



Polar S810 como Recurso Alternativo ao Eletrocardiograma no Teste de Exercício de 4 Segundos

Polar S810 as an Alternative Resource to the Use of the Electrocardiogram in the 4-Second Exercise Test

Alan Santos Pimentel¹, Eduardo da Silva Alves¹, Rafael de Oliveira Alvim¹, Rogério Tasca Nunes¹, Carlos Magno Amaral Costa¹, Júlio Cesar Moraes Lovisi², Jorge Roberto Perroux de Lima¹

Universidade Federal de Juiz de Fora - Laboratório de Avaliação Motora¹; Clínica de Medicina do Exercício e Reabilitação Cardiovascular - CUORE², Juiz de Fora, MG - Brasil

Resumo

Fundamento: O teste de exercício de 4 segundos (T4s) avalia o tônus vagal cardíaco durante o transiente inicial da frequência cardíaca (FC), em exercício dinâmico súbito, por meio da identificação do índice vagal cardíaco (IVC) obtido a partir do eletrocardiograma (ECG).

Objetivo: Testar a utilização do monitor de frequência cardíaca (MFC) Polar S810 como recurso alternativo ao ECG na aplicação do T4s.

Métodos: Neste trabalho, 49 indivíduos do sexo masculino (25 ± 20 anos, 176 ± 12 cm, 74 ± 6 kg) realizaram o T4s. Os intervalos RR foram registrados simultaneamente por ECG e MFC. Calcularam-se média e desvio padrão do último intervalo RR do período pré-exercício ou o primeiro do período de exercício, aquele que for mais longo (RRB), do mais curto intervalo RR do período de exercício (RRC) e do IVC obtidos por ECG e MFC. Utilizou-se o teste *t* de Student para amostras dependentes ($p \leq 0,05$) para testar a significância das diferenças entre as médias. Para identificar a concordância entre o ECG e o MFC, utilizou-se a regressão linear, com cálculo do coeficiente de correlação de Pearson e a estratégia proposta por Bland e Altman.

Resultados: A regressão linear apresentou r^2 de 0,9999 para o RRB, 0,9997 para o RRC e 0,9996 para o IVC. A estratégia de Bland e Altman apresentou desvio padrão de 0,92 ms para o RRB, 0,86 ms para o RRC e 0,002 para o IVC.

Conclusão: O MFC Polar S810 se mostrou eficiente na aplicação do T4s quando comparado ao ECG. (Arq Bras Cardiol. 2010; [online]. ahead print, PP0-0)

Palavras-chave: Tono muscular, coração, frequência cardíaca, exercício, medidas.

Abstract

Background: The 4-second exercise test (T4s) evaluates the cardiac vagal tone during the initial heart rate (HR) transient at sudden dynamic exercise, through the identification of the cardiac vagal index (CVI) obtained from the electrocardiogram (ECG).

Objective: To evaluate the use of the Polar S810 heart rate monitor (HRM) as an alternative resource to the use of the electrocardiogram in the 4-second exercise test.

Methods: In this study, 49 male individuals (25 ± 20 years, 176 ± 12 cm, 74 ± 6 kg) underwent the 4-second exercise test. The RR intervals were recorded simultaneously by ECG and HRM. We calculated the mean and the standard deviation of the last RR interval of the pre-exercise period, or of the first RR interval of the exercise period, whichever was longer (RRB), of the shortest RR interval of the exercise period (RRC), and of the CVI obtained by ECG and HRM. We used the Student *t*-test for dependent samples ($p \leq 0.05$) to test the significance of the differences between means. To identify the correlation between the ECG and the HRM, we used the linear regression to calculate the Pearson's correlation coefficient and the strategy proposed by Bland and Altman.

Results: Linear regression showed r^2 of 0.9999 for RRB, 0.9997 for RRC, and 0.9996 for CVI. Bland e Altman strategy presented standard deviation of 0.92 ms for RRB, 0.86 ms for RRC, and 0.002 for CVI.

Conclusion: Polar S810 HRM was more efficient in the application of T4s compared to the ECG. (Arq Bras Cardiol. 2010; [online]. ahead print, PP0-0)

Key words: Muscle tonus; heart rate; exercise; measures; heart.

