

ÍNDICE 2D:4D EN LA DETECCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE TALENTOS PARA EL ATLETISMO

2D:4D index in the detection and identification of talent for track and field

Índice 2D:4D na detecção e identificação de talentos para atletismo

Resumen

El índice de longitud digital 2D:4D, supuesto marcador de andrógenos en la fase intrauterina, marca diferencias en la masa muscular y la aptitud deportiva. **Objetivo.** Establecer parámetros del índice 2D:4D para la detección e identificación de talentos para el atletismo. **Materiales y métodos.** Estudio cuantitativo, observacional, prospectivo, con alcance descriptivo y relacional, de corte transversal. Fueron evaluados 317 atletas (170 hombres) con edad media 24,3±9,4, entre 14,1 y 65,9 años, en el Campeonato Mundial de Atletismo Sub-18, Cali 2015, Juegos Nacionales, Juegos Universitarios Nacionales, campeonatos nacionales, eventos internacionales y sitios de concentración y entrenamiento. La longitud de los dedos índice y anular de las dos manos fue medida con calibradores Sata digitales (precisión de 0,1 mm). Fueron calculadas las medidas de distribución, asociación, tendencia central y dispersión con el programa SPSS. Se contó con el aval del comité de bioética. **Resultados.** El índice 2D:4D de la mano derecha fue 0,947±0,04 en hombres y 0,954±0,04 en mujeres; para la mano izquierda fue 0,963±0,04 en hombres y 0,969±0,04 en mujeres. Por áreas del atletismo en función del sexo, no se encontraron diferencias significativas. **Conclusiones.** El índice 2D:4D de la mano derecha fue consistentemente inferior al de la mano izquierda y resultó ser un mejor predictor de talento. En los hombres, el índice más bajo en cada mano fue el de los marchistas, mientras que, en las mujeres, en la mano derecha fueron las mediodfondistas, mientras que en la izquierda fueron las lanzadoras. El índice 2D:4D es útil, válido y fiable para identificar a

■ Santiago Ramos-Bermúdez¹,
Angélica María García-García²,
Diego Alonso Alzate-Salazar³,

ARTÍCULO INVESTIGACIÓN

Recepción: 10/10/2019

Aceptación: 1/12/2019

PALABRAS CLAVE:

D/4D, 2D:4D, atletismo, detección de talentos, identificación de talentos, talento deportivo.

KEYWORDS:

2D/4D, 2D:4D, athletics, sports talent, talent detection, talent identification.

PALAVRAS-CHAVE:

composição corporal, condição física, escolares, Eurofit, saúde.

- 1 Licenciado en Educación Física, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá. Magíster en Metodología del Entrenamiento con mención en Atletismo (Instituto Superior de Cultura Física, La Habana). Correo electrónico: santiago.ramos@ucaldas.edu.co. Dirección: Carrera 23 n.o 74-14, Manizales. Teléfonos: 6-8867423; 321 800 3004.
- 2 Licenciada en Educación Física, Deporte y Recreación, Universidad de Caldas. Magíster en Intervención Integral en el Deportista, Universidad Autónoma de Manizales. Docente, Departamento de Acción Física Humana, Universidad de Caldas. Correo electrónico: angelica.garcia@ucaldas.edu.co. Teléfono 311 747 1318.
- 3 Licenciado en Educación Física Deporte y Recreación, Universidad de Caldas. Magíster en Educación – Docencia, Universidad de Manizales. Docente, Departamento de Acción Física Humana, Universidad de Caldas. Correo electrónico: diego.alzate@ucaldas.edu.co. Teléfono: 300 895 6815.

Impetus es una revista de acceso abierto revisada por pares. © 2018 El autor (es). Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Internacional Creative Commons Attribution 4.0 (CC-BY 4.0), que permite el uso, distribución y reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se acredite el autor y la fuente originales.

Consulte <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

OPEN ACCESS



los talentos para el atletismo, especialmente en disciplinas de resistencia aeróbica y fuerza-velocidad, por tratarse de una característica estable, fácil y económica de medir.

