

## IDENTIFICAÇÃO DO PONTO DE DEFLEXÃO DA FREQUENCIA CARDÍACA UTILIZANDO $MT_{est}$

### IDENTIFICATION OF THE HEART RATE DEFLECTION POINT USING $MT_{est}$

Ricardo Fontes Macêdo; Robelius De Bortoli<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Sergipe – UFS – São Cristóvão/SE – Brasil  
[ricardomacedo13@hotmail.com](mailto:ricardomacedo13@hotmail.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Sergipe – UFS – São Cristóvão/SE – Brasil  
[robelius@yahoo.com.br](mailto:robelius@yahoo.com.br)

#### Resumo

*Os testes de campo são mais específicos, de custo baixo e necessitam de menor tempo para sua realização em relação ao testes de laboratório. O futsal carece de um teste físico que se aproxime da realidade do jogo. Com isso o objetivo deste estudo é validar um teste físico intermitente não invasivo para atletas de futsal ( $MT_{est}$ ) correlacionando o ponto de deflexão da frequência cardíaca com o limiar anaeróbico mensurado no teste ergoespirométrico. Participaram deste estudo 12 atletas de futsal de  $23,5 \pm 6,61$  anos, estatura de  $170 \pm 4,79$ cm e peso de  $65,5 \pm 8,35$ kg. Os sujeitos realizaram tanto o  $MT_{est}$  quanto o teste ergoespirométrico. No  $MT_{est}$  o ponto de deflexão da frequência cardíaca (PDFC) foi identificado através de uma função polinomial de 3º ordem e uma derivação linear. No teste ergoespirométrico foi identificado o limiar ventilatório pela razão de troca respiratória ( $VCO_2/VO_2$ ). A análise estatística foi a correlação de Pearson e o teste T-student ( $p < 0,05$ ). O PDFC ( $159 \pm 14,54$ ), encontrado no  $MT_{est}$  apresentou correlação e nenhuma diferença significativa com a frequência cardíaca do limiar anaeróbico avaliado no teste ergoespirométrico,  $170 \pm 11,41$  ( $r = 0,72$ ). O  $MT_{est}$  demonstrou sua aplicabilidade para estimar o limiar anaeróbico, com isso os preparadores físicos poderão realizar uma prescrição do treinamento com mais qualidade e especificidade.*

**Palavras Chave:** Capacidade Aeróbica; Futsal; Esportes Intermitentes

#### Abstract

Field tests are more specific, low-cost and require less time for their achievement in relation to laboratory tests. Futsal lacks a physical test that approximates the reality of the game. Thus the objective of this study is to validate a physical test for intermittent noninvasive futsal athletes ( $MT_{est}$ ) correlating the heart rate deflection point measured with the anaerobic threshold in cardiopulmonary exercise test. The study included 12 indoor soccer athletes of  $23.5 \pm 6.61$  years, height  $170 \pm 4.79$  cm and weight  $65.5 \pm 8.35$  kg. The subjects performed both  $MT_{est}$  as cardiopulmonary exercise test. In  $MT_{est}$  the heart rate deflection point (HRDP) was identified by a polynomial function of third order and a linear derivation. Cardiopulmonary exercise test in the

ventilatory threshold was identified by the respiratory exchange ratio ( $VCO_2/VO_2$ ). Statistical analysis used Pearson's correlation and Student's t test ( $p < 0.05$ ). The HRDP ( $159 \pm 14.54$ ), found in MTest correlated and no significant differences in heart rate anaerobic threshold in cardiopulmonary exercise test evaluated,  $170 \pm 11.41$  ( $r = 0.72$ ). The MTest demonstrated its applicability to estimate the anaerobic threshold and the coaches may perform a physical training prescription with more quality and specificity.

**Key-words:** Aerobic Capacity, Futsal, Intermittent Sports

## 1. Introdução

A avaliação da potência aeróbica de atletas é muito importante para o treinamento esportivo porque viabiliza prescrição do treinamento físico, predição do rendimento, controle da evolução das capacidades físicas e possibilita melhores condições de trabalho para os atletas cumprirem seus objetivos. Os testes estão normalmente associados a laboratórios especializados e a técnicas invasivas de análise de sangue e gases, que resultam em situações estressantes aos atletas e riscos desnecessários.