Full texts in English - <http://www.arquivosonline.com.br>

Correspondência: Rafael de Oliveira Alvim •

Av. Engenheiro Heitor Antônio Eiras Garcia, 79/21B - Jardim Esmeralda - 05588-000 - São Paulo, SP - Brasil

E-mail: alvimfaefid@ig.com.br, r.alvim@hotmail.com

Artigo recebido em 25/03/09; revisado recebido em 29/07/09; aceito em 01/09/09.

Introdução

A redução do tônus vagal cardíaco está fortemente associada ao aumento do risco de morte por eventos cardiovasculares¹⁻⁵. Por causa de sua relação com a integridade vagal cardíaca, o comportamento da frequência cardíaca (FC) tem sido amplamente estudado no transiente inicial de diferentes modalidades e condições associadas ao exercício. O teste de exercício de 4 segundos (T4s) que objetiva avaliar o tônus vagal cardíaco calcula o índice vagal cardíaco (IVC) a partir da análise do registro eletrocardiográfico feito durante o transiente inicial da FC em exercício dinâmico súbito, realizado em condições respiratórias controladas¹.

Na década de 1980, criaram-se os primeiros monitores de frequência cardíaca (MFC) para uso durante o exercício que, posteriormente, foram validados com intuito de monitorar a intensidade da atividade aeróbia. Nos anos seguintes, muitos estudos confirmaram a correlação entre as séries temporais da FC obtidas pelos MFC em relação ao eletrocardiograma (ECG) e ao Holter, durante várias intensidades e modalidades de exercícios⁶⁻¹⁵. Com o desenvolvimento das possibilidades eletrônicas, alguns modelos de MFC como o Polar S810 incorporaram, além da FC, a capacidade de registrar os intervalos RR. Sendo assim, Nunan e cols.¹⁶ encontraram uma forte correlação quando compararam o registro e a edição dos intervalos RR entre o ECG convencional e o MFC Polar S810 em condição de repouso, comprovando assim a capacidade e aplicabilidade desse instrumento na aquisição desses dados. Finalmente, relacionando a validade desses registros em momentos e manobras distintos, Kingsley e cols.¹⁷ não constataram diferenças significativas entre as medidas do MFC Polar S810 e o ECG para todas as intensidades de exercício testadas.

O protocolo do T4s prevê a realização repentina de exercício em cicloergômetro ou ergômetro de membros superiores¹⁸ durante 4 s, após imobilidade inicial de 4 s. Tal manobra provoca variações rápidas e acentuadas nos intervalos RR. A utilização do MFC Polar S810 ainda não foi estudada em situação semelhante. Além disso, há a necessidade de observar se a amplitude do intervalo de concordância, eventualmente encontrado entre o MFC e o ECG, poderia interferir na identificação do IVC. Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi testar a viabilidade operacional e a utilização do monitor de frequência cardíaca Polar S810 como recurso alternativo ao ECG na aplicação do T4s.

Métodos

Voluntários

Os voluntários assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido a respeito dos procedimentos utilizados no estudo. O projeto foi aprovado pelo comitê de ética da instituição vigente sob o nº 171/2008. Participaram do estudo indivíduos com diferentes condições clínicas: atletas, pacientes em uso de betabloqueadores e pacientes pós-infarto do miocárdio.

Teste de 4 segundos

Cada indivíduo, após repouso de 5 min, realizou 3 execuções consecutivas do T4s, como preconiza o protocolo

original¹⁹. A primeira execução serviu como meio de familiarização ao procedimento, sendo escolhido como representativo do IVC o melhor resultado das duas execuções subsequentes. O intervalo entre as repetições do protocolo foi de 1 a 2 minutos, esperando-se que a FC retornasse aos valores pré-manobra antes de se repetir o protocolo. O T4s consistiu na execução de exercício dinâmico súbito em cicloergômetro (Funbec, Brasil) sem resistência (carga zero), do 4º ao 8º segundo de apneia inspiratória máxima de 12 s. O indivíduo, após ajuste do selim e repouso de 5 min, obedecia a quatro comandos consecutivos, separados entre si por um intervalo de 4 s, conforme esquema apresentado na tabela 1.

