

Article

# Puntos de Transición de la Frecuencia Cardíaca durante un Test de Campo Intermitente Progresivo y Máximo en Jugadores de Fútbol Jóvenes

Antônio José Ferreira-Júnior<sup>1</sup>, Gabriel Guidorizzi Zanetti<sup>2</sup>, Patricia Guimaraes<sup>3</sup>, Letícia A. L. G. Bastos<sup>4</sup>, Sandro Fernandes da Silva<sup>1</sup>, Jorge Roberto Perrout Lima<sup>1</sup> y Feranndo Roberto De-Oliveira<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Department of Physical Education . Federal University of Juiz de Fora, Brazil.

<sup>2</sup>Department of General and Specialized Nursing . University of São Paulo, Ribeirão Preto, Brazil.

<sup>3</sup>Department of Nutrition . Federal University of Alagoas, Maceió, Brazil.

<sup>4</sup>Department of Physical Education. Federal University of Triângulo Mineiro, Uberaba, Brazil.

<sup>5</sup>Department of Physical Education. Federal University of Lavras, Lavras, Brazil.

## RESUMEN

El propósito de este estudio fue identificar el punto de inflexión de la frecuencia cardíaca (HRIP) y el punto de desviación de la frecuencia cardíaca (HRDP) durante un test de campo progresivo, intermitente y de intensidad máxima (TCar) en 29 jugadores del fútbol jóvenes. Para identificar el punto de transición, se calcularon las diferencias en los valores de la frecuencia cardíaca (HR) derivados de ajustes lineales y polinomiales usando todos los puntos de HR. Pudimos identificar el HRIP en sólo tres sujetos ( $76 \pm 1\%$  de HRmax y  $77 \pm 2\%$  de Velocidad Máxima). El HRDP se identificó en todos los sujetos ( $92\% \pm 2\%$  de HRmax y  $84 \pm 4\%$  de Velocidad Máxima). El número reducido de identificaciones de HRIP se debió probablemente los valores elevados de HR en la primera fase del TCar ( $149 \pm 12 \text{ lat}\cdot\text{min}^{-1}$ ). Por lo tanto, usando el protocolo del TCar original, es posible identificar el HRDP. Sin embargo, para estudios que utilicen el HRIP, es necesario utilizar una carga inicial más baja en el test.

**Palabras Clave:** Frecuencia cardíaca, puntos de transición, fútbol

## INTRODUCCIÓN

Dado que la especificidad es tan importante en la valoración deportiva (3,19), se ha producido un aumento en el uso de un test de campo progresivo intermitente (TCar) para evaluar la potencia aeróbica máxima de jugadores del fútbol (2,10,14). Carminatti et al. (5) y Da Silva et al. (9) informaron la validez de un IGT realizado en el campo con períodos cortos de pausa (TCar) para la identificación de velocidad máxima (PV). Los autores también identificaron el umbral anaeróbico a través del punto de deflexión de la frecuencia cardíaca (HRDP) utilizando inspección visual tal como lo describen Conconi y

colegas (7) y por ajuste polinomial de segundo orden de la curva de la frecuencia cardíaca (HR) tal como se recomienda en el método de Dmáx-Kara (13).

Carminatti (6) demostró que el HRDP durante el test TCar, identificado por el método de Dmáx-Kara, es similar al estado estable con lactato máximo (MLSS). Por otro lado, Lima (15) en un test progresivo en bicicleta ergométrica, verificó que sería posible determinar el punto de inflexión de la frecuencia cardíaca (HRIP) por un ajuste sigmoidal de la curva de HR. Este punto se correlaciona con el umbral del lactato. Así, podría asumirse que HR durante un test progresivo presenta dos puntos de transición (TP). Cambri et al. (4), usando un ajuste polinomial de tercer orden, propuso una modificación en el método de Dmáx-Kara (13) con la cual se volvió posible identificar HRIP y HRDP. La identificación de ambos TP ha sido substancialmente aplicada tanto en pruebas con cinta rodante (4) como con bicicletas ergométricas (8,15).

Aunque los dos puntos de transición (TP) han sido identificados con éxito en diferentes protocolos en el laboratorio, no hay ningún dato en la literatura acerca de la identificación de estos dos TP en jugadores de fútbol jóvenes utilizando un test IGT específico. Por consiguiente, el propósito de este estudio fue identificar HRIP y HRDP en un test progresivo intermitente de máxima intensidad en el campo (TCar) en jugadores de fútbol jóvenes.

