

Determinación de correlaciones entre el consumo máximo de oxígeno y el punto de deflexión de la frecuencia cardíaca de una prueba de campo y de una prueba de laboratorio en adolescentes

Determination of correlations of oxygen consumption maximum and heart rate deflection point of a field and laboratory test at adolescent

Dr. Juan Carlos Giraldo García*

Dr. Donaldo Cardona Nieto**

Dr. Juan Cancio Arcila Arango***

donaldpf@gmail.com

(Colombia)

*Md. Especialista en Medicina Deportiva

**Lic. en Educación Física. Mg. Dr. en Ciencias del Deporte

***Md. Mg. en Ciencias de la Actividad Física

Docentes Facultad de Educación Física, Recreación y Deporte
Institución Universitaria Politécnica Colombiana Jaime Isaza Cadavid, Medellín

Resumen

El Propósito de esta investigación fue determinar la correlación entre el consumo máximo de oxígeno y el punto de deflexión de la frecuencia cardíaca (PDFC) en jóvenes obtenidas en una prueba de laboratorio y en una prueba de campo, frecuentemente utilizadas en el fútbol. Se evaluaron veintinueve jóvenes jugadores de fútbol de sexo masculino, pertenecientes a la Escuela de Formación Deportiva del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid de la ciudad de Medellín (Colombia), con una edad promedio de 13,57 años. Se les realizó un test de campo (test de Probst) y de laboratorio en banda sin fin (test de Conconi). Se determinó el PDFC en ambos test por el método DMAX. A los resultados de 17 jóvenes que realizaron ambas pruebas se les aplicó un análisis de correlación de consumo máximo de oxígeno obtenido de manera indirecta y el PDFC por método DMAX. No se obtuvo correlación entre el consumo máximo de oxígeno y el PDFC al comparar los datos obtenidos en la prueba de campo y de laboratorio. El punto de deflexión de la frecuencia cardíaca se encontró en el 93,62% de los adolescentes evaluados. Con base en este estudio se puede concluir que no existe correlación entre los resultados que se obtienen en pruebas de campo y de laboratorio usadas en fútbol por lo que no se puede cruzar información entre ellas. El PDFC se encuentra en la mayoría de los jóvenes aplicando el método DMAX, siendo un método sencillo para hallar el umbral anaeróbico en futbolistas adolescentes.

Palabras clave: Umbral anaeróbico. Método no invasivo. Test de Conconi. Test de Probst. Adolescentes. Punto de deflexión. Método DMAX.

Abstract

The purpose of this research was to determine the correlation between maximal oxygen consumption and the deflection point in heart rate (DPHR) in young people obtained in a laboratory test and field test often used in football. We evaluated twenty-nine young male soccer players belonging to the school's sports training Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid from Medellín (Colombia) with an average age of 13.57 years. They were conducted a field test (Probst test) and laboratory treadmill test (Conconi test). DPHR was determined in both tests by the DMAX method. For the results of 17 young people who performed both tests were applied a correlation analysis of maximum oxygen consumption obtained indirectly and by the PDFC DMAX method. No correlation was obtained between maximum oxygen consumption and PDFC to compare the data obtained in the field test and laboratory test. The deflection point in heart rate was found in 93.62% of adolescents evaluated. Based on this study we can conclude that there is no correlation between the results obtained in field and laboratory trials used in football so no information can be crossed between them. The DPHR is in the majority of young people using the DMAX method, being a simple method to find the anaerobic threshold in young footballers.

Keywords: Anaerobic threshold. Non-invasive method. Conconi Test. Probst test. Adolescents. Deflection point. DMAX method.

Introducción

Varios autores vienen postulando diferentes tipos de pruebas para la valoración fisiológica de los futbolistas. Hasta el momento no se han establecido protocolos unificados para la valoración funcional de los mismos (Ramos Álvarez, 2009). Este fenómeno puede deberse a diferentes factores relacionados con la complejidad de este deporte. Para lograr un mayor rendimiento influyen no solo las características fisiológicas, sino también y de manera preponderante, los fundamentos técnicos y tácticos (Guilherme, 2010).

La capacidad aeróbica depende de tres factores: consumo máximo de oxígeno, umbral anaeróbico y economía de trabajo (Metaxas, 2005). Se ha considerado que los cambios en la condición aeróbica se refleja mejor en el umbral anaeróbico que en el consumo máximo de oxígeno. Por esto, la medición del umbral anaeróbico es una herramienta útil para evaluar los cambios de esta condición. La medición de la frecuencia cardíaca es uno de los métodos indirectos que existen para la valoración de este umbral. Según Stegmann et al (1981) citado por Weekes, (1996), el umbral anaeróbico es la mayor intensidad del ejercicio en el cual un estado estable fisiológico es mantenido durante un ejercicio prolongado.