Aquisição dos sinais de ECG e MFC

Os intervalos RR foram registrados simultaneamente, durante todo o teste, pelo ECG e pelo monitor de FC. Utilizou-se o ECG digital (Micromed, Wincardio, Brasil) cujos sinais, registrados a velocidade de 25 mm/s, foram analisados por *software* específico (Ergo PC Elite versão 3.2.1.5). Foi usado também MFC (Polar S810, Finlândia) que dispõe de interface (IR interface, Polar Electro OY, Finlândia) para transferência de dados para computador onde foram analisados por *software* específico (Polar Precision Performance, versão 3.01). Utilizaram-se comandos verbais que funcionaram como marcadores de eventos para iniciar e encerrar simultaneamente os registros de ambos os equipamentos. Ao tórax dos sujeitos, foram conectados os eletrodos adesivos (Blue Sensor, Brasil) do ECG na derivação CM5 e o transmissor padrão do MFC (TM 31, Polar Electro OY, Finlândia).

Cálculo do índice vagal cardíaco (IVC)

O primeiro passo para o cálculo do IVC foi a identificação do último intervalo RR do período pré-exercício ou o primeiro do período de exercício (aquele que for o mais longo) denominado RRB, e do mais curto intervalo RR do período de exercício denominado RRC. O IVC é obtido pela razão RRB/RRC. Para identificação dos RRB e RRC, inicialmente, as séries temporais dos intervalos RR obtidas por ambos os equipamentos foram submetidas à inspeção visual e

Tabela 1 - Esquema de aplicação do teste de exercício de 4 segundos (T4s)

Comando	Tempo (s)	Ação
1	0	Pré-exercício Inspiração máxima é rápida pela boca e manutenção de apneia (até o final do teste), sem pedalar, sentado na bicicleta, durante 4 s.
2	4	Exercício Mantendo a apneia, pedalar o mais rápido possível durante 4 s (pelo menos 5 rotações dos pedais).
3	8	Pós-exercício Parar de pedalar de forma abrupta e permanecer sentado na bicicleta por 4 s, mantendo a apneia.
4	12	Final do teste Retomar a respiração normal e finalizar o teste.

eliminação de artefatos. Em seguida, os registros do MFC foram submetidos à filtragem realizada automaticamente pelo software específico (Polar Precision Performance, versão 3.01). Das séries temporais com intervalos RR válidos, tendo como referência os tempos dos comandos, foram selecionados os intervalos RRB e RRC tanto do ECG quanto do monitor de FC para cálculo do IVC¹.

Tratamento estatístico

Calcularam-se média e desvio padrão das características da amostra e dos valores de RRB, RRC e IVC obtidos por ECG e MFC. Utilizou-se o teste t de Student para dados pareados ($P \leq 0,05$) para testar a significância das diferenças entre médias. Para identificar a concordância entre as medidas feitas por ECG e MFC, utilizou-se a regressão linear, com cálculo do coeficiente de correlação de Pearson, e também foi aplicada a estratégia proposta por Bland e Altman²⁰ que consiste no cálculo da média individual das medidas do ECG (ECG) e MFC (MFC) $((ECG + MFC) / 2)$ e da plotagem das diferenças entre as medidas feitas pelo MFC e tais médias.

Resultados

O T4s foi aplicado a 49 indivíduos do sexo masculino (25 ± 20 anos, 176 ± 12 cm, 74 ± 6 kg). Os registros feitos por ECG e MFC foram sincronizados pelos marcadores temporais (comandos verbais). Após a inspeção visual dos registros, quando foram retirados os artefatos e os intervalos característicos de extrasístole, cada avaliador, de forma independente, identificou os RRB e RRC de cada avaliado, dentre os intervalos RR válidos. Houve coincidência de 100% quanto à localização dos intervalos identificados, e não foram observadas diferenças significantes ($p \leq 0,05$) entre as médias das medidas feitas por ECG e MFC para RRB, RRC e IVC, conforme mostra a tabela 2.

A regressão linear dos valores obtidos por ECG em função dos obtidos pelo monitor de FC apresentou r^2 de 0,9999 para o RRB, r^2 de 0,9997 para o RRC e r^2 de 0,9996 para o IVC. A plotagem das diferenças entre os valores medidos pelo MFC e a média das medidas apresentou desvio padrão de 0,92 ms para o RRB, 0,86 ms para o RRC e 0,002 para o IVC (fig. 1, 2 e 3).

