



Relación VO₂max indirecto - velocidad promedio en atletas de marcha universitarios: estudio piloto

Relationship indirect VO₂max - average speed on university race walking athletes: preliminar study

Ortiz-Pulido, R^{1FABCD}; Gómez-Figueroa, JA^{2ABC}; Ortiz-Pulido, R^{3ACD}

¹ Dirección de Actividades Deportivas de la Universidad Veracruzana, México, ricardoortizp612@gmail.com <https://orcid.org/0000-0001-5142-4450>

² Facultad de educación física deporte y recreación de la Universidad Veracruzana, México, julgomez@uv.mx <https://orcid.org/0000-0001-8400-6087>

³ Laboratorio de Ecología de Poblaciones, Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma de Hidalgo, Km 4.5 Carretera Pachuca-Tulancingo, Mineral de la Reforma, Hidalgo México, C.P. 42186, raulortizpulido@yahoo.com <http://orcid.org/0000-0001-9898-5386>

Responsabilidades

A Diseño de la investigación; B Recolector de datos; C Redactor del trabajo; D Tratamiento estadístico; E Apoyo económico; F Idea original y coordinador de toda la investigación.

Agradecimientos

A los entrenadores †Mauricio Barragán Salazar y Juan José Galván por todas las horas dedicadas a la discusión del entrenamiento de marcha atlética.

Recibido el 27 de junio de 2025

Aceptado el 10 de julio de 2025

DOI: 10.24310/riccafd.14.2.2025.21167

Correspondencia: Ricardo Ortiz Pulido. ricardoortizp612@gmail.com

RESUMEN

El desempeño de atletas de marcha está asociado a su VO₂max. El VO₂max se puede obtener a través del Test de Cooper, que mide el VO₂max indirectamente (ml/kg/min) y la velocidad promedio (km/h). A la fecha existen pocos estudios que relacionen dichas medidas entre sí y con el desempeño de atletas de marcha. Por ello en este estudio piloto probamos la relación entre el VO₂max indirecto y la velocidad promedio en atletas de marcha estudiando en la Universidad Veracruzana en México. Para ello consideramos tres atletas y tres temporadas y analizamos los datos usando regresión lineal generalizada con dos factores (atleta y temporada). Encontramos que en estos atletas existió una relación significativa positiva entre su VO₂max indirecto y velocidad promedio ($F = 249.44$, $gl = 2,6$, $P < 0.00001$, $R^2 = 0.984$). La relación VO₂max indirecto y velocidad promedio debería ser verificada por otros estudios en el futuro.

PALABRAS CLAVE: estudiantes universitarios, marcha atlética, test de Cooper, entrenamiento, VO₂max indirecto.

ABSTRACT

The performance of race-walking university athletes is associated within their VO₂max. The VO₂max can be measured through the Cooper test which measures the indirect VO₂max (ml/kg/min) and the average speed (km/h). To date there few studies that related Cooper test measures and their values with performance of racewalking athletes. Thus, in this preliminary study we tested the relationship between the Cooper test indirect VO₂max and the average speed on university race walking athletes taking courses in the Universidad Veracruzana, Mexico. For it we consider three athletes and three seasons, and we analyze the data using generalized linear regression with two factors (athlete and season). We found that in our athletes there was a significant positive relationship between their indirect VO₂max and the average speed ($F = 249.44$, $gl = 2, 6$, $P < 0.00001$, $R^2 = 0.984$). The VO₂max and the average speed relationship must be verified in future studies.

KEY WORDS: university students, race walking, Cooper test, training, indirect VO₂max.

INTRODUCCIÓN

La marcha atlética de 20 km es una competencia que está incluida en el programa olímpico, donde participan mujeres y hombres. En la marcha atlética los atletas deben caminar manteniendo patrones de movimiento de acuerdo con diferentes reglas establecidas, siendo dos de las principales que no deben perder contacto visible con el suelo y deben presentar la rodilla extendida, desde el primer contacto con el suelo hasta la posición vertical erguida para garantizar el art. 54.2 del reglamento (1).

