



ISSN: 1984-7688

COMPARAÇÃO ENTRE A FREQUÊNCIA CARDÍACA MÁXIMA MEDIDA EM TESTE DE ESFORÇO COM A FREQUÊNCIA CARDÍACA MÁXIMA PREDITA POR EQUAÇÕES EM JOGADORES DE FUTEBOL

COMPARISON BETWEEN THE MAXIMAL HEART RATE IN EXERCISE TEST WITH MAXIMAL HEART RATE PREDICTED BY THE EQUATIONS IN SOCCER PLAYERS

Paulo Eduardo Júnior; Cristiano Lino Monteiro de Barros*

Centro Universitário de Patos de Minas - UNIPAM, Patos de Minas, MG, Brasil

* cristianolino@yahoo.com.br

Recebido em: 05/03/2011 - Aprovado em: 06/04/2011- Disponibilizado em: 13/07/2011

RESUMO: Dentre os diversos parâmetros para a estimativa da demanda fisiológica do esforço, a frequência cardíaca (FC) é aquela que apresenta maior praticidade e aplicabilidade no treinamento esportivo. As diretrizes para a elaboração do treinamento baseiam-se em percentual da FC máxima ($FC_{máx}$), uma vez que a FC tem uma relação linear com o consumo de oxigênio em exercícios com predominância aeróbia. No entanto, não há consenso na literatura sobre a forma mais fidedigna se determinar a $FC_{máx}$. Portanto, o objetivo deste estudo foi comparar a $FC_{máx}$ medida em teste de esforço máximo de 1000 metros ($FC_{máx}T1000$) com a $FC_{máx}$ estimada por duas equações distintas; 1) $FC_{máx} = 220 - idade$; 2) $FC_{máx} = 210 - (0,65 \times idade)$. Participaram do estudo 23 jogadores na categoria sub-20 (19,2±0,7 anos; 68,4±3,5 kg; 1,75±0,30m; 47,12±6,23ml.kg⁻¹.min⁻¹). Para a comparação dos resultados foi utilizada uma ANOVA one way e o nível de significância adotado foi de 5% (p<0,05). Os resultados mostraram que a $FC_{máx}$ estimada através da equação 1 (203 ± 1 bpm) foi maior (p<0,05) do que a $FC_{máx}T1000$ (190 ± 11) e que a $FC_{máx}$ estimada pela equação 2 (191 ± 0). Os resultados permitem concluir que a $FC_{máx}$ estimada pela equação 2 parece ser mais confiável e que devido à grande variabilidade encontrada na $FC_{máx}T1000$, sugere-se a avaliação individual da $FC_{máx}$.

PALAVRAS-CHAVE: Frequência cardíaca; Teste de esforço; Equação de predição.

ABSTRACT: Among several parameters for estimating the physiological demands of stress, heart rate (HR) is one that presents greater practicality and applicability in sports. The guidelines for the preparation of training are based on percentage of maximum HR (HR_{max}), since the HR has a linear relationship with oxygen consumption in exercises with aerobic predominance. However, there is no consensus about the most reliable way to determine the HR_{max} . Therefore, the aim of this study was to compare the HR_{max} in 1000 meters test ($HR_{max}T1000$) with HR_{max} estimated by two different equations: 1) $HR_{max} = 220 - age$, 2) $HR_{max} = 210 - (0.65 \cdot age)$. Twenty three soccer players participated in the study (19.2 ± 0.7 years, 68.4 ± 3.5 kg, 1.75 ± 0.30 m, 47.12 ± 6.23 ml.kg⁻¹.min⁻¹). To compare the results was used a one-way ANOVA and the level of significance was 5% (p < 0.05). The results showed that HR_{max} estimated using equation 1 (203 ± 1 bpm) was higher (p < 0.05) than $HR_{max} T1000$ (190 ± 11 bpm) and HR_{max} estimated by equation 2 (191 ± 0 bpm). The results suggest that the HR_{max} estimated by equation 2 seems to be more reliable, and that due to the large variability found in $HR_{max} T1000$, it is suggested to evaluate individual HR_{max} .

