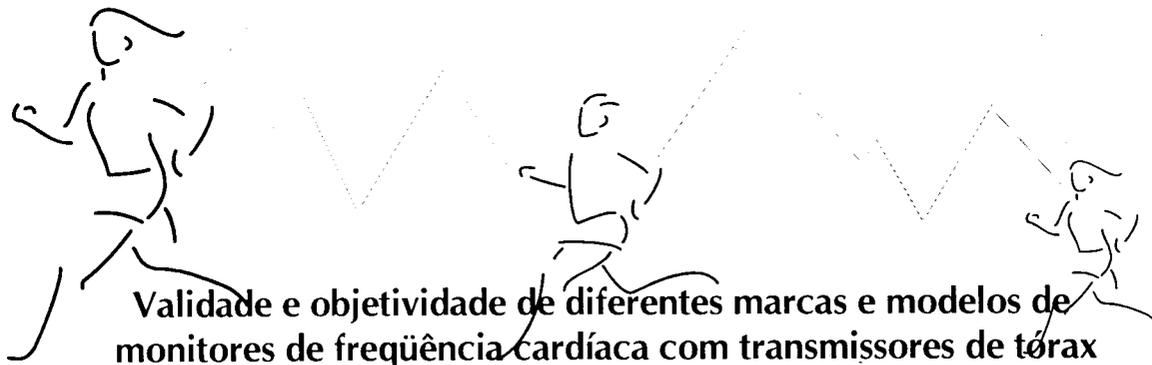


Monitores de Frequência Cardíaca

Fernando A.M.S. Pompeu, Universidade Estácio de Sá



Validade e objetividade de diferentes marcas e modelos de monitores de frequência cardíaca com transmissores de tórax

Estudos desenvolvidos por especialistas após exaustivos testes concluem que, à exceção do modelo Pacer, não há diferença na qualidade entre as marcas e modelos de monitores de frequência cardíaca. São todos aparelhos precisos e podem ser empregados no controle do treinamento e em trabalhos de pesquisa. Visamos determinar a validade e a objetividade de duas marcas de monitores de FC (CIC-Computer Instruments e Polar Electro Inc. e quatro modelos CIC Unique(U), Polar Accures(A), Polar Pacer(P) e Polar Sport Tester(S).



Num primeiro momento, submetemos 3 indivíduos do sexo masculino a um protocolo na bicicleta ergométrica que utilizou a sobrecarga contínua e escalonada de 12,5 *watts* por minuto. As batidas pelos monitores A e U foram confrontadas com as leituras simultâneas obtidas pelo eletrocardiograma (ECG) (SDM 2.000 Dixtal- Dixtal Tecnologia, Brasil) nas derivações MC5, D2 e V1 em um canal. Num segundo momento, comparamos os dados de FC obtidos pelos monitores A, P e S. Para tal, submetemos um indivíduo do sexo masculino e outro do feminino ao protocolo contínuo escalonado na bicicleta ergométrica, com incrementos de 25 *watts* a cada dois minutos. Os dados obtidos foram:

ECG vs A, r	=	0,9852;
ECG vs U, r	=	0,9850;
A vs P, r	=	0,9973;
A vs S, r	=	0,9992;
A vs U, r	=	0,9983.

O nível de significância aceito neste estudo é de 0,01. Concluímos assim que não há diferença entre as marcas de fabricação quanto à validade. Concluímos também, que todos os instru-

Marcas de Monitores de Frequência Cardíaca

- CIC - Computer Instruments Corp - USA
 - Polar Electro Inc. - Finland
- Modelos comparados:**
- CIC Unique(U)
 - Polar Accures(A)
 - Polar Pacer(P)
 - Polar Sport Tester(S)

mentos apresentam pares correlatos, sendo possível a substituição de uma marca pela outra ou de um modelo pelo outro. O único modelo que apresentou diferença significativa entre as médias de FC foi o modelo Pacer.

Como funciona

Todas as células apresentam um potencial elétrico entre as faces de sua membrana. Isto é causado pela concentração assimétrica de íons entre o meio interno e o citoplasma celular. Este desequilíbrio iônico faz com que o meio intracelular tenha carga negativa graças ao predomínio de íons fosfatos e de proteínas aniônicas (HENEINE 1987, p. 216; VANDER & col 1981 página 173.)