Según los especialistas, para realizar marcha atlética los deportistas requieren una alta eficiencia biomecánica y técnica; y esta eficiencia comúnmente la perfeccionan durante el entrenamiento (2, 3). Debido a ello el entrenamiento de los marchistas es especializado, pues requiere utilizar y aplicar elementos que les han ayudado a orientar, mejorar, ordenar, ajustar, modificar, construir o cambiar el sistema que los prepara para la competencia (4, 5). En ese contexto, es imprescindible la ayuda y experiencia del entrenador (6), pues programa el plan y la periodización del entrenamiento de los atletas (7-10), incluye diferentes cargas (11) y métodos de entrenamiento (12, 13), además de que programa ejercicios de diferente intensidad y volumen (14).

En marchistas el rendimiento deportivo se ha medido con diferentes indicadores, algunos de ellos obtenidos con test de campo o laboratorio que han sido combinados y comparados con el rendimiento de atletas en eventos oficiales (15, 16). Dos de estos indicadores han sido descritos como el consumo máximo de oxígeno en ml/kg/min y la velocidad promedio en km/h (VP). El primero se ha obtenido indirectamente, llamándose entonces VO₂max indirecto (VO₂max-ind); la evaluación de esta variable ha permitido estimar el rendimiento

de la capacidad aeróbica a partir de una tarea física (17). Por su parte, la VP es un componente de la resistencia que permite analizar la velocidad (km/h) a lo largo de una competencia donde ocurren modificaciones en la velocidad (18). La VP se puede obtener usando el test de Cooper (19) al utilizar la fórmula $VP = \text{distancia (metros)} / \text{tiempo (segundos)}$, fórmula que también puede modificarse para tener km/h, al medir la distancia recorrida durante 12 minutos. La VP se ha utilizado también para saber el nivel de rendimiento en que se encuentra el atleta (20).

En marchistas se ha usado el test Cooper para medir $VO_2\text{max-ind}$ (21, 22); sin embargo, a la fecha, pocas veces ha sido explorado obtener la VP ocupando ese mismo test (pero ver (23) quienes la usaron para corredores), y no se ha probado estadísticamente la relación que existe entre el $VO_2\text{max-ind}$ y la VP en marchistas. La ventaja de usar el test de Cooper para conocer dichos valores es que el costo de aplicar este test es reducido, comparado a otras técnicas que usan aparatos de laboratorio especializados. En algunos sitios, como América Latina, donde no hay muchos recursos económicos disponibles para evaluar el desempeño de los atletas de marcha, tener técnicas económicamente accesibles podría ayudar a muchos entrenadores y atletas a realizar mejor su trabajo.

Considerando lo anterior, en este trabajo nuestra hipótesis científica es que existe relación entre el $VO_2\text{max-ind}$ y la VP en atletas que practican la marcha atlética, y que esto se refleja en el desempeño deportivo. Para probarlo, llevamos a cabo un estudio piloto, con pocas muestras, donde analizamos los valores alcanzados con el test de Cooper en ambas variables por marchistas universitarios durante su periodo de entrenamiento base en varias temporadas. Además, buscamos evidencia bibliográfica que hubiera reportado previamente la relación del desempeño deportivo de los marchistas con el $VO_2\text{max-ind}$ y la VP. Finalmente, proponemos una manera en que los entrenadores pueden usar el $VO_2\text{max-ind}$ y la VP para planificar el entrenamiento de sus marchistas.

MATERIAL Y METODOS

Los sujetos de estudio fueron atletas universitarios de marcha atlética del sexo masculino, quienes fueron evaluados en las temporadas 2000-2001, 2001-2002 y 2002-2003. En dichas temporadas ellos tuvieron cuatro periodos de preparación: general (octubre-enero), especial (febrero-abril), competitiva (mayo-julio) y transitoria (agosto- septiembre).

Los sujetos tuvieron 3-5 años de experiencia practicando la marcha atlética antes de comenzar el estudio. Al inicio del estudio los sujetos tenían 20 ± 1.5 años de edad. El principal criterio para su inclusión fue que los atletas fueran estudiantes de la Universidad Veracruzana con una marca menor a 2 horas 00 minutos en 20 km, pues con dicha marca lograrían clasificar en México al campeonato nacional universitario. En el estudio participaron inicialmente cinco sujetos, pero dos de ellos no fueron considerados posteriormente porque en la segunda y tercera temporada dejaron de entrenar. Aunque una muestra de tres individuos puede ser considerada muy pequeña estadísticamente, en el

estado de Veracruz no había en el momento del estudio más atletas con las características indicadas. En ese sentido, nuestra muestra ($n = 3$) representa a la población total, lo que nos permite asegurar que las conclusiones que obtengamos del análisis de los datos representan a este tipo de atletas en el estado de Veracruz en los años indicados. Sin embargo, creemos que este estudio debe ser considerado como preliminar, al menos mientras se dan las condiciones que permitan tener más atletas evaluados.

