

O frequencímetro Polar® RS800CX é sensível à manobra de alteração postural

The Polar® RS800CX frequencymeter is sensitive to the postural maneuver

Loumaíra Carvalho da Cruz^{1,2}; Alfredo Anderson Teixeira-Araujo^{1,2}; Sérgio Rodrigues Moreira^{3,4,5}

1 Colegiado de Educação Física, Centro Universitário Dr Leão Sampaio – UNILEÃO. Juazeiro do Norte, CE – Brasil.

2 Colegiado de Educação Física, Universidade Regional do Cariri / Unidade Descentralizada de Iguatu – URCA/UDI. Iguatu, CE – Brasil.

3 Programa de Pós-Graduação Ciências da Saúde e Biológicas – PPGCSB, Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF. Petrolina, PE – Brasil.

4 Programa de Pós-Graduação em Educação Física – PPGEF, Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF. Petrolina, PE – Brasil.

5 Colegiado de Educação Física – CEFIS, Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF. Petrolina, PE – Brasil.

Endereço para correspondência

Loumaíra Carvalho da Cruz
Centro Universitário Dr Leão Sampaio – UNILEÃO. Unidade Saúde.
Av. Leão Sampaio km 3 – Lagoa Seca.
63.040-005 – Juazeiro do Norte – CE [Brasil]
loumairacarvalho@gmail.com

Resumo

Objetivo: Verificar a sensibilidade do frequencímetro Polar® RS800CX na variação postural a partir da frequência cardíaca (FC) e parâmetros da variabilidade da FC (VFC). **Método:** Homens jovens (n=20) saudáveis tiveram registradas as medidas de FC e dos intervalos R-R da VFC (RRi) nos domínios do tempo (RRi, RMSSD, pNN50) e da frequência (LF, HF e LF.HF⁻¹) utilizando o Polar® RS800CX. **Resultados:** Diferenças (p<0,05) foram encontradas para Posição Supina (PS) 5' e PS10' vs. Posição Ortostática (PO) 5' e PO10' para FC (61,1±1,1 e 61,0±1,3 bpm vs. 79,5±3,9 e 80,8±3,5 bpm), RRi (990,0±19,9 e 994,5±23,2 ms vs. 787,4±34,0 e 768,6±30,1 ms), rMSSD (70,5±8,4 e 71,1±8,5 ms vs. 32,2±3,4 e 30,7±3,7 ms), pNN50 (41,1±6,0 e 46,3±5,3% vs. 15,4±2,5 e 14,3±2,6%), LF (52,3±6,4 e 55,4±6,5 n.u. vs. 82,0±4,2 e 80,7±4,8 n.u.), HF (47,7±6,4 e 44,6±6,5 n.u. vs. 18,0±4,2 e 19,3±4,8 n.u.) e LF.HF⁻¹ (2,9±0,8 e 3,1±0,8 vs. 14,1±2,9 e 14,3±3,1). **Conclusão:** O frequencímetro Polar® RS800CX se apresentou sensível a variações na postura corporal.

Descritores: Decúbito dorsal; Frequência cardíaca; Coração.

Abstract

Purpose: To determine the sensitivity of the frequency meter Polar® RS800CX in postural maneuver from the heart rate (HR) and HR variability (HRV) parameters. **Method:** Young (n=20) healthy men had registered HR and RR intervals (RRi) measurements in the time domain (RRi, RMSSD, pNN50) and frequency (LF, HF and LF.HF⁻¹) using the Polar® RS800CX. **Results:** Differences were found to supine position (SUP) 5' and SUP10' vs. standing position (STP) 5' and STP10' in HR (61.1 ± 1.1 and 61.0 ± 1.3 bpm vs. 79.5 ± 3.9 and 80.8 ± 3.5 bpm), RRi (990.0 ± 19.9 and 994.5 ± 23.2 ms vs. 787.4 ± 34.0 ms and 768.6 ± 30.1 ms), rMSSD (70.5 ± 8.4 and 71.1 ± 8.5 ms vs. 32.2 ± 3.4 and 30.7 ± 3.7 ms), pNN50 (41.1 ± 6.0 and 46.3 ± 5.3% vs. 15.4 ± 2.5 and 14.3 ± 2.6%), LF (52.3 ± 6.4 and 55.4 ± 6.5 n.u. vs. 82.0 ± 4.2 and 80.7 ± 4.8 n.u.), HF (47.7 ± 6.4 and 44.6 ± 6.5 n.u. vs. 18.0 ± 4.2 and 19.3 ± 4.8 n.u.) and LF.HF⁻¹ (2.9 ± 0.8 and 3.1 ± 0.8 vs. 14.1 ± 2.9 and 14.3 ± 3.1). **Conclusion:** The frequency meter RS800CX Polar® appeared sensitive to variations in body posture.