En nuestro medio las pruebas de campo más utilizadas son de características intermitentes como el test de Leger y las creadas por Bangsbo (yo-yo test). Existe una prueba de poco uso en nuestro medio pero muy utilizada en Europa, la de Probst (Probst, 1989). Esta prueba ha demostrado ser útil para la evaluación y control en deportes acíclicos e intermitentes como el fútbol, tanto en edad adulta como en jóvenes (Fernández, 2003). Mientras algunos autores encuentran mínimas diferencias al medir el consumo máximo de oxígeno en pruebas de campo y de laboratorio, otros no encuentran correlación entre ambas pruebas (Ramos Álvarez, 2009). El Propósito de esta investigación es determinar la correlación entre el consumo máximo de oxígeno y el punto de deflexión de la frecuencia cardíaca (PDFC) en jóvenes obtenidos en pruebas de laboratorio y de campo frecuentemente utilizadas en el fútbol.

Desarrollo

Punto de desviación de la frecuencia cardíaca (PDFC)

También denominado "punto de quiebre de la frecuencia cardíaca", "variación de la inclinación", "umbral de frecuencia cardíaca". El punto de desviación de la frecuencia cardíaca es el cambio de dirección hacia arriba o hacia abajo de la relación lineal que existe entre ésta y la intensidad del ejercicio durante una prueba de ejercicio incremental (Rhodes, 2000). Se refiere el punto de deflexión al cambio en la linealidad tanto ascendente como descendente (Leminszka, 2010). Sin embargo, algunos autores indistintamente se refieren a punto de deflexión o de inflexión mientras otros consideran que el punto de deflexión hace referencia al cambio de linealidad hacia abajo y de inflexión hacia arriba de la linealidad.

Wahlund (1948) fue el primero en mencionar que la magnitud de aumento de la frecuencia cardíaca tiende a disminuir con cargas más altas de trabajo físico (De Lucca, 2010). Conconi y colaboradores fueron los primeros en considerar que el punto de deflexión de la frecuencia cardíaca coincide con el umbral anaeróbico y , por lo tanto, puede ser usado como método no invasivo para encontrarlo (Rhodes, 2000). En el trabajo original de Conconi et al hay una muy fuerte correlación de las variables frecuencia cardíaca y umbral de lactato ($r=0.99$). Fue Conconi quien indicó al ciclista Francesco Moser, record de la hora de ciclismo en pista en 1984, la referencia que lo llevó a grandes logros de velocidad de deflexión de la frecuencia cardíaca (Billat, 2002). Existe una coherencia fisiológica entre el punto de cambio de la pendiente de la curva de la frecuencia cardíaca y la intensidad, que podría explicarse por cambios en el estímulo que el

sistema nervioso autónomo envía al nodo sinusal (marcapaso fisiológico), probablemente relacionado con la duración de la diástole (Calderón, 2008).

El PDFC se ha encontrado tanto en niños como en adultos (Rhodes, 2000) y es considerado el método ideal para hallar el umbral anaeróbico en la academia por su practicidad y bajo costo (Silva, 2005). Otros estudios consideran que el PDFC coincide con el umbral anaeróbico, con una r entre 0,79 (García López & Mora Vicente, 2004) - 0.99 (Rhodes, 2000) y que su aparición, aunque no está claramente dilucidado, se debe al efecto Bohr que se produce en ejercicios de alta intensidad al generarse una acidosis metabólica que produce una liberación extra de oxígeno por parte de la hemoglobina lo que crea una mejoría circulatoria. El PDFC es considerado un método de fácil aplicación y útil para usar en sujetos en quienes se encuentre el punto de quiebre (Ignjatović, 2008). Además, el PDFC coincide, en deportistas bien entrenados, con el trabajo cardíaco óptimo en el que el volumen sistólico máximo es logrado (Lepretre Pierre-Marie, 2005).

Test de Probst

En la literatura se ha publicado un test interválico para valorar la cualidad aeróbica en el futbolista (velocidad máxima aeróbica y umbral anaeróbico) que se caracteriza por ser progresivo, incremental en velocidad, discontinuo y con cambios de dirección, del que no existen en nuestro medio, muchos datos de referencia: el test de Probst (García, 2003). La velocidad máxima se determina con un fundamento similar al Test de Leger (1988), y el umbral anaeróbico con un fundamento similar al Test de Conconi (Conconi y otros, 1982). El protocolo interválico de Probst permite realizar un test de campo específico que se muestra sensible al grado de profesionalización y práctica de los futbolistas. El análisis de la frecuencia cardíaca durante el test ha permitido, en más de un 89 % de los casos, identificar un punto de deflexión que pudiera corresponderse con el umbral anaeróbico (García, 2003). El test de Probst es una evaluación de campo válida para determinar el umbral anaeróbico en jugadores de fútbol (García López & Mora Vicente, 2004).

El test de Probst (1989), consta de un circuito de 14 puntos, situados a una distancia de 10 metros entre cada uno de ellos, pero modificándose la disposición lineal para formar tres hexágonos de tal manera que pueda incluir la evaluación cambios de dirección, como se presenta en el fútbol (Figura 1). En el centro del circuito se conectan unos altavoces al computador portátil, que será el encargado de emitir las señales sonoras del test. Cuando el ordenador emite cada *señal sonora*, el futbolista, que está de pie en la salida, corre hasta la señal siguiente según el sentido del movimiento de las manecillas del reloj (sentido horario), y así lo hace de una señal a otra, siempre ajustando su ritmo de carrera de tal manera que la llegada al siguiente punto coincida con el sonido de la nueva señal. Se considerará que el test ha finalizado en el momento que el futbolista no puede llegar a tiempo a 2 conos sucesivos. El ritmo inicial del test es de 18 *señales* por minuto, lo que corresponde a una velocidad de 10.8 km/h, y se va incrementando en 0.6 km/h cada 280 m (2 vueltas al circuito de la Figura 1). El test es discontinuo, con paradas de 30 segundos al finalizar cada periodo (2 vueltas o 280 m), y recuperando durante las paradas de forma pasiva, colocado de

pie al lado del cono de salida/llegada. Este período de recuperación permite obtener el valor de la frecuencia cardíaca tomada por un monitor cardíaco.