KEYWORDS: Heart rate, Exercise test, Prediction equation.

INTRODUÇÃO

A demanda fisiológica à qual um indivíduo está submetido durante uma atividade esportiva tem sido relatada a partir de diferentes variáveis, tais como a

distância total percorrida (SHEPHARD, 1992), a velocidade média de corrida (BANGSBO, 1994), temperatura corporal (EKBLUM, 1986), medidas diretas do consumo de oxigênio (VO₂) (OGUSHI *et al.*, 1993), concentração de lactato sanguíneo (EKBLUM,

1986) e frequência cardíaca (FC) (DRUST *et al.*, 2002).

Dentre todas as possíveis variáveis utilizadas para a determinação da intensidade de esforço, a FC apresenta-se como a mais aplicável e prática para a determinação da produção de energia aeróbica (TREIBER *et al.*, 1989) em atividades com predominância da via energética oxidativa. Isto se deve à existência de uma relação linear entre a FC e o VO_2 (ESTON *et al.*, 1998), mesmo em exercícios intermitentes como o futebol (BANGSBO, 1994).

No entanto, devido ao aumento da FC de repouso e à diminuição da frequência cardíaca máxima ($FC_{m\acute{a}x}$) com o aumento da idade, sugere-se que a intensidade de esforço seja expressa em percentual da frequência cardíaca máxima ($\%FC_{m\acute{a}x}$), afim de se evitarem erros no monitoramento e prescrição da atividade física (KARVONEN; VUORIMAA, 1988). Desta forma, admitindo-se que um determinado $\%FC_{m\acute{a}x}$ corresponda a um determinado percentual do consumo máximo de oxigênio ($\%VO_{2m\acute{a}x}$) (LONDEREE *et al.* 1995), a $FC_{m\acute{a}x}$ pode ser utilizada como um parâmetro de referência no cálculo da intensidade de esforço a ser realizada (MILLER *et al.*, 1993; MOON; BUTTE, 1996; ASTRAND; RYHMING, 1954) para um dado indivíduo

Assim, podemos utilizar uma variação de FC calculada enquanto um valor $\%FC_{m\acute{a}x}$ para o controle da intensidade de uma dada atividade física, bem como, para a prescrição individualizada do treinamento físico (ENGELS *et al.*, 1998; LONDEREE *et al.*, 1995, TANAKA *et al.*, 2001, WHALEY *et al.*, 1992). Além disso, o $\%FC_{m\acute{a}x}$ pode oferecer uma informação indireta do dispêndio de energia para a realização desta atividade (FERNAHALL *et al.*, 2001; MILLER *et al.*, 1993; MOON; BUTTE, 1996), o que pode ser também considerado como um referencial da intensidade do esforço realizado (JEUKENDRUP;

VAN DIEMEN, 1998; AINSWORTH *et al.*, 2000; AINSWORTH *et al.* 1993).

A $FC_{m\acute{a}x}$ é definida como a maior FC alcançada em um teste de avaliação do consumo máximo de oxigênio ($VO_{2m\acute{a}x}$) (ASTRAND *et al.*, 1973; ENGELS *et al.*, 1998; HAWKINS *et al.*, 2001; MILLER *et al.*, 1993; TANAKA *et al.*, 2001). Este teste pode exigir apenas um único esforço super-máximo contínuo com duração de três a cinco minutos ou a realização de esforços de intensidade progressiva até a fadiga (McARDLE *et al.*, 2003).

No entanto, Boudet *et al.* (2002) argumentam sobre a não existência de consenso sobre a definição da $FC_{m\acute{a}x}$, além de apontarem a falta de um protocolo fidedigno para mensuração da mesma (BOUDET *et al.*, 2002; ROBERGS; LANDWEHR, 2002). Além disto, mesmo existindo parâmetros fisiológicos que caracterizam o alcance de um esforço máximo e conseqüentemente da $FC_{m\acute{a}x}$, a equação 220-idade tem sido utilizada para o cálculo da mesma, como pode-se observar no estudo de Pober *et al.* (2004).