Keywords: Supine position; Heart rate; Heart.

Introdução

A variabilidade da frequência cardíaca (VFC) é definida como a oscilação no intervalo entre batimentos cardíacos consecutivos, bem como as oscilações entre frequências cardíacas (FC) instantâneas consecutivas e é um termo aceito para descrever as variações batimento a batimento entre intervalos R-R (RRi) no complexo QRS do eletrocardiograma¹, a qual fisiologicamente se refere ao comportamento da onda do eletrocardiograma durante a fase de despolarização ventricular. Ademais, a medida da VFC pode ser utilizada com o objetivo de diagnosticar desordens fisiológicas e psicológicas em um indivíduo².

Alguns estudos apontam que a VFC é influenciada por condições ambientais³, estado de humor e estresse mental⁴, respiração espontânea e ritmada⁵ e posição corporal⁶. Mudanças nos padrões da VFC fornecem um indicador sensível e antecipado de comprometimentos na saúde cardiovascular². O aumento da VFC tem sido associado com a baixa taxa de mortalidade⁷, enquanto a sua diminuição é considerada um indicador de adaptação anormal e insuficiente do sistema nervoso autônomo, o que sugere a presença de desequilíbrio simpato-vagal no indivíduo².

O ajuste do padrão da VFC em resposta à manobra de alteração postural é considerado como uma medida útil e sensível para avaliar a atividade nervosa autonômica⁸. Durante essa avaliação, há um aumento da transferência de sangue da região do tórax para os membros inferiores, devido à ativação da musculatura dessa região, induzindo, após alguns minutos, taquicardia, que é causada principalmente pela diminuição da atividade vagal⁹. Esse tipo de manobra postural tem sido utilizada para avaliação da disfunção autonômica em doenças depressivas¹⁰, insônia primária⁸ e também para determinar reprodutibilidade intra-individual de parâmetros da VFC em curto período de tempo⁶.

O equipamento padrão-ouro para registro dos RRi é o eletrocardiógrafo^{1,11}, porém, ele apre-

senta alto custo, requer um técnico devidamente treinado e possui difícil aplicação em condições externas a um ambiente laboratorial^{2,12}. Nesse sentido, a utilização dos frequencímetros adaptados a registrar os RRi, tem sido justificada pelo seu baixo custo e fácil aplicação em ambiente laboratorial, externo ou ainda em condições da vida diária de um indivíduo. Frequencímetros de diferentes marcas e modelos vêm sendo utilizados em muitos estudos com VFC tanto em humanos^{11-15,16,18} quanto em modelo animal^{19,20} devido ao seu baixo custo e fácil manuseio^{2,12}. Contudo, a literatura tem questionado a confiabilidade desses equipamentos, sugerindo cada vez mais estudos validando a utilização dos mesmos^{13,17,22,23}.

O frequencímetro é um sistema de monitorização que consiste em um “cinto” preso ao tórax com dois condutores que transmitem os valores de FC e RRi para um relógio de pulso, o qual armazena tais registros¹⁸. Diversos estudos na atualidade tem utilizado o frequencímetro da marca Polar® modelo RS800CX^{14,19,20,23-25} para avaliar parâmetros do aspecto cardiovascular quantitativo (FC) e qualitativo (VFC). Questionamentos a cerca da validade da medida em diferentes situações tem sido realizados, especialmente quanto à sensibilidade e reprodutibilidade dos escores obtidos por esse equipamento. Em nosso conhecimento, na atualidade nenhum estudo foi encontrado verificando a sensibilidade do Polar® RS800CX em detectar variações na postura corporal a partir da FC e parâmetros da VFC. Tais informações poderiam contribuir na validade do equipamento, o qual pode ser utilizado na avaliação e acompanhamento ou controle de uma intervenção como instrumento capaz de capturar modificações agudas e crônicas decorrentes da terapêutica cardiovascular administrada. Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi verificar a sensibilidade do frequencímetro Polar® RS800CX em detectar variações na postura corporal a partir da FC e parâmetros da VFC no domínio do tempo e da frequência.