Palabras clave: 2D/4D, 2D:4D, atletismo, detección de talentos, identificación de talentos, talento deportivo.

Abstract

The digital length index (2D:4D), a supposed androgen marker in the intrauterine phase, shows differences in muscle mass and sports fitness. **Objective.** To establish parameters of the 2D:4D index for the detection and identification of talents for athletics. **Materials and methods.** Quantitative, observational, prospective study, with descriptive and relational scope, cross-sectional. 317 athletes (170 men) with average age 24.3 ± 9.4 , between 14.1 and 65.9 years, were evaluated in the U-18 World Athletics Championship, Cali 2015, National Games, National University Games, National Championships, international events and concentration and training sites. The length of the index and ring fingers of both hands was measured with digital Sata calipers (0.1 mm precision). Measures of distribution, association, central tendency and dispersion were calculated with the SPSS program. It was endorsed by the Bioethics Committee. **Results.** The 2D:4D index of the right hand was 0.947 ± 0.04 in men, and 0.954 ± 0.04 in women; the 2D:4D index of the left hand was 0.963 ± 0.04 in men, and 0.969 ± 0.04 in women. By areas of athletics according to sex, no significant differences were found. **Conclusions.** The 2D:4D index of the right hand was consistently lower than that of the left hand, resulting in a better predictor of talent. In men, the lowest index in each hand was that of the walkers, while in the women in the right hand they were the middle distance runners, while in the left the throwers. The 2D:4D index is useful, valid, and reliable to identify talents for athletics, especially in aerobic endurance and strength-speed disciplines because it is a stable, easy and economical feature to measure.

Keywords: 2D/4D, 2D:4D, athletics, sports talent, talent detection, talent identification.

Resumo

O índice de comprimento digital (2D:4D), um suposto marcador androgênico na fase intra-uterina, mostra diferenças na massa muscular e na aptidão esportiva. **Objetivo.** Estabelecer parâmetros do índice 2D:4D para detecção e identificação de talentos para atletismo. **Materiais e métodos.** Estudo quantitativo, observacional, prospectivo, com escopo descritivo e relacional. 317 atletas (170 homens) com idade média de $24,3 \pm 9,4$, entre 14,1 e 65,9 anos, foram avaliados no Campeonato Mundial de Atletismo Sub-18, Cali 2015, Jogos Nacionais, Jogos Nacionais da Universidades, Campeonatos Nacionais, eventos internacionais e locais de concentração e treinamento. O comprimento dos dedos indicador e anelar das duas mãos foi medido com pinças digitais Sata (precisão de 0,1 mm). Medidas de distribuição, associação, tendência central e dispersão foram calculadas com o programa SPSS. O estudo foi endossado pelo Comitê de Bioética. **Resultados.** O índice 2D:4D da mão direita foi de $0,947 \pm 0,04$ em homens, $0,954 \pm 0,04$ mulheres; a esquerda $0,963 \pm 0,04$ homens, $0,969 \pm 0,04$ mulheres. Por áreas de atletismo de acordo com o sexo, não foram encontradas diferenças significativas. **Conclusões.** O índice 2D:4D da mão direita era consistentemente menor que o da mão esquerda, resultando em um melhor preditor de talento. Nos homens, o índice mais baixo em cada mão era o dos caminhantes, enquanto nas mulheres na mão direita eram as meio fundo,

enquanto na esquerda os arremessadores. O índice 2D:4D é útil, válido e confiável para identificar talentos para atletismo, especialmente em disciplinas de resistência aeróbica e velocidade de força, porque é um recurso estável, fácil e econômico de medir.

Palavras chave: 2D:4D, 2D/4D, atletismo, detecção de talentos, identificação de talentos, talento esportivo.