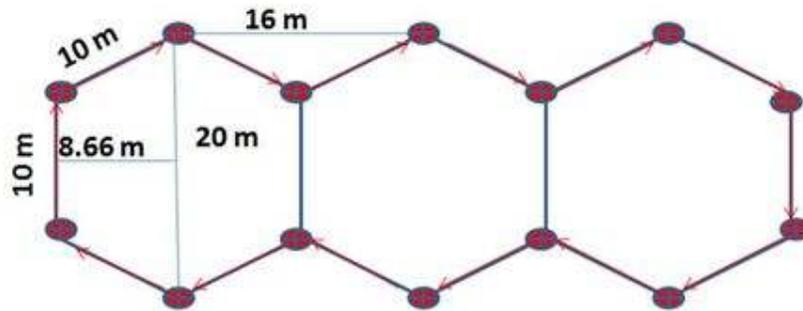


Figura 1. Recorrido del test de Probst

Test de Conconi

El umbral anaeróbico es uno de los factores que puede limitar el desempeño de un deportista bien por la acidosis, bien por la depleción del glucógeno muscular. Es posible, entonces, determinar el umbral anaeróbico haciendo una relación entre frecuencia cardíaca y velocidad de carrera. La relación observada entre la frecuencia cardíaca y la velocidad de carrera es en parte lineal y en parte curvilínea (Conconi, 1982). El punto donde se pierde la linealidad de esta relación es el punto correspondiente al cambio de pendiente en la curva de Frecuencia cardíaca vs. Intensidad de trabajo, que representa la denominada velocidad de deflexión. A partir de este punto, una curva creciente pero de concavidad hacia abajo, indica que la pendiente sigue siendo positiva pero disminuye su ritmo de crecimiento, lo que significa que en esta situación, la frecuencia cardíaca sigue aumentando pero a un ritmo de cambio menor que el de la velocidad de carrera, evento característico de un cambio no proporcional con una tendencia a estabilizarse en un valor límite aunque siga aumentando la velocidad. La prueba original de Conconi realizaba incrementos en la velocidad cada 1000 metros en una distancia total recorrida de 10 kilómetros, pero se encontró la misma relación con mayor facilidad de evaluación, realizando incrementos en la velocidad cada 400 metros (Conconi, 1982). El tiempo requerido para que la frecuencia cardíaca se adapte a la nueva velocidad es de 10-20 segundos si el incremento de la velocidad no excede los 0,5 km/h (Conconi, 1982). La parte curvilínea de la relación velocidad de carrera-frecuencia cardíaca es mejor definida si se realizan incrementos de velocidad cada 200 metros.(Conconi, 1982; Hofmann, 2001; Vachon, 1999; Jeukendrup, 2003). La relación lineal entre la velocidad de carrera y la frecuencia cardíaca se pierde a velocidades altas. (Conconi, 1982; Gripp, 2009). Como existe una alta correlación entre la velocidad de deflexión y el umbral anaeróbico (Conconi, 1982), en corredores el punto de deflexión, es una forma indirecta y no invasiva de medir el umbral anaeróbico (Conconi, 1982; Grazi, 2005).

Ortiz (2000) realizó en la ciudad de Bogotá una investigación en niños y niñas entre 12 y 14 años de edad, aplicando el método de Conconi, encontrando una alta correlación entre la frecuencia cardíaca y el

umbral anaeróbico ($r: 0.79$), lo que le permitió concluir la importancia de este método indirecto como alternativa para la determinación del umbral anaeróbico sustituyendo métodos invasivos.

Consumo máximo de oxígeno

Es un parámetro frecuentemente usado para valorar la capacidad de resistencia. Medida en una banda sin fin se obtienen valores más altos que en otros ergómetros por estar implicada una mayor cantidad de masa muscular. Por esto, en deportes donde esté implicada la carrera es el método ideal a usar en el laboratorio. Por esto, el consumo máximo de oxígeno parece no ser un indicador lo suficientemente sensible de la capacidad para realizar acciones específicas del fútbol ya que los múltiples gestos técnicos involucrados en el fútbol, se caracterizan por carreras discontinuas con cambios de velocidad y dirección (Svensson, 2005). Su valor en futbolistas se encuentra entre 55-70 ml/Kg/min (Guilherme, 2010).