## MÉTODOS

### Sujetos

Se evaluaron veintinueve jugadores de fútbol jóvenes con por lo menos 1 año de entrenamiento regular de nivel regional. La edad media y la adiposidad corporal media de los sujetos eran  $14,3 \pm 1,4$  años y  $15,4 \pm 6,3\%$ , respectivamente. Todos los sujetos firmaron un consentimiento informado que fue previamente aprobado por el Comité de Ética de la Universidad de Itaúna. Se solicitó a los jugadores de fútbol que evitaran realizar ejercicio intenso durante las 24 hrs previas al test y se les solicitó que no ingirieran alimentos sólidos en las 2 hrs previas al TCar.

### Procedimientos

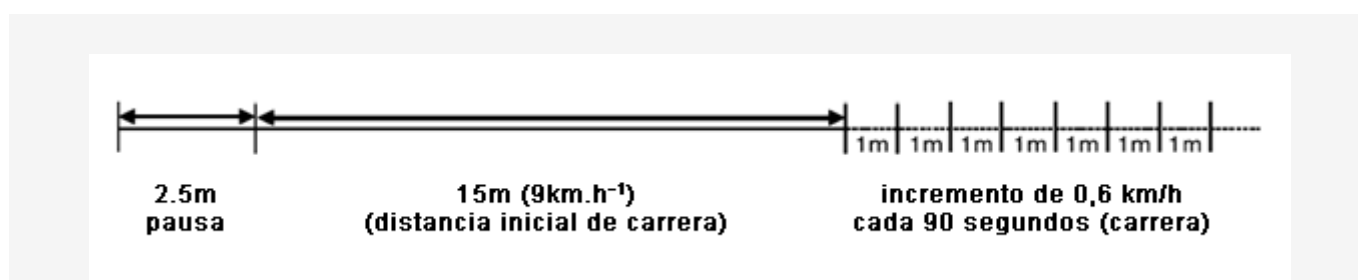
Las valoraciones se dividieron en dos etapas. Durante la primera etapa, se realizó la medición de los parámetros antropométricos de los sujetos. Durante la segunda etapa, los sujetos realizaron el test TCar en un campo de césped utilizando botines de fútbol. La valoración se realizó en el campo de fútbol del polideportivo de la Universidad Federal de Lavras (UFLA). La temperatura fue  $24,6 \pm 2,6$  °C y la humedad relativa del aire fue  $68,3 \pm 13,1\%$ .

### Valoración Antropométrica

La masa corporal de los sujetos se determinó con una balanza digital *Britânia*®. La talla se determinó con un estadiómetro profesional *Asimed*®, y los pliegues cutáneos de tríceps y subescapular se determinaron con un calibre *BodyCaliper*®. El porcentaje de grasa corporal de los sujetos se estimó mediante la ecuación de Lohman (16).

### Protocolo del Test TCar

Antes de realizar el test TCar, los participantes realizaron una entrada en calor de 10 min que consistió en una carrera ligera y 5 min de estiramiento. Luego, realizaron el test que consistió de etapas de 90 seg de carrera de ir y volver donde la distancia inicial de 15 m se completó en 12 seg ( $9 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ). El paso fue controlado mediante una señal sonora emitida por el software *Sphera Portable Server*. En las etapas subsiguientes se adicionó una distancia de 1 m ( $0,6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ). Entre cada etapa, se realizó una pausa con caminata de 6 segundos. Al final de cada etapa, se registró la frecuencia cardíaca (HR) con un monitor de HR portátil (Polar® S810i). La Figura 1 describe el protocolo del test TCar.



### Identificación de los Puntos de Transición de la Frecuencia Cardíaca

Los valores % de HR máxima registrados para cada sujeto fueron graficados en función de la velocidad (HR, latidos·min<sup>-1</sup> x Velocidad, km·h<sup>-1</sup>). Para identificar el HRIP y HRDP se utilizó el método de Dmáx-Cambri (4). Brevemente, la curva de HR-velocidad fue ajustada con una ecuación polinómica de tercer orden y por ecuaciones lineales. Las diferencias entre los valores de HR observados y los ajustados fueron calculados para cada etapa de velocidad. Después de esto, las diferencias fueron graficadas como una función de la velocidad y la mayor diferencia negativa fue considerada como HRIP y la mayor diferencia positiva fue considerada como HRDP (ver las Figuras 2 y 3).

