

Ciencias aplicadas

Normas de referencia para la evaluación del consumo máximo de oxígeno en deportistas jóvenes

Reference standards for the assessment of maximum oxygen consumption in young athletes

José Rafael Padilla Alvarado^{1*} ; Jesús León Lozada Medina²  y Yudelis Leonardo Torres³ 

¹ Docente Asociado adscrito al Programa Ciencias de la Educación, Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora (UNELLEZ) Barinas, Venezuela

² Observatorio de Investigación en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte (OICAFD) UNELLEZ-VPDS, Venezuela

³ International Network of Wrestling Researchers (La Grange, Illinois, USA)

*Email de correspondencia: joserafael.pa@gmail.com

Recibido: 25-6-2018

Aceptado: 30-8-2018

Cita sugerida (APA, sexta edición)

Padilla, J.; Lozada, J. y Torres, Y. (2018). Normas de referencia para la evaluación del consumo máximo de oxígeno en deportistas jóvenes. *Revista Con-Ciencias del Deporte*, 1(1), 65-81. Recuperado de <http://revistas.unellez.edu.ve/revista/>



Resumen

La investigación tuvo como objetivo elaborar normas de referencia para la evaluación del consumo máximo de oxígeno en deportistas jóvenes de ambos géneros pertenecientes a la Unidad Educativa de Talentos Deportivos del estado Barinas, en función de la edad cronológica y la maduración somática. Metodológicamente es un estudio con enfoque cuantitativo, cuyo diseño de campo, de nivel descriptivo y de corte transversal. Se seleccionó una muestra de 481 jóvenes deportistas (300 varones y 181 hembras) de las diferentes especialidades deportivas pertenecientes a la Unidad Educativa de Talentos Deportivos del estado Barinas, con edades comprendidas entre 12 y 19 años. Los métodos y procedimientos usados correspondieron a: medición de variables antropométricas para describir las características físicas básicas de los sujetos por géneros, el protocolo usado fue el de ISAK. Para la maduración somática se empleó el pico de crecimiento en talla. El consumo máximo de oxígeno se estimó mediante la prueba de Course Navette. Las normas de referencia se elaboraron con el empleo de percentiles, los cuales fueron elaboradas con el método LMS y el empleo del software LMS Chartmaker Pro versión 2.3. Se establecen los valores suavizados por el LMS para la construcción de las curvas percentilares de referencias de Vo_2 máx por edad y pico de crecimiento en talla por medio de la evaluación de jóvenes deportistas en ambos géneros. Se concluye que los valores suavizados de LMS que permitieron la construcción de las curvas percentilares de Vo_2 máx por edad cronológica y pico de crecimiento en talla a partir de la evaluación de la condición física de jóvenes deportistas masculinos y femeninos, se establecen como normas de referencia para evaluar el Vo_2 máx y calificar el nivel de condición física aeróbica de deportistas en ambos géneros por edad cronológica y pico de crecimiento en talla.

Palabras clave: consumo máximo de oxígeno, normas.



Abstract

The objective of the research was to develop reference standards for the assessment of maximum oxygen consumption in young athletes of both genders belonging to the Sports Talent Education Unit of Barinas state, based on chronological age and somatic maturation. Methodologically it is a study with a quantitative approach, whose field design, descriptive level and cross section. A sample of 481 young athletes (300 males and 181 females) was selected from the different sports specialties belonging to the Sports Talent Education Unit of the Barinas state, aged between 12 and 19 years. The methods and procedures used corresponded to: measurement of anthropometric variables to describe the basic physical characteristics of the subjects by gender, the protocol used was that of ISAK. For somatic maturation, the height growth peak was used. The maximum oxygen consumption was estimated using the Course Navette test. The reference standards were elaborated with the use of percentiles, which were elaborated with the LMS method and the use of the LMS Chartmaker Pro software version 2.3. The values smoothed by the LMS are established for the construction of the percentile curves of Vo_{2max} references by age and height growth peak by means of the evaluation of young athletes in both genders. It is concluded that the smoothed values of LMS that allowed the construction of the Vo_{2max} percentile curves by chronological age and peak growth in height from the evaluation of the physical condition of young male and female athletes, are established as reference standards for evaluate the Vo_{2max} and qualify the aerobic fitness level of athletes in both genders by chronological age and height growth peak.

Keywords: maximum oxygen consumption, standards.