O esporte intermitente é logado de ações variadas em diferentes intensidades por um longo tempo. Essas ações são saltos, arranques, giros, mudanças de direção, componentes técnicos, caminhada, entre outros. Na maioria dos esportes se utilizam testes de intensidade contínua ou apenas com *sprints*, ou seja, nenhum engloba as vias aeróbicas e anaeróbicas.

As pesquisas que avaliam a condição física de atletas de futsal geralmente utilizam testes ergométricos de rampa em laboratórios, como o feito em 22 atletas da seleção brasileira de futsal. Os autores fizeram uma verificaram os valores de  $VO_{2máx}$  nas diferentes posições (goleiros, fixos, alas e pivôs), nas quais os alas apresentaram resultados melhores que as demais posições (9).

Estudo como o de Da Rosa et al. (6) com 10 praticantes ocasionais de futsal utilizou o futsal *intermittent endurance test* (FIET), de Barbero-Alvarez e Andrín (1), centrado no aumento da velocidade mediante aumento da frequência do sinais sonoros, no qual os autores buscaram encontrar o ponto de deflexão da frequência cardíaca (PDFC) obtida no teste comparando dois métodos de análise, visual e  $Dmáx$ . Os resultados apresentaram correlação positiva nos valores de FC do PDFC. Entretanto, apesar do teste já possuir paradas bruscas e intervalos de descanso ativo, ainda seria interessante buscar outras alternativas mais específicas.

Outro estudo é o de Leal Júnior et al (13), em que eles compararam o  $VO_{2máx}$  de 12 atletas de futsal e 19 atletas de futebol num teste ergométrico progressivo, no qual ele identificou que os

atletas de Futebol e Futsal possuíam valores similares de  $VO_{2máx}$ , porém os limiares anaeróbicos não apresentaram a mesma similaridade. Desta forma, os resultados foram os esperados no qual o futsal apresentou uma exigência do metabolismo anaeróbico maior no futebol. Entretanto, na metodologia não foi determinado o período de tempo que cada atleta passou em cada via energética predominante.

Na mesma linha Castagna e Barbero-Alvarez (3) utilizaram um teste específico para futsal, o FIET, o qual consiste num teste adaptado do *YO-YO recovery test* (12), entretanto o FIET possui tiros de 45 metros com descanso ativo de 10 segundos, e após 8 x 45 tem descanso passivo de 30 segundos. O FIET é controlado por sinais sonoros que aumentam progressivamente sua frequência, aumentando a velocidade de execução até a exaustão do atleta. O teste mostrou correlação nas variáveis de  $VO_{2máx}$ , e na concentração de lactato sanguíneo com o teste de laboratório. Desta forma, os testes de campo específicos para cada modalidade têm obtido valores semelhantes aos de laboratório, por isso, este estudo teve como objetivo correlacionar um protocolo de teste físico intermitente não invasivo para atletas de futsal ( $MT_{est}$ ) através de correlações com o teste ergoespirométrico para identificar a frequência cardíaca (FC) do limiar anaeróbico.

## 2. Metodologia

Este é um estudo transversal, quantitativo e empírico, pois foi realizado a partir de uma coleta de dados localizada em um período de 7 dias entre os dois testes. Os dados foram analisados de forma quantitativa e não houve intervenção do pesquisador nos sujeitos da amostra. Sua estrutura é baseada no estudo feito por Carminatti (2) que propôs um teste específico para os esportes intermitentes de quadra e foi submetido ao CONEP para análise e seus procedimentos aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Sergipe (nº00310107000-10).

A população considerada nesse estudo foi composta por atletas masculinos de futsal, idade adulta, participantes de competições oficiais desse esporte em nível nacional. A amostra foi intencional escolhida entre atletas de futsal do Estado de Sergipe, composta por 12 atletas de futsal adultos masculinos com médias de idade de  $23,5 \pm 6,61$  anos, estatura de  $170 \pm 4,79$  cm e peso de  $65,5 \pm 8,35$  kg.