Los atletas seleccionados fueron informados de las consecuencias, efectos y posibles beneficios del entrenamiento que seguirían, así como de la metodología utilizada. Antes de la compilación de datos y una vez avisados, por voluntad propia firmaron un consentimiento informado y se dio inicio a las evaluaciones y registro del entrenamiento. El principal riesgo potencial para los atletas de seguir el entrenamiento indicado fue que pudieran lesionarse; sin embargo, como ellos ya tenían experiencia y conocían la pista de entrenamiento, y debido a que hubo un equipo de trabajo multidisciplinario cuidándolos (compuesto por nutriólogo, entrenador, médico, auxiliares y fisioterapeuta), la posibilidad de lesiones fuera reducida. El protocolo de estudio se basó en la declaración de Helsinki y fue aprobado por el cuerpo de investigadores de la Licenciatura en Educación Física de la Universidad Veracruzana (oficio UV-CA-292).

A los sujetos se les entrevistó y evaluó para conocer las cargas de entrenamiento (intensidad y volumen) que realizaron antes del estudio. Su peso y talla fue medido por un equipo médico. Para ello se usó una báscula, marca Nuevo León, previamente calibrada con una precisión de peso de 100 gr y para talla de 5 mm.

Un día antes de iniciar el test de Cooper los sujetos fueron medidos con el mínimo de ropa, en bipedestación y sin zapatos. Ellos fueron evaluados cada año la última semana de enero, obteniendo después de estas medidas su $VO_{2max-ind}$ y VP.

El test de Cooper (19) fue realizado una vez cada año (2001, 2002 y 2003) en enero, la última semana de dicho mes. Este test fue hecho en una pista atlética de tartán de 400 metros, donde previamente se colocaron conos cada 20 metros. Una semana antes de la prueba, el grupo de investigación, junto con los atletas y el entrenador, acudió a la pista diariamente (lunes, martes, miércoles, jueves y viernes), con el fin de practicar y explicar detalladamente el procedimiento del test de Cooper (19), que básicamente consistió en que los atletas debían recorrer la mayor distancia posible realizando marcha atlética durante un periodo de 12 minutos. El día de la prueba, para preparar a los participantes, ellos realizaron un calentamiento de 30 minutos que incluyó caminar 12 minutos a un ritmo ligero (en este punto, los atletas presentaron cerca de 120-130 pulsaciones por minuto). Entonces, los atletas iniciaron la prueba. Al completar 11 minutos de marcha atlética, se hizo sonar un silbato para indicarles que faltaba un minuto para finalizar. En ese momento, una persona previamente designada corrió junto a cada atleta transportando un cono. En el minuto 12 se dio otro silbatazo, señalando el fin del tiempo; en ese momento se detuvo a cada

atleta y se marcó, con el cono transportado, el sitio en que el atleta había concluido su prueba, y se registró en una libreta la distancia recorrida por cada atleta.

Las cargas de entrenamiento que hicieron los atletas 48 horas previas al test fueron ligeras, es decir, que no le exigieron físicamente más de lo normal (considerando su carga del entrenamiento, la respuesta al entrenamiento y el efecto del rendimiento). Al final del recorrido la distancia cubierta por cada atleta fue registrada. Con esos datos se conoció su VO₂max-ind usando la siguiente fórmula (19, 21, 22, 24).

$$\text{VO}_2\text{max-ind} = (22,351 \times \text{distancia recorrida} - 11,288)$$

Antes y después del test de Cooper (19) se obtuvo la frecuencia cardiaca (FC), que fue medida por telemetría. Para ello se usó una banda flexible marca Polar Vantaje NV, USA, adaptada al torso de los sujetos, misma que tuvo comunicación inalámbrica a una computadora. La medida de la FC antes del test de Cooper fue en reposo y duró 30 minutos, realizada en un solo día (siguiendo a 25). Ese día, a las 7:30 am, antes del entrenamiento, se solicitó al sujeto que se colocará en una posición cómoda de descanso (posición de supino) manteniéndose quieto. La medición de la FC se realizó del minuto 25 al 30, obteniendo registros cada 5 segundos; con dichas medidas se obtuvo el promedio de FC (siguiendo a 26).