Discussão

Monitores cardíacos, como o Polar S810, têm sido usados para mensuração da FC. No presente estudo, quando

Tabela 2 - Valores de RRB, RRC e IVC obtidos por ECG e MFC

	RRB (ms)		RRC (ms)		IVC	
	MFC	ECG	MFC	ECG	MFC	ECG
Média	869,5	869,3	684,3	684,5	1,280	1,279
DP	154,5	154,2	107,2	107,3	0,191	0,190

RRB - último intervalo RR do período pré-exercício ou o primeiro do período de exercício, aquele que for mais longo; RRC - mais curto intervalo RR do período de exercício; IVC - índice vagal cardíaco; ECG - eletrocardiograma; MFC - monitor de frequência cardíaca.

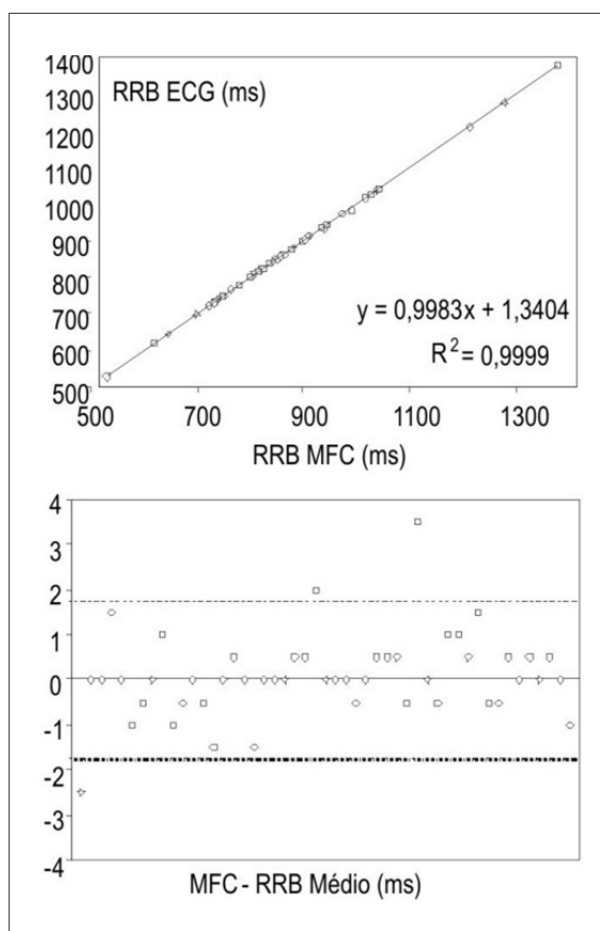


Fig. 1 - RRB ECG - último intervalo RR do período pré-exercício ou o primeiro do período de exercício (aquele que for mais longo) obtido pelo ECG; RRB MFC - último intervalo RR do período pré-exercício ou o primeiro do período de exercício (aquele que for mais longo) obtido pelo monitor de frequência cardíaca; MFC - RRB médio - média dos valores medidos por ECG e MFC.

se compararam os resultados do T4s obtidos por ambos os dispositivos (ECG e MFC), foram encontradas fortes correlações, r^2 de 0,9999 para o RRB (último intervalo RR do período pré-exercício ou o primeiro do período de exercício, aquele que for mais longo) e r^2 de 0,9997 para o RRC (mais curto intervalo RR do período de exercício). A alta correlação observada no RRB e RRC resultou em correlação de 0,9996 na identificação do IVC, o qual foi obtido pela razão RRB/RRC. Quanto aos limites de concordância determinados pela estratégia Bland e Altman²⁰, obtiveram-se os seguintes resultados: $0,08 \pm 0,92$ ms para o RRB, $-0,10 \pm 0,86$ ms para o RRC e $0,000 \pm 0,002$ para o IVC. Não houve diferença significativa entre as medidas ($p > 0,05$).