Introducción

El consumo máximo de oxígeno ($Vo_2máx$) se considera el *gold standard* en la valoración de la condición física aeróbica de un individuo. Desde el punto de vista fisiológico, el $Vo_2máx$ es la cantidad máxima de oxígeno que el organismo es capaz de captar, transportar y consumir a nivel mitocondrial por la vía metabólica aeróbica en un tiempo determinado. Se ha de considerar por otra parte que el $Vo_2máx$ es el equivalente a la potencia aeróbica y sus valores son expresados en términos absoluto (lts/min o ml/min) y en forma relativa (ml/kg/min).

Si bien es cierto que, el $Vo_2máx$ al igual que las cualidades físicas o cualquier otra capacidad funcional, presenta un aumento, un punto máximo y un declive durante el transcurso de la vida o cuando se avanza en edad cronológica. En este sentido, se ha documentado una disminución del $Vo_2máx$ con el envejecimiento biológico en hombres entrenados y no entrenados, Wilmore y Costill (2007).

La dinámica evolutiva del $Vo_2máx$ presenta una disminución a medida que incrementa la edad. Esto depende del nivel de condición física del individuo, es decir, si los mismos son sedentarios o deportistas. El poder determinar dicha involución es necesario contar con normas de referencia que permitan evaluar la condición aeróbica de los sujetos. Al respecto, Padilla y Lozada (2012) destacan que en ambos géneros a medida que se alcanza o supera el pico de crecimiento en talla se denota una disminución del potencial aeróbico relativo, además del incremento del rendimiento aeróbico.

Por otro lado, se ha establecido que los valores de $Vo_2máx$ en ambos géneros son similares en la pubertad, aunque también se describe que la mujer alcanza los máximo valores de $Vo_2máx$ entre los 13 y 15 años, aproximadamente, mientras que el hombre lo hace entre los 18 y los 22 años, Varo y Gay (s/f). Es de gran inquietud para efectos de esta investigación conocer el estado de forma física en términos de $Vo_2máx$ de jóvenes deportistas en ambos géneros durante su desarrollo y crecimiento, que permita a partir

de los resultados obtenidos en este estudio generar curvas percentilares de referencia para la evaluación de la condición física aeróbica. Por estas razones, es pertinente mencionar algunos estudios previos relacionados con esta investigación.

En Venezuela, en el año 1995, Alexander publicó los resultados del proyecto juventud, investigación que permitió la descripción cuantitativa de los niveles de aptitud física, las características morfológicas, la composición corporal y estado nutricional del estudiante, entre 7,5 a 18,4 en ambos géneros. Dentro del conjunto de pruebas estándar, para evaluar el rendimiento aeróbico usó la prueba de 1000-1200 metros y estimó el $Vo_2máx$ mediante la ecuación de Klissouras, Pirnay y Marie (1973). Es de señalar, que el proyecto juventud establece Tablas de referencia normadas para evaluar el rendimiento aeróbico (tiempo en segundos) de sujetos escolares en ambos géneros en función solo de la edad cronológica.

Por su parte, Ortega et. al. (2005) en su trabajo que lleva por nombre Avena presentan los valores normativos del $Vo_2máx$ para los adolescentes españoles de ambos géneros. Usaron el test de Course Navette para la evaluación de la aptitud cardiorrespiratoria. Ambos estudios emplean como muestra a jóvenes escolares, siendo estos puntos de corte específicos para esta población.

Estos mismos autores Ortega et. al. (2011) presentan para la población europea un estudio que denominan Helena en el cual elaboran los puntos de corte percentilares para evaluar el $Vo_2máx$ en adolescentes. Igual que el estudio Avena utilizan el test de Course Navette. Castro-Piñeiro et. al. (2011) diseñaron valores de percentiles de los test de campo de la capacidad aeróbica en niños de 6 a 17 años y calculan la influencia del peso corporal en dicha capacidad aeróbica. Estos tres estudios emplean el test de Course Navette para elaborar las normas de evaluación del $Vo_2máx$, no obstante, usan población no deportiva.

Lant, Tremblay, Ortega, Ruiz y Tomkinson (2016) llevaron a cabo un estudio internacional con el objetivo de elaborar las normas evaluativas para el $Vo_2máx$ en 50

países. Las normas fueron construidas para ambos géneros y edades entre los 9 y 17 años.

Basados en una revisión de la literatura, en los estudios citados anteriormente, así como en consultas realizadas a especialistas y mediante la observación empírica, se coincide con la necesidad de establecer normas de referencia para la evaluación del nivel de condición física aeróbica ($Vo_2máx$) de jóvenes deportistas en ambos géneros en función de un rango de edad específica considerando además su nivel maduración somática.