Portanto, o objetivo do presente estudo foi comparar a $FC_{m\acute{a}x}$ obtida em teste de esforço máximo com a $FC_{m\acute{a}x}$ predita por duas equações.

MÉTODOS

O projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética local. Antes da coleta de dados, todos os indivíduos responderam negativamente ao questionário PAR-Q e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido, conforme a resolução do Conselho Nacional de Saúde (196/96).

A amostra foi composta por 23 jogadores da categoria sub-20 (19,2±0,7 anos; 68,4±3,5 kg; 1,75±0,30m; 47,12±6,23ml.kg⁻¹.min⁻¹), vinculados a uma equipe que disputa a 2ª divisão do Campeonato Mineiro de Futebol. Os jogadores treinam em média 12 horas por semana.

Todos os testes foram realizados no período da tarde, entre 16 e 17h, sendo que nos dias de avaliação a temperatura seca estava $26,4 \pm 0,8^\circ\text{C}$. Os atletas realizaram exercícios preparatórios que estavam habituados a fazer antes de uma sessão de treinamento normal, que incluía alongamentos e corridas leve. Os testes foram realizados em um percurso oval de 250 metros criado dentro do campo de treinamento e número de atletas que foram avaliados simultaneamente foi limitado em dois.

A $FC_{\text{máx}}$ foi determinada da seguinte forma:

- 1) medida em teste de esforço em corrida com velocidade subjetiva máxima, o qual foi realizado em terreno gramado plano em uma distância de 1000 metros (McARDLE, 2003). A $FC_{\text{máx}}$ foi considerada a maior FC encontrada durante a realização do teste.
- 2) estimada através da equação $220 - \text{idade}$ (KARVONEN, 1957)

3) estimada através da equação $210 - (0,65 \times \text{idade})$ (SHEFFIELD *et al.*, 1965)

A FC foi monitorada durante todo o teste através de um cardiofrequencímetro (Polar Electro Oy[®], Vantage, Finland).

Para a comparação dos resultados foi utilizada uma ANOVA *one way* com medidas repetidas seguida de um teste de *post hoc* quando apropriado. A correlação entre as $FC_{\text{máx}}$ foi calculada através do teste de Pearson. O nível de significância adotado foi de 5% ($p < 0,05$).

RESULTADOS

Os resultados mostraram que a $FC_{\text{máx}}$ predita pela equação $220 - \text{idade}$ (KARVONEN, 1957) foi maior ($p < 0,05$) do que a $FC_{\text{máx}}$ obtida no teste de 1000 metros e também do que a $FC_{\text{máx}}$ predita pela equação $210 - (0,65 \times \text{idade})$ Sheffield *et al.* (1965) (Tabela 1).

Tabela 1 – $FC_{\text{máx}}$ obtida em formas diferentes. Valores apresentados como média e desvio padrão.

	Teste de 1000m McArdle <i>et al.</i> (2003)	220 – idade Karvonen (1957)	210 – (0,65 x idade) Sheffield <i>et al.</i> (1965)
$FC_{\text{máx}}$ (bpm)	190 ± 11	203 ± 1*	191 ± 0

* Diferença significativa ($p < 0,05$) em relação à FC no teste de 1000m e à proposta por Sheffield *et al.* (1965).

Não foi encontrada correlação significativa entre a $FC_{\text{máx}}$ medida em Teste de 1000 metros e as $FC_{\text{máx}}$ preditas pelas equações propostas por Karvonen (1957) ($r=0,15$) e Sheffield *et al.* (1965) ($r=0,19$).

DISCUSSÃO

O principal achado do presente estudo foi que a $FC_{\text{máx}}$ estimada pela equação $220 - \text{idade}$ (KARVONEN, 1957), a qual é amplamente utilizada no meio esportivo, foi maior ($p < 0,05$) do que a $FC_{\text{máx}}$ medida em teste de esforço subjetivo máximo de 1000 metros bem como maior do que a $FC_{\text{máx}}$ proposta por Sheffield *et al.* (1965).

