

Article

Identificación y Concordancia del Punto de Deflexión de la Frecuencia Cardíaca y del Umbral de la Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca Determinados por Diferentes Parámetros, en el Test de Aptitud Física con Múltiples Etapas de 20m.

Vitor B Nascimento¹, Raul Osiecki¹, Paulo E. Redkva¹, Elton B. Gomes¹, Fabiano M. Salgueirosa¹, Larissa B Daros^{1,3}, Ana C. V Osiecki¹ y Edson I. Kaminagakura²

¹Center for the Studies of Physical Performance. Curitiba, Paraná, Brazil.

²Laboratory for Physical Assessment, Health and Sports. Ponta Grossa, Parana, Brazil.

³Department of Physical Education in . Midwestern State University of Parana, Brazil .

RESUMEN

El propósito de este estudio fue identificar el umbral de variabilidad y el Umbral de Conconi (HRDP) determinados a través de diferentes parámetros en una carrera de ir y volver de 20 m, y describir la concordancia entre estos índices aeróbicos. Los participantes eran jugadores profesionales de fútbol. Se utilizó la carrera de ir y volver de 20 m. El criterio para determinar el umbral de la variabilidad de la frecuencia cardíaca (HRVT) fue la ruptura de la linealidad en SD1; ruptura de la linealidad en SD1/SD2; la primera etapa en la disminución de la curva en la cual la diferencia de SD1 entre dos fases consecutivas es inferior a 1 ms; ruptura de la linealidad en HFpico x HFms². El punto de deflexión de la frecuencia cardíaca (HRDP) se determinó por la ruptura de la linealidad en la curva de la frecuencia cardíaca. Todos los criterios de HRVT demostraron una correlación ligeramente significativa con HRDP ($r \leq 0.73$). Sin embargo, sólo HRVTSD1 presentó concordancia con HRDP (sesgo=0.24 km·h⁻¹, P=0.245). El hallazgo principal de este estudio fue la demostración de la asociación entre la determinación no invasiva del umbral anaeróbico en un test de campo y también la evidencia de concordancia entre el método HRVTSD1 con el HRDP en jugadores de fútbol.

Palabras Clave: Variabilidad de la frecuencia cardíaca, umbral de la variabilidad de la frecuencia cardíaca, umbral de Conconi, Fútbol

INTRODUCCION

La evaluación de la condición aeróbica a través del consumo de oxígeno máximo (VO_{2max}) y del Umbral Anaeróbico (AT) a través de diferentes metodologías es una de las mediciones principales en las evaluaciones grupales de atletas (7). Es necesario considerar protocolos de evaluación que tengan en cuenta la especificidad de la modalidad (19).

El test de aptitud física de múltiples etapas de 20 m de Leger y Gadoury (13) es una estimación indirecta del VO_{2max} para evaluar la potencia aeróbica en niños en edad escolar, adultos saludables y atletas. Popularmente conocido como el "Beep Test", consiste en múltiples etapas progresivas. La prueba termina si el sujeto no alcanza la línea en dos finales consecutivos. El test es ampliamente utilizado debido que se requiere material de bajo costo para su aplicación.

El punto de deflexión de la frecuencia cardíaca (HRDP) identifica el AT a través de la ruptura de la linealidad de la frecuencia cardíaca en relación a la intensidad en el ejercicio progresivo (5). A pesar de la controversia en algunos estudios que describen una relación lineal entre la frecuencia cardíaca (HR) y la intensidad en el ejercicio progresivo (10), y por informes de que sobrestima los valores del umbral del lactato (22), HRDP puede ser utilizado como parte de la valoración aeróbica (2).

El sistema nervioso autónomo modula la frecuencia de activación del nodo sino-atrial (19) durante el ejercicio con cargas progresivas y el aumento en HR durante la fase inicial se debe a la inactivación de la actividad vagal. Luego, con el aumento en la intensidad del trabajo, hay un aumento en la actividad simpática que es finalmente responsable de la respuesta de la HR (8). La identificación del umbral de la variabilidad de la frecuencia cardíaca (HRVT) determinada por diferentes criterios puede ser considerada un índice de capacidad aeróbica (9,15,16). Sin embargo, dado que es un método de determinación de la capacidad aeróbica reciente, su uso en las pruebas de campo progresivas como las de la carrera de ir y volver no ha sido establecida en la bibliografía.

Así, el objetivo del estudio presente fue identificar el HRVT determinado por diferentes parámetros y el HRDP en el test de campo de carrera de ir y volver y describir la concordancia entre estos índices aeróbicos.