Introducción

El talento deportivo se entiende como:

[...] una aptitud acentuada en una dirección, superando la media normal, que aún no está del todo desarrollada. Por talento deportivo se entiende la disposición por encima de lo normal de poder y querer realizar unos rendimientos elevados en el campo del deporte. (Hahn, 1988, p.3)

Su detección sigue ocupando un lugar central en las preocupaciones de entrenadores y seleccionadores deportivos, para lo cual, lamentablemente, se sigue acudiendo a la evaluación del rendimiento competitivo a pesar de que, como dijo Durand (1982), “el rendimiento no predice el rendimiento”. Mirar a los niños en competencias sigue siendo una práctica común, sin considerar que hay enormes diferencias por ritmos de maduración, entrenamientos previos, motivación, entre otros.

Por otra parte, se sabe que la proporción de talentos en una población es muy baja (Volkov & Filin, 1988; Zatsiorski, 1990), lo que obliga a hacer una búsqueda exhaustiva entre la mayor población general posible, para minimizar el riesgo de dejar sin evaluar a los que tienen mayor potencial atlético.

A esto se suma, en medios como el latinoamericano, unos recursos económicos disponibles para la formación de deportistas que son escasos, por lo que es necesario tratar de garantizar que estos sean aplicados a los individuos que realmente tengan las dotes necesarias para llegar a los más altos niveles.

Se reconoce que:

[...] el talento deportivo se caracteriza por determinada combinación de las capacidades motoras y psicológicas, así como de las aptitudes anatomofisiológicas que crean, en conjunto, la potencialidad para el logro de altos resultados deportivos en un deporte concreto. Y que del talento depende no del propio éxito en el deporte, sino solamente de la posibilidad de su logro. (Zatsiorski, 1990, p. 283)

Las ventajas planteadas por Bompá y Carrera (2005) de detectar y fomentar talentos consisten en reducir significativamente el tiempo requerido para alcanzar los altos rendimientos; eliminar una gran pérdida de trabajo y tiempo por los entrenadores; incrementar la competitividad y el número de atletas que buscan y alcanzan altos niveles competitivos, lo que permite conformar equipos nacionales más fuertes y homogéneos; incrementar la autoconfianza de los atletas, porque la dinámica de sus rendimientos es más dramática que la de otros de su misma edad que no pasaron por el proceso de detección; y facilitar directamente la aplicación de entrenamiento científico, porque las personas que participan en los procesos de identificación de talentos pueden ser motivadas para seguir monitorizando el entrenamiento de los atletas.

Para una correcta detección e identificación, es necesario partir de una completa caracterización de los deportes (Volkov & Filin, 1988), determinando las variables o caracte-

terísticas que tienen una elevada relación con el resultado y priorizando las que sean estables, es decir, poco desarrollables o entrenables. Dicha caracterización surge a partir del estudio de los mejores especialistas en cada modalidad a nivel mundial y partiendo del supuesto de que si determinada característica tiene un elevado desarrollo en todos los mejores exponentes a nivel mundial en alguna modalidad, es porque dicha característica es importante (decisiva) para el rendimiento en dicha modalidad (Leiva, 2010).

Además, se recurre a las mediciones antropométricas, especialmente las longitudes, tales como talla, talla sentado, envergadura, longitud de la mano y pie, entre otras, las cuales tienen una mayor influencia genética (Shvaps & Jrutchev 1984; Leiva, 2010; Epstein, 2014); psicológicas (motivación, energía, claridad de objetivos, perseverancia, reacción, entre otras); de las capacidades de la condición física (fuerza, velocidad, resistencia, entre otras); y de habilidades deportivas.

Técnicas más recientes como el estudio de las huellas dactilares o *dermatoglifia* (Roquetti & Fernandes, 2004; Leiva 2010) y las proporciones de los dedos anular e índice (2D:4D) (Manning *et al.*, 2000; Sudhakar *et al.*, 2013) vienen utilizándose con el mismo propósito.

Las dimensiones y proporciones corporales están asociadas al rendimiento deportivo (Mironenko, 1994; Epstein, 2014): los lanzadores de bala suelen ser altos y pesados (por ejemplo, Crouser, 2,03 m, 156 kg, 22,74 m), mientras que los saltadores de alto son altos y livianos (por ejemplo, Bondarenko, 1,97 m, 80 kg, 2,42 m) (Siris *et al.*, 1988) y los maratonistas son de talla media y muy delgados (por ejemplo, Kipchoge, 1,70 m, 59 kg, 2:02,37). Esto ha llevado a una selección por tipos corporales específicos, principalmente en deportes individuales como es el caso del atletismo (Epstein, 2014).