O coração está suspenso num meio condutor, assim a onda de despolarização gerada durante sua contração, tornando o meio intracelular positivo e a subsequente repolarização, cria uma corrente elétrica. Esta corrente é conduzida pelos líquidos dos tecidos adjacentes até a superfície corporal. Pode assim ser captada por eletrodos impolarizáveis ligados a amplificadores de registro bifásico. Sendo desta forma determinada a voltagem e a duração dos eventos elétricos do coração. (GUYTON 1971 p. 169; HENEINE 1987, p. 218).

Esta técnica vem sendo empregada na medicina a muitos anos, e é conhecida como eletrocardiografia (ECG). Na década passada surgiram no mercado aparelhos que empregam este princípio. Estes aparelhos captam, por meio de eletrodos fixos no tórax por uma cinta, a corrente elétrica e enviam por onda de rádio um sinal a um receptor no pulso do indivíduo, para então integrar a cada 5 segundos a frequência cardíaca (FC) por minuto.

Tais monitores tiveram ampla utilização no controle do treinamento e até em trabalhos de pesquisa científica (POMPEU 1994; FLEGNER 1992; URHAUSEN & col 1993; GLIMAN & WELLS 1993; FOSTER & col 1993).

Objetivo

O objetivo deste estudo é determinar a validade de dois monitores de FC de modelos intermediários, fabricados por diferentes empresas, e a objetividade de diferentes modelos e marcas de monitores com transmissores de tórax.

Material e Método

Sujeitos

Foram sujeitos deste estudo indivíduos ativos, sendo quatro do sexo masculino e um do feminino. As características antropométricas deste grupo são apresentadas na TABELA 1.

Procedimentos

Num primeiro momento, submetemos três sujeitos (indivíduos 3, 4 e 5

CARACTERÍSTICAS ANTROPOMÉTRICAS				
1	F	16	76,5	176
2	M	30	82,0	188
3	M	27	67,3	170
4	M	20	71,2	175
5	M	25	66,8	177

da TABELA 1) do sexo masculino a um protocolo ciclo ergométrico de cargas escalonadas e contínuas, de 12,5 *watts* por minuto, até a carga de exaustão voluntária.

Foram monitorados simultaneamente o eletrocardiograma (ECG) (SDM 2.000 Dixtal - Dixtal Tecnologia, Brasil) e a FC por meio de dois monitores de marcas distintas (Polar Accurex n° 1900405 - Polar Electro Inc. Finland (A) e CIC Unique (U) - Computer Instruments Corporation, USA).

O eletrocardiograma foi registrado em um canal nas derivações MC5, D2 e V1, conforme FREITAS & VIVACQUA (1986, p. 65).

Num segundo momento, submetemos um indivíduo do sexo masculino e outro do feminino a um teste ciclo-ergométrico escalonado e contínuo até a carga de exaustão voluntária, com incrementos de 25 *watts* a cada dois minutos.

As FCs foram monitoradas simultaneamente por dois avaliadores, por meio de três pulsímetros de modelos distintos (Polar Sport Tester n° 1900315 (S), Polar Accures n° 1900405 (A) e Polar Pacer n° 1900805 (P) - Polar Electro Inc. Finland).

A cinta transmissora de tórax, tanto no primeiro experimento, quanto no segundo, era escolhida por sorteio antes de cada teste.

Análise Estatística

Empregamos a análise de regressão linear e calculamos o coeficiente de correlação (r) e o erro padrão da diferença entre as médias (S_{xy}). O teste t de Student foi empregado para avaliar a significância da correlação e a da diferença entre as médias. A transformação de Fischer foi utilizada para determinar o intervalo de confiança do r . O nível de significância aceito neste estudo foi de 0,01.

Resultados

A correlação entre o ECG e o monitor A teve 79 pares observados e foi de $r = 0,9852$ e com o $S_{xy} = 1,6257$. A correlação entre o ECG e o monitor U, teve 78 pares observados e foi de $r = 0,9850$ com o $S_{xy} = 1,6050$. As diferenças entre as médias obtidas, nos dois casos, não foram significativas.

Cofrontando-se os dados do monitor A com os do U, obtivemos 79 pares observados e o $r = 0,9983$ e $S_{xy} = 0,5467$. E o monitor A com o S, tivemos 30 pares observados com o $r = 0,9992$ e o $S_{xy} = 0,3999$. As diferenças entre as médias de FC, nestes casos também não foram significativas.