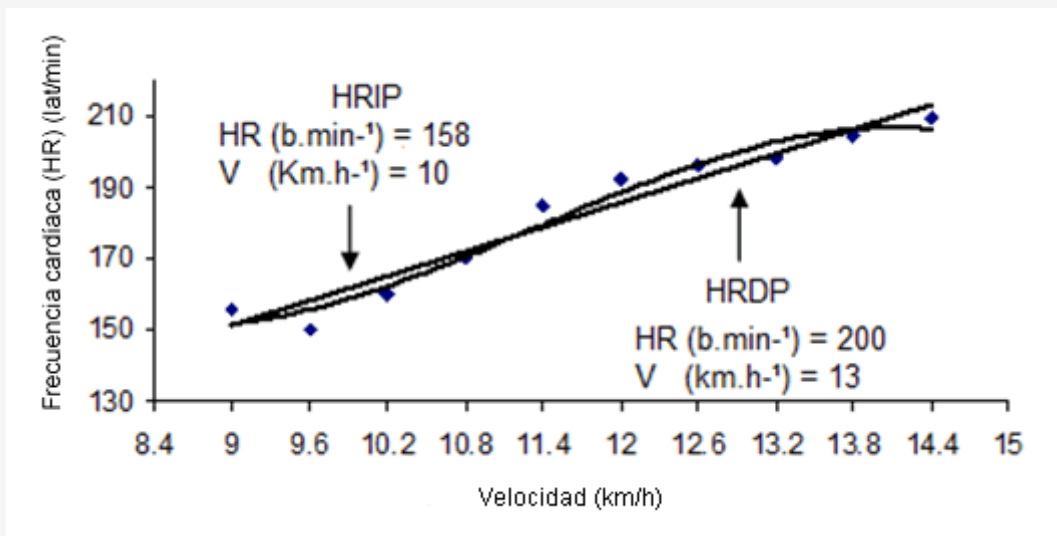


Figura 2. Ejemplo individual de un ajuste polinomial de tercer orden y de un ajuste lineal de la curva de frecuencia cardíaca-velocidad