Os critérios de inclusão no estudo foram a faixa etária entre 18 e 30 anos; carga de treinamento de no mínimo 10 horas semanais e assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido pelos avaliados. Os critérios de exclusão foram informar ter ingerido qualquer tipo de

substância que contenha álcool e cafeína até 36 horas anteriores ao teste; ter realizado exercícios vigorosos no dia anterior ao teste ou não realizar um dos testes nos prazos determinados.

## INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS

Para aferição da FC foi utilizado monitor de FC tipo Polar RS800CX PRO TEAM com registro de FC e envio por telemetria para estação de trabalho onde foi registrada e analisada a FC. Para a realização do Macedo *Test* foi utilizada bola de futsal oficial das competições da CBFS com 9 libras de pressão; Relógio Cronômetro HS-30W, do modelo N1V Casio; 4 Cones de sinalização de 60 cm; Corda elástica; Step; Microcomputador portátil DELL com software Microsoft Office Excel.

Os resultados do teste foram comparados com o teste ergoespirométrico para verificação de  $VO_{2máx}$ , frequência cardíaca do limiar anaeróbico e limiar ventilatório. O teste foi realizado em uma esteira ergométrica de marca Inbramed, modelo Master ATL e eletrocardiógrafo digital Micromed, modelo Metalyzer 3B para registro e análise do ECG durante o esforço. Um analisador de gases da Micromed, modelo Metalyzer 3B acoplado a um microcomputador equipado com software Elite produzido pela Micromed.

Os clubes de futsal do Estado de Sergipe foram contatados a fim de solicitar autorização para participação no estudo. Os atletas foram convidados a participar do estudo após receberem todas as informações necessárias. As fichas de dados demográficos foram preenchidas com informações para classificar a posição dos atletas e informações sobre suas experiências desportivas. A seguir, foi realizado o  $MT_{est}$  e sete dias após, os atletas realizaram um teste ergoespirométrico no Laboratório para verificação do  $VO_{2máx}$ , Frequência Cardíaca do Limiar Anaeróbico e Limiar Ventilatório.

O teste ergoespirométrico foi realizado em esteira no protocolo de rampa, para identificação da frequência cardíaca do limiar anaeróbico pela perda de linearidade entre produção de  $VCO_2$  e o consumo  $VO_2$  denominada razão de troca respiratória ( $VCO_2/VO_2$ ), além de apresentar o  $VO_{2máx}$  médio dos atletas avaliados.

Em seguida, foi utilizado o protocolo do teste sugerido para este estudo, que foi baseado em Soares e Tourinho Filho (17), Krustup et al. (12) e Carminatti et al. (2), consistindo em uma seqüência de exercícios com incremento de carga e variações características. O protocolo do Macedo *Test* ( $MT_{est}$ ) consiste em uma seqüência de exercícios com incremento de carga e variação

de suas características. São nove estágios com duração de 60 segundos cada, totalizando nove minutos. São 3 grupos de ações, o primeiro com ações de jogo utilizando a bola adulto de futsal, com peso e dimensões oficiais; a segunda com deslocamentos semelhantes aos realizados em jogo e o terceiro com saltos divididos em três subgrupos, que estão ilustrados no quadro 1.

Quadro 1- Ilustração das fases do Macedo Test ( $MT_{est}$ )

Ação	Exercício
1º Fase: ações técnicas com bola	Passes com pés direito e esquerdo a uma distância de 3m
	Chute na parede a uma distância de 3m
	Chute na parede a uma distância de 5m
2ª Fase: ações de deslocamento simulando ações de jogo	Deslocamentos de frente e de costas a uma distância de 6m
	Deslocamentos laterais a uma distância de 6m
	Deslocamentos em “X” a uma distância de 20m
3ª Fase: ações físicas de saltos	Saltos no “step” de 25cm alternando pés direito e esquerdo
	Saltos laterais sobre uma corda elástica com 30cm
	Saltos sobre uma corda elástica de 70cm e passagem por baixo da mesma
Repouso ativo	Caminhada