A consecuencia de una sensible escases de información en cuanto al establecimiento de Tablas o curvas percentilares para evaluar el $Vo_2máx$ en jóvenes deportistas, los resultados de la aplicación de pruebas que evalúan la condición física aeróbica en términos de $Vo_2máx$ de los jóvenes deportistas en ambos géneros son comparados y calificados por medio de cortes percentilares de Tablas construidas a partir de los resultados obtenidos de sujetos escolares físicamente activos o incluso con cierto grado de sedentarismo.

De acuerdo con este planteamiento, *el objetivo de esta investigación es establecer normas de referencia para la evaluación del $Vo_2máx$ de jóvenes deportistas en ambos géneros pertenecientes a la Unidad Educativa de Talentos Deportivos del estado Barinas, de acuerdo con un rango de edad cronológica específica y maduración somática.*

Metodología

Diseño metodológico

El estudio es en una investigación con un enfoque cuantitativo. Su tipo es de campo, al recopilar los datos de los test en el terreno donde los deportistas realizaban sus entrenamientos. Referente al nivel es descriptiva, de corte transversal, con un diseño no experimental.

Muestra

Antes de llevar a cabo el desarrollo de esta investigación, la participación de los sujetos en el estudio quedó supeditada por escrito mediante un consentimiento informado y autorización firmada por el representante legal, en él se explicaba en detalle la intencionalidad del estudio. Esto se hizo en acuerdo a lo descrito por el Comité de Ética del Observatorio de Investigación en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte (OICAFD) perteneciente al Vicerrectorado de Planificación y Desarrollo Social (VPDS) de la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora (UNELLEZ) y estándares internacionales establecidos en la declaración de Helsinki, lo cual estipula el desarrollo de investigaciones en seres humanos.

La muestra estuvo representada por 481 jóvenes deportistas pertenecientes a la Unidad Educativa de Talentos Deportivos del estado Barinas en las especialidades de: Atletismo, Baloncesto, Béisbol, Boxeo, Esgrima, Fútbol Campo, Judo, Karate Do, Lucha Libre y Greorromana, Natación, Patinaje, Levantamiento de Pesas, Polo Acuático, Tenis de Mesa, Tae kwon do, Tiro con Arco y Voleibol (300 masculinos y 181 femeninos) ubicados desde el primer hasta el quinto año de bachillerato. Las edades se encontraban comprendidas entre los 12 y 19 años de edad cronológica. Estos sujetos realizaban entrenamiento a diario en un tiempo promedio de 120 minutos. Las características básicas de la muestra de estudio se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Promedio y desviación estándar de las características básicas de los sujetos

	Masculino (n: 300)	Femenino (n: 181)	P-valor
Edad (años)	14,59 ± 1,50	14,11 ± 1,51	< 0,001
Estatura parada (cms)	165,86 ± 10,35	159,45 ± 6,62	< 0,001
Estatura sentada (cms)	87,48 ± 6,28	85,25 ± 4,43	< 0,001
Masa corporal (kg)	53,477 ± 11,936	50,512 ± 10,624	< 0,001
% Grasa (%)	14,19 ± 5,83	22,18 ± 5,58	< 0,001
∑ de 8 Panículos (mm)	73,26 ± 32,99	113,72 ± 39,58	< 0,001

Protocolos y procedimientos

Protocolo para el $Vo_2máx$

Se usó el protocolo de prueba de campo incremental e intermitente Course Navette diseñada originalmente para la evaluación de la condición física aeróbica, Léger y Lambert (1982); modificada y validada posteriormente para tal fin por Léger, Mercier, Gadoury y Lambert (1988); Ramsbotton, Brewer y Williams (1988). Para la estimación del $Vo_2máx$ se empleó la fórmula propuesta por Ruiz et. al. (2008).

Protocolo para la estimación del PCT

Se empleó el protocolo Sociedad Internacional para el Avance de la Kinantropometría (ISAK) (2006) para la medición de variables antropométricas básicas (masa corporal, estatura parada y panículos adiposos). Todas las mediciones antropométricas fueron hechas por un antropometrista nivel II expedido por la ISAK. El margen de error de las mediciones estuvo dentro de los límites aceptados (<5%). La *maduración somática* se estimó por medio de la ecuación desarrollada por Mirwald, Baxter, Bailey y Beunen (2002) y cuyos valores obtenidos sirven para describir la ubicación del pico de crecimiento en talla (PCT) de un sujeto.