MÉTODOS

Sujetos

En este estudio participaron 21 jugadores de fútbol profesionales, de 24.08 ± 3.43 años de edad, masa corporal 78.13 ± 8.19 kg, talla 1.78 ± 7.37 m y % de grasa 11.56 ± 2.00 ; todos los sujetos integraban la primera división del campeonato brasileño de 2011. Antes de la evaluación, todos los sujetos fueron familiarizados con el procedimiento experimental y fueron informados de los riesgos asociados con el protocolo. Todos los sujetos firmaron voluntariamente el formulario consentimiento informado.

Carrera de ir y volver de 20 metros

La carrera de ir y volver de 20 m de Leger y Gadoury (13) comienza con una velocidad de $8 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, los participantes corren una distancia de 20 metros de ida y vuelta y la velocidad aumenta $1 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ cada minuto (controlado por una señal sonora). El test finalizaba en el momento en que el sujeto no alcanzara la línea (dentro de los 2 metros) en dos finales consecutivos. En aquellos casos en que los sujetos no pudieran completar la etapa, la velocidad se corrigió según el trabajo de Kuipers y colegas (12).

Umbral de la Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca (HRVT)

Los intervalos RR fueron registrados mediante un monitor de frecuencia cardíaca Polar modelo RS800 y fueron transferidos al software *ProTrainer Polar 5* para ser analizados con posterioridad con el software de HRV *Kubius* (<http://kubios.uku.fi/KubiosHRV/>) para obtener los parámetros de variabilidad de frecuencia cardíaca, SD1, SD1 del gráfico de Pointcaré, HF pico y HF ms^2 tal como se obtiene de muestras de períodos de 1 min en los tests progresivos. El criterio para determinar el HRVT fue la ruptura de la linealidad SD1, índice SD1/SD2 (21,20), primera etapa en la disminución en la curva en la cual la diferencia entre SD1 de dos fases consecutivas era inferior a 1 ms (20) y la ruptura de la linealidad HFpico x HF ms^2 (6).

Punto de Deflexión de la Frecuencia Cardíaca (HRDP)

El HRDP se determinó por la ruptura en la linealidad de la curva de HR a lo largo del tiempo (5,22) usando el análisis estadístico de regresión lineal segmentada.

Análisis Estadístico

Para determinar la ruptura en la linealidad entre HRVT y HRDP, se utilizó un paquete segmentado (14) y la metodología de concordancia de Bland Altman (1) ($P \leq 0.05$). Todos los análisis fueron realizados con el software libre R 2.13.2 (17).

RESULTADOS

En la Tabla 1 se presentan los datos de la carrera de ir y volver de 20 m.

Variables	HR max (lat·min ⁻¹)	SP (km·h ⁻¹)	CSP (km·h ⁻¹)	VO ₂ max (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)
Media±SD	167±6,44	13,93±1,19	14,08±1,21	50,44±4,00

Tabla 1. Datos Presentados en forma de media ±desviación estándar correspondientes a la frecuencia cardíaca máxima, velocidad pico, velocidad pico corregida y VO_{2max} en la carrera de ir y volver de 20 m. *HRmax= frecuencia cardíaca máxima; SP= velocidad pico; CSP= Velocidad pico corregida

A continuación se presentan los gráficos de dispersión entre HRDP y HRVT según las diferentes metodologías.