Material e métodos

Participaram do presente estudo 20 homens jovens aparentemente saudáveis (26,5±3,7 anos; 72,1±7,9 kg; 172,6±6,6 cm; 24,2±2,6 kg.m⁻²; 990,0±89,2 ms), fisicamente ativos e que não faziam uso de medicação. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Deontologia em Estudos e Pesquisas (CEDEP) da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF) sob o número 0001/200813. Todos os voluntários emitiram seu consentimento para participar do estudo atendendo à Resolução 466/12 para pesquisas com seres humanos. Logo em seguida passaram por uma avaliação física com verificação de peso e estatura para cálculo do índice de massa corporal (IMC).

As mensurações da FC e dos RRi (registros consecutivos das séries dos intervalos R-R da FC, os quais significam o tempo decorrido entre duas ondas 'R' consecutivas entre ciclos cardíacos) da VFC foram realizadas pelo frequencímetro da marca Polar® modelo RS800CX, devidamente validado^{19,23}. Em acordo aos procedimentos descritos por Dantas et al.⁶, as avaliações foram realizadas no turno da manhã (9:00h às 11:00h) após um período de jejum de 12h a 16h com os participantes respirando espontaneamente em uma sala silenciosa com temperatura controlada (21-24°C).

A manobra de alteração postural foi realizada em acordo a Paschoal et al.²⁶ em que o voluntário foi posicionado em decúbito dorsal, ou seja, posição supina (PS), sobre um colchonetete. Os primeiros 10 minutos de registro foram obtidos após um repouso de 5 minutos na mesma posição. O voluntário foi orientado a não se mover, não conversar e não dormir durante a avaliação. Após esse tempo, o voluntário alterou sua postura para posição ortostática (PO), a qual permaneceu novamente sem se movimentar, conversar ou dormir por mais 11 minutos. O primeiro minuto do registro, no segundo período de medidas, foi descartado para evitar interferência aguda devido à variação postural⁶, a qual gera instabilidade do sinal devido ao estresse

cardiocirculatório²⁶. Foi solicitado aos voluntários que não consumissem bebidas à base de cafeína ou fizesse uso de cigarro 24 horas antes do registro.

Os registros dos RRi foram exportados do frequencímetro para o software Polar®ProTrainer 5 por infravermelho e analisados através do software Kubios HRV versão 2.0. Para não comprometer a confiabilidade dos índices obtidos foram removidos e ajustados os batimentos ectópicos prematuros e artefatos maior e/ou menor que 20% em relação aos batimentos adjacentes. Após a edição dos RRi em períodos de 5 minutos, sendo dois períodos na PS e dois na PO, a análise ocorreu através de métodos lineares no domínio do tempo e da frequência. No domínio do tempo os parâmetros analisados foram os RRi, a raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças entre intervalos RR consecutivos (RMSSD), o percentual dos RRi superiores a 50ms (pNN50) e no domínio da frequência foi realizada análise dos componentes de alta frequência – High Frequency (HF – 0,15 a 0,4Hz), baixa frequência – Low Frequency (LF – 0,04 e 0,15Hz) e a razão LF.HF⁻¹, que caracteriza o balanço simpato-vagal cardíaco¹.

Adotou-se estatística descritiva com média e desvio padrão e logo após foi realizado o *Shapiro Wilk test* para verificar a normalidade da distribuição dos dados. ANOVA para medidas repetidas foi empregada com *Post hoc de Tukey* para identificação dos pares de diferença entre os momentos da PS e da PO. O nível de significância considerado no estudo foi p<0,05 e o software utilizado foi o SPSS 22.0.