Al final de la prueba también se obtuvo el índice de esfuerzo percibido (IEP) (27). Este índice mide el esfuerzo percibido por el mismo individuo que realiza el ejercicio. Para ello se determinó la intensidad del trabajo físico realizado, donde el mismo sujeto asignó un número relacionado con el esfuerzo, del 0 al 10; en el cual 0 indica un ejercicio muy ligero y el 10 el ejercicio más intenso que es posible alcanzar (28).

Para determinar si existió una relación entre el VO₂max-ind y la VP (es decir, considerando como Ho que no existe relación entre las variables indicadas, y Ha que dicha relación si existe) los datos se analizaron utilizando una regresión lineal generalizada (GLM, por sus siglas en inglés) con dos factores (atleta y temporada) y medidas repetidas (i.e., cada temporada). La ventaja de usar este método en nuestro análisis fue que nos permitió eliminar estadísticamente los efectos de cada factor considerado en las ecuaciones del modelo que trabajamos (para detalles ver 29). Estos análisis los realizamos usando el programa Statistica versión 10 (30).

RESULTADOS

Detectamos una relación positiva significativa en la regresión entre VO₂max-ind y VP en los atletas analizados (Fig. 1). Según los resultados de nuestro GLM, la identidad del atleta ($F = 583.77$, $gl = 1, 6$, $p < 0.00001$) y la temporada ($F = 96.58$, $gl = 1, 6$, $p < 0.0001$), tuvieron un efecto significativo. Sin embargo, la relación VO₂max-ind con VP siguió siendo significativa aun después de eliminar tanto el efecto del atleta como de la temporada ($F = 249.44$, $gl = 2, 6$, $p < 0.00001$);

además, la varianza en los datos fue explicada casi en su totalidad (98%) por la relación VO₂max-ind contra VP ($R^2 = 0.984$). Esto nos indica que ambas variables están relacionadas, lo que señala que nuestra hipótesis original se cumple.

El VO₂max-ind aumentó en los atletas estudiados conforme avanzaron las tres temporadas consideradas, de 39,96 a 51,65 ml/kg/min (Tabla I; es decir, con un incremento del 29,25%. Igual ocurrió con la VP, que cambió de 11,41 a 14,75 km/h entre temporadas (Tabla I); es decir, con un incremento del 29,27%.