Neste estudo, o tratamento estatístico empregado foi semelhante a outros aqui reportados, de forma a facilitar a comparação dos resultados. Deve-se ressaltar que, no presente estudo, foi utilizado o registro dos intervalos RR no transiente inicial de exercício com início repentino. Apesar disso, encontraram-se valores semelhantes aos reportados por Kingsley e cols.¹⁷ e Gamelin e cols.²¹, que estudaram a validade do MFC em exercício progressivo e em repouso. Os

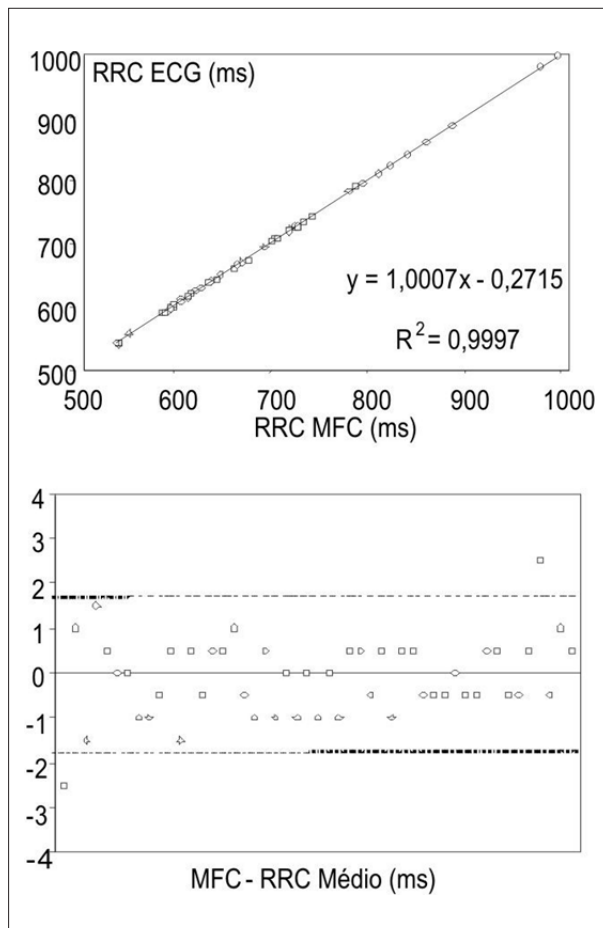


Fig. 2 - RRC ECG - o mais curto intervalo RR do período de exercício obtido pelo ECG; RRC MFC - o mais curto intervalo RR do período de exercício obtido pelo monitor de frequência cardíaca; MFC - RRC médio - média dos valores medidos por ECG e MFC.

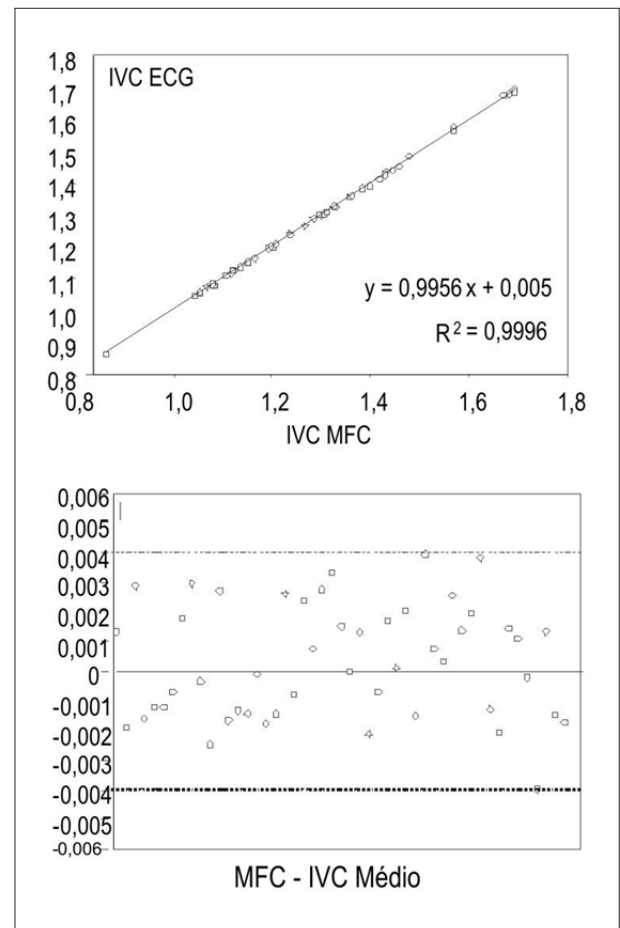


Fig. 3 - IVC ECG - índice vagal cardíaco obtido pelo ECG; IVC MFC - índice vagal cardíaco obtido pelo monitor de frequência cardíaca; MFC - IVC médio - média dos valores medidos por ECG e MFC.

limites de concordância aqui encontrados foram menores que os reportados nos estudos já citados, talvez porque, neste estudo, utilizaram-se na comparação apenas os intervalos RR usados na identificação do IVC e não as séries completas (> 5 min), usualmente utilizadas.