Quando comparamos os monitores A e P, obtivemos 30 pares observados com $r = 0,9973$ e $S_{xy} = 0,7183$

A Frequência Cardíaca contada durante a recuperação dá somente uma idéia aproximada da FC atingida durante o exercício. Métodos como a cronometragem dos primeiros 10 ou 30 batimentos reduzem, mas não eliminam, esta imprecisão.

Assim, os monitores que integram os sinais durante o exercício são de grande utilidade.

Neste caso, a diferença entre as médias foi significativa.

Na TABELA 2 pode-se observar os intervalos de confiança calculados pela transformação de Fisher para as correlações aqui encontradas.

Discussão

Apesar de vários fatores interferirem na acurácia da relação carga de trabalho e FC - estresse emocional em cargas leves ou moderadas (ASTRAND & RODAHL 1980, p. 172), exercícios submáximos prolongados com duração superior a 20-30 minutos (FOX & col 1991, p. 181), fatores ambientais como frio, calor ou altitude; alimentação e ingestão de fluidos (JANSSEM 1989, p.p. 35-41) este é o parâmetro fisiológico mais prático para o controle do treinamento.

Muitas formas de prescrição da FC ideal de treino têm sido sugeridas, como a utilização de 60% da reserva da FC (MCARDLE & col 1994, p. 357) ou outros índices, de acordo com as características do indivíduo e de seus objetivos (AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE 1990). Porém, convém lembrar que a FC contada durante a recuperação dá somente uma idéia aproximada da FC atingida durante o exercício, ou seja: $r = 0,77$ e C.V. = 10% (ASTRAND & RODAHL 1980, p. 317). Métodos como a cronometragem dos primeiros 10 (JANSSEM 1989, p. 27) ou 30 batimentos (ASTRAND & RODAHL 1980, p. 329) reduzem, mas não eliminam, esta imprecisão. Assim, os monitores que integram os sinais du-

TABELA -2

Variáveis	r	Intervalo de Confiança
ECG vs A	0,9852	P (0,073 p 0,992) = 0,999
ECG vs U	0,9850	P (0,973 p 0,992) = 0,999
A vs U	0,9983	P (0,998 p 0,999) = 0,999
A vs P	0,9973	P (0,993 p 0,999) = 0,999
A vs S	0,9992	P (0,998 p 0,999) = 0,999

Sendo: r = coeficiente de correlação produto momento de Pearson, ECG = eletrocardiograma, A = monitor Polar Accurex, U = monitor de FC CIC Unique, P = monitor de FC Polar Pacer e S = monitor de FC Polar Sport Tester.

rante o exercício são de grande utilidade.

Estes monitores, com transmissores de tórax, apresentam valores próximos aos obtidos pelo ECG, segundo LÉGER & THIVIERGE (1988). Conforme estes autores o monitor equivalente ao *Sport Tester* tem a correlação de $r = 0,95$ no teste ciclo ergométrico, com o ECG. Estes autores observaram um S_{xy} mais alto para este monitor (4,7 bpm). Isto provavelmente porque não empregaram a fórmula de erro padrão para pares correlatos. Apesar disso, estes autores recomendam este equipamento como a melhor escolha dentre o grande número de aparelhos por eles estudado.

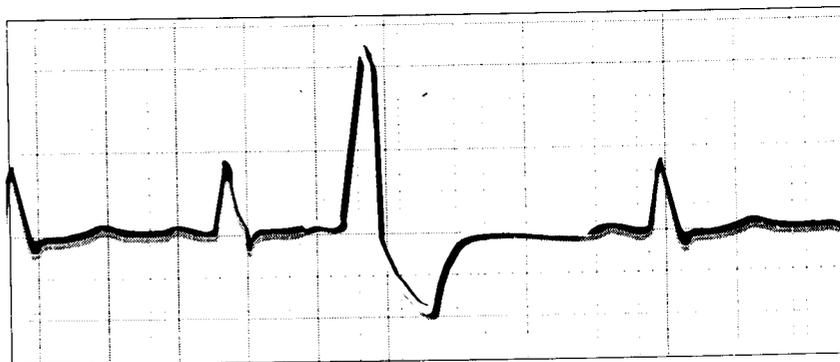
A diferença significativa entre as médias de FC, determinadas pelo modelo Pacer e pelo modelo Accurex, provavelmente ocorreu pela diferença na qualidade da vedação dos receptores. Os Pacers antigos permitiam a

entrada de água ou suor, o que fazia com que o sinal fosse temporariamente perdido. Porém, hoje, com o novo modelo, esta limitação foi contornada. Quando recalculamos a significância desta diferença para o nível de 0,05, esta deixava de ser significativa.