Fonte: Autoria Própria (2011)

A identificação do PDFC entendida como FC do limiar anaeróbico foi feita a partir da construção de um gráfico no qual foi colocada a resposta da FC dos intervalos do teste aos 20seg, 1min20seg, 2min20seg, 3min20seg, 4min20seg, 5min20seg, 6min20seg, 7min20seg, 8min20seg no eixo “Y” e o tempo das respectivas frequências cardíacas no eixo “X”, a partir do primeiro registro da FC acima de 140 batimentos por minuto. Após isso, utilizando recursos do software Microsoft Office Excel foi aplicado nos pontos a função polinomial de terceiro grau com ajuste linear nos quais eram utilizados os dois extremos da curva que derivam-se com uma reta. Foi considerada a distância máxima entre a reta e a curva polinomial como PDFC (11,2).

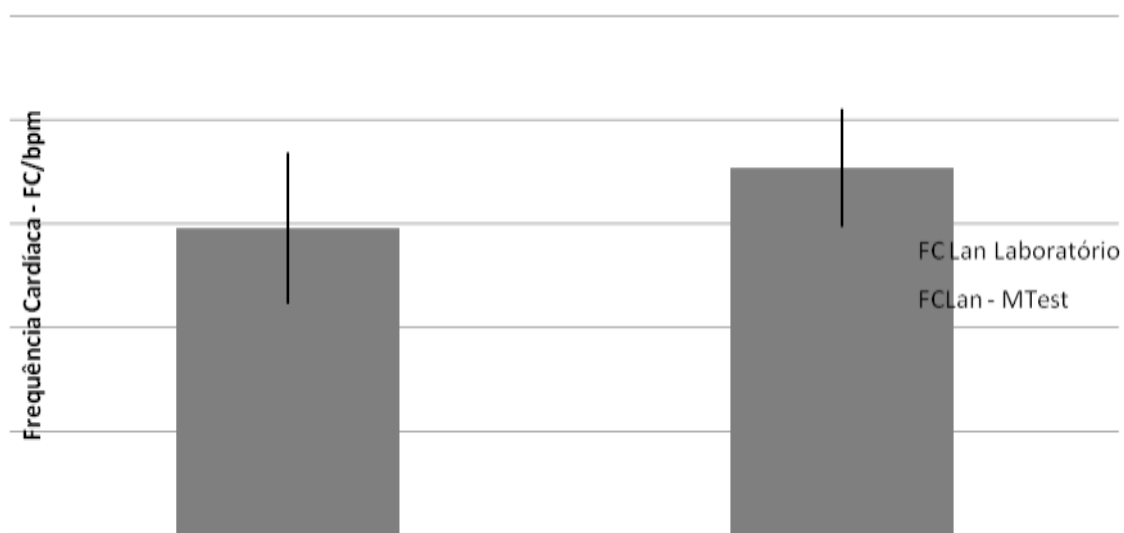
## ANÁLISES DOS DADOS

Para verificar se existe relação entre os resultados dos testes foi realizada análise de correlação de Pearson entre os resultados do  $MT_{est}$  e as variáveis estudadas a fim de identificar se existia relação entre os resultados obtidos. Posteriormente foi realizado o teste *t-Student* para amostras independentes a fim de testar a hipótese de similaridade das amostras. Todos os dados foram analisados numa planilha de Excel for Windows Microsoft.

### 3. Resultados e Discussão

A amostra é caracterizada com médias de idade de  $23,5 \pm 6,61$  anos, estatura de  $170 \pm 4,79$  cm, peso de  $65,5 \pm 8,35$  kg e  $VO_{2\text{máx}}$  de  $57,86 \pm 3,62$  ml/kg.min. Na figura 1 são apresentados os resultados da média e desvio padrão da frequência cardíaca do limiar anaeróbico ( $FC_{\text{Lan}}$ ) nos diferentes métodos de análise. A FC obtida no do  $D_{\text{máx}}$  ( $MT_{\text{est}}$ ) foi  $159 \pm 14,54$  e no teste ergoespirométrico foi de  $170 \pm 11,41$ . Não foram encontradas diferenças significativas na FC obtidos através dos dois métodos ( $p < 0,05$ ).