Há poucos dados na literatura que fazem referência à questão da eficiência do MFC Polar S810 para capturar os intervalos RR da FC para a determinação dos valores do IVC. No entanto, recentes estudos²²⁻²⁴ vêm demonstrando a eficácia e aplicabilidade desse dispositivo na análise dos índices de variabilidade da FC, tanto no domínio do tempo quanto no domínio da frequência, possibilitando assim uma avaliação fidedigna, de baixo custo e não invasiva do balanço autonômico. Apesar de se tratar de métodos de avaliação diferentes, tanto o IVC obtido através do T4s quanto os índices adotados para análise da VFC são advindos da mensuração do intervalo RR, o que nos permite associar os resultados encontrados nos estudos citados anteriormente.

De acordo com a experiência clínica dos autores, a aplicação do T4s é um procedimento muito seguro. Embora o teste tenha elevado potencial arritmogênico devido às rápidas mudanças observadas na atividade autonômica, não

foram observados eventos cardiovasculares. Além disso, ainda que ocorram arritmias, estas são, na maior parte das vezes, autolimitadas e de baixa complexidade.

Cabe ressaltar que a medida dos intervalos RR monitorados pelo MFC Polar S810 e transferidos ao software *Polar Precision Performance* deriva da captação dos pulsos elétricos gerados pelo pico da onda R do complexo QRS (despolarização ventricular), independentemente se este foi determinado por um batimento normal originado no nó sinusal ou por uma extrassístole. Dessa forma, a ocorrência de extrassístoles durante o T4s pode limitar a interpretação dos intervalos RR pelo MFC. Em nossa casuística, esse não foi um fator limitador, pois, quando da ocorrência de extrassístoles com intervalo de acoplamento muito curto (ES muito precoces), o observador responsável pelo registro do MFC conseguiu identificar claramente o artefato gerado, excluindo-o das medidas, o que, em última análise, pode ser confirmado pelos altos índices de correlação aqui observados. Entretanto, nas extrassístoles com intervalo de acoplamento um pouco mais longo (próximo das medidas do RR basal), a identificação dos artefatos através do software *Polar Precision Performance* torna-se significativamente mais difícil, o que pode eventualmente

limitar a análise das medidas dos intervalos utilizados no método. Nesta amostra de características heterogêneas com grande variabilidade do IVC, a ocorrência de extrassístoles se fez de forma indistinta em indivíduos saudáveis e em cardiopatas, e, embora tenha sido mais frequente nestes últimos, não houve interferência na correta interpretação dos índices pelo observador do MFC.

Conclusão

Conclui-se que o MFC Polar S810 pode ser utilizado como recurso alternativo ao ECG na aplicação do T4s. A utilização de monitores de FC amplia as possibilidades de aplicação do T4s, devendo-se, entretanto, ressaltar que seu uso não substitui o ECG no diagnóstico cardiológico. Como a redução do tônus vagal cardíaco associa-se a um aumento do risco de morte por eventos cardiovasculares, a maior aplicabilidade de um método simples e seguro como o T4s por meio de uma metodologia mais acessível utilizando o MFC poderia permitir

a identificação de um número maior de pacientes com essas características, aumentando os benefícios derivados dessa observação. Em indivíduos saudáveis, pode ser aplicado por profissionais de saúde, como um procedimento de rotina na avaliação e no monitoramento das adaptações autonômicas provocadas pelo treinamento aeróbio.

Potencial Conflito de Interesses

Declaro não haver conflito de interesses pertinentes.

Fontes de Financiamento

O presente estudo não teve fontes de financiamento externas.

Vinculação Acadêmica

Não há vinculação deste estudo a programas de pós-graduação.