Resultados

A Figura 1 apresenta as variações da FC (Figura 1A; $F_{[3,57]} = 16,024$; p<0,0001) e dos parâmetros da VFC no domínio do tempo a partir do RRi (Figura 1B; $F_{[3,57]} = 20,507$; p<0,0001), RMSSD (Figura 1C; $F_{[3,57]} = 12,202$; p<0,0001) e pNN50 (Figura 1D; $F_{[3,57]} = 14,547$; p<0,0001) nos dois momentos durante a PS e PO. A FC e os pa-

râmetros da VFC apresentaram diferenças significativas quando comparada a PS com a PO. Paralelamente ao aumento da FC na PO, ocorreram reduções significativas em todos os parâmetros da VFC no domínio do tempo.

A Figura 2 apresenta as variações dos parâmetros da VFC no domínio da frequência a partir do LF (Figura 2A; $F_{[3,57]} = 8,251$; $p < 0,0001$), HF (Figura 2B; $F_{[3,57]} = 8,251$; $p < 0,0001$) e razão LF.HF⁻¹ (Figura 3C; $F_{[3,57]} = 8,574$; $p < 0,0001$) nos dois momentos durante a PS e PO. Na PO, um aumento significativo no componente LF foi observado assim como uma diminuição na mesma proporção no componente HF. Como consequência um aumento significativo na razão LF.HF⁻¹ foi observado também na PO.

Discussão

O presente estudo teve por objetivo verificar a sensibilidade do frequencímetro Polar® RS800CX em detectar variações na postura cor-

poral a partir da FC e parâmetros da VFC. Os principais resultados demonstraram aumento significativo na PO, para a FC (Figura 1A) e os parâmetros da VFC no domínio da frequência a partir do LF e da razão LF.HF⁻¹ (Figuras 2A e 2C, respectivamente), com conseqüente diminuição nos parâmetros da VFC no domínio do tempo a partir do RRI, RMSSD e pNN50 (Figura 1B, 1C e 1D, respectivamente) e do HF no domínio da frequência (Figura 2B).

Na presente investigação se percebeu uma influência na manobra de alteração postural nos parâmetros da VFC (Figuras 1 e 2) quando utilizado o frequencímetro Polar® RS800CX. A alteração nos parâmetros no domínio do tempo e da frequência ocorre pelo aumento da atividade nervosa simpática e diminuição da atividade vagal⁶. No presente estudo, a análise espectral demonstrou ajuste do LF e HF em sentidos opostos na manobra de alteração postural (Figura 2A e 2B), o que refletiu em um aumento significativo da razão LF.HF⁻¹ (Figura 2C). Essas respostas indicam uma forte predominância do tônus