Modelo estadístico

Se usó la prueba estadística paramétrica Kolmogorov-Smirnov para determinar la distribución de normalidad de los datos. Una vez corroborado la distribución se calculó la estadística descriptiva de media y desviación estándar para los test empleados. Se utilizó la prueba *t* de student como función discriminante entre grupos (masculinos y femeninos) para determinar diferencias de las características físicas básicas de los sujetos, estableciendo una significación de *p*-valor inferior a alfa (α : 0.05), con un nivel de confianza de 95% a un margen de error de 5% para cada caso.

Los datos fueron procesados con el Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales (SPSS-*Statistical Package for the Social Sciences*) versión 24.0 para Windows. Se calcularon los percentiles 3, 10, 25, 50, 75, 90 y 97 para el $Vo_2máx$ con el método de los

mínimos cuadrados (*least mean squares*, LMS) en función de la edad cronológica y PCT por las curvas L, M y S, que representan la asimetría, la mediana y la variabilidad, respectivamente, utilizando el paquete estadístico *Growth Analyzer®* y el software *LMS Chartmaker Pro* versión 2.3.

Resultados

El primer análisis realizado acerca de la exploración de los datos demuestra que los mismos proceden de una distribución normal, para ambos géneros (Figuras 1 y 2 respectivamente). En las Tablas 2 y 3 se muestran los valores de referencia para el VO_2 máx por edad y género, expresados en percentiles suavizados con la metodología LMS.

Histogramas de frecuencia y su aproximación a la curva normal

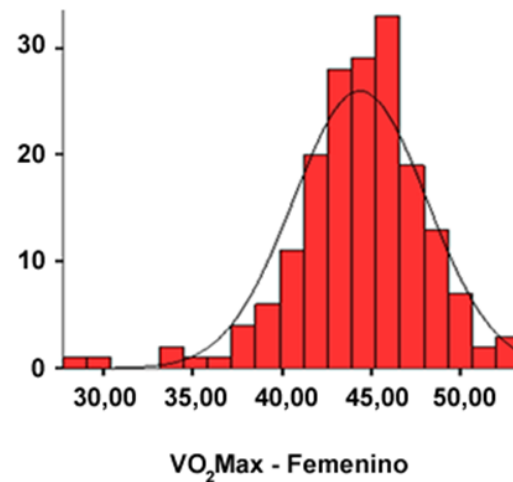
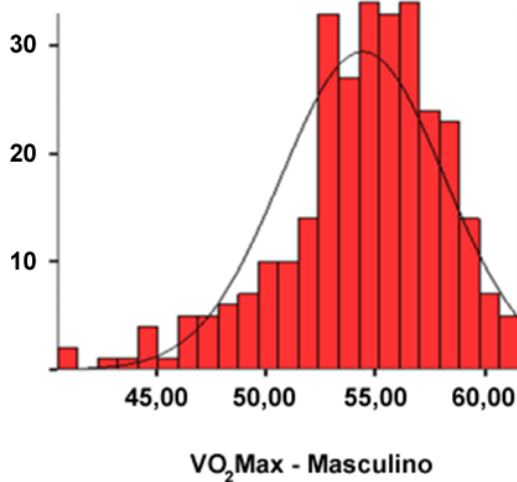


Figura 1. Curvas de normalidad del VO_2 máx para el género masculino

Figura 2. Curvas de normalidad del VO_2 máx para el género femenino

Tabla 2. Valores de LMS y percentilares del Vo₂máx para el género masculino

Edad (años)	Percentiles									
	L	M	S	p3	p10	p25	p50	p75	p90	p97
11	1,32	51,72	0,05	45,89	47,86	49,80	51,72	53,62	55,49	57,35
12	1,42	52,80	0,05	47,00	48,96	50,89	52,80	54,67	56,51	58,33
13	1,84	53,17	5,24	47,32	49,34	51,29	53,17	55,01	56,79	58,52
14	2,97	53,87	5,22	47,53	49,82	51,92	53,87	55,68	57,39	59,00
15	4,26	54,99	5,26	47,81	50,58	52,94	54,99	56,82	58,47	59,99
16	4,63	55,03	5,16	47,81	50,65	53,00	55,03	56,81	58,42	59,88
17	4,64	54,52	5,02	47,62	50,32	52,57	54,52	56,25	57,80	59,21
18	4,62	54,62	4,91	47,92	50,52	52,72	54,62	56,31	57,84	59,236

En las Figuras 3 y 4 se observan los percentiles del Vo₂máx para ambos géneros. Se puede apreciar, como los chicos presentan mejor rendimiento en todas las edades que su contraparte de las chicas, como era de esperarse. Igual tendencia se proporciona al compararlos con el PCT (Figuras 5 y 6) en donde ellos tienen mejor rendimiento, en todos los percentiles, en comparación a ellas.