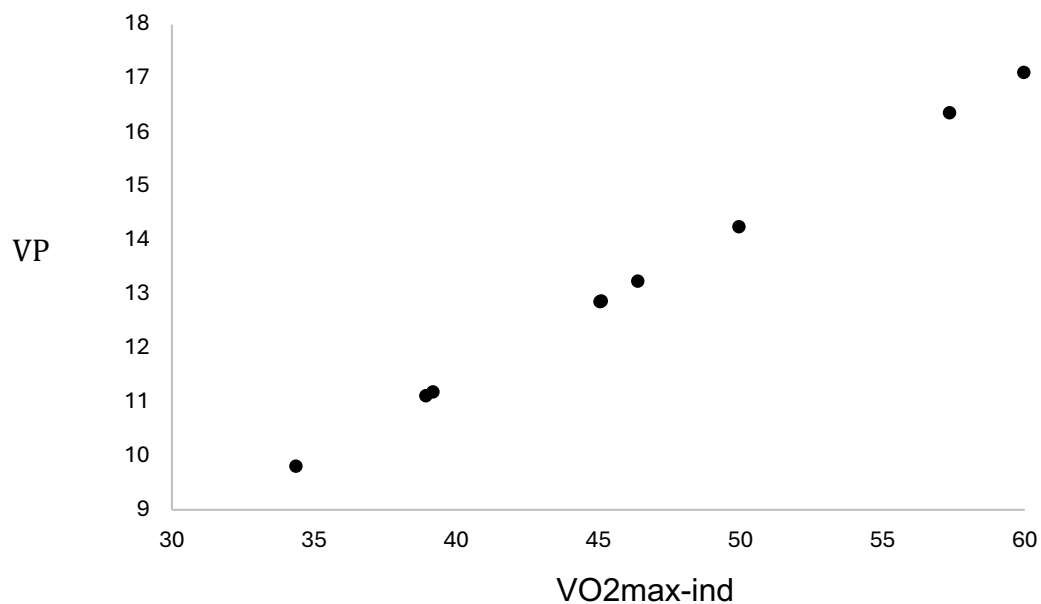


Figura 1. Relación encontrada entre Velocidad Promedio (VP), medida en km/hr, y Volumen Máximo de Oxígeno indirecto (VO₂max-ind), medido en ml/kg/min, en atletas de marcha de la Universidad Veracruzana, México, entrenando durante tres temporadas (2001, 2002 y 2003). Cada punto representa la combinación de los valores de VP y VO₂max-ind medidos durante una temporada por atleta.

Tabla 1. Variables medidas en marchistas universitarios mexicanos (n = 3) durante tres temporadas durante este estudio.

Características	Temporadas		
	2000-2001	2001-2002	2002-2003
Edad (Años)	20 ± 1,5	21 ± 1,5	22 ± 1,5
Peso (Kg)	56 ± 5,3	59,3 ± 3,1	58,4 ± 2,1
Talla (cm)	1,74 ± 3,2	1,74 ± 3,2	1,74 ± 3,2
Índice de masa corporal (%)	9,2	9,7	9,1
Índice de esfuerzo percibido	9,6	9,3	9,6
Frecuencia cardiaca máxima (pulsaciones/min)	195 ± 3,6	195 ± 3,3	196 ± 3,1
Distancia en la prueba Cooper (m)	2292,33 ± 156,31	2611,66 ± 241,96	2815,33 ± 195,54
VO ₂ max-ind (ml/kg/min)	39,96 ± 6,05	47,09 ± 9,36	51,65 ± 7,57
VP (km/hr)	11,41 ± 1,73	13,45 ± 2,67	14,75 ± 2,16
Frecuencia cardiaca basal (pulsaciones/min)	58,37 ± 1,89	53,21 ± 1,12	47,17 ± 1,06

Nota: en todos los casos se presenta media ± 1 DE. VO₂max-ind, VO₂max indirecto; VP, Velocidad promedio en prueba de Cooper y; frecuencia cardiaca basal antes de la prueba de Cooper.

DISCUSIÓN

En este trabajo, usando el test de Cooper (19), encontramos que cuando se incrementa el VO₂max-ind también lo hace la VP en los atletas de marcha evaluados. Aunque nuestros resultados están limitados por nuestro pequeño tamaño de muestra (n = 3 atletas), consideramos que nuestro análisis podría ser útil. Esto es porque, hasta donde sabemos, no hay otros estudios donde se haya evaluado dicha relación.

Si otros estudios confirman nuestra hipótesis científica original, algo que de manera piloto demostramos a través de nuestro estudio, se abriría la posibilidad de que los entrenadores, apoyándose en ambas variables, puedan mejorar el entrenamiento de sus atletas.

La relevancia de aplicar el test de Cooper (19) a marchistas es que a través de esta prueba se pueden obtener, de una sola vez, a bajo costo, VO₂max-ind y VP, y con ello el entrenador podría establecer el ritmo en km/h al que el marchista debe entrenar (31-33). Considerando nuestro hallazgo, es decir la relación positiva entre VO₂max-ind y VP, para hacerlo el entrenador necesitaría llevar a cabo dos pasos con cada atleta: 1) obtener sus valores del VO₂max-ind y VP al inicio de una temporada y usarlos como el 100% de

esfuerzo, y; 2) determinar, utilizando una regla de tres, la intensidad del entrenamiento en km/h por atleta, para aplicarla al usar el método de intervalo al entrenarlo. Por ejemplo, si un atleta tuvo valores de VP en su primera temporada de 11.41 km/h; ese será su esfuerzo al 100%. Si se desea que el atleta entrene al 80% de su capacidad, se puede usar una regla de tres para obtener el esfuerzo que debe hacer. En este caso se multiplica 11,41 km/h por 80% y si se divide entre 100%, el resultado es de 9,12 km/h. Este último valor es el que corresponde a la intensidad de entrenamiento que debe llevar el atleta a un 80%. Esta aproximación es nuestra y se apoya en los trabajos desarrollados por Boufaroua and Mimouni (21) y Rasika, Ujwal (22).