Conclusões e Recomendações

Com exceção do modelo Pacer (1900805), que apresentam de 1 a 3 batimentos de discrepância, não há diferença na qualidade entre as marcas e modelos de monitores de FC. São todos os aparelhos precisos e podem ser empregados no controle do treinamento e em trabalhos de pesquisa.

Recomendamos como tópicos para futuros trabalhos o estudo da precisão destes aparelhos em outras formas de exercício, especialmente na natação.



Referências Bibliográficas

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE (1990). *The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscle fitness by healthy adults*. Med. Sci. Sports. Ex. 22, 265-7.

ASTRAND, P. O. & RADAHL, K. (1980) *Tratado de fisiologia do exercício*. 2ª ed. Rio de Janeiro, Interamericana.

FLECK, S. J.; LUCIA, A.; STORMS, W. W.; WALLACH, J. M.; VINT, P. F. & ZIMMERMAN, S. D. *Effects of Acute Inhalation of Albuterol on Submaximal and Maximal VO₂ and Blood Lactate*. Int. J. Sports Med. 14 (5): 239-43

FLEGNER, A. J. (1992) *Lactate vs Running Velocity Curves of the Brazilian National Soccer Team for the World Cup-90*. In: Int. Round-Table conf. on Sports Physiol., Budapest - God, Hungary, May 11-13. p.p. 51-60.

FOSTER, C.; COHEN, J.; DONAVAM, K.; GASTRAU, P.; LILLIAN, P. J.; SCHRAGER, M. & SNYDER, A. C. (1993) *Fixed Time vs Fixed Distance Protocols the Blood Lactate Profile in Athletes*. Int. J. Sports Med. 14 (5): 264-8.

FOX, E. L.; BOWERS, R. W. & FOSS, M. L. (1991) *Bases Fisiológicas da Educação Física e dos Desportos*. 4ª ed. Rio de Janeiro-Koogan.

FREITAS, R. H. & VIVACQUA, R. (1986) *Metodologia do Teste Ergométrico*. In: Araujo, W. B. *Ergometria & Cardiologia Desportiva*. Rio de Janeiro, Medsi.

GILMAN, M. B. & WELLS, C. L. (1993) *The Use of Heart Rates to Monitor Exercise Intensity in Relation to Metabolic Variables*, Int. J. Sports Med. 14(6): 339:44

GUYTON, A. C. (1971) *Tratado de Fisiologia Médica*, 5ª ed. Rio de Janeiro, Interamericana.

HENEINE, I. F. (1987) *Biofísica Básica*, Rio de Janeiro, Livraria Atheneu.

JANSSEN, P. G. J. (1989) *Training Lactate Pulse Rate*. Oulu, Finland, Polar Electro Inc.

LÉGER, L. & THIVIERGE M. (1988) *Heart Rate Monitors: Validity, Stability and Functionality*. The Physician and Sports Med. 16(5): 143-51.

MCARDLE, W.; KATCH, V. L. (1994) *Essential of Exercise Physiology*. Philadelphia, Lea & Febiger, USA.

POMPEU, F. A. M. S. (1994) *Proposta de Protocolo Ergométrico para Determinação da Curva de Acúmulo do Lactato Sanguíneo em*

Pista de Atletismo. (Dissertação de Mestrado). Rio de Janeiro, Escola de Educação Física e Desportos, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

URHAUSEN, A.; COEN, B.; WEILER, B. & KINDERMANN, W. (1993) *Individual Anaerobic Threshold and Maximum Lactate Steady State*. Int. J. Sport Med. 14(3): 134-9.

VANDER, A. J.; SHERMAN, J. H. & LUCIANO, D. S. (1981) *Fisiologia Humana*. São Paulo, McGraw-Hill.

.....
Fernando A. M. S. Pompeu, autor do projeto, é da Faculdade de Educação Física - Universidade Estácio de Sá, Rio de Janeiro.

Attila J. Flegner, orientador, é da Escola de Educação Física e Desportos da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ.

Jorge Santos, da Escola de Educação Física do Exército no Rio de Janeiro e **Marcelo N. dos Santos**, da Confederação Brasileira de Remo, colaboraram com o projeto.