Método D MAX

Dada la dificultad del método original de Conconi para encontrar el punto de deflexión de la frecuencia cardíaca y la baja sensibilidad de éste, se ha intentado encontrar otras formas de encontrarlo como el método DMAX propuesto por Kara et. Al (1996). Se realiza un gráfico frecuencia cardíaca y velocidad tipo regresión curvilínea, se unen con una línea recta los dos puntos extremos de la curva encontrando el punto de mayor distancia perpendicular a esta línea (Dumke, 2006; Kouhian; S; Alfaghari, 2006; Silva, 2005; Villamil, 2009). Se considera este el punto de deflexión si se encuentra arriba de la línea recta y punto de inflexión si está debajo (Silva, 2005). Este método parece ser más sensible y de más fuerte relación con el rendimiento que otros métodos cuando se aplica para encontrar el umbral láctico (Fabre, 2010)

Materiales y métodos

Sujetos

Veintinueve jóvenes jugadores de fútbol de sexo masculino, pertenecientes a la escuela de formación deportiva del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid de la ciudad de Medellín (Colombia) con una edad promedio de 13,57 años (Rango 12,20-15,18). Se informó a los padres de la investigación y solo participaron los que firmaron un consentimiento informado. El único criterio de selección inicial fue el de pertenecer al equipo mínimo desde el año anterior. De 33 que estuvieron de acuerdo en participar en la investigación realizaron al menos una prueba 29, porque hubo dificultades diversas que impidieron que algunos realizaran la segunda prueba.

Previo a la realización de las pruebas se realizó una valoración médica y se excluyeron del estudio quienes presentaran síntomas de gripe en los últimos tres semanas, muerte súbita de familiar de primer grado de consanguinidad menor de 30 años, alteraciones en el examen físico cardiovascular o lesión osteomuscular

actual. Se realizó además medición de la estatura en centímetros, peso en kilogramos y porcentaje de grasa por medición de cuatro pliegues (tricipital, subscapular, suprailíaco y abdominal).

Se realizó una prueba de Conconi en banda sin fin y un test de Probst como prueba de campo con una separación promedio entre ambas de 5,24 días para garantizar la recuperación y evitar cambios en su condición física producto del entrenamiento. Se realizó una prueba de Conconi en banda sin fin iniciando con una velocidad de 8 Kms/hora, 0% de inclinación. Cada 200 metros de recorrido la velocidad se incrementaba 0,5 Kms/hora. Se registraba la frecuencia cardíaca previo al cambio de velocidad. El test de Probst se realizó con base en el circuito de la figura 1. En el mismo sentido de las manecillas del reloj. Cada evaluado tenía un evaluador responsable quien anotaba sus datos. En cada fase de recuperación de 30 segundos se anotaba la frecuencia cardíaca. Toda la prueba se realizó basada en el protocolo previamente descrito.

Fueron evaluados 29 jóvenes de los cuales 8 no realizaron ambas pruebas (7 no realizaron el de Probst y 1 no realizó el de Conconi). Las razones por las que no realizaron una de las pruebas fueron: por lesión 3 (esguince de tobillo) o por retirarse del equipo (3), por enfermedad general (1) y uno porque no contamos con el adaptador de la banda sin fin para realizarle la prueba. A un joven no fue posible obtenerle datos del monitor cardíaco a pesar de repetirle la prueba.

Se evaluaron en total 17 jóvenes en ambas pruebas. 20 solo en Probst y 29 en Conconi. En ambos test se medía la frecuencia cardíaca y se anotaba su valor al finalizar de cada período previo al incremento de velocidad, en la prueba de Conconi y durante los treinta segundos de recuperación en el test de Probst. Además se registraba la velocidad máxima alcanzada, se obtenía el consumo máximo de oxígeno relativo indirecto con la misma fórmula del test de Leger (Jódar Montoro, 2003), el punto de deflexión de la frecuencia cardíaca (PDFC) con el método DMAX (figura 2) y la velocidad correspondiente al PDFC.