Las evaluaciones médico-deportivas incluyen el consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}), porcentaje aeróbico del VO_{2max} , mediciones del tiempo de reacción simple y compleja, maduración sexual y edad ósea para evaluar ritmos de maduración y edad biológica, entre otras.

Las evaluaciones de habilidades técnicas varían también en gran medida de unos deportes a otros y, por lo general, son muy específicas. Además, se ha cuestionado su valor predictivo por el efecto del entrenamiento, el cual hace que la configuración de las aptitudes exigidas varíe con el curso del entrenamiento (Pearson *et al.*, 2006)

En el ámbito regional, el estudio de Ramos y Aguirre-Loaiza (2015) muestra que, en Centroamérica y el Caribe, la detección e identificación de talentos deja mucho que desear. En los Juegos Escolares del Área se encontró que la detección del talento ha estado limitada en la mayoría de los casos a mediciones antropométricas y de las capacidades de la condición física, cuando se hacen.

En la selección de talentos mediante procedimientos “naturales”, es decir, basados en el desempeño deportivo, es difícil distinguir qué parte corresponde al verdadero talento motor y cuál a procesos de iniciación o incluso de especialización temprana o a ritmos precoces de maduración en aquellos niños que muestran habilidades excepcionales. En algunos programas incluso prefieren rechazar de plano a los niños que proceden de centros o escuelas de entrenamiento infantil, o bien se les asignan puntos negativos (Falk *et al.*, 2004).

Se deben distinguir los programas de detección, identificación, orientación y selección de talentos. Según Abbott *et al.* (2002), cuando se pretende identificar el potencial de quienes no están actualmente involucrados en la práctica del deporte, se denomina

programa de detección de talentos, mientras que cuando solo consideran el potencial de quienes ya están involucrados en la práctica deportiva, se denominan *programas de identificación de talentos*; la orientación consiste en señalar a cada practicante hacia cuál modalidad/deporte o grupo de deportes tienen más aptitudes. La selección, finalmente, es escoger a los mejores practicantes para afrontar una competencia concreta en el mediano o corto plazo.

Ziemainz y Gulbin (2002) y Digel (2002) caracterizaron los programas de identificación de talentos en algunos de los países más desarrollados deportivamente, como el australiano, señalando las claves que debe tener un programa para ser exitoso. En primer lugar, el programa de fomento del talento debe entenderse como un servicio a los niños y jóvenes para desarrollar sus potencialidades, asignando entrenadores calificados que eviten el poco o demasiado entrenamiento en estas etapas, de manera que se respeten los ritmos de crecimiento, maduración y desarrollo individuales, planteados entre otros por Malina y Bouchard (1991), para que se aprovechen los picos de desarrollo tanto de las dimensiones corporales como de las capacidades de la condición física y técnico-táctica.

Algunos países del este europeo empezaron sus programas de identificación de talentos en la década del 70 del siglo pasado (Werkiani *et al.*, 2012) y comprobaron que una apropiada identificación de talentos fue el factor prioritario para el éxito de estos países en las últimas décadas de dicho siglo (Hahn, 1988).

En cuanto a la importancia del factor hereditario, según Hopkins (2001) y Gonçalves Dias *et al.* (2007), los genes son responsables por cerca de la mitad de la variación en rendimiento físico entre individuos de una población y en la respuesta al entrenamiento físico (Serguienko, 2004). La cantidad de dimorfismos genéticos asociados al alto rendimiento viene aumentando, ha superado la cifra de 200 en 2009 (Gaviria & Aguilar, 2009) y pueden determinarse en buena medida estudiando la historia familiar de los prospectos infantiles y juveniles (Fernandes-Filho & Carvalho, 1999) o directamente el genoma con técnicas ya disponibles en muchos países. Por otra parte, los genes se manifiestan a través de la forma y la funcionalidad de los individuos.