A equação $220 - \text{idade}$ tem sido frequentemente utilizada para a estimativa da $FC_{\text{máx}}$ devido à sua

simplicidade e praticidade para a prescrição de atividades físicas (BOUDET *et al.*, 2002; ENGELS *et al.*, 1998, FERNAHALL *et al.*, 2001; MILLER *et al.*, 1993; RICARD *et al.*, 1990; ROBERGS; LANDWEHR, 2002; TANAKA *et al.*, 2001; WHALEY *et al.*, 1992). Porém, a validade desta equação é bastante questionada por vários autores, os quais sugerem que existe um erro de cerca de ± 10 a ± 12 bpm quando a mesma é utilizada para estimativa da $FC_{\text{máx}}$ (ACSM, 2003; BOUDET *et al.*, 2002; HOWLEY *et al.*, 1995; JOHNSON *et al.*, 1991; ROBERGS; LANDWEHR, 2002; WHALEY *et al.*, 1992). Recentemente, estudos com jogadoras de futsal (CONDESSA *et al.*, 2006) e jogadores de futebol (CONDESSA *et al.*, 2007), mostraram que a $FC_{\text{máx}}$ estimada a partir da $220 - \text{idade}$

apresentou um erro que varia em ± 11 bpm para o primeiro grupo (atletas com idade de $22,3 \pm 2,4$ anos) e $\pm 13,9$ para o segundo (jogadores profissionais; $25,2 \pm 4,3$ anos). Estes resultados são semelhantes aos encontrados no presente estudo. Além disso, parece não existir referências científicas que subsidiem a utilização desta equação para se estimar a $FC_{m\acute{a}x}$ individual (ROBERGS; LANDWEHR, 2002; MILLER *et al.*, 1993; RICARD *et al.*, 1990).

Levando em consideração a variação inter-individual da $FC_{m\acute{a}x}$, em função dos fatores apresentados, tem sido sugerida a utilização de testes de esforço máximo para a determinação da mesma ao invés de sua estimativa (ACSM, 2003; BOUDET *et al.*, 2002; TANAKA *et al.*, 2001; ZAVORSKY, 2000). Isto diminuiria a possibilidade de erro na determinação das zonas de treinamentos físico baseadas em percentuais da $FC_{m\acute{a}x}$ (ACSM, 2003).

A utilização da medida da FC considerada enquanto $\%FC_{m\acute{a}x}$ não possui a mesma confiabilidade quando a $FC_{m\acute{a}x}$ é estimada a partir da idade do indivíduo e não

medida durante testes de esforço máximo (HOWLEY *et al.*, 1995; PARSON *et al.*, 2005; RICARD *et al.*, 1990). Isto devido a alta variabilidade da $FC_{m\acute{a}x}$ mesmo para pessoas de mesma idade (CONDESSA *et al.*, 2007, *no prelo*; HOWLEY *et al.*, 1995; PARSON *et al.*, 2005; RICARD *et al.*, 1990; ROBERGS; LANDWEHR, 2002; WHALEY *et al.*, 1992).

Os estudos apresentados anteriormente apontam para a possibilidade de superestimativa da intensidade relativa esforço de uma determinada modalidade esportiva quando a $FC_{m\acute{a}x}$ é obtida por equações e não em testes. O mesmo resultado foi encontrado no presente estudo.

CONCLUSÕES

Devido a alta variabilidade individual da $FC_{m\acute{a}x}$, mesmo para atletas de mesma idade, seria preferível medi-la em teste ou competição ao invés de estimá-la por equações. Além disso, a equação proposta por Sheffield *et al.* (1965) se mostrou mais confiável do que a proposta por Karvonen (1957).

REFERÊNCIAS

ACSM - American College of Sports Medicine. Diretrizes do ACSM para os testes de esforço e sua prescrição. 6a edição; Guanabara Koogan, 2003.

AINSWORTH, B. E.; HASKELL, W. L.; LEON, A. S.; JACOBS, J. R. D. R.; MONTOYE, H. J.; SALLIS, J. F.; PAFFENBARGER, J. R. R. S. Compendium of physical activities: classification of energy costs of human physical activities. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 25, n. 1, p. 71-80, 1993.