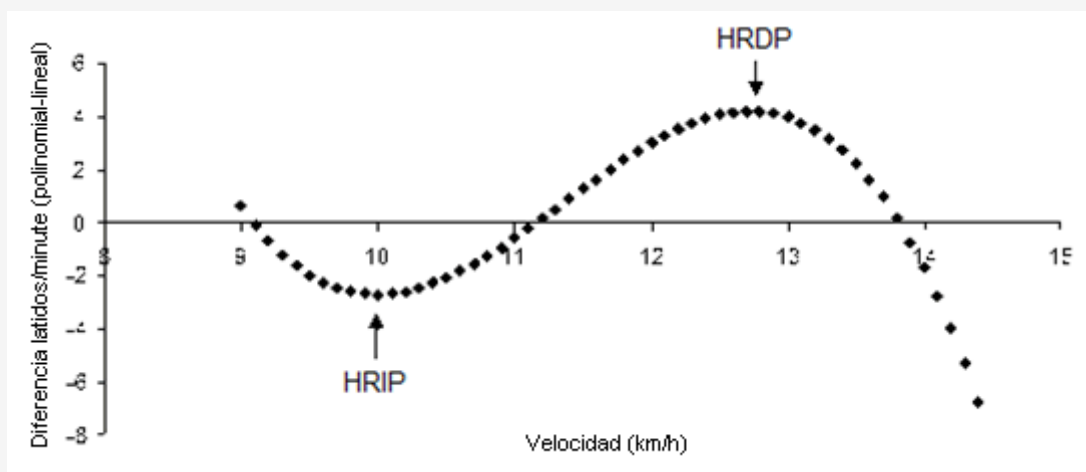


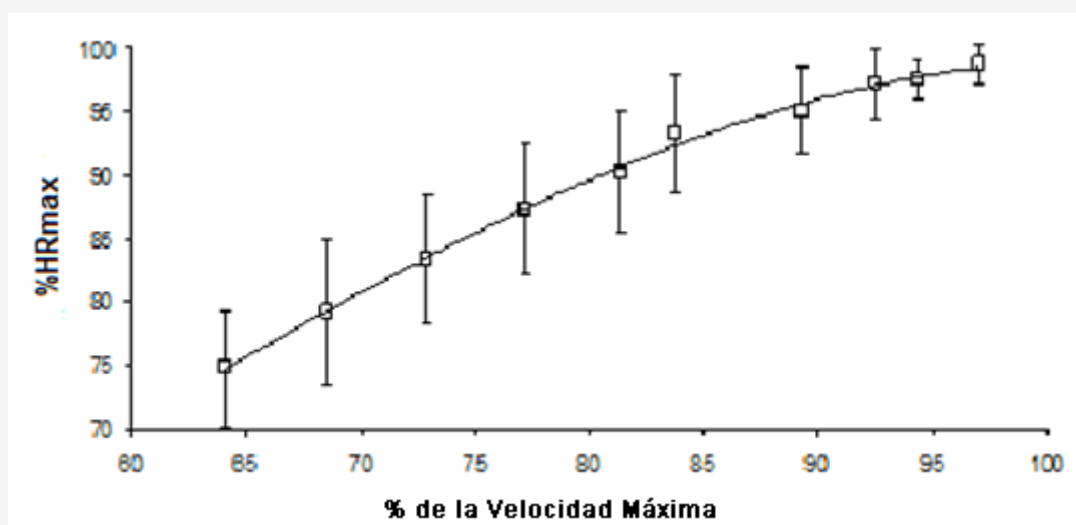
Figura 3. Ejemplo de la identificación del punto de inflexión de la frecuencia cardíaca (HRIP) y del punto de deflexión de la frecuencia cardíaca (HRDP).

### Análisis Estadísticos

Los valores se expresaron en forma de media y desviación estándar. El HRIP y HRDP se expresan en forma de valores absolutos y relativos con respecto a los valores máximos.

## RESULTADOS

Todos los sujetos finalizaron el test TCar. Ellos alcanzaron una velocidad máxima (PV) de  $14,1 \pm 0,2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  y una HRmax de  $200 \pm 7 \text{ lat}\cdot\text{min}^{-1}$  que correspondieron a 97% de la HR máxima para la edad de los sujetos (220-edad). Los valores medios de % de HRmax graficados en función de % PV y ajustados mediante una ecuación polinómica de tercer orden se presentan en la Figura 4. Se observó que la desviación de la curva (92%) en la cual se identificó PV HRDP no era claramente evidente con la inflexión de la curva. Así, el HRIP sólo se encontró tres participantes (10,3%) que correspondieron con  $76 \pm 9\%$  de PV y  $76 \pm 2\%$  de HRmax. Por otro lado, el HRDP se encontró en 100% de los sujetos. El HRDP correspondió a  $84 \pm 4\%$  de PV y  $92 \pm 2\%$  de HRmax (Tabla 1).



**Figura 4.** Porcentaje de la frecuencia cardíaca máxima en función de la velocidad máxima (Media  $\pm$  SD). Curva ajustada mediante una ecuación polinómica de tercer orden.

	HRIP (n=3)	HRDP (n=29)
HR (lat·min <sup>-1</sup> )	155 $\pm$ 8	185 $\pm$ 9
Porcentaje HR max (%)	76 $\pm$ 2	92 $\pm$ 2
V (km·h <sup>-1</sup> )	9,8 $\pm$ 1,0	11,3 $\pm$ 0,8
Porcentaje PV (%)	76 $\pm$ 9	84 $\pm$ 4

**Tabla 1.** Frecuencia Cardíaca y Velocidad en los Puntos de Transición (Media  $\pm$  SD)

## DISCUSIÓN

Según nuestros conocimientos, éste es el primer estudio en el cual se identificaron HRIP y HRDP en jugadores de fútbol jóvenes durante un test progresivo a campo. Se eligió el TCar porque: (A) es un test validado para los deportes de equipo; y (B) se utiliza en la valoración y prescripción de entrenamiento aeróbico de fútbol. Los resultados principales son dos. Primero, fue posible identificar el HRDP en todos los sujetos. Segundo, fue posible identificar el HRIP sólo en el 10% de los

sujetos.

### **Punto de Inflexión de la Frecuencia Cardíaca**

Los resultados de HRIP en el estudio presente son significativamente diferentes de los informados por Lima (15), De-Oliveira (10), y Costa et al. (8). Estos autores identificaron el HRIP en 72%, 74% y 80% de los sujetos, respectivamente. Lima (15) identificó el HRIP a 58% del PV, De-Oliveira (10) a 74% del PV y Costa et al. (8) a 73% del PV. Es necesario destacar que en estos estudios los valores de HRIP se obtuvieron en intensidades cercanas, independientemente de las diferencias en los protocolos. Podría argumentarse que durante las cargas iniciales del ejercicio progresivo se producía una inhibición parasimpática debida al corazón con un aumento paralelo en la activación simpática. Esto provocó una alteración en el control cardíaco autónomo (1) que causó un aumento abrupto en HR (es decir, HRIP) (4).