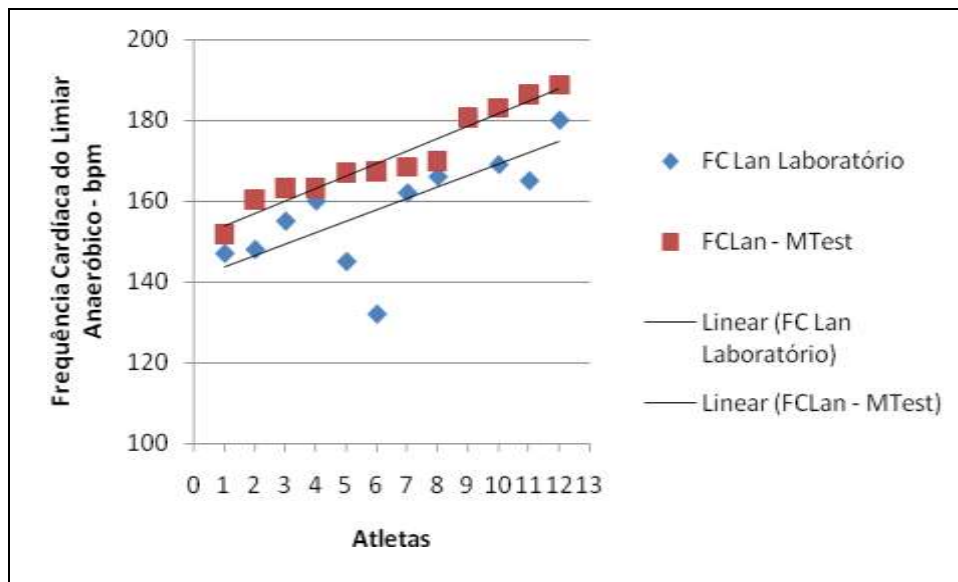
Figura 1– Média e Desvio Padrão da Frequência cardíaca do limiar anaeróbico ( $FC_{\text{Lan}}$ ), segundo o calculado no teste de laboratório e o método Macedo Test ( $MT_{\text{est}}$ ).



Fonte: Autoria Própria (2011)

Os dois testes apresentaram alta correlação ( $r=0,71$ ). Na Figura 2 estão apresentadas a frequência cardíaca do limiar anaeróbico no  $MT_{\text{est}}$  e no teste ergoespirométrico. .

Figura 2 – Frequência Cardíaca do limiar anaeróbico (FCLan) obtida no  $MT_{\text{est}}$  e no teste de laboratório



Fonte: Autoria Própria (2011)

O presente estudo demonstra que a  $FC_{Lan}$  no  $MT_{est}$  apresentou correlação com o limiar anaeróbico mensurado no teste ergoespirométrico. Além disso, não existe diferença significativa entre os dois métodos.

Da mesma forma, Conconi et al (5) determinou o limiar anaeróbico em cicloergômetro, com o método não invasivo de análise visual do PDFC e encontraram boa correlação com o obtido na ergoespirometria. Contudo, a análise visual necessita de três investigadores experientes e treinados para identificar a deflexão da curva.

Devido a essa subjetividade do método, na pesquisa de Lucia et al. (15) não foi encontrado o PDFC em todos os sujeitos avaliados utilizando o método de análise do Conconi *Test*. Em Mikulic et al. (16) avaliando remadores em um ergômetro específico para essa modalidade com um protocolo progressivo de carga, detectaram correlação do PDFC com o limiar ventilatório, entretanto, como foi aplicado método visual, os investigadores não encontraram a deflexão da curva em todos os atletas. Isso pode ter ocorrido pela utilização de protocolos diferentes do proposto por Conconi et al. (5), o qual utiliza o incremento de carga a cada 5 batimentos por minuto (bpm). Assim, este estudo buscou outro método que não fosse subjetivo e que permitisse a identificação do PDFC em qualquer protocolo.