Tabla 3. Valores de LMS y percentilares del Vo₂máx para el género femenino

Edad (años)	Percentiles									
	L	M	S	p3	p10	p25	p50	p75	p90	p97
11	3,71	45,05	4,79	40,02	41,88	43,55	45,05	46,43	47,71	48,90
12	2,03	45,35	4,94	40,61	42,25	43,83	45,35	46,82	48,24	49,62
13	0,51	45,32	5,02	40,87	42,33	43,81	45,32	46,85	48,41	49,99
14	-0,24	45,22	5,48	40,58	42,06	43,61	45,22	46,91	48,69	50,54
15	0,37	44,63	0,06	39,45	41,13	42,86	44,63	46,45	48,31	50,22
16	1,655	43,56	6,50	37,62	39,67	41,64	43,56	45,43	47,24	49,01
17	2,93	41,76	6,78	35,11	37,58	39,78	41,76	43,57	45,25	46,81
18	4,14	39,52	6,95	32,11	35,15	37,53	39,52	41,23	42,74	44,10
19	5,30	37,13	7,07	28,57	32,57	35,17	37,13	38,72	40,08	41,26

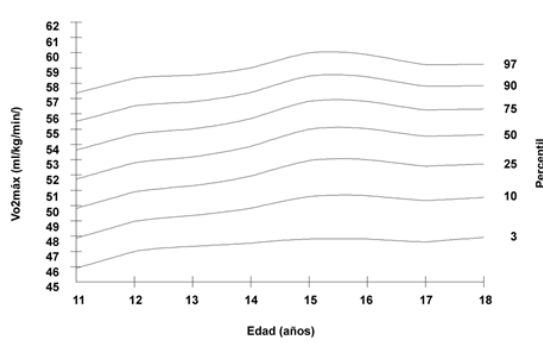


Figura 3. Curvas de percentiles del $Vo_2m\acute{a}x$ para el género masculino en función de la edad cronológica

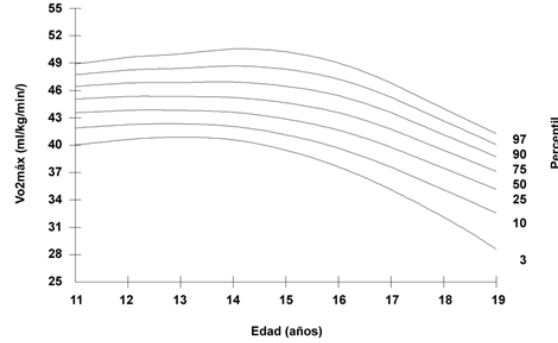


Figura 4. Curvas de percentiles del $Vo_2m\acute{a}x$ para el género femenino en función de la edad cronológica

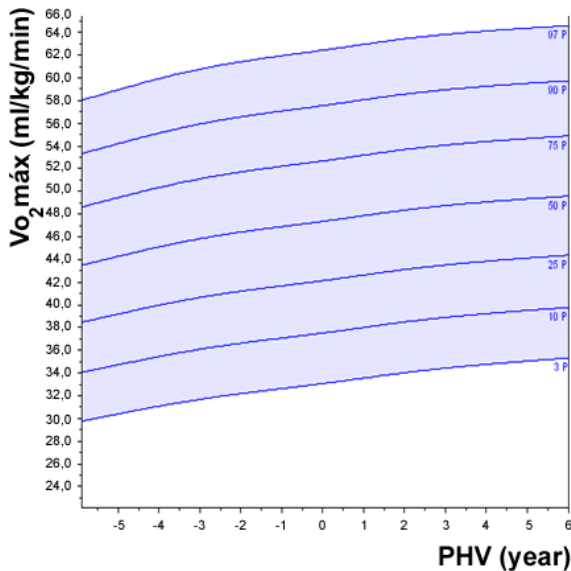


Figura 5. Curvas de percentiles del $Vo_2m\acute{a}x$ para el género masculino en función del PCT