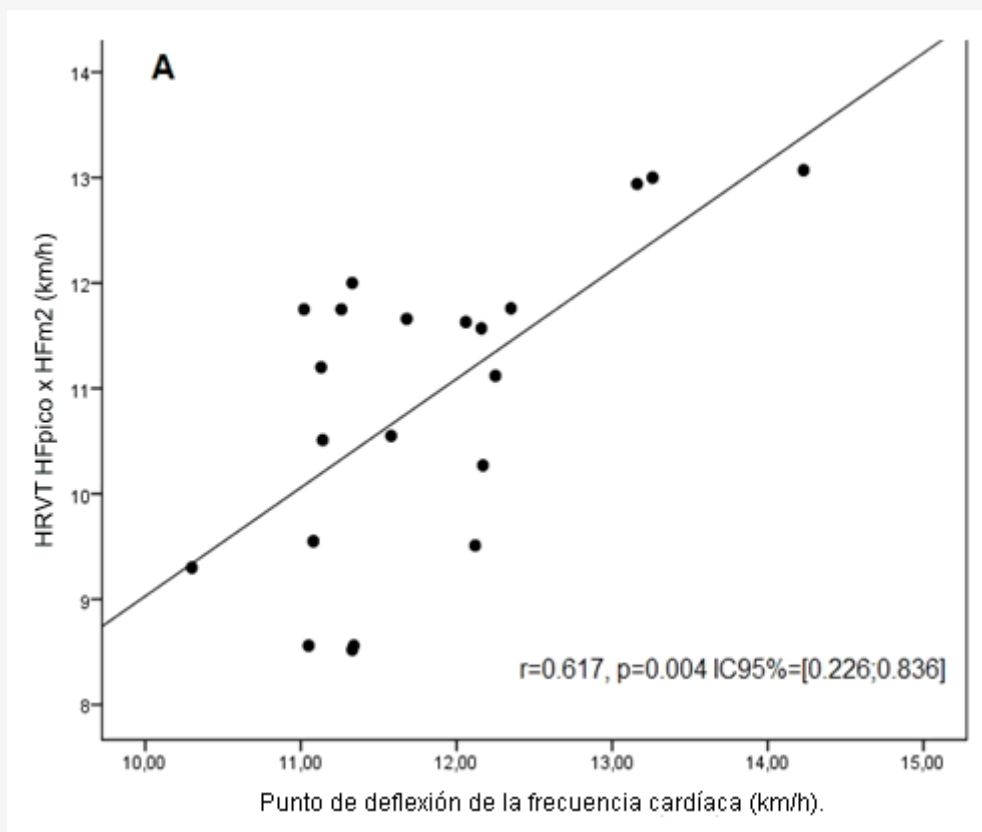


Figura 1. Gráfico de dispersión entre HRDP y HRVT HFpico x HFms²

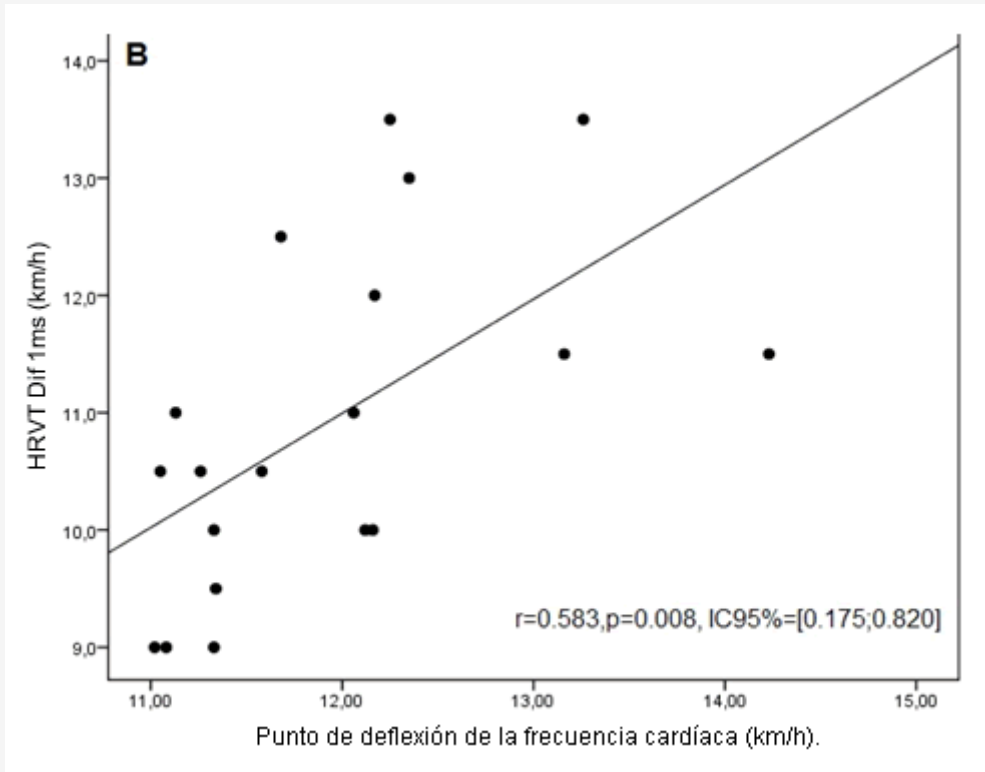


Figura 2. Gráfico de dispersión entre HRDP y Dif 1 ms HRVT

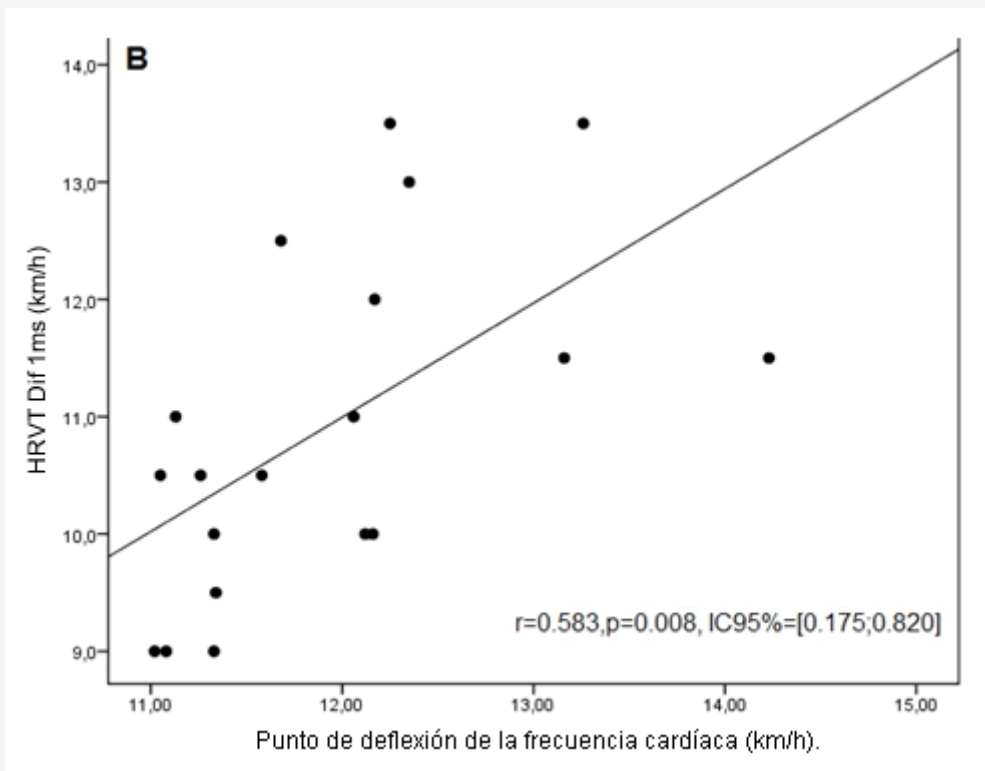


Figura 3. Gráfico de dispersión entre HRDP y HRVT SD1/SD2

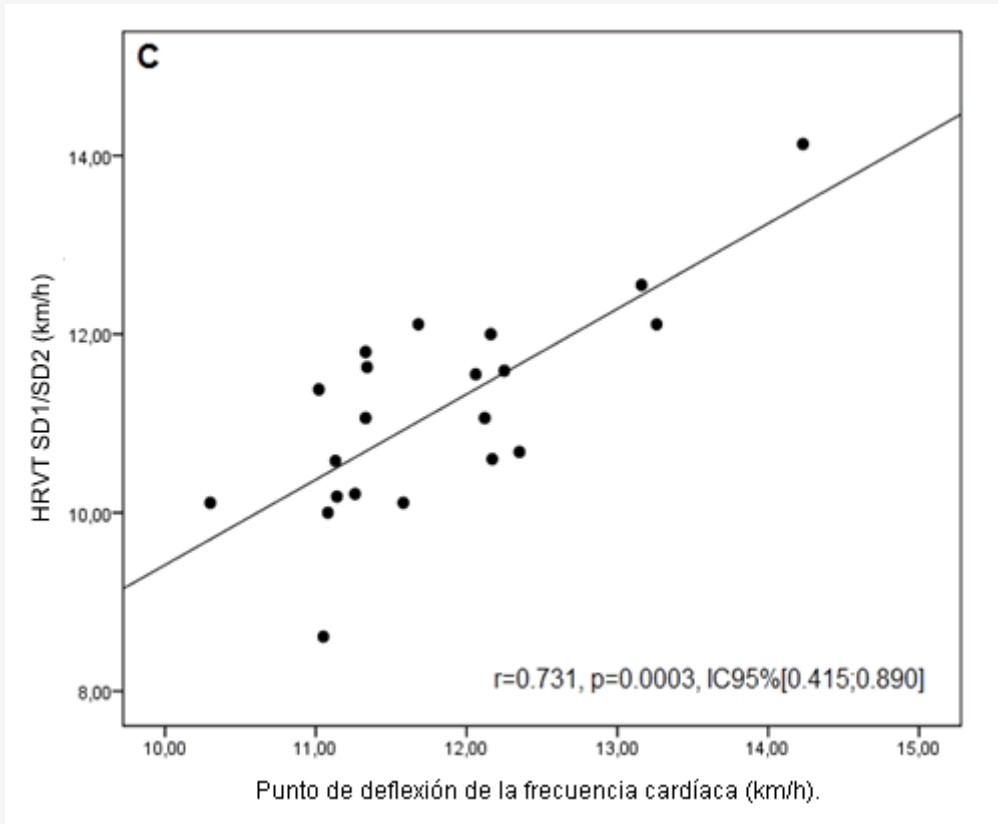


Figura 4. Gráfico de dispersión entre HRDP y HRVT SD1

A continuación se presentan los análisis de concordancia entre las diferentes metodologías de determinación de HRVT con HRDP. Los resultados indican concordancia entre las medidas HRDP y HRVT, sesgo=0,24 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$, $P=0,245$. Estos resultados no arrojaron ninguna concordancia entre los métodos HRDP y HRVT SD1/SD2, sesgo =0,66 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$, $P < 0,05$.