Para isso, o método  $MT_{est}$  é baseado numa fórmula matemática também utilizada por Cheng et al. (4) e Kara et al. (11) para identificação da deflexão da curva e correlacionar com o limiar anaeróbico. O primeiro utilizou o procedimento citado acima como análise da curva de lactato em um teste no cicloergômetro e comparou com a ergoespirometria, nos quais encontrou boa correlação

entre a deflexão da curva de lactato e o limiar anaeróbico. Enquanto na pesquisa de Kara et al. (11), os autores compararam o método de análise visual e o  $D_{máx}$  na curva de frequência cardíaca num teste no cicloergômetro, nos quais não identificaram a deflexão da curva em 9 sujeitos de 32 avaliados pelo método visual, o mesmo não ocorreu no  $D_{máx}$ .

Outra diferença na avaliação do PDFC é a utilização de monitores de frequência cardíaca portáteis, em detrimento do eletrocardiograma. Isso permite a análise da FC em testes específicos de campo, além de ser mais viável e de baixo custo. O MTest demonstrou nesta pesquisa sua aplicabilidade para estimar o limiar anaeróbico de atletas de futsal, mesmo sendo um teste de campo. Quanto à especificidade, ele se aproxima da realidade do jogo, fato esse, que não ocorre no teste de laboratório. Dessa forma, Krustup et al. (12) para validar um teste intermitente em atletas de futebol com o objetivo de estimar o  $VO_{2máx}$ , comparou essa variável fisiológica com o *Shuttle Run-20m* (LEGER e LAMBERT, 1982), além de identificar se o *YO-YO intermitent recovery test* era um teste verdadeiramente máximo, para isso mensurou a concentração de lactato sanguíneo dos atletas.

Mas também, Castagna e Barbero-Alvarez (3) comparam as demandas fisiológicas  $VO_{2máx}$ , concentração de lactato sanguíneo e FC máxima do FIET (Futsal Intermitent Endurance Test) e do teste na esteira. O primeiro é controlado por sinais sonoros que aumentam progressivamente sua frequência, aumentando a velocidade de execução até a exaustão do atleta. O teste mostrou correlação nas variáveis de  $VO_{2máx}$ , e na concentração de lactato sanguíneo com o teste em esteira no laboratório.

Na mesma linha Fabre et al. (8) comparou a identificação do ponto PDFC num teste de campo para esqui *cross-country* com a análise de ergoespirometria no laboratório, logo ele encontrou relação entre os testes de campo e de laboratório para análise da FC do segundo limiar anaeróbico. Quanto a isso, há controvérsias se o PDFC é referente ao limiar anaeróbico ou ao segundo limiar ventilatório, como Galloti e Carminatti (10) que utilizaram o  $D_{máx}$  e o visual para estimar o segundo limiar ventilatório em um teste intermitente com incremento de carga baseado no aumento da frequência de sinais sonoros.

Por outro lado, Çelik et al. (18) identificaram o limiar anaeróbico numa pesquisa para adaptar o protocolo do Conconi *Test* para remadores, no qual identificou a deflexão da curva de FC e da concentração de lactato sanguíneo. Em adendo, Debray e Dey (7) encontraram correlação do PDFC com o limiar anaeróbico num teste progressivo em ergômetro para crianças de 10 a 14 anos.



Visto isso, essas diferenças ocorrem devido à aplicação de diferentes protocolos e grupos avaliados, além da nomenclatura não ser unânime na comunidade científica.

#### 4. Conclusões

O presente estudo confirma a utilidade do  $MT_{est}$ , pois apresentou correlação e nenhuma diferença significativa entre o PDFC encontrado no  $MT_{est}$  com o limiar anaeróbico medido no teste ergoespirométrico. Dessa forma, estes dados sugerem que os preparadores físicos do Futsal podem prescrever a intensidade do treinamento o mais próximo da realidade do jogo utilizando o  $MT_{est}$ .