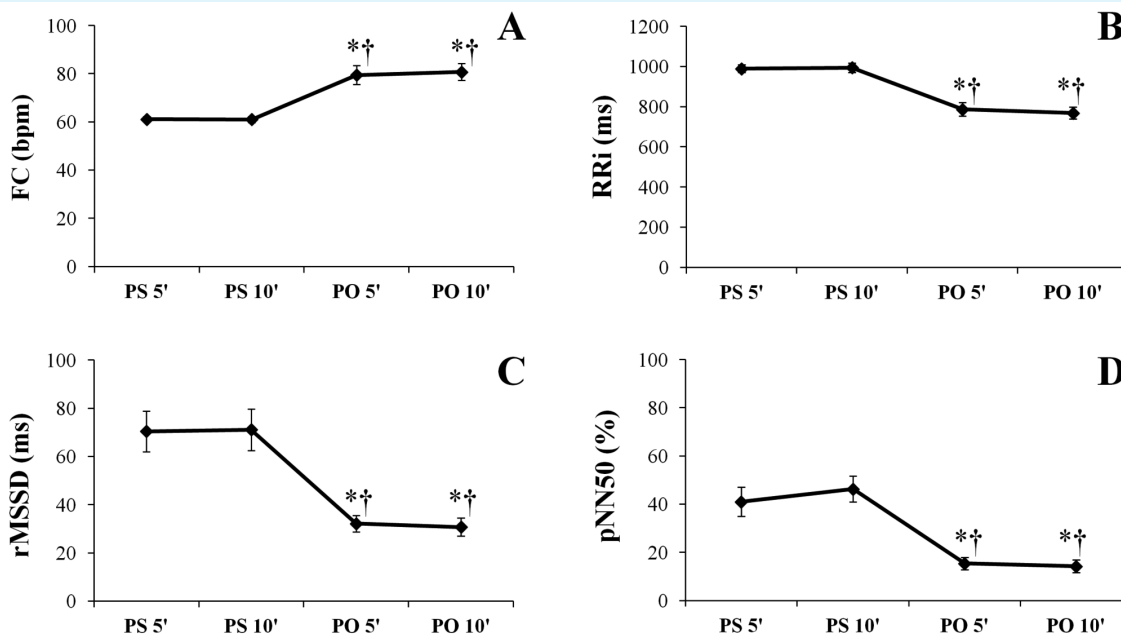


Figura 1

A: Frequência Cardíaca (FC); B: Intervalos RR (RRI); C: Raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças entre intervalos RR consecutivos (rMSSD); D: Percentual dos intervalos RR superiores a 50ms (pNN50). PS 5': posição supina durante 5 minutos; PS 10': posição supina durante 10 minutos; PO 5': posição ortostática durante 5 minutos; PO 10': posição ortostática durante 10 minutos. * $p < 0,01$ em relação a PS 5'; † $p < 0,01$ em relação a PS 10'.

Fonte: Autores.

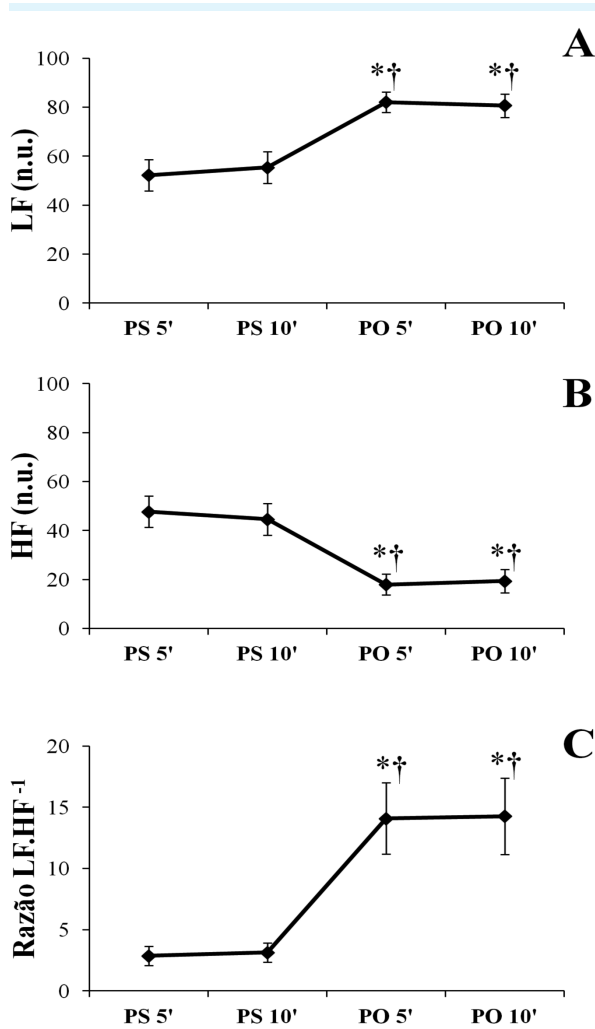


Figura 2

A: Componente de baixa frequência (Low Frequency – LF); B: Componente de alta frequência (High Frequency – HF); C: Balanço simpato-vagal (razão LF:HF⁻¹). PS 5': posição supina durante 5 minutos; PS 10': posição supina durante 10 minutos; PO 5': posição ortostática durante 5 minutos; PO 10': posição ortostática durante 10 minutos; n.u.: normalized units (unidades normalizadas). *p<0,01 em relação a PS 5'; †p<0,01 em relação a PS 10'.