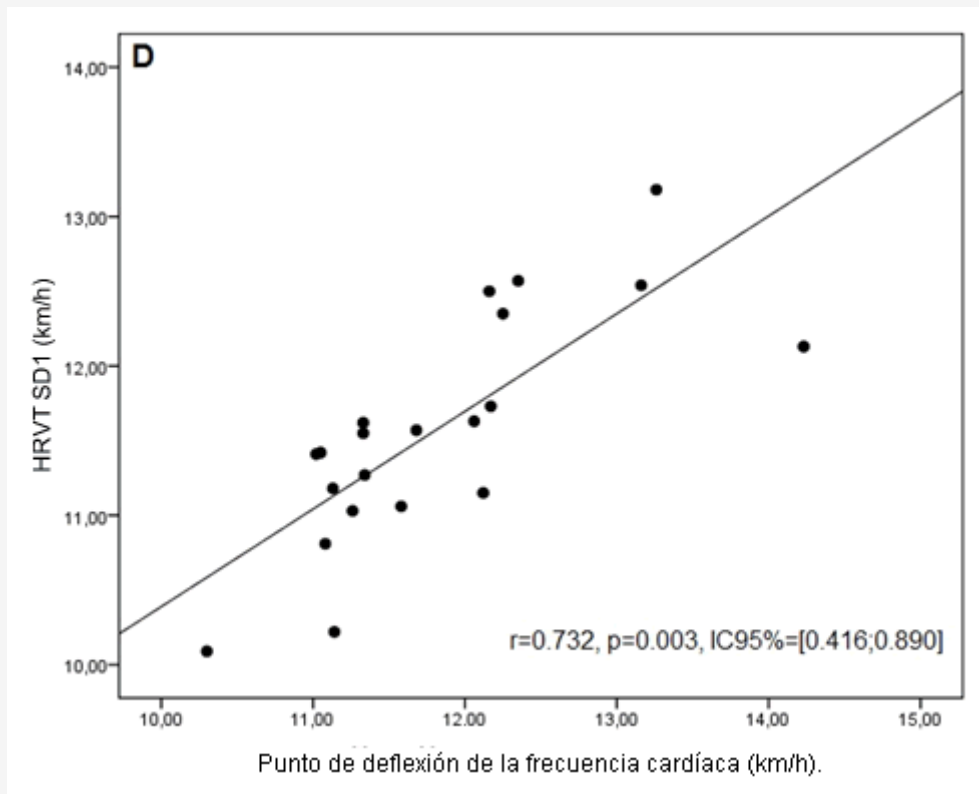


Figura 5. Gráfico de Bland Altman correspondiente a HRDP y HRVT SD1

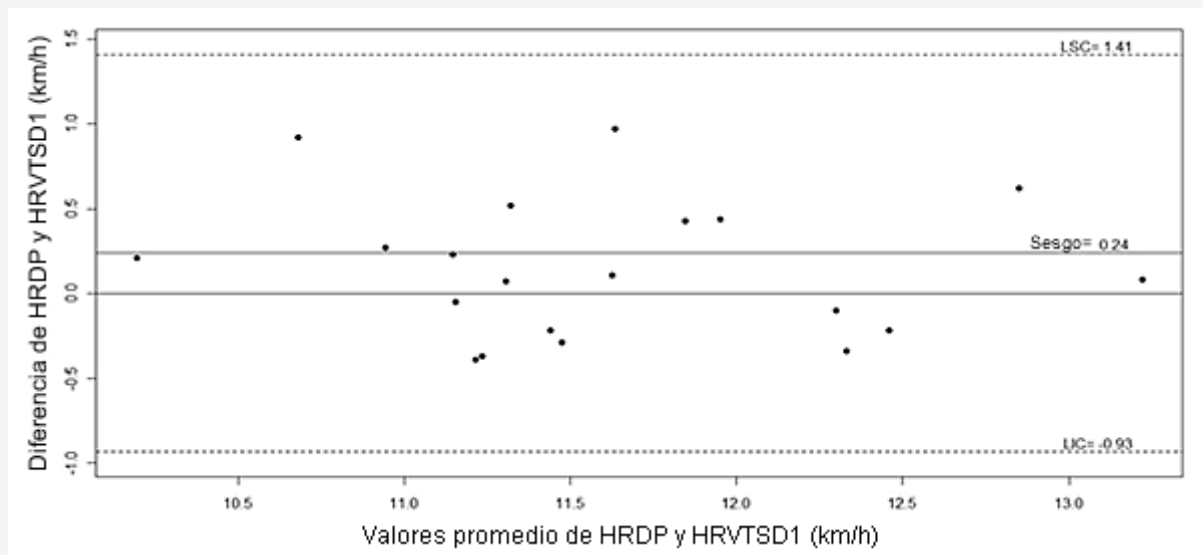


Figura 6. Gráfico de Bland Altman para HRDP y HRVT SD1/SD2

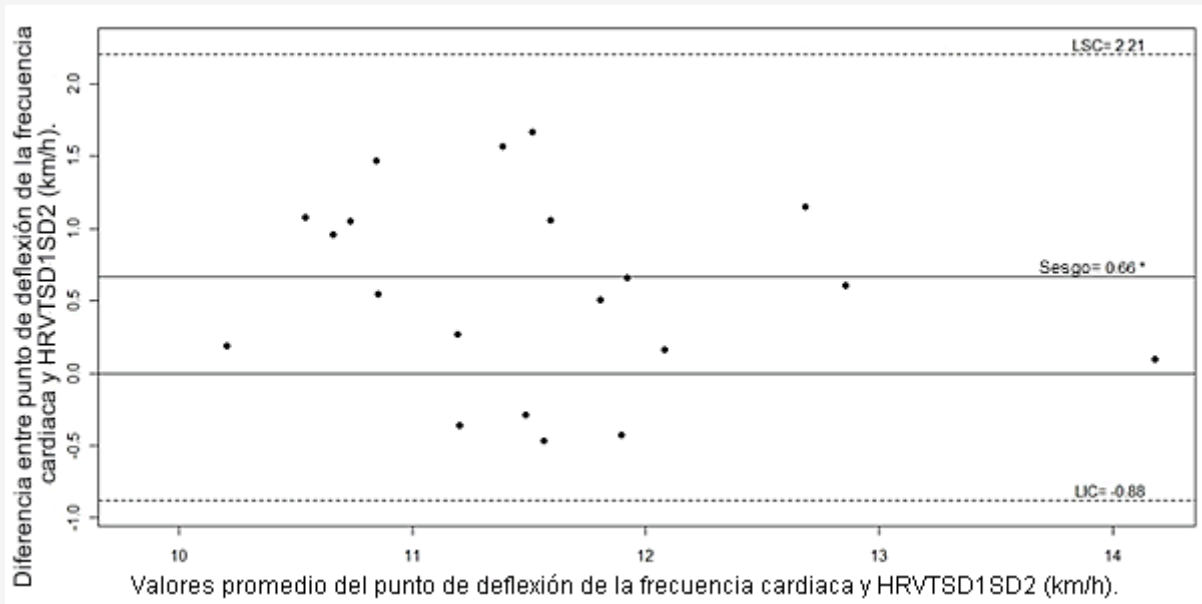


Figura 7. Gráfico de Bland Alman para HRDP y HRVT 1ms

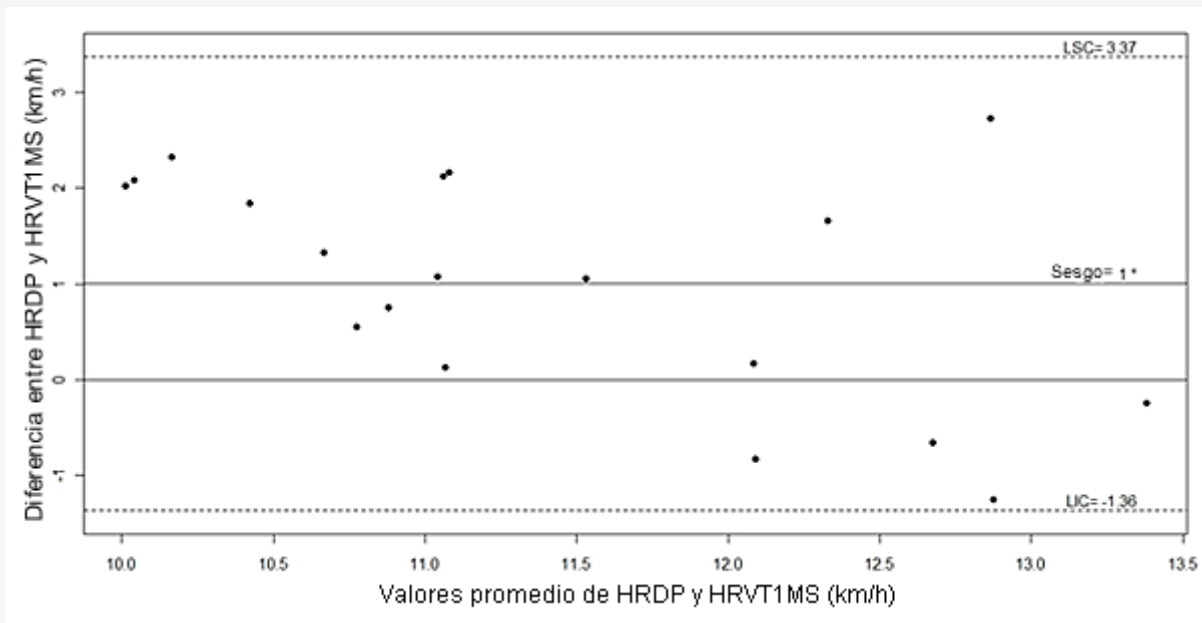


Figura 8. Gráfico de Bland Altman entre HRDP y HRVT HF pico x HF ms2

Lo mismo se concluye con el análisis desarrollado entre los métodos HRDP y HRVT 1ms, sesgo=1,14 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$, $P < 0,05$

De manera similar, lo mismo ocurre respecto a la concordancia entre los métodos HRDP y HRVT HFpico x HFms², sesgo = 0,92 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$, $P < 0,05$.

DISCUSIÓN

En las mediciones para la evaluación de la condición aeróbica, el VO_{2max} y AT son importantes para la supervisión y la prescripción de entrenamiento en diferentes modalidades deportivas. En el fútbol, la resistencia aeróbica se destaca como una capacidad importante para la recuperación de las acciones motoras (18).

Aunque este estudio tenía el único objetivo de identificar HRVT, los estudios previos han demostrado buena correlación entre HRVT y el umbral del lactato y umbral ventilatorio (9,15,16). En un estudio realizado con jugadores de fútbol en el cual se identificó HRVT a través del índice $HF_{pico} \times HF_{ms^2}$ se observó concordancia entre el umbral ventilatorio y HRVT (6).