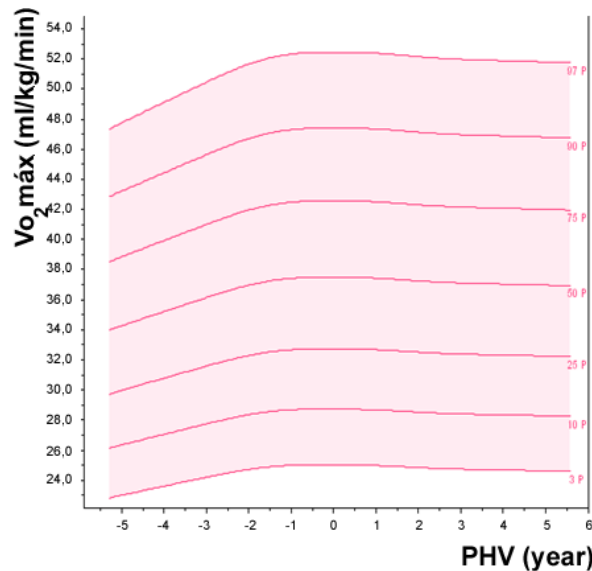


Figura 6. Curvas de percentiles del $Vo_2m\acute{a}x$ para el género femenino en función del PCT

Discusión

Este estudio estableció por primera vez normas de referencia para evaluar el $Vo_2m\acute{a}x$ de jóvenes deportistas en ambos géneros por edad cronológica y por PCT. Los principales hallazgos de esta investigación demuestran: variaciones en los percentiles del $Vo_2m\acute{a}x$ cuando se comparan estos resultados por género, edad cronológica y por

PCT. Las chicas, después de alcanzar su máximo pico de crecimiento, parecen estabilizar su $Vo_2máx$ y cuando se analiza por edad cronológica, el $Vo_2máx$ muestra un descenso después de los 14 años de edad. Por el contrario, los varones siguen aumentando su $Vo_2máx$ al alcanzar y pasar su pico de crecimiento en talla y con variaciones pequeñas en descenso y aumento después de los 16 años.

Los hallazgos encontrados en este estudio destacan una mejor condición física en los varones conforme aumenta la edad, la estabilidad y descenso de la condición física en las hembras según su avance en edad, son sustentados por Ortega et. al. (2011) mediante una estimación de la condición física en 3428 adolescentes de 10 ciudades europeas. Esta tendencia en las niñas también es fundamentada por Eisenmann et. al. (2002) afirmando además que la tendencia a un descenso ocurre sólo en el caso de las niñas adolescentes a los 15 años o más.

Por otro lado, los valores suavizados *LMS* del $Vo_2máx$ para cada género, edad cronológica y PCT fueron obtenidos del programa *LMS Chartmaker Pro* versión 2.3., software que sirve de herramienta para hacer diferentes operaciones con datos auxológicos, disponible en internet y de libre acceso. En ese sentido, disponer de valores suavizados de *LMS* aporta algunas ventajas, una de ellas es que la Figuración de los percentiles se hizo en forma computarizada y no estuvo sujeta al posible error humano de la Figuración manual. Un estudio previo ha considerado este método para obtener valores de referencia de peso y altura en niños y niñas argentinos, Lejarraga, del Pino, Fano, Caino y Cole (2009).

Bajo este método, otros estudios han establecidos percentiles sobre la condición física aeróbica en niños y adolescentes, Aguilar et. al. (2011). Por ejemplo, los resultados de este estudio arroja valores calculados de $Vo_2máx$ para las hembras (media \pm DS) de $48,5 \pm 13,3$ ml/kg/min y para los varones valores de $51,8 \pm 14,0$ ml/kg/min. A la luz de estos resultados, se demuestra una mejor condición física aeróbica en niños y adolescentes de género masculino. Estos resultados están acordes con los del presente estudio, los jóvenes deportistas de género masculino presentan

mayores valores de $Vo_2m\acute{a}x$ que su contraparte femenina en cada a\~no y conforme avanza la edad.

Con el objeto de facilitar una calificaci3n de la condici3n f\isica aer3bica de ni\~os y adolescentes, en una escala de 1 a 10 puntos, Aguilar et. al. (2011) considera los percentiles p5 a p95 sugiriendo que, con los resultados hallados en su estudio, se podr\ia realizar una clasificaci3n intuitiva del sujeto utilizando una escala de tipo Likert: condici3n f\isica muy mala ($x < p20$), mala ($p20 \leq x < p40$), media ($p40 \leq x < p60$), buena ($p60 \leq x < p80$) y muy buena ($x \geq p80$) (9,23). Para efecto de la investigaci3n actual, los percentiles p3 a p93 pueden ser usados para establecer una escala cuali-cuantitativa para evaluar y calificar a\~un mejor el nivel de $Vo_2m\acute{a}x$ de j3venes deportistas en ambos g3neros por edad y PCT.