Fonte: Autores.

simpático no controle da FC⁶, em que o grau da atividade simpática na regulação da FC pode estar associado ao ajuste na descarga adrenérgica durante a alteração postural²⁷. É possível que a alteração nos parâmetros da VFC e na FC em decorrência da manobra de alteração postural, ocorra por um aumento da transferência de sangue da região do tórax para os membros inferiores, devido ativação da musculatura dessa

região, o que induz após algum tempo taquicardia, causada principalmente pela diminuição da atividade vagal⁹.

Ao contrário do presente estudo, Dantas et al.⁶ utilizaram o eletrocardiógrafo, que é considerado o padrão ouro para análise da VFC¹. No entanto, esse equipamento apresenta alto custo, possui difícil aplicabilidade em situações externas ao ambiente laboratorial^{2,12} e necessita de um técnico devidamente treinado para seu manuseio. Essas condições podem ser minimizadas pela utilização do Polar[®] RS800CX, devido sua praticidade de aplicação em diferentes ambientes, baixo custo e fácil operação. Estudos comparando o eletrocardiógrafo com frequencímetros da marca Polar[®]^{13,23} comprovaram a sensibilidade tanto no eletrocardiógrafo quanto no Polar[®] RS800CX²³ para detectar as variações na duração dos RRi, o que possibilita a utilização desse equipamento na análise de VFC em repouso^{13,23}, apresentando concordâncias com o eletrocardiógrafo tanto na PS²³ quanto na PO¹⁷.

Souza et al.²⁸ ao utilizarem o Polar[®] RS800CX, verificaram na manobra de alteração postural, alterações nos parâmetros LF (ms²), HF (ms²) e LF (n.u.) da VFC, não encontrando diferenças entre a PS e a PO para HF (n.u.) e LF:HF⁻¹. Esses resultados diferem do presente estudo, com exceção do LF (n.u.), em que também foi encontrado aumento na PO (Figura 2A). As divergências encontradas entre os estudos podem ser devido à diferença de sexo dos voluntários, uma vez que a amostra de Souza et al.²⁸ foi composta por mulheres jovens e a do presente estudo composta por homens jovens. Perseguini et al.²⁹ demonstram que as respostas de VFC apresentam diferenças entre os sexos na manobra de alteração postural. Outro fator que pode ter influenciado na discordância dos resultados foi a posição inicial de análise, pois no estudo de Souza et al.²⁸, as voluntárias iniciavam na posição sentada, enquanto no presente estudo na posição de decúbito dorsal. Como constatado pelos autores, da posição sentada para a PO não houve diferenças significativas nas respostas do HF (n.u.) e LF:HF⁻¹.

Nos parâmetros da VFC no domínio do tempo a partir de RMSSD e pNN50 (Figuras 1C e 1D, respectivamente), o resultado foi semelhante ao de Souza et al.²⁸, no entanto, eles observaram alterações nesses parâmetros após 15 minutos na PO, enquanto no presente estudo nos primeiros 5 minutos se verificou um ajuste significativo (Figuras 1C e 1D).

Corroborando aos achados do presente estudo, Paschoal et al.²⁶ ao utilizarem o Polar® modelo S810i (versão mais antiga) na manobra de alteração postural, verificaram que homens de 20 a 30 anos e 31 a 40 anos apresentaram redução significativa dos valores de RMSSD na PO, revelando uma contribuição da redução parassimpática no ajuste da FC, necessária nessa posição. Ademais, esses autores também verificaram diminuição dos valores do RRI e aumento da razão LF:HF⁻¹. Ainda, não encontraram diferença significativa da PS para a PO nos valores de pNN50, o que diverge dos resultados do presente estudo, o qual demonstrou alteração significativa nesse parâmetro (Figura 1D).

Diante do exposto, pode-se destacar que o frequencímetro Polar®RS800CX é um equipamento válido²³ e em acordo aos resultados apresentados sensível para detectar variações na postura corporal a partir da FC e parâmetros da VFC no domínio do tempo e da frequência. Tais resultados podem fortalecer a aceitação desse equipamento pela comunidade científica na realização de estudos em caráter clínico ou populacional, seja com objetivos de avaliação ou acompanhamento e controle de uma intervenção com propósitos na terapêutica cardiovascular.