Se observó una correlación significativa entre HRDP y HRVT determinado a través de diferentes parámetros, lo que indicaría cierta consistencia entre estas medidas. Se observó concordancia entre HRDP y las velocidades HRVT determinadas por SD1 (sesgo=0,24 $km \cdot h^{-1}$, $P=0,245$). Sin embargo, los mismos resultados de concordancia no se observaron entre HRDP y las velocidades HRVT determinadas por otros índices como $HF_{pico} \times HF_{ms^2}$ (sesgo=0,92 $km \cdot h^{-1}$, $P < 0,05$), HRVT SD1/SD2 (sesgo=0,63 $km \cdot h^{-1}$, $P < 0,05$) y HRVT 1 ms (sesgo=1,14, $P < 0,05$).

La identificación de HRVT por una diferencia inferior a 1 ms (SD1) entre dos fases consecutivas (18) no fue posible en dos sujetos. Sin embargo, en todos los índices identificados por el punto de ruptura de la linealidad, matemáticamente determinado como $HF_{pico} \times HF_{ms^2}$, HRVT SD1/SD2, HRVT SD1, se logró identificar HRVT. También fue posible identificar HRDP en todos los participantes mediante el método matemático de ruptura de la linealidad. En otros trabajos en los que se utilizó D_{max} se obtuvieron resultados similares (9)