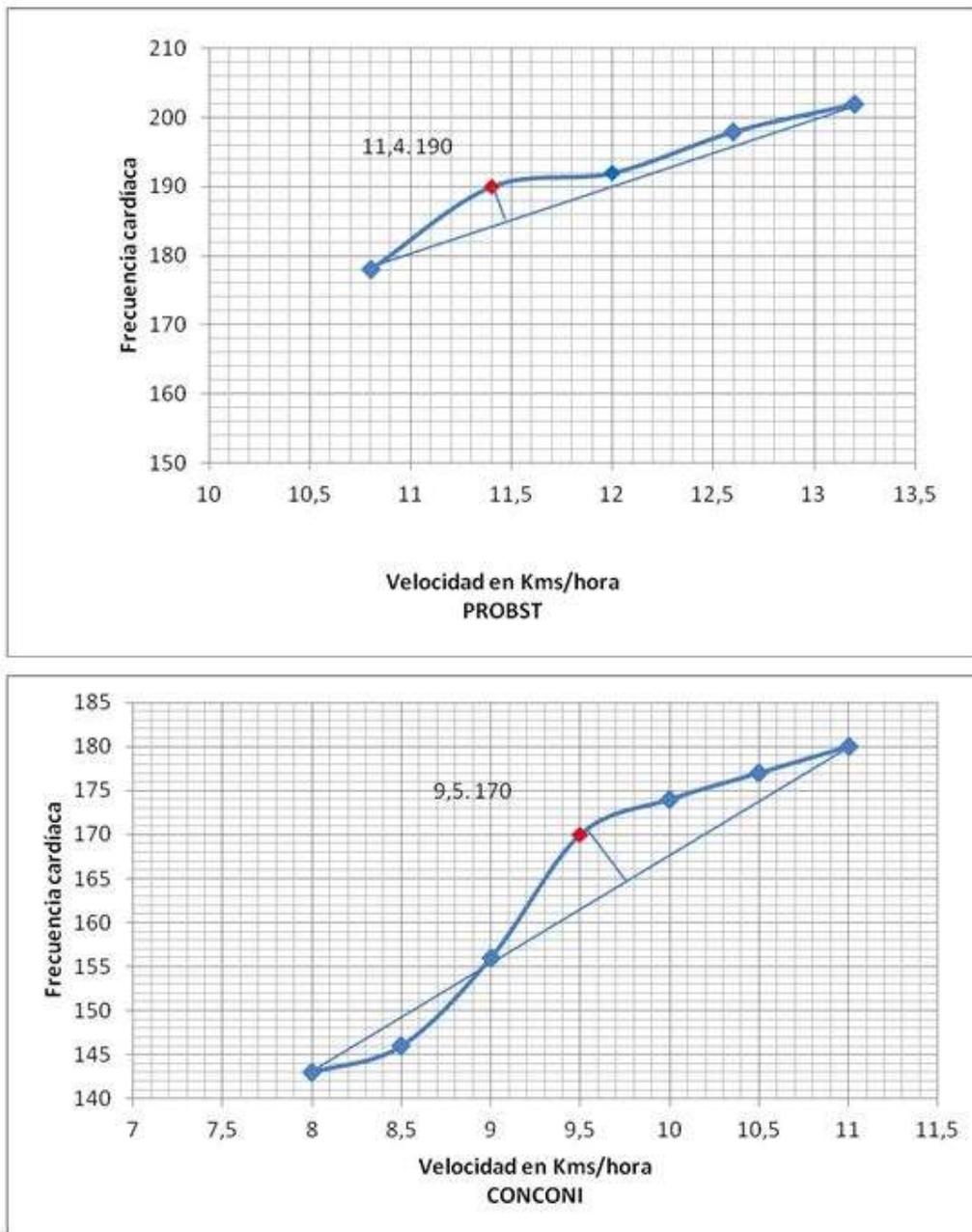


Figura 2. Determinación del PDFC por el método DMAX

Materiales

Báscula mecánica con tallímetro Detecto® (RGTA-200, USA) con rango de medición 0-200 kilogramos, precisión 200 gramos y en estatura con rango de medición 60-200 cm y precisión 0,1 cm. *Software* TVREF-v1,0® compatible con el entorno Windows . Computador portátil Hewlett Packard (sistema operativo Windows 7 Starter). 8 monitores Polar (Polar Electro OY, Kempele, Finland). 1 amplificador, de potencia 200-400W, alimentado con corriente alterna de 110 voltios, conectado en serie a la salida del computador. Banda

sin fin PRECORD® C954 de 4 HP con 0-15% de inclinación, 0,5 a 12 M/hora de velocidad. Cancha de fútbol con grama sintética avalada por FIFA del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid (Medellín, Colombia).

Para el análisis estadístico se empleó el software estadístico Statgraphics Centurion 15.1.2 y R 2.13.0. En primer lugar se obtuvieron estadísticos básicos descriptivos como son medias, desviación estándar, coeficiente de variación, valores mínimos y máximos de cada una de las variables de interés del investigador. Posteriormente se realizó un análisis de correlación (Pearson) de múltiples variables, también conocido como matriz de correlación, a fin de determinar la correlación que existe entre las dos pruebas.

Resultados

De las 27 personas evaluadas con la prueba de Conconi se encontró un PDFC en el 96,29% (26), de los cuales el 7,4 % (2) fueron por debajo de la línea.

De las 20 personas evaluadas con la prueba de Probst se encontró un PDFC en el 90% (18), de los cuales el 15% eran por debajo de la línea (3). Realizando el análisis global de las 47 pruebas analizadas el punto de quiebre se encontró en el 93,62% (44) y el 10,63% (5) correspondieron a puntos por debajo de la línea.

En el tabla 1 se encuentran los datos descriptivos de la población estudiada. En la tabla 2 aparecen los resultados de ambas pruebas. En las tablas 3 y 4 se encuentra el resumen de la información estadística y los resultados de las correlaciones realizadas. De lo anterior se concluye que no existe ningún tipo de correlación estadísticamente significativa entre las pruebas de actividad física realizadas en campo (Probst) y aquellas que se realizaron en banda (Conconi) a un 95% de nivel de confianza. Sin embargo, existen correlaciones significativas entre la velocidad medida en campo (pvel) con la velocidad máxima medida en campo (pvmax), la velocidad medida en campo (pvel) y la velocidad máxima medida en laboratorio (cvmax) y la velocidad medida en laboratorio (cvel) y la velocidad máxima medida en laboratorio (cvmax) de las cuales se esperaba ese resultado.