Como limitação, pode-se apontar a falta da realização de uma reavaliação após 48h, com o objetivo de verificar a reprodutibilidade do equipamento. Para tanto, Vasconcellos et al.²³ em estudo recente confirmou a precisão e a reprodutibilidade desse mesmo equipamento, o que minimiza a limitação destacada. Finalmente, futuros estudos podem ser realizados verificando a reprodutibilidade dos parâmetros da VFC utilizando o Polar® RS800CX em variações na postura corporal, tanto em pessoas jovens e

idosas saudáveis quanto naquelas acometidas por doenças como diabetes e hipertensão que, reconhecidamente, causam distúrbios no tônus autônomo cardíaco³⁰.

Conclusão

O frequencímetro Polar® RS800CX se apresentou sensível à manobra de alteração postural quando analisada a FC e os parâmetros de VFC tanto no domínio do tempo quanto no domínio da frequência de homens jovens e saudáveis.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco – FACEPE e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro (bolsas de estudos) para a realização do estudo.

Referências

1. Task Force Heart Rate Variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. *European Heart Journal*. 1996;17:354-381.
2. Vanderlei LCM, Pastre CM, Hoshi RA, Carvalho TD, Godoy MF. Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. *Rev Bras Cir Cardiovasc*. 2009;24(2):205-217.
3. Brown DK, Barton JL, Gladwell VF. Viewing nature scenes positively affects recovery of autonomic function following acute-mental stress. *Environ Sci Technol*. 2013;47(11):5562-5569.
4. Li Q, Kawada T. Effect of forest therapy on the human psycho-neuro-endocrino-immune network. *NihEiseZas*. 2011;66(4):645-650.
5. Pinna GD, Maestri R, Torunski A, Danilowicz-Szymanowicz L, Szwoch MLA, Rovere MT. Heart rate variability measures: a fresh look at reliability. *Clin Sci*. 2007;113:131-140.