La razón que explicaría el número bajo de sujetos con HRIP en el estudio presente, muy probablemente esté relacionada a la demanda metabólica elevada en la primera etapa del test TCar. Al final de la primera etapa, los sujetos alcanzaron 65% de PV y 74% de la HRmax. A esta intensidad, la mayoría de los sujetos podría haber alcanzado el HRIP. Por lo tanto repasando la metodología se recomienda el uso de velocidades iniciales bajas para identificar el HRIP. El problema es que no hay ningún test progresivo intermitente (IGT) con velocidades iniciales bajas (4).

### **Punto de Deflexión de la Frecuencia Cardíaca**

El HRDP se identificó en 100% de los participantes a  $84\% \pm 4\%$  de PV y  $92 \pm 2\%$  de HRmax. Estos valores son similares a los informados por Carminatti (6) y Piasecki (18), usando un protocolo similar al aplicado en el estudio presente. De-Oliveira (10) informó HRDP en 87% de los sujetos. Parecería que la existencia del HRDP depende de la acción del ventrículo izquierdo como una función del nivel de catecolaminas y potasio circulante. Una posible explicación para el hecho que nosotros hayamos podido encontrar el HRDP en todos los sujetos, podría deberse al espesor de sus paredes miocárdicas que podría haber producido una mejor eficacia cardíaca en el test de ejercicio progresivo (17).

La intensidad en la cual se identificó el HRDP fue similar a los valores encontrados por Carminatti (6) ( $78 \pm 3\%$  del PV) y por Piasecki (18) ( $84 \pm 5\%$  del PV). El % HRmax del HRDP encontrado en el estudio presente fue  $92 \pm 2\%$  lo que coincide esencialmente con lo observado por De-Oliveira (10) ( $91 \pm 3\%$  HRmax) y Piasecki (18) ( $95 \pm 2\%$  HRmax). De manera similar, Carminatti (6) identificó el HRDP a  $88 \pm 3\%$  HRmax. Estos resultados apoyan la noción que HRDP puede ser utilizado como una herramienta útil para la prescripción de entrenamiento.

### **Limitación del Estudio**

Una limitación del estudio presente fue la falta de medición del lactato para la identificación de umbral del lactato (11). En los futuros estudios, el lactato debe ser determinado.

### **Implicaciones prácticas**

Puede asumirse que el HRDP es un índice simple, de identificación sencilla durante un test intermitente progresivo de intensidad máxima realizado en el campo. Los resultados en este estudio demuestran adicionalmente que la asociación entre el HRDP y el MLSS (20), lo que ayudaría a estimular el uso del HRDP por parte de los entrenadores y coaches como una herramienta adicional para el control del entrenamiento. Por otro lado, el método de Dmáx-Cambri (4) no pudo identificar el HRIP, lo que sugiere que los entrenadores y coaches deben tener cuidado al usar el TCar para identificar el HRIP.

## **CONCLUSIONES**

---

Concluimos que no fue posible identificar HRIP en jugadores del fútbol jóvenes durante una test progresivo intermitente (TCar), probablemente debido al elevado esfuerzo cardiovascular realizado durante la primera etapa. Por otro lado, el HRDP fue identificado en todos los jugadores de fútbol. Así, usando el protocolo de TCar original, es posible identificar el HRDP. Sin embargo, para estudios que utilicen el HRIP, el test debe ser utilizado con una carga inicial más pequeña.

### **Agradecimientos**

Agradecemos la ayuda de Adriano Eduardo Lima da Silva en el proceso de revisión del manuscrito

## Dirección de Contacto

Ferreira-Júnior AJ, Department of Physical Education, Campus Universitário, Federal University of Juiz de Fora, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brazil, zip-code: 36036-900. Phone +55 32 32188766; Email. antonio\_edf@hotmail.com.