La posibilidad de distinguir y pronosticar muy temprano el fenotipo, a partir de las manifestaciones del genotipo, constituye una de las primeras tareas relacionadas con el mejoramiento de la calidad de vida de las personas. Durante la etapa de orientación temprana e iniciación del proceso de selección, la información relacionada con los criterios genéticos permite, con un alto nivel de confiabilidad, establecer grupos de individuos diferenciados adecuadamente para actividades determinadas genéticamente (Abramova *et al.*, 2003; Guva, 2003; Shvaps & Jrutshev, 1984; Leiva 2010; Costa *et al.*, 2012; Epstein, 2014). En esta dirección, la tarea de optimización de la detección e identificación de talentos deportivos, así como la individualización de medios y métodos para la preparación deportiva, se basa en la búsqueda de criterios adecuados para el temprano diagnóstico de las manifestaciones fenotípicas como resultado de la influencia del medio sobre el genotipo (Abramova *et al.*, 2003; Bouchard, 2000; Makarenko, 1996, citado por Zatsiorsky, 1990).

Manning *et al.* (2007) encontraron que, en las carreras atléticas a campo traviesa entre una y cuatro millas, aproximadamente el 25 % de la varianza en el rendimiento entre hombres y mujeres estaba explicada como una testosterona prenatal alta, de la cual, el índice 2D:4D es un indicador fiable.

Para los entrenadores deportivos es importante contar con pruebas de campo con adecuados índices de calidad científica, con las que puedan evaluar las dotes genéticas e innatas de los prospectos para tener criterios más científicos de detección e identificación que les permitan superar el mero empirismo o tomar como base el rendimiento temprano, que, como afirmaba Durand (1988), no predice el rendimiento.

Dado lo anterior, se determinó como objetivo del estudio establecer los parámetros para la utilización del índice 2D:4D en el proceso de detección e identificación de talentos para el atletismo.

Materiales y método

Fue realizado un estudio cuantitativo, observacional, prospectivo, con alcance descriptivo y relacional de corte transversal. Fueron evaluados 317 atletas (170 hombres) en el Campeonato Mundial de Atletismo Sub-18, Cali 2015 y en campeonatos nacionales de atletismo, juegos deportivos nacionales, juegos universitarios nacionales y sitios de concentración y entrenamiento de Bogotá, Cali y Medellín.

Como criterios de inclusión, fueron considerados los deportistas que llevaran por lo menos dos años de práctica deportiva del atletismo y hubieran competido, como mínimo, a nivel regional (interdepartamental).

La longitud de los dedos índice y anular de las dos manos fue medida directamente de las palmas de las dos manos con calibradores Sata digitales (precisión 0,1 mm), siguiendo la técnica propuesta por Manning *et al.* (1998). El índice 2D:4D es estable a partir de los dos años, aunque estudios más recientes informan que estas diferencias sexuales en el índice digital D2:D4 están presentes en fetos de 9 a 40 semanas de gestación. Un patrón de crecimiento lento continúa hasta la edad de 9 años, cuando la medida del índice se estabiliza; más tarde, en la pubertad, se vuelve permanente, lo que lo hace ideal para coadyuvar en el proceso de detección e identificación de talentos y permitió la inclusión en la muestra de exatletas de alto rendimiento.

La obtención del índice D2:D4 se hizo midiendo desde la punta de los dedos índice (2D) y anular (4D) hasta el pliegue más palmar de las dos manos. Luego se dividió la longitud del dedo índice entre la longitud del dedo anular para obtener el índice 2D:4D de cada mano. Entre más largo sea el dedo anular con respecto al índice (menor índice 2D:4D), mayor cantidad de testosterona hubo en la vida intrauterina:

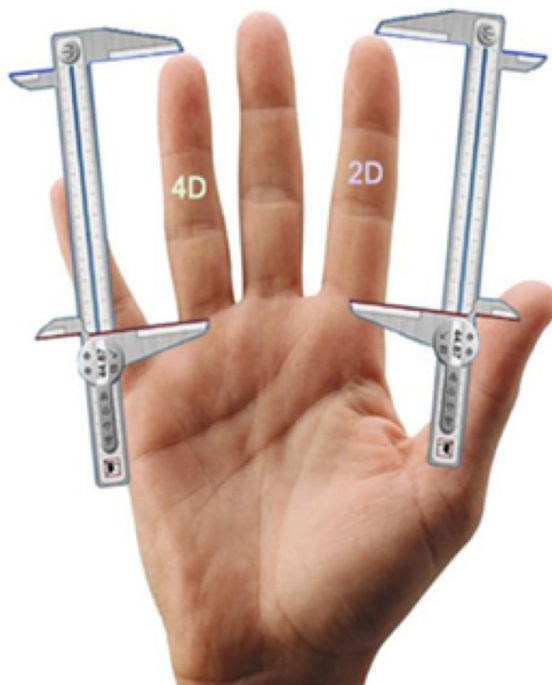
$$\text{Índice } 2D:4D = 2D/4D \text{ (figura 1)}$$

Fueron excluidos los sujetos que sufrieron lesiones como fracturas, luxaciones o cualquier deformidad de los dedos 2 y 4 (Reyes *et al.*, s.f).

La fuerza de prensión manual fue medida con dinamómetro Takey modelo Smedly III en la mano dominante. Talla y peso, por autorreporte.

Fueron calculadas las medidas de tendencia central (promedio), dispersión (desviación típica), normalidad (Kolmogorov-Smirnov) y ANOVA de un factor con el programa SPSS. El proyecto contó con el aval del comité de bioética de la Universidad de Caldas (acta 009 de 2015, código CBCS-020-15). Los deportistas firmaron el consentimiento y en el caso de los menores de edad, sus padres o delegados (campeonato mundial) firmaron el consentimiento informado.

Figura 1. Técnica para la medición del índice de longitud digital 2D:4D Fuente: falta



Resultados

La tabla 1 muestra la estadística descriptiva (promedio \pm desviación típica, mínimo – máximo) de algunas variables evaluadas. La amplitud del rango en la edad de los evaluados se explica porque fueron evaluados algunos exatletas colombianos de nivel internacional, considerando que la longitud de los dedos permanece inalterable con la edad avanzada.

Tabla 1. Estadística descriptiva (promedio \pm desviación típica, mínimo – máximo) de algunas variables evaluadas

Variable	Todos (n=317)	Masculino (n=170)	Femenino (n=147)
Edad (años)	24,3 \pm 9,4 (14,1-65,9)	25,1 \pm 9,6 (14,1-65,9)	22,4 \pm 8,7 (14,6-65,9)
Talla (cm)	172,4 \pm 10,1 (150-206)	174,9 \pm 10,0 (150-206)	166,6 \pm 7,7 (150-188)
Masa (kg)	64,9 \pm 14,6 (39-130)	69,4 \pm 14,5 (42,0-130)	54,9 \pm 8,6 (39,0-90,0)
IMC (kg/m ²)	21,6 \pm 3,3 (14,1-36,8)	22,5 \pm 3,4 (14,1-36,8)	19,7 \pm 2,2 (16,1-30,1)
Fuerza prensil (kgf)	39,2 \pm 12,2 (15,0-71,5)	43,9 \pm 11,3 (15,0-71,5)	28,7 \pm 6,1 (17,0-42,0)
2D:4D derecho	0,949 \pm 0,04 (0,795-1,12)	0,947 \pm 0,04 (0,795-1,067)	0,954 \pm 0,04 (0,866-1,12)
2D:4D izquierdo	0,964 \pm 0,04 (0,796-1,19)	0,963 \pm 0,04 (0,796-1,19)	0,969 \pm 0,04 (0,89-1,11)
Promedio 2 manos	0,957 \pm 0,03 (0,866-1,07)	0,955 \pm 0,03 (0,866-1,07)	0,961 \pm 0,03 (0,906-1,06)

IMC: índice de masa corporal.

Fuente: propia de los autores.

Como era de esperarse, los hombres fueron más altos, más pesados, con mayor fuerza de prensión manual y menores índices 2D:4D de cada mano y del promedio de las dos manos.