Tabla 1. Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Edad	29	12,20	15,18	13,5712	,86877
Peso en Kgs	29	31,9	77,7	49,534	9,4036
Estatura en cm	29	142,0	182,5	160,459	9,0646
N válido (según lista)	29				

Tabla 2. Resultados en ambas pruebas

Deportista	PROBST PDFC	PROBST Velocidad (Kms/Hora) PDFC	Conconi PDFC	Conconi Velocidad (Kms/Hora) PDFC	Velocidad máxima lograda PROBST (Kms/Hora)	Velocidad máxima lograda CONCONI (Kms/Hora)	VO ₂ máximo indirecto. Test de PROBST (ml/Kg/min)	VO ₂ máximo indirecto. Test de CONCONI (ml/Kg/min)
1	No se encontró		176	11	13,8	13,5	61,36	59,80
2	190	12	181	11	13,2	12	56,77	50,32
3	191	12,6	166	11,5	13,8	15,5	58,75	68,18
4	No se encontró		183	9	12,6	11,5	54,22	48,39
5	No pulsómetro		181	9,5	13,2	11,5	56,87	47,74
6	192	12	193	9,5	13,8	12	61,69	52,43
7	199	12	182	10	12,9	10,5	55,34	42,49
8	No la realizó		184	12,5		15,5		68,76
9	No la realizó		182	9		15,5		69,01
10	190	12	190	12	13,8	12,5	61,00	54,19
11	179	15,6	183	12,5	16,2	15	72,30	65,70
12	193	12	185	10,5	15	13	65,41	54,31
13	206	12	188	9,5	13,2	12,5	58,01	54,36
14	195	11,4	NO LA REALIZÓ		13,2		57,94	
15	179	11,4	175	10	12,6	11	54,24	45,76
16	No la realizó		165	10		13		55,88
17	184	13,8	190	9,5	16,8	12,5	75,57	51,91
18	190	11,4	170	9,5	13,2	11	57,50	45,88
19	202	12	192	10	12,6	12,5	54,39	53,86
20	156	11,4	190	12	13,2	12,5	58,15	54,51
21	No la realizó		180	9,5	12	11,5	52,27	49,68
22	No la realizó		192	10,5		13,5		59,61
23	190	11,4	187	9	15	10,5	67,49	44,06
24	No la realizó		184	11,5		14,5		64,64
25	203	11,4	195	12,5	14,4	14	62,81	60,63
26	196	12,6	188	11	15	13	66,00	55,10
27	203	14,4	188	13	15	15,5	65,27	68,05
28	Lesión		188	11		15		68,08
29	No lo hizo		No se encontró			10		41,86

Tabla 3. Resumen de estadísticas

	pfc	pvel	cfc	cvel	pvmax	cvmax
Cuenta	17	17	17	17	17	17
Media	190,765	123,529	184,882	107,647	14,1	126,765
Desviación Estándar	119,715	118,222	803,805	12,762	123,693	157,064
Coefficiente de Variación	627552%	957036%	434766%	118554%	877257%	123902%
Mínimo	156,0	11,4	166,0	9,0	12,6	10,5
Máximo	206,0	15,6	195,0	13,0	16,8	15,5
Rango	50,0	4,2	29,0	4,0	4,2	5,0
Coefficiente de asimetría estandarizada	-251,922	297,575	-198,566	0,623305	128,598	0,900401
Coefficiente de curtosis normalizado	297,156	231,127	0,700282	-108,362	-0,128719	-0,301354

Tabla 4. Correlaciones

	pfc	pvel	cfc	cvel	pymax	cvmax
pfc		-0,0017	0,1445	-0,1266	-0,0532	0,1120
		-17	-17	-17	-17	-17
		0,9948	0,5800	0,6283	0,8394	0,6686
pvel	-0,0017		0,0323	0,4313	0,6924	0,6510
	-17		-17	-17	-17	-17
	0,9948		0,9022	0,0839	0,0021	0,0046
cfc	0,1445	0,0323		0,1129	0,2470	0,0067
	-17	-17		-17	-17	-17
	0,5800	0,9022		0,6662	0,3391	0,9796
cvel	-0,1266	0,4313	0,1129		0,2019	0,7626
	-17	-17	-17		-17	-17
	0,6283	0,0839	0,6662		0,4370	0,0004
pymax	-0,0532	0,6924	0,2470	0,2019		0,4247
	-17	-17	-17	-17		-17
	0,8394	0,0021	0,3391	0,4370		0,0893
cvmax	0,1120	0,6510	0,0067	0,7626	0,4247	
	-17	-17	-17	-17	-17	
	0,6686	0,0046	0,9796	0,0004	0,0893	

Discusión

Basado en resultados de diferentes estudios que aplicaron el método de Conconi para hallar el PDFC, el método DMAX ofrece ventajas por encontrarse con más facilidad en un porcentaje mayor de los evaluados. De todas maneras otros investigadores han encontrado que el PDFC no siempre se encuentra (KARA M., 1997). En nuestro estudio el porcentaje de PDFC no encontrado es del 3,71% en el test de Conconi, del

10% en el de Probst y sumados ambos del 6,38%, porcentajes inferiores a los encontrados al aplicar la metodología propuesta por Conconi et al (Silva, 2005).

