Esta redistribuição sanguínea tem sido envolvida nos mecanismos da alteração autonômica sob condição de imersão. Assim, Perini et al. (1998) avaliaram a VFC em sete homens jovens durante a imersão com a cabeça para fora em condição de repouso e compararam com o grupo controle no solo. Os autores verificaram que durante o repouso em imersão ocorreu um aumento da potência total juntamente com mudanças nos componentes espectrais de

alta frequência (HF, 18% vs 28%) e de baixa frequência (LF, 24% vs 32%). Os autores sugerem que estas alterações indicaram que a imersão causou uma predominância vagal na interação cardíaca autonômica, devido ao aumento de volume sanguíneo intratorácico e/ou a pressão da água sobre o tronco.

Da mesma forma, Miwa et al. (1997) relataram em seu estudo que o componente HF da VFC aumentou durante a imersão acima do ombro. Concomitantemente, os autores encontraram uma diminuição na frequência cardíaca, um aumento no volume sanguíneo e no débito cardíaco. Os autores sugeriram que as atividades vaso motoras e cardíacas simpáticas foram suprimidas e que a atividade parassimpática (vagal) aumentou neste nível de imersão. Nossos dados concordam com Perini et al. (1998) e Miwa et al (1997), diferindo entretanto do ponto de vista do nível de imersão.

Conclusão

Os resultados deste estudo, nas condições experimentais utilizadas, sugerem que a imersão em água aquecida em nível xifóide aumenta a atividade parassimpática (vagal) em indivíduos normais. Por outro lado, a retirada do sujeito da imersão gera uma ativação simpática.

Além disso, o estudo da VFC se mostrou um método útil na compreensão do controle autonômico sobre o coração em ambiente aquático e pode contribuir para fundamentar a reflexão sobre a necessidade da adequação e prescrição das atividades aquáticas para população cardiopata.

Referências

- ADDISON, S, P.; Wavelet transforms and the ECG: a **Review, Physiol Meas.** v.26 R155-199, Epub Aug 8, 2005.
- CHRISTIE, J. L.; SHELDAHL, L. M.; TRISTANI, F. E. Et al. Cardiovascular regulation during head-out water immersion exercise. **Journal Applied Physiology**, v. 69, p. 657-664, 1990.
- LONGO, A.; FERREIRA, D.; CORREIA, J.C. Variabilidade da frequência cardíaca. **Rev Port Cardiol.**, v. 14, p.241-62, 1995.
- MALLIANI, A.; PAGANI, M.; LOMBARDI, F.; CERUTTI, S. Cardiovascular neural regulation explored in the frequency domain. **Circulation**, v.84, p. 482-492, 1991.
- MIWA, C.; SUGIYAMA, Y.; MANO, T.; IWASE, S.; MATSUKAWA, T. Sympatho- vagal responses in humans to thermoneutral head-immersion aviat space. **Environ med**, v. 68, n.12, p. 1109-14, 1997.
- NEVES, V.F.C. et al . Analysis of spectral indexes for heart rate variability in middle-aged men and postmenopausal women. **Rev. bras. Fisioter** , São Carlos, v.10, n.4, 2006.
- PEREIRA, K. S; CUBERO, L. M. Alterações fisiológicas do sistema pulmonar durante a imersão. **Rev. Fisiter. Unicid**, v.1, n.1, p. 83-90, jan/jun2000.
- PERINI, R.; MILESI, S.; BIANCARDI, L.; PENDERGAST, D. R.; VEICSTEINAS, A. Heart rate variability in exercising humans : effect of water immersion. **European journal of applied physiology and occupational physiology**, v. 77, n.4, p. 326-332, 1998.
- 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.
- SEPS, B., BECKERS, F.; AUBERT, A.E. Head out water immersion as simulation study. heart rate variability study **gravit physiol meeting** , p95-6 , 2-7 June 2002.
- SCHIPKE, J. D; PELZER, M. Effect of immersion submersion and Scuba diving on heart rate variability. **BrJSpora Med**, v. 35, p.174-180, 2001.
- TASK FORCE. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Force of the European society of cardiology and the north American society of pacing and Electrophysidogy. **Eur Heart J.** , v.17, n.3, p.354-81,1996.
- WATENPAUGH, D. E.; PUMP, B.; BIE, P.; NORSK, P. Does gender influence human cardiovascular and renal responses to water immersion? **Journal Applied Physiology**, v.80, p.621- 628, 2000.