6. Dantas EM, Gonçalves CP, Silva ABT, Rodrigues SL, Ramos MS, Andreão RV et al. Reproducibility of heart rate variability parameters measured in healthy subjects at rest and after a postural change maneuver. *Braz J Med Biol Res.* 2010;43(10):982-988.7. Tulppo MP, Mäkikallio TH, Seppänen T, Airaksinen JK, Huikuri HV. Heart rate dynamics during accentuated sympathovagal interaction. *Am J Physiol.* 1998;274(3 Pt 2):H810-6.
8. Jiang XL, Zhang ZG, Ye CP, Lei Y, Wu L, Zhang Y et al. Attenuated or absent HRV response to postural change in subjects with primary insomnia. *PhysiolBehav.* 2015a;140:127-31.
9. Ribeiro AL, Ferreira LM, Oliveira E, Cruzeiro PC, Torres RM, Rocha MO. Active orthostatic stress and respiratory sinus arrhythmia in Chagas global systolic function of the left ventricle preserved. *ArqBrasCardiol.* 2004;83:35-39.
10. Jiang XL, Zhang ZG, Ye CP, Lei Y, Wu L, Zhang Y et al. A blunted sympathetic and accentuated parasympathetic response to postural change in subjects with depressive disorders. *J Affect Disord.* 2015b;175:269-274.
11. Wallén MB, Hasson D, Theorell T, Canlon B, Osika W. Possibilities and limitations of the polar RS800 in measuring heart rate variability at rest. *Eur J Appl Physiol.* 2012;112:1153-1165.
12. Vanderlei LCM, Silva RA, Pastre CM, Azevedo FM, Godoy MF. Comparison of the Polar S810i monitor and the ECG for the analysis of heart rate variability in the time and frequency domains. *Braz J of Med and BiologResearc.* 2008;41(10):854-859.
13. Gamelin FX, Berthoin S, Bosquet L. Validity of the Polar S810 heart rate monitor to measure R-R intervals at rest. *Med Sci Sports Exerc.* 2006;38(5):887-893.
14. Gaudet J, Bélanger MF, Corriveau H, Mekary S, Hay D, Johnson MJ. Investigating the autonomic nervous system and cognitive functions as potential mediators of an association between cardiovascular disease and driving performance. *Can J PhysiolPharmacol.* 2013;91(5):346-352.
15. Kingsley M, Lewis MJ, Marson RE. Comparison of Polar 810s and an ambulatory ECG system for RR interval measurement during progressive exercise. *Int J Sports Med.* 2005;26(1):39-44.
16. Nunan D, Jakovljevic DG, Donovan G, Hodges LD, Sandercock GRH, Brodie DA. Levels of agreement for RR intervals and short-term heart rate variability obtained from the Polar S810 and an alternative system. *Eur J Appl Physiol.* 2008;103(5):529-537.
17. Porto LG, Junqueira Júnior LF. Comparison of time-domain short-term heart interval variability analysis using a wrist-worn heart rate monitor and the conventional electrocardiogram. *Pacing ClinElectrophysiol.* 2009;32(1):43-51.
18. Weippert M, Kumar M, Kreuzfeld S, Arndt D, Rieger A, Stoll R. Comparison of three mobile devices for measuring R-R intervals and heart rate variability: Polar S810i, Suunto t6 and an ambulatory ECG system. *Eur J Appl Physiol.* 2010;109(4):779-786.
19. Essner A, Sjöström R, Ahlgren E, Lindmark B. Validity and reliability of Polar® RS800CX heart rate monitor, measuring heart rate in dogs during standing position and at trot on a treadmill. *PhysiolBehav.* 2013;114-115:1-5.
20. Essner A, Sjöström R, Ahlgren E, Gustås P, Edge-Hughes L, Zetterberg L et al. Comparison of Polar® RS800CX heart rate monitor and electrocardiogram for measuring inter-beat intervals in healthy dogs. *PhysiolBehav.* 2015;138:247-253.
21. Parker M, Goodwin D, Eager RA, Redhead ES, Marlin DJ. Comparison of Polar heart rate interval data with simultaneously recorded ECG signals in horses. *Comparative Exercise Physiology.* 2010;6(4):137-142.
22. Achten J, Jeukendrup AE. Heart rate monitoring: Applications and limitations. *Sports Med.* 2003;33(7):517-538.
23. Vasconcellos FV, Seabra A, Cunha FA, Montenegro RA, Bouskela E, Farinatti P. Heart rate variability assessment with fingertip photoplethysmography and Polar® RS800CX as compared with electrocardiography in obese adolescents. *Blood Press Monit.* 2015;20(6):351-360.
24. Chernozub AA. Heart rate variability in untrained young men under different power loading modes. *Vestn Ross Akad Med Nauk.* 2014;69(1-2):51-56.
25. Spierer DK, Rosen Z, Litman LL, Fujii K. Validation of photoplethysmography as a method to detect heart rate during rest and exercise. *J Med Eng Technol.* 2015;39(5):264-271.
26. Paschoal MA, Volanti VM, Pires CS, Fernandes FC. Variabilidade da frequência cardíaca em diferentes faixas etárias. *Rev Bras Fisioter.* 2006;10(4):413-419.
27. Fiorica V, Kem DC. Plasma norepinephrine, blood pressure and heart rate response to graded change in body position. *Aviat Space Environ Med.* 1985;56(12):1166-1171.

28. Souza ACA, Cisternas JR, Abreu LC, Roque AL, Monteiro CBM, Adami F et al. Fractal correlation property of heart rate variability in response to the postural change maneuver in healthy women. *Int Arch Med.* 2014;7:25-31.
29. Perseguini NM, Takahashi ACM, Rebelatto JR, Silva E, Borghi-Silva A, Porta A et al. Spectral and symbolic analysis of the effect of gender and postural change on cardiac autonomic modulation in health elderly subjects. *Braz J Med Biol Res.* 2011;44(1):29-37.
30. Loimaala A, Huikuri HV, Koobi T, Rinne M, Nenonen A, Vuori I. Exercise training improves baroreflex sensitivity in type 2 diabetes. *Diabetes.* 2003;52(7):1837-1842.