Aplicar la aproximación de dos pasos indicada en el párrafo previo, podría permitir que el marchista distribuya mejor el esfuerzo durante las temporadas al utilizar la periodización de cargas (9) del entrenamiento o en una competencia (9, 15, 34-36) y así mejorar su rendimiento (37). Esto ocurriría porque al determinar la intensidad de marcha, que se ha definido como el esfuerzo físico llevado a cabo por un atleta durante un periodo sostenido de tiempo, puede obtenerse la intensidad de esfuerzo de entrenamiento conociendo la velocidad (km/h) y la distancia recorrida en el entrenamiento (14). Con esta aproximación, si se confirma la relación $VO_{2max-ind}$ contra VP, podría ser factible mejorar el rendimiento de los atletas durante su entrenamiento (38).

En este sentido, es interesante comparar la VP con otros indicadores, como la economía de carrera y la técnica de la marcha atlética. En cuanto a economía de carrera, Gomez-Ezeiza, Torres-Unda (35) describieron la relación entre el rendimiento de marcha atlética y la economía de marcha cuando los marchadores recorren a una intensidad de 14 km/h, encontrando que estos datos fueron positivamente correlacionados con el rendimiento ($R = 0.760$, $p < 0.001$). Este resultado es muy parecido al de nuestra temporada 2002-2003 (14,75 \pm 2,16 km/h); sin embargo, es conveniente considerar las diferencias en el tipo de test utilizado por nosotros y Gomez-Ezeiza y Torres-Unda (35).

Otro aspecto que se debe tomar en cuenta al considerar nuestros resultados son los niveles de rendimiento de los atletas que analizamos, pues eso permite ubicarlos en un contexto global. En este sentido es relevante considerar lo reportado por Pavei y La Torre (20). Ellos analizaron la cinemática del movimiento de la marcha atlética en atletas y encontraron que los niveles de rendimiento fueron de 15,19 km/h a nivel regional, 16.60 km/h a nivel nacional y 17,90 km/h a nivel internacional. Al contrastar dichos valores con nuestros resultados encontramos que los nuestros son cercanos solo a nivel regional y nacional, obviamente por el nivel de rendimiento de los atletas.

Considerando nuestros resultados, creemos que la relación positiva entre $VO_{2max-ind}$ y VP puede ser evidenciada también a través de la aplicación de otras pruebas. Por ejemplo, sugerimos que se pruebe el Test de pista de la Universidad de Montreal (39). Con este test se puede obtener la velocidad aeróbica máxima que está definida como la velocidad mínima de carrera donde se obtiene el VO_{2max} , lo que permitiría, a su vez, obtener de otra forma el

VO₂max-ind (31, 40). Con ello creemos que se podrían verificar nuestros resultados al usarse una prueba distinta al test de Cooper (19).

CONCLUSIONES

En este trabajo exploramos, con un estudio piloto, la relación entre VO₂max-ind y VP en atletas de marcha que toman clases en la Universidad Veracruzana, en México. Obteniendo datos con el test de Cooper (19), encontramos que si existe dicha relación. Debido a que hay evidencia de que VO₂max-ind y VP están vinculadas al desempeño deportivo de dichos atletas, creemos que medir VO₂max-ind y VP podría ayudar a mejorar el desempeño de los marchistas al orientar a los entrenadores sobre como distribuir la intensidad del entrenamiento (41-43). En futuras investigaciones sería conveniente verificar nuestro hallazgo, buscando confirmarlo con otras pruebas distintas al test de Cooper (19), como el Test de pista de la Universidad de Montreal.