Referências

1. Ricardo DR. Teste de exercício de 4 segundos: aspectos metodológicos e implicações prognósticas. [Tese]. Rio de Janeiro: Universidade Gama Filho; 2004.
2. 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.* 1987; 59 (4): 256-62.
3. Stein PK, Domitrovich PP, Huikuri HV, Kleiger RE; Cast Investigators. Traditional and nonlinear heart rate variability are each independently associated with mortality after myocardial infarction. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2005; 16 (1): 13-20.
4. Tapanainen JM, Thomsen PE, Kober L, Torp-Pedersen C, Makikallio TH, Still AM, et al. Fractal analysis of heart rate variability and mortality after an acute myocardial infarction. *Am J Cardiol.* 2002; 90 (4): 347-52.
5. La Rovere MT, Pinna GD, Hohnloser SH, Marcus FI, Mortara A, Nohara R, et al. Baroreflex sensitivity and heart rate variability in the identification of patients at risk for life-threatening arrhythmias: implications for clinical trials. *Circulation.* 2001; 103 (16): 2072-7.
6. Karvonen J, Chwalbinska-Monet J, Säynäjäkangas S. Comparison of heart rates measured by ECG and microcomputer. *Physician Sport Med.* 1984; 12 (6): 65-9.
7. Vogelaere P, De Meyer F, Duquet W, Vandeveld P. Sport Tester PE 3000 vs Holter ECG for the measurement of heart rate frequency. *Sci and Sports.* 1986; 1 (4): 321-9.
8. Leger L, Thivierge M. Heart rate monitors: validity, stability and functionality. *Physician Sport Med.* 1988; 16 (5): 143-51.
9. Thivierge M, Leger L. Critical review of heart rate monitors. *CAHPER J.* 1989; 55 (3): 26-31.
10. Seaward BL, Sleamaker RH, Mc Auliffe T, Clapp JF 3rd. The precision and accuracy of a portable heart rate monitor. *Biomed Instrum Technol.* 1990; 24 (1): 37-41.
11. Godsen R, Caroll T, Stone S. How well does the Polar Vantage XL Heart Rate Monitor estimate actual heart rate? [abstract]. *Med Sci Sports Exerc.* 1991; 23 (Suppl 4): 14.
12. Lewis D, Salisury C; Officer Commanding Research. An investigation into the accuracy of the Polar Favor and the Polar Edge heart rate monitors compared with direct ECG measurements. Report to Leisure System International; 1992.
13. Kinnunen J, Heikkila L. The timing accuracy of the Polar Vantage NV heart rate monitor. *J Sports Sci.* 1998; 16: S107-10.
14. Laukkanen RMT, Virtanen P. Heart rate monitors: state of the art. *J Sports Sci.* 1998; (Suppl 16): 53-7.
15. Terbizan DJ, Dolezal BA, Albano C. Validity of seven commercially available heart rate monitors. *Measurement in Physical Education and Exercise Science.* 2002; 6 (4): 243-7.
16. Nunan D, Jakovljevic DG, Donovan G, Hodges DL, 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: 529-37.
17. 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.
18. Silva MB, Vianna LC, Oliveira RB, Ricardo DR, Araújo CG. Similar cardiac vagal withdrawal at the onset of arm and leg dynamic exercise. *Eur J Appl Physiol.* 2008; 102 (6): 695-701.
19. Araújo CG, Nóbrega AC, Castro CL. Vagal activity: effect of age, sex and physical activity pattern. *Braz J Med Biol Res.* 1989; 22 (7): 909-11.
20. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurements. *Lancet.* 1986; 1: 307-10.
21. 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): 887-93.
22. Porto LG, Junqueira LF Jr. Comparison of time-domain short-term heart interval variability analysis using a wrist-worn heart rate monitor and the conventional electrocardiogram. *Pacing Clin Electrophysiol.* 2009; 32 (1): 43-51.
23. Nunan D, Donovan G, Jakovljevic DG, Hodges LD, Sandercock GR, Brodie DA. Validity and reliability of short-term heart-rate variability from the Polar S810. *Med Sci Sports Exerc.* 2009; 41 (1): 243-50.
24. Vanderlei LC, 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 Med Biol Res.* 2008; 41 (10): 854-9.