## REFERENCIAS

1. Alonso DO, Rezende LO, Forjaz CLM, Braga AMW, Negrão CE, Barretto ACP, Rondon MUPB (1998). Comportamento da frequência cardíaca e da sua variabilidade durante as diferentes fases do exercício físico progressivo máximo. *Arq Bras Cardiol*; 71(6):787-792
2. Aziz AR, Mukherjee S, Chia MY, Teh KC (2007). Relationship between measured maximal oxygen uptake and aerobic endurance performance with running repeated sprint ability in young elite soccer players. *J Sports Med Phys Fitness*; 47(4):401-407
3. Barbero-Alvarez JC, Andrín G (2005). Desarrollo y aplicación de un nuevo test de campo para valorar la resistencia específica en jugadores de fútbol sala: TREIF (Test de Resistencia específica intermitente para Futsal). *EFDeportes.com*; (89). Available in: (<http://www.efdeportes.com>). Accessed:19 jun. 2011
4. Cambri LT, Foza V, Nakamura FY, De-Oliveira FR (2006). Frequência cardíaca e a identificação dos pontos de transição metabólica em esteira rolante. *Rev Educ Fis*; 17(2):131-137
5. Carminatti LJ, Silva AEL, De-Oliveira FR (2004). Aptidão aeróbia em esportes intermitentes evidências de validade de constructo e resultados em teste progressivo com pausas. *Rev Bras Fisiol Exerc*; 3(1):120-130
6. Carminatti LJ (2006). Validade de limiares anaeróbios derivados do teste incremental de corrida intermitente (TCar) como preditores do máximo steady-state de lactato em jogadores de futsal. 105f. *Dissertação (Mestrado em Ciências do Movimento Humano) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis*
7. Conconi F, Borsetto C, Ziglio PG, Droguetti P, Codega L (1982). Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. *J Appl Physiol*; 52(4):869-873
8. Costa VP, Lima J, De-oliveira FR (2007). Identificação de limiares metabólicos em curvas de frequência cardíaca ajustadas. *Rev bras Educ Fis Esp*; 21(3):219-227
9. Da Silva JF, Guglielmo LG, Carminatti LJ, De Oliveira FR, Dittrich N, Paton CD (2011). Validity and reliability of a new field test (Carminatti's test) for soccer players compared with laboratory-based measures. *J Sports Sci*; 29(15):1621-1628
10. De-Oliveira FR (2004). Predicción de los umbrales de lactato y ajustes de frecuencia cardíaca en el test de legerboucher. 229f. *Tese (Doutorado em Filosofia e Ciências da Educação)- Facultad de Filosofía y Ciencias de la Educación, San Sebastian*
11. Erdogan A, Cetin C, Karatosun H, Baydar ML (2010). Non-invasive indices for the estimation of the anaerobic threshold of oarsmen. *J Int Med Res*; 38(3):901-915
12. Hofmann P, Pokan R, Preidler K, Leitner H, Szolar D, Eber B, Schabberger G (1994). Relationship between heart rate threshold lactate turn point and myocardial function. *Int J Sports Med*; 15(5):232-237
13. Kara M, Gökbek H, Bediz C, Ergene N, Uçok K, Uysal H (1996). Determination of the heart rate deflection point by the Dmax method. *J Sports Med Phys Fitness*; 36(1):31-34
14. Krusturup P, Mohr M, Nybo L, Jensen JM, Nielsen JJ, Bangsbo J (2006). The .Yo-yo test: Physiological response, reliability, and application to elite soccer. *Med Sci Sports Exerc*; 38(9):1666-1673
15. Lima J (1997). Frequência cardíaca em cargas crescentes de trabalho: ajuste sigmóide, ponto de inflexão e limiar de variabilidade da frequência cardíaca. 129f. *Tese (Doutorado em Biodinâmica do Movimento Humano) - Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, São Paulo*
16. Lohman TG (1987). The use of skinfolds to estimate body fatness on children and youth. *JOPERD*; 58(9):67,69
17. Lucia A, Carvajal A, Boraita A, Serratos L, Hyos J, Chicharro JL (1999). Heart dimensions might influence the occurrence of heart rate deflection point in highly trained cyclists. *Br J Sports Med*; 33:387-392
18. Piasecki F (2006). Métodos de identificação do limiar de transição fisiológica em protocolo progressivo intermitente com pausa. *Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis*
19. Svensson M, Drust B (2005). Testing soccer players. *J Sports Sci*; 23(6):601-618
20. Ribeiro JP, Fielding RA, Hughes V, Black A, Bochese MA, Knuttgen HG (1985). Heart rate break point may coincide with the anaerobic and not the aerobic threshold. *Int J Sports Med*; 6(4):220-224

## Cita Original

Ferreira-Junior AJ, Zanetti GG, Couto PG, Bastos LALG, Silva SF, Lima JRP, De-Oliveira FR. Transition Points of Heart Rate during a Progressive Maximal Intermittent Field Test in Young Soccer Players. *JEPonline* 2012;15(3):81-88