Por \faltimo y no menos importante, es conveniente apuntar que las limitaciones en este estudio, tales como la variabilidad de las caracterfsticas de la poblaci3n y el tama\~no de la muestra, propias de esta investigaci3n, adem\as de la manera como se estim3 en forma indirecta el $Vo_2m\acute{a}x$, se deben considerar a la hora de generar la discusi3n de los resultados o efectuar comparaciones con estudios previos. Algo importante a tomar en cuenta es que, los resultados de la aplicaci3n de la prueba de campo *Course Navette* a j3venes deportistas en ambos sexo informados en este estudio, deben buscarse tambi3n sobre la base de investigaciones con dise\~nos longitudinales, para conocer los cambios fisiol3gicos en las diferentes etapas de crecimiento y maduraci3n.

Sin embargo, esta investigaci3n aporta datos relevantes que sirven de base para investigaciones futuras a nivel nacional e internacional, sobre las formas de estimar el $Vo_2m\acute{a}x$ mediante la prueba aer3bica incremental de campo *Course Navette* en deportistas talentos, brindando la posibilidad adem\as de evaluar la condici3n f\isica de j3venes deportistas en ambos sexo mediante curvas de percentiles establecidas por edad cronol3gica y madurez som\atica.

Conclusiones

A la luz de los resultados de esta investigación se concluye que los valores suavizados de LMS que permitieron la construcción de curvas percentilares de $Vo_2máx$ por edad cronológica y PCT a partir de la evaluación de la condición física de jóvenes deportistas masculinos y femeninos, se establecen como normas de referencia para evaluar el $Vo_2máx$. Además, calificar el nivel de condición física aeróbica de deportistas en ambos géneros por edad cronológica y PCT.

Aplicaciones prácticas

Para la evaluación de la condición física aeróbica en términos de $Vo_2máx$ se deben considerar otros factores a parte del sexo, edad y nivel de maduración, dichos factores pueden ser la carga genética, la masa corporal, el deporte que se practica y el nivel de entrenamiento. Sin embargo, las curvas percentilares de referencias que se presentan como resultado de este estudio sirven de base para la evaluación del $Vo_2máx$ de deportistas en ambos géneros que se encuentran en programa de escuelas deportivas y fundamentales para calificar el nivel de condición física aeróbica de los talentos deportivos de rango de edad cronológica y nivel de madurez somática similar.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés en este producto científico.

Referencias

- Alexander, P (1995). *Aptitud física, Características Morfológicas. Composición Corporal. Pruebas Estandarizadas en Venezuela de 7,5 a 18,4 años*. Caracas, Venezuela: Instituto Nacional de Deporte.
- Aguilar, A., Pradilla, A., Mosquera, M., Gracia, A., Ortega, J., Leiva, J. y Ramírez-Vélez, R. (2011). Percentiles de condición física de niños y adolescentes de Santiago de Cali, Colombia. *Biomédica*; 31, 242-249. Disponible en: <https://www.revistabiomedica.org/index.php/biomedica/article/view/318/570>.

- Castro-Piñeiro, J., Ortega, F., Keating, X., González, J., Sjöstrom, M. y Ruiz, J. (2011). Percentile values for aerobic performance running/walking field tests in children aged 6 to 17 years; influence of weight status. *Nutrición Hospitalaria*, 26, 572-578. Doi:10.3305/nh.2011.26.3.4597. Disponible en: http://scielo.isciii.es/pdf/nh/v26n3/21_original_17.pdf.
- Eisenmann, J. y Malina, R. (2002). Secular trend in peak oxygen consumption among United States youth in the 20th century. *American Journal Human Biology*; 14(6), 699-706.
- Instituto Nacional de Deporte (2016). *Manual de Valoración de la Aptitud Física en el contexto escolar venezolano*. Caracas, Venezuela: Instituto Nacional de Deporte. Disponible en: <http://www.ind.gob.ve/wp-content/themes/travelify/images/122.pdf>.
- Klissouras, V., Pirnay, F y Petit, J. (1973): Adaptation to maximal effort: genetics and age. *Journal of Applied Physiology*; 35(2), 288-293.
- Lant, J., Tremblay, M., Ortega, F., Ruiz, J. y Tomkinson, G. (2016). Review of criterion-referenced standards for cardiorespiratory fitness: what percentage of 1142026 international children and youth are apparently healthy? *British Journal of Sports Medicine*; 0:1-7. Doi: 10.1136/bjsports-2016-096955. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/314190666_Review_of_criterion-referenced_standards_for_cardiorespiratory_fitness_what_percentage_of_1_142_026_international_children_and_youth_are_apparently_healthy.
- Léger, L. y Lambert, J. (1982). A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict VO₂ max. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*; 49(1), 1-12.
- Léger, L., Mercier, D., Gadoury, C., y Lambert, J. (1988). The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *Journal of Sports Sciences*; 6(2), 93-101. Disponible en: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.654.4475&rep=rep1&type=pdf>.
- Martínez, E., Zagalaz, M.^a Luisa y Linares, D. (2003). Las pruebas de aptitud física en la evaluación de la Educación física de la ESO. *Revista apunts Educación Física y Deportes*; 71, 61-77. Disponible en: <http://www.revista-apunts.com/es/hemeroteca?article=342>.
- Mirwald, R., Baxter, A., Bailey, D., y Beunen, G. (2002). An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Medicine & amp Science in Sports & amp Exercise*, 34(4), 689-94. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/11432300_An_assessment_of_maturity_from_anthropometric_measurements.
- Ortega, F., Ruiz, J., Castillo M., y Sjöström M. (2008). Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. *International Journal of Obesity*, 32(1), 1-