REFERENCIAS

1. Athletics W, editor. Reglamento técnico y competición. Mónaco: World Athletics; 2022.
2. Cazzola D, Pavei G, Preatoni E. Can coordination variability identify performance factors and skill level in competitive sport? The case of race walking. *Journal of Sport and Health Science*. 2016;5(1):35-43. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2015.11.005>
3. Hanley B, Bissas A, Drake A. Initial findings of a biomechanical analysis at the 2008 IAAF World Race Walking Cup. *New studies in athletics*. 2008;4:27-34.
4. Graham J. Periodization research and an example application. *Strength & Conditioning Journal*. 2002;24(6):62-70. <https://doi.org/10.1519/00126548-200212000-00015>
5. Gamble P. Periodization of training for team sports athletes. *Strength & Conditioning Journal*. 2006;28(5):56-66. [https://doi.org/10.1519/1533-4295\(2006\)28\[56:POTFTS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4295(2006)28[56:POTFTS]2.0.CO;2)
6. Borresen J, Lambert MI. The quantification of training load, the training response and the effect on performance. *Sports Med*. 2009;39:779-95. <https://doi.org/10.2165/11317780-000000000-00000>
7. Issurin VB. New horizons for the methodology and physiology of training periodization. *Sports Med*. 2010;40:189-206. <https://doi.org/10.2165/11319770-000000000-00000>
8. Issurin VB. Benefits and limitations of block periodized training approaches to athletes' preparation: a review. *Sports Med*. 2016;46:329-38. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0425-5>
9. Brodáni J, Czakova M, Tóth M, Pavlović R. Periodization of training load during preparatory and performance shaping phases of a 50 and 20 km race walker. *Sport Science-International Scientific Journal of Kinesiology*. 2015;8(2):49-54.
10. Dantas EHM, Barrón JC, Bispo MDC, de Godoy ES, dos Santos CKA, Bello MdND, et al. Criteria for identifying and assessing sports training periodization models (Criterios para identificar y evaluar modelos de

periodización de entrenamiento deportivo). Retos. 2022;45:174-83. <https://doi.org/10.47197/retos.v44i0.90583>

11. Vargas Fuentes A, Urkiza Ibaibarriaga I, Gil Orozko SM. Effect of preseason matches in sports planning: Variability of training sessions. Retos-Nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación. 2015(27):45-51.

12. Drake A. The training methods of olympic champion Ivano Brugnetti and italian race walkers. The Coach. 2005;27:55-61.

13. Laursen PB. Training for intense exercise performance: high-intensity or high-volume training? Scand J Med Sci Sports. 2010;20:1-10. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01184.x>

14. Smith DJ. A framework for understanding the training process leading to elite performance. Sports Med. 2003;33:1103-26. <https://doi.org/10.2165/00007256-200333150-00003>

15. Drake A, James R, Cox V, Godfre R, Brooks S. Prediction of race walking performance via laboratory and field tests. New Studies in Athletics. 2009;23(4):35-41.

16. Wiktorowicz K, Przednowek K, Lassota L, Krzeszowski T. Predictive modeling in race walking. Comput Intell Neurosci. 2015;2015(1):735060. <https://doi.org/10.1155/2015/735060>

17. Penry JT, Wilcox AR, Yun J. Validity and reliability analysis of Cooper's 12-minute run and the multistage shuttle run in healthy adults. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2011;25(3):597-605. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181cc2423>

18. Hanley B. An analysis of pacing profiles of world-class racewalkers. Int J Sports Physiol Perform. 2013;8(4):435-41. <https://doi.org/10.1123/ijsp.8.4.435>

19. Cooper KH. A means of assessing maximal oxygen intake: correlation between field and treadmill testing. JAMA. 1968;203(3):201-4. <https://doi.org/10.1001/jama.1968.03140030033008>

20. Pavei G, La Torre A. The effects of speed and performance level on race walking kinematics. Sport Sci Health. 2016;12:35-47. <https://doi.org/10.1007/s11332-015-0251-z>

21. Boufaroua M, Mimouni N. Combined training program for cladding and endurance and its consequences on the performance of Algerian walkers. Journal of sport science technology and physical activities. 2020:139-55. <https://www.asjp.cerist.dz/en/article/136600>

22. Rasika P, Ujwal Y, Piyusha P, Bhagyashree RG. Effect of dynamic neuromuscular stabilization therapy vs parachute resistance training on performance level in race walkers: comparative study. International Journal of Physiotherapy. 2020;7(3):114-8. <https://doi.org/10.15621/ijphy/2020/v7i3/701>