La relación entre el HRDP y HRVT debe ser establecida con detalle. En la revisión de la bibliografía, encontramos el estudio de Buchheit et al. (4) en el cual se investigó la relación entre HRDP y HRVT y se observaron respuestas similares en HR y VO_2 de estas metodologías con respecto al umbral ventilatorio así como una fuerte correlación entre HRVT y HRDP, lo que sugiere que existen similitudes en el desarrollo fisiológico de ambas metodologías no invasivas para determinar el AT de individuos entrenados. En concordancia, este estudio presente mostró un elevado coeficiente de determinación ($r^2=0,73$) entre HRVTSD1 y HRDP (Figura 4).

Adicionalmente, se han diseñado varias investigaciones para estudiar la relación entre HRVT y otras posibilidades en la determinación de AT. Diferentes investigaciones han observado asociaciones entre HRVT y AT (3,4,6,8) y estabilización en 4 mM de lactato en tests de carrera con carga constante con respecto a HRVT (23). Sin embargo, otro estudio no corroboró la asociación entre HRVT y AT (3). Por lo tanto, nosotros sugerimos que se realicen estudios adicionales para comprender la relación y concordancia entre HRVT y AT determinado a través de la concentración de lactato ([La]), la ventilación, HR o la potencia crítica en atletas o las personas físicamente activas.