Comparando el índice 2D:4D de la mano derecha por áreas del atletismo (velocidad, mediofondo, fondo, marcha, saltos, lanzamientos, combinadas), se encontraron los resultados que se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Resultados del índice 2D:4D de ambas manos, por áreas del atletismo y por sexo (promedio \pm desviación típica)

Área (nH – nM)	Mano derecha		Mano izquierda	
	Masculino (n=170)	Femenino (n=147)	Masculino (n=170)	Femenino (n=147)
Marcha (11-11)	0,919\pm0,046	0,960 \pm 0,024	0,938\pm0,055	0,992 \pm 0,026
Combinadas (6-6)	0,933 \pm 0,048	0,963 \pm 0,041	0,954 \pm 0,045	0,968 \pm 0,031
Fondo (14-7)	0,939 \pm 0,025	0,958 \pm 0,036	0,959 \pm 0,036	0,999 \pm 0,091
Saltos (30-23)	0,940 \pm 0,037	0,945 \pm 0,032	0,960 \pm 0,037	0,967 \pm 0,045
Velocidad (62-55)	0,945 \pm 0,036	0,960 \pm 0,040	0,963 \pm 0,040	0,968 \pm 0,032
Lanzamientos (35-32)	0,947 \pm 0,040	0,960 \pm 0,047	0,964 \pm 0,041	0,960 \pm 0,045
Mediofondo (12-13)	0,952 \pm 0,030	0,944 \pm 0,046	0,963 \pm 0,054	0,966 \pm 0,034

Fuente: propia de los autores.

Como se aprecia, el orden del 2D:4D de la mano derecha de las áreas para los hombres, que aparecen en la segunda columna de la tabla 2, difiere del orden en las mujeres: mediofondo, saltos, fondo, marca-velocidad-lanzamientos y combinadas. Comparando los promedios del índice 2D:4D por áreas del atletismo para cada sexo, mediante un análisis ANOVA de un factor, no fueron encontradas diferencias significativas entre áreas en ningún sexo y ninguna mano.

En cuanto al índice 2D:4D de la mano izquierda, en los hombres, el orden se mantuvo prácticamente idéntico. En las mujeres cambió sustancialmente y quedó así, empezando por el mejor: lanzamientos, mediofondo, saltos, combinadas-velocidad, marcha y fondo.

Se encontraron asociaciones débiles entre el sexo y el índice 2D:4D de la mano derecha ($S = 0,164$; $p = 0,003$) y promedio de las dos manos ($S = 0,151$; $p = 0,007$).

Discusión

El objetivo del presente estudio fue establecer parámetros del índice 2D:4D para la detección e identificación de talentos para el atletismo. Para ese efecto, fueron evaluados 317 atletas (170 hombres) de todas las áreas del atletismo. Los resultados muestran que los hombres tienen un menor índice que las mujeres. Los marchistas, las mediofondistas en la mano derecha y los lanzadores de la mano izquierda presentaron los menores índices por áreas.

Los valores encontrados fueron inferiores a los de algunos estudios anteriores, como los de Sabin *et al.* (2016), quienes encontraron, en corredores universitarios de resistencia, un índice derecho de 0,973 \pm 0,039 para los hombres y de 0,984 \pm 0,038 para las mujeres, y un índice izquierdo de 0,966 \pm 0,031 para los hombres y de 0,974 \pm 0,032 para las mujeres.

Los resultados también fueron inferiores a los reportados por Manning *et al.* (2007) en tres estudios sobre fondistas. En el estudio 1, se encontró un índice en la mano derecha de $0,97 \pm 0,05$ para los hombres y de $1,00 \pm 0,01$ para las mujeres, y un índice en la mano izquierda de $0,97 \pm 0,02$ para los hombres y de $1,00 \pm 0,02$ para las mujeres. En el estudio 2, que incluyó solo hombres, el índice en la mano derecha fue de $0,98 \pm 0,03$ y en la mano izquierda, de $0,98 \pm 0,02$. En el estudio 3, que incluyó solo mujeres, el