El test de Probst inicia a una velocidad de 10,8 Kilómetros/hora lo que corresponde a la velocidad de la sexta fase en la prueba de Conconi que se inició en 8 Kilómetros/hora. Esto indica una dificultad porque mientras más datos de frecuencia cardíaca se obtengan es más fácil encontrar el PDFC. Algunos autores refieren obtener como mínimo 8 valores para poder encontrarlo. Esto podría explicar la diferencia en términos porcentuales de los PDFC encontrados en el test de Probst (90%) con el de Conconi (96,29%).

No hay una correlación al comparar los PDFC entre el test de campo y el de laboratorio en un mismo individuo. Este resultado está en concordancia con múltiples estudios que demuestran una baja correlación entre las pruebas de campo y de laboratorio y este parámetro no es la excepción a estos hallazgos. Parece más práctico aplicarlo en el test de campo aprovechando las ventajas que brinda realizar las evaluaciones en el medio en el que practican el deporte, para luego llevarlo al entrenamiento. Esto se ha demostrado en estudios comparando test de campo y de laboratorio en los que se han encontrado frecuencias cardíacas máximas en el campo considerablemente mayores que las registradas durante un test en laboratorio (Semin, 2008).

Los valores de consumo máximo de oxígeno son ostensiblemente diferentes lo cual se corresponde con los resultados de la frecuencia cardíaca. Los resultados de las pruebas de campo permiten ser llevados al entrenamiento con mayor beneficio de objetividad al compararlos con los obtenidos en el laboratorio. Las diferencias climatológicas, el tipo de calzado usado (guayos en la cancha y tenis en la banda sin fin), la adaptación a la banda (por momentos tenían que asirse de ella) y los cambios de dirección en el test de Probst juegan un importante papel en la baja correlación entre ambos resultados, lo que inclina la balanza en favor de las pruebas de campo cuando se pretende llevar sus resultados a la aplicación de las cargas de entrenamiento.

No hay diferencias entre los grupos de edad estudiados pero hay una correlación entre la edad y la velocidad máxima alcanzada. En nuestro estudio no incluimos la evaluación de la madurez sexual, que nos habría brindado más objetividad al momento de cruzar estas variables.

Si bien los métodos indirectos pierden precisión, la facilidad de su aplicación y la utilidad de sus resultados los hace un excelente medio para controlar el entrenamiento. El hallar el umbral de la frecuencia cardíaca por el método DMAX brinda facilidad en la obtención de la información y sería interesante compararlos con otros métodos sencillos como su obtención como a través de la percepción subjetiva del esfuerzo con la escala de Borg (Silva, 2005).

Conclusiones

La estimación del PDFC en pruebas de campo y de laboratorio no tiene una significativa correlación por lo que los datos no pueden usarse entre sí.

El método DMAX es un método sencillo y útil para hallar el PDFC.

El hallazgo del PDFC permite tener una información valiosa para el entrenamiento usando como parámetro la frecuencia cardíaca o la velocidad de desplazamiento a la que ésta se logra si la prueba de la cual se obtiene es de campo.

Recomendaciones

Las pruebas de laboratorio son de gran utilidad en el control del entrenamiento por su precisión, si en ella se pueden aplicar medidas directas para obtener el consumo máximo de oxígeno y el umbral anaeróbico. Si sus mediciones van a ser indirectas, es preferible realizar pruebas de campo que nos brindan la misma información pero con la ventaja de poder llevar sus resultados al entrenamiento.

Referencias

- Billat, V. (2002). *Fisiología y metodología del entrenamiento. De la teoría a la práctica*. Barcelona: Ed. Paidotribo.
- Calderón, F. J. B., P.J.; Peinado, A.B. y Díaz, V. (2008). Physiological meaning of the aerobic-anaerobic transition. *Rev. int. med. cienc. act. fís. deporte*, 8(32), 321-337.
- Conconi, F. F., M; Ziglio, G; Droghetti, P; Codecal, L. (1982). Determination of the anaerobic threshold by a non invasive field test in runners. *J. Appl. Physiol*, 52(4), 869-873.
- De Lucca, L. W. F., G; Rozanski, É A. (2010). Consideracoes fisiológicas e metodológicas sobre o limiar de Conconi. *Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte*, 9(1), 62-76.
- Dumke, C. L. B., David W; Helms, Brock H; Haff, G Gregory. (2006). Heart rate at lactate threshold and cycling time trials. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(3), 601.
- Fabre, N. B., F; Pellegrini, B; Schena, F. (2010). The modified DMAX method is reliable to predict the second ventilatory threshold in elite cross-country skiers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(6), 1546.
- Fernandez, J. C., J. Gomez, A. Molina, R. (2003). Evaluación de la velocidad máxima en jóvenes atletas. *EFDeportes.com, Revista Digital. Buenos Aires*, 9(61). <http://www.efdeportes.com/efd61/veloc.htm>
- García L, J. V., J.V. Rodríguez, Ja. Morante, J.C. (2003). Aplicación de un test de esfuerzo interválico (Test de Probst) para valorar la cualidad aeróbica en futbolistas de la liga española. *Apunts. Educación Física y Deportes* (71), 80-88.
- García López, J. R. M., J.A.; Morante Rábago, J.C.; González Montesinos, J.L.; Mora Vicente, J. y. V. V., J.G. (2004). Validity of lactic acid in an interval stress test (Probst test) to determine a soccer player's anaerobic threshold. *International Journal of Soccer and Science*, 2(1), 3-19.