AINSWORTH, B. E.; HASKELL, W. L.; WHITT, M. C.; IRWIN, M. L.; SWARTZ, A. M.; STRATH, S. J.; O'BRIEN, W. L.; BASSET, J. R. D. R.; SCHMITZ, K. H.; EMPLAINCOURT, P. O.; JACOBS, J. R. D. R.; LEON, A. S. Compendium of physical activities: An update of activity codes and MET intensities. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 32, n. 9, Supplement, p. S498-S516, 2000.

ASTRAND, I.; ASTRAND, P. O.; HALLBACK, I.; KILDBOM, A. Reduction in maximal oxygen uptake with age. *Journal of Applied Physiology*, v. 33, n. 5, p. 649-654, 1973.

ASTRAND, P. O.; RYHMING. A nomogram for calculation of aerobic capacity (physical fitness) from pulse rate during submaximal work. *Journal of Applied Physiology*, v. 7, p. 218, 1954.

BANGSBO, J. The physiology of soccer, with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiologica Scandinavica*, v. 151, supplementum 619, 1994.

BOUDET, G.; Garet, M.; Bedu, M.; Albuissou, E.; Chamoux, A. Median maximal heart rate for calibration in different conditions: Laboratory, Field and Competition. *International Journal Sports Medicine*, v. 23, n. 4, p. 290-7, 2002.

CONDESSA, L.; MORTIMER, L. C. F.; COELHO, D. B.; SILAMI-GARCIA, E. Comparison of maximal heart rate obtained in three different situations. *The FIEP Bulletin*, v. 76, p. 67-70, 2006.

CONDESSA, L.; MORTIMER, L. C. F.; RODRIGUES, V. M.; COELHO, D. B.; SOARES, D. D.; SILAMI-GARCIA, E. Competition, Estimated, and Test