#### 5. Referências Bibliográficas

BARBERO ALVAREZ J.C, ANDRIN, G. Desarrollo y aplicación de um nuevo *test* de campo para valorar la resistencia específica en jugadores de fútbol sala: TREIF (*test* de resistencia específica intermitente para futsal). **Lecturas em Educación Física y Deportes – Revista Digital**. Disponível em <http://www.efdeportes.com>, acesso em 20/04/2011, n. 89, oct, 2005.

CARMINATTI, L.J.C. et al. Aptidão Aeróbia em Esportes Intermitentes - Evidências de validade de constructo e resultados em *teste* progressivo com pausas. **Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício – Sociedade Brasileira de Medicina do Exercício**. Rio de Janeiro. Sprint. v. 3, n. 1, p. 120-120, mar, 2004.

CASTAGNA C; BARBERO ALVAREZ JC. Physiological demands of na intermittent futsal-oriented high-intensity test. **Journal of Strength and Conditioning Research**. 24: 1-8, 2010.

CHENG, B. et al. A new approach for determination of ventilatory and lactate threshold. **International Journal of Sports Medicine** 7: 518-22, 1992.

CONCONI, F. et al. Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field *test* in runners. **Journal of Applied Physiology**. v. 4, n. 52, p. 869-73, apr, 1982.

DA-ROSA R.F., CARMINATTI L.J.C., GIUSTINA R.D., et al. Ponto de deflexão da frequência cardíaca obtida no *teste* de resistência específica intermitente de futsal (TREIF). **Lecturas em Educación Física y Deportes – Revista Digital**. Disponível em [www.efdeportes.com](http://www.efdeportes.com), acesso em 19/03/2010. v. 13, n. 122, jul., 2008.

DEBRAY, P.; DEY, S.K. A comparison of the point of deflection from linearity of heart rate and the ventilatory threshold in the determination of the anaerobic threshold in indian boys. **Journal of Physiological Anthropology**, v. 26, n. 1, 31-6, 2007.

- FABRE, N. et al. Comparison of heart rate deflection and ventilatory threshold during a field cross-country roller-skiing *test*. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 22, n. 6, p. 1977-84, nov. 2008.
- FERREIRA, A.P. Composição corporal, limiar anaeróbico e consumo de oxigênio de atletas de futsal: Análise descritiva entre as posições. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, Brasília, v. 16, p. 41-9, 2008.
- GALLOTTI, F.M.; CARMINATTI, L.J. Variáveis identificadas em *testes* progressivos intermitentes. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, São Paulo, v.2, n.7, p.01-17. jan-fev. 2008.
- KARA, M. et al. Determination of the heart rate deflexion point by the D<sub>máx</sub> point. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**. v. 36, n. 1, p. 31-4, mar, 1996.
- KRUSTRUP, P. et al. The Yo-Yo IR2 *Test*: Physiological Response, Reliability, and Application to Elite Soccer. **Medicine and Science in sports and Exercise**, v. 38, n. 9, p. 1666-73, set., 2006.
- LEAL JUNIOR, E.C.P. et al. Estudo comparativo do consumo de oxigênio e limiar anaeróbico em um *teste* de esforço progressivo entre atletas profissionais de futebol e futsal. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 12, n. 6, nov-dez, 2006.
- LÉGER, L.A.; LAMBERT, J. A maximal multistage 20-m shuttle run *test* to predict VO<sub>2máx</sub>. **European Journal of Applied Physiology**. v. 49, n. 1, p. 1-12, 1982.
- LUCÍA, A. et al. Heart dimensions may influence the occurrence of the heart rate deflection point in highly trained cyclists. **British Journal of Sports Medicine**, v.33, p. 387-92, 1999.
- MIKULIC P. et al. Strong relationship between heart rate deflection point and ventilatory threshold in trained rowers. **Journal of Strength and Conditioning Research**. 2: 360-6, 2009.
- SOARES, BH.; TOURINHO FILHO, H. Análise da distância e intensidade dos deslocamentos, numa partida de futsal, nas diferentes posições de jogo. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 20, n. 2, p. 93-101, abr-jun, 2006.
- ÇELIK, O. et al. Reliability and validity of the modified Conconi *test* on concept II rowing ergometers. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 19, n. 4, p. 871-77, 2005.