- Grazi G, C. I., Mazzone G, Uliari S, Conconi F. (2005). Protocol for the Conconi Test and Determination of the Heart Rate Deflection point. *Physiological Research*, 54(4), 473.
- Gripp F, L. A., Gonçalves R, Szmuchowski L. (2009). Sustained, prolonged exercise at stable heart rate defined by the deflection point identification method. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(2), 632.
- Guilherme, F.-G. R. d. S.-T. F. B. (2010). Comparison of technical and physiological characteristics of prepubescent soccer players of different age. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(7), 1790.
- Hofmann, P. V. D., F; Seibert, R; Pokan, M; Wonisch, L; Lemura, M and Schwabegger, G. (2001). %HR max target heart rate is dependent on heart rate performance curve deflection. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 33(10), 1726-1731.
- Ignjatović, A. H., P. Radovanović, D. (2008). Non-invasive determination of the anaerobic threshold base don't be heart rate deflection point. *Physical Education and Sport*, 6(1), 1 - 10.
- JA Vachon, D. B., Jr. and S Clarke. (1999). Validity of the heart rate deflection point as a predictor of lactate threshold during running. *J Appl Physiol*, 87, 452-459.
- Jeukendrup, J. A. a. A. E. (2003). Heart Rate Monitoring. Applications and Limitations. *Sports Med* 33(7), 517-538.
- Jódar Montoro, R. (2003). General overview about the validity of Course Navette test to estimate the VO2 Max. in an indirect way. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 3(11), 173-181.
- John A. Vachon, D. R. B., Jr. and Stephen Clarke. (1999). Validity of the heart rate deflection point as a predictor of lactate threshold during running. *J Appl Physiol*, 87(1), 452-459.
- Kara M., G. H., Bediz C., Ücok K. (1997). Comparison of two non-invasive methods in the determination of anaerobic threshold in sedentary men. *Eastern journal of medicine*, 2(2), 101-105.
- Kouhian; S; Alfaghari, Z. (2006). Determination of anaerobic threshold by dmax method. *Research on sports science spring* 10(1), 15-27.
- Laurent Bosquet, L. L. a. P. L. (2002). Methods to Determine Aerobic Endurance. *Sports Med*, 32(11), 675-700.
- Leminszka, M. A. D.-A., G; Martínez, S. O; Garza, J. E. (2010). Modelación del nivel de ácido láctico para atletas de alto rendimiento. *Revista mexicana de ingeniería biomédica.*, 21(1), 41-56.
- Lepretre Pierre-Marie , F. C., Koralsztejn Jean-Pierre and Billat Veronique L. (2005). Heart rate deflection point as a strategy to defend stroke volume during incremental exercise. *J Appl Physiol*, 98, 1660-1665.
- Metaxas, T. K., NA; Kouidi, EJ; Delig, A. (2005). Comparative study of field and laboratory tests for the evaluation of aerobic capacity in soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(1), 79.
- Ortiz , O. (2000). Test de Conconi como método de evaluación no invasivo del umbral anaeróbico en adolescentes. *Acta colombiana de Medicina del Deporte*, 7(1).

- Ramos Álvarez, J. J. S. M., J.C. y López-Silvarrey Varela, F.J. (2009). Laboratory test versus field test in football (soccer) players assessment. *Rev. int. med. cienc. act. fís. deporte*, 9(35), 312-321.
- Rhodes, M. E. B. a. E. C. (2000). A Review of the Concept of the Heart Rate Deflection Point. *Sports Med*, 30(1), 31-46.
- Semin, K. S., BS; Shaw, I. (2008). Discrepancia entre las Medidas de la Frecuencia Cardíaca Máxima Obtenidas en el Entrenamiento, la Competencia y el Laboratorio en Corredores de Fondo de la División 2 de la NCAA. *Journal of Sports science and Medicine*, 7(1), 455-460.
- Silva, A. D., MRC; Franco, VHP; Lima, JRP; Novaes, JS. (2005). Estimativa de umbral de Conconi por medio de la Escala de Borg en cicloergómetro. *Fitness & Performance Journal*, 4(4), 215-219.
- Svensson M, D. B. (2005). Evaluación de los Jugadores de Fútbol. *Journal of Sports Science*, 23(6), 601-618.
- Villamil, J. (2009). *Validez y fiabilidad del método de la frecuencia cardíaca para la valoración del metabolismo aeróbico-anaeróbico en remeros de alto nivel.*, Universidad de Oviedo, Oviedo.
- Weekes, S., Davie, AJ & Zhou, S. (1996). Validation of the Dmax method as a predictor of lactate threshold. *Australian Conference of Science and Medicine in Sport: abstracts*, 444-445.

Lecturas: *Educación Física y Deportes, Revista Digital*. Buenos Aires, Año 17, N° 170, Julio de 2012. <http://www.efdeportes.com/efd170/punto-de-deflexion-de-la-frecuencia-cardiaca.htm>