23. Apte S, Troxler S, Besson C, Gremeaux V, Aminian K. Augmented Cooper test: Biomechanical contributions to endurance performance. Frontiers in Sports and Active Living. 2022;4. 10.3389/fspor.2022.935272

24. Bandyopadhyay A. Validity of Cooper's 12-minute run test for estimation of maximum oxygen uptake in male university students. Biol Sport. 2015;32(1):59-63. https://doi.org/10.11183/jhe.50.1_39

25. Pulido T, Donís JH, Dávila DF, Hernández C, Odreman R. Evaluación de la frecuencia cardíaca y su relación con el remodelado ventricular en respuesta al ejercicio dinámico como indicador de función autonómica en atletas, pesistas y maratonistas. Avances en Biomedicina. 2016;5(2):57-65.

26. Boulosa DA, Tuimil JL. Postactivation potentiation in distance runners after two different field running protocols. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2009;23(5):1560-5. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181a3ce61>
27. Borg G. Borg's perceived exertion and pain scales: *Human kinetics*; 1998.
28. Borg G. Psychophysical scaling with applications in physical work and the perception of exertion. *Scand J Work Environ Health*. 1990;55-8. <https://www.jstor.org/stable/40965845>
29. Crawley MJ. GLIM for ecologist. London: Blackwell Scientific Publications; 1993.
30. StatSoft. Statistica version 10. StatSoft Hamburg, Germany 2011.
31. Billat V, Renoux JC, Pinoteau J, Petit B, Koralsztein JP. Times to exhaustion at 100% of velocity at max and modelling of the time-limit/velocity relationship in elite long-distance runners. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1994;69(3):271-3. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF01094801>
32. Berthon P, Fellmann N, Bedu M, Beaune B, Dabonneville M, Coudert J, et al. A 5-min running field test as a measurement of maximal aerobic velocity. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1997;75(3):233-8. <https://doi.org/10.1007/s004210050153>
33. Daniels J. Daniels' running formula: *Human Kinetics*; 2013.
34. Pupiš M, Spišiak M, Tóth M. How to become world champion and olympic gold medalist in 50 km race walk. *Slovak Journal of Sport Science*. 2017;2(1):1-7.
35. Gomez-Ezeiza J, Torres-Unda J, Tam N, Irazusta J, Granados C, Santos-Concejero J. Race walking gait and its influence on race walking economy in world-class race walkers. *J Sports Sci*. 2018;36(19):2235-41. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1449086>
36. Alves D, Cruz R, Lima-Silva A, Domingos P, Bertuzzi R, Osiecki R, et al. Are experienced and high-level race walking athletes able to match pre-programmed with executed pacing? *Braz J Med Biol Res*. 2019;52:e8593. <https://doi.org/10.1590/1414-431X20198593>
37. Abbiss CR, Laursen PB. Describing and understanding pacing strategies during athletic competition. *Sports Med*. 2008;38:239-52. <https://doi.org/10.2165/00007256-200838030-00004>
38. Tucker R, Lambert MI, Noakes TD. An analysis of pacing strategies during men's world-record performances in track athletics. *Int J Sports Physiol Perform*. 2006;1(3):233-45. <https://doi.org/10.1123/ijsp.1.3.233>
39. Léger LA, Boucher R. An indirect continuous running multistage Weld test: the Université de Montreal track test. *Can J Appl Sport Sci*. 1980;5:77-84.
40. di Prampero PE, Atchou G, Brückner J-C, Moia C. The energetics of endurance running. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1986;55(3):259-66. <https://doi.org/10.1007/BF02343797>
41. Campos Y, Casado A, Vieira, JG, Guimarães M, Sant'Ana, L, Leitão L, ... & Domínguez R. Training-intensity distribution on middle-and long-distance runners: a systematic review. *Int J Sports Med*. 2022;43(04):305-16. <https://doi.org/10.1055/a-1559-3623>
42. Silva Oliveira P, Boppre G, & Fonseca H. Comparison of polarized versus other types of endurance training intensity distribution on athletes' endurance performance: a systematic review with meta-analysis. *Sports Med*. 2024;54(8):2071-95. <https://doi.org/10.1007/s40279-02402034-z>
43. Molinari C A, Edwards J, & Billat V. Maximal time spent at VO₂max from sprint to the marathon. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(24):9250. <https://doi.org/10.2290/ijerph17249250>