- Maximum Heart Rate. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, v.47, n.4, p.418-421, 2007.
- DRUST, B.; REILLY, T.; CABLE, N. T. Metabolic and physiological responses to a laboratory-based soccer-specific intermittent protocol on a non-motorised treadmill. In: *FOURTH WORLD CONGRESS OF SCIENCE AND FOOTBALL*, 4, 1999, Sydney. London: E & FN Spon, 2002. p. 217-225.
- ENGELS, H. J.; ZHU, W.; MOFFATT, R. J. An empirical evaluation of the prediction of maximal heart-rate. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, v. 69, n.1, p. 94-98, 1998.
- ESTON, R. G.; ROWLANDS, A. V.; INGLEDEW, D. K.; Validity of heart rate, pedometry, and accelerometry for predicting the energy cost of children's activities. *Journal of Applied Physiology*, v. 84, n. 1, p. 362-371, 1998.
- EKBLOM, B. *Applied Physiology of Soccer*. Sports. Medicine. v. 3, p. 50 – 60, 1986.
- FERNAHALL, B.; MCCUBBIN, J. A.; PITETTI, K. H.; RINTALA, P.; RIMER, J. H.; MILLAR, A. L.; DE SILVA, A. Prediction of maximal heart rate in individuals with mental retardation. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 33, n. 10, p. 1655-1660, 2001.
- HOWLEY, E. T.; BASSET. D. R.; WELCH, H. G. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 27, n. 9, p. 1292-1301, 1995.
- JEUKENDRUP, A., VAN DIEMEN, A. Heart rate monitoring during training and competition in cyclists. *Journal of Sports Sciences*, v. 16, p. 91-99, 1998.
- JOHNSON, J. H.; PRINS, A. Prediction of maximal heart rate during a submaximal work test. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, v. 31, n. 1, p. 44-47, 1991.
- KARVONEN, M. J.; KENTALA, E.; MUSTALA. The effects of training on heart rate a longitudinal study. *Annales Medicinæ Experimentalis Et Biologiae Fenniae*, v. 35, p. 307-315, 1957.
- KARVONEN, J.; VUORIMAA, T. Heart rate and exercise intensity during sports activities; practical application. *Sports. Medicine.*, v. 5, p. 303-312, 1988.
- LONDEREE, B. R.; MOESCHBERGER, M. L. Effect of age and other factors on maximal heart rate. *Research Quarterly for Exercise and Sport.*, v. 53, p. 297-304, 1982.
- LONDEREE, B. R.; Thomas, R. T.; Ziogas, G.; Smith, T. D.; Zioas, G. %VO₂max versus %HR_{max} regression for six modes of exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 27, n. 3, p. 458-461, 1995.
- MCARDLE, W. W.; KATCH, R. I.; KATCH, V. L. *Fisiologia do Exercício: Energia, Nutrição e Desempenho Humano*. 5ª. ed: Editora Guanabara Koogan, 2003.
- MILLER, W. C.; WALLACE, J. P.; EGGERT, K. E. Predicting max hr and HR-VO₂ relationship for exercise prescription in obesity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 25, n. 9, p. 1077-1081, 1993.
- MOON, J. K.; BUTTE, N. F. Combined heart rate and activity improve estimates of oxygen consumption and carbon dioxide production rates. *Journal of Applied Physiology*, v. 81, n. 4, p. 1754-1761, 1996.
- OGUSHI, T.; OHASHI. J.; NAGAHAMA. H.; ISOKAWA, S.; SUZUKI, S. Work intensity during soccer match-play (a case study). In: *SECOND WORLD CONGRESS OF SCIENCE AND FOOTBALL*, 2, 1991, Eindhoven. Proceedings. London: E & FN Spon, 1993. p. 121 –123.
- PALMER, G.; HAWLEY, J. A.; DENNIS, S.; NOAKES, T. D. Heart rate response during a 4 day cycle race. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 26, p. 1278-1283, 1994.
- PARSON, L.; MCLESTER, J. R.; GREEN, M.; FALLS, D. Contribution of 220-age maximal HR estimation to YMCA prediction of VO₂peak. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.37, n.5, supplement, S97-S98 (Abstract 516), 2005.
- POBER, D. M.; BRAUN, B.; FREEDSON, P. S. Effects of a single bout of exercise on resting heart rate variability. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 36, n. 7, p. 1140-1148, 2004.
- RICARD, R. M.; LEGER, L.; MASSICOTTE, D. Validity of the “220-age formula” to predict maximal heart rate. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 22, n. 2, 1990. Supplementum S96 (abstract 575).
- ROBERGS, R. A.; LANDWEHR. The surprising history of the “HR_{max} = 220-age” equation. *Journal of Exercise Physiologyonline*, v. 5. n. 2, p. 1-10, 2002.
- SHEPHARD, R. J. The energy needs of the soccer player. *Clinical Journal of Sport Medicine.*, v. 2, n. 1, p. 62-70, 1992.
- TANAKA, H.; MONAHAN, K. D.; SEALS, D. R. Age-Predicted Maximal Heart Rate Revisited. *Journal of American College of Cardiology*. v. 37, n. 1, p. 153-156, 2001.
- TAYLOR, H. L.; BUSKIRK, E.; HENSCHER, A. Maximal oxygen intake as an objective measure of cardio-respiratory performance. *Journal of Applied Physiology.*, v. 8, p. 73, 1955.
- TREIBER, F. A.; MUSANTE, L.; HARTDAGAN, S.; DAVIS, H.; LEVY, M.; STRONG, W. B. Validation of a heart rate monitor with children in laboratory and field settings. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 21, n. 3, p. 338-342, 1989.

WHALEY, M. H.; KAMINSKY, L. A.; DWYER, G. B.; GETCHELL, L. H.; NORTON, J. A. Predictors of over- and underachievement of age-predicted maximal heart rate. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 24, n. 10, p. 1173-1179, 1992.

ZAVORSKY, G. S. Evidence and Possible Mechanisms of Altered Maximum Heart Rate With Endurance Training and Tapering. *Sports. Medicine.*, v. 29, n. 1, p. 13-26, 2000.