CONCLUSIONES

Pudimos identificar HRVT utilizando diferentes parámetros y HRDP en tests de carrera progresivos de ir y volver de 20 m sólo con concordancia para el criterio SD1, no obstante, su relación con las metodologías de referencia debe ser determinada con estudios adicionales.

AGRADECIMIENTOS

Deseamos agradecer a los investigadores de diferentes laboratorios que participaron y contribuyeron con la recolección de los datos y con el desarrollo y corrección de éste manuscrito.

Dirección de contacto:

Vitor Bertoli Nascimento, Department of Physical Education of Federal University of Parana, Parana, Brazil. Street Sagrado Coração de Jesus. Phone (55) 41 9104-7890.
Email: vitorbertolinascimento@yahoo.com.br

REFERENCIAS

1. Bland JM, Altman DG (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*; 307-310
2. Bodner ME, Rhodes EC (2000). A review of the concept of the heart rate deflection point. *Sports Med*; 30:31-46
3. Brunetto AF, Silva BM, Roseguini BT, et al (2005). Ventilatory threshold and heart rate variability in adolescents. *Rev Bras Med Esporte*; 11:28-33
4. Buchheit M, Solano R, Millet GP (2007). Heart-rate deflection point and the second heart-rate variability threshold during running exercise in trained boys. *Pediatr Exerc Sci*; 19:192-204
5. Conconi F, Ferrarri M, Ziglio PG, et al (1982). Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. *J Appl Physiol*; 52:862-873
6. Cottin F, Médigue C, Lopes P, et al (2007). Ventilatory thresholds assessment from heart rate variability during an incremental exhaustive running test. *Int J Sports Med*; 28:287-294
7. Currel K, Jeukendrup AE (2008). Validity, reliability and sensitivity of measures of sporting performance. *Sports Med*; 38:297-316
8. Ekblom B, Hermansen I (1968). Cardiac output in athletes. *J Appl Physiol*; 25:619-625
9. Fronchetti L, Nakamura FY, Aguiar CA, et al (2006). Regulação autonômica em repouso e durante exercício progressivo: aplicação do limiar de variabilidade da frequência cardíaca. *Rev Port Cien Desp*; 6:21-28
10. Hofmann P, Von Duvillard SP, Seibert FJ, et al (2001). %HRmax target heart rate is dependent on heart rate performance curve deflection. *Med Sci Sports Exerc*; 33:1726-1731
11. Kara M, Gokbel H, Bediz C (1996). Determination of the heart rate deflection point by the dmax method. *J Sports Med Phys Fitness*; 36:31-34
12. Kuipers H, Verstappen FTJ, Keizer HA, et al (1985). Variability of aerobic performance in the laboratory and its physiological correlates. *Int J Sports Med*; 6:197-201
13. Leger L, Gadoury C (1989). Validity of the 20 m shuttle run test with 1 min stages to predict VO2 max in adults. *Can J Sport Sci*; 14:21-26
14. Muggeo VMR (2003). Estimating regression models with unknown break-points. *Statist Med*; 22:3055-3071
15. Nakamura FY, Aguiar CA, Fronchetti L, et al (2005). Alteração do limiar de variabilidade da frequência cardíaca após treinamento aeróbico de curto prazo. *Motriz*; 11:1-9
16. Nakamura Y, Yamamoto Y, Muraoka I (1993). Autonomic control of heart rate during physical exercise and fractal dimension of heart rate variability. *J Appl Physiol*; 74:875-881
17. R Development (2008). Core Team. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>
18. Svensson M, Drust B (2005). Testing soccer players. *J Sports Sci*; 23:601-618
19. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology (1996). Heart rate variability standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *Eur Heart J*; 17:354-381
20. Tulppo MP, Mäkikallio TH, Seppänen T, et al (1998). Vagal modulation of heart rate during exercise: effects of age and physical fitness. *Am J Physiol*; 274:424-429
21. Tulppo MP, Mäkikallio TH, Takala TES, et al (1996). Quantitative beat-to-beat analysis of heart rate dynamics during exercise. *Am J Physiol*; 271:244-252
22. Vachon JA, David R, Basset JR, et al (1999). Validity of the rate deflection point as a predictor of lactate threshold during running. *J App Physiol*; 87:452-459
23. Zanatta C, Matsushigue KA, Nakamura YA, et al (2008). Heart rate variability threshold and blood lactate response during constant load exercises. *R da Educação Física/UEM*; 19:251-260

Cita Original

Nascimento VB, Osiecki R, Redkva PE, Gomes EB, Salgueirosa FM, Daros LB, Osiecki AC, Kaminagakura EI. Identification and Concordance of the Heart Rate Deflection Point and Heart Rate Variability Threshold Determined by Different Parameters in the 20 m Multi-Stage Fitness Test. *JEPonline*; 15(2):55-63. 2012