11. Doi:10.1038/sj.ijo.0803774. Disponible en:
<https://www.nature.com/articles/0803774.pdf>.
- Ortega, F., Artero, E., Ruiz, J., España, V., Jiménez, D., Vicente, G.,...Castillo, M. (2011). Physical fitness levels among European adolescents: the HELENA study. *British Journal of Sports Medicine*, 45(1), 20-9. Doi: 10.1136/bjsm.2009.062679. Disponible en: <http://helenastudy.com/files/Ortega-BJSM-2011.pdf>.
- Ortega, F., Sánchez, M., Solera, M. y Fernández, A. (2013). Self-reported and measured cardiorespiratory fitness similarly predict cardiovascular disease risk in young adults. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 23(6), 749-57. Doi: 10.1111/j.1600-0838.2012.01454.x.
- Orellana, C., Hoffman, J., Rodríguez, D. y Loyo, A. (2014). *Pruebas físicas y antropométricas. Instructivo general-Septiembre 2014*. Caracas, Venezuela: Ipasme.
- Padilla, J. y Lozada, J. (2012). Relación de la capacidad de sprints repetidos con las manifestaciones de la potencia muscular de los miembros inferiores, potencia aeróbica y parámetros antropométricos en jugadores jóvenes de fútbol. *Journal of Sport and Health Research*, 5(2), 14. Disponible en: http://www.journalshr.com/papers/Vol%205_N%202/V05_2_5.pdf.
- Padilla, J. y Lozada, J. (2012). Análisis Comparativo de la Condición Física Aeróbica en Función de la Maduración Somática en Estudiantes de un Liceo Bolivariano del estado Barinas, Venezuela. *Revista Electrónica Actividad Física y Ciencias*, 4(1), 1-28. Disponible en: <http://revistas.upel.edu.ve/index.php/actividadfisicayciencias/article/view/5571/2929>
- Ramsbotton, R., Brewer, M. y William, A. (1988). A progressive shuttle run test to estimate maximal oxygen uptake. *British Journal of Sports Medicine*, 22(4), 141-144. Disponible en: <http://bjsm.bmj.com/content/bjsports/22/4/141.full.pdf>.
- Ruiz, J., Ramírez-Lechuga, J., Ortega, F., Castro-Piñero, J., Benítez, J., Arauzo-Azofra, A.,...Zabala, M. (2008). Artificial neural network-based equation for estimating VO₂max from the 20 m shuttle run test in adolescents. *Artificial Intelligence in Medicine*, 44, 233-245. Doi:10.1016/j.artmed.2008.06.004. Disponible en: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.583.8515&rep=rep1&type=pdf>.
- Subiela, J. (2005). *Introducción a la fisiología humana. Énfasis en la fisiología del ejercicio*. Barquisimeto, Venezuela: Fundaupel-IPB.
- Varo, M. y Gay, A. (s/f). Aspectos metodológicos del ejercicio físico en la mujer. Disponible: <http://www.sobre2ruedasbikes.com/index.php/articulos-de-interes/57-fisiologia-de-la-mujer.html>
- Wilmore, J. y Costill, D. (2007). *Fisiología del esfuerzo y del deporte* (6ª edición). Barcelona (España): Paidotribo.

Los autores

José Rafael Padilla Alvarado, Jesús León Lozada y Yudelis Leonardo Torres

Magísteres en Educación Física, Mención Fisiología del Ejercicio (UPEL-IPC)

Doctorandos en Ciencias de la Cultura Física, Universidad de

Ciencias de la Cultura Física y el Deporte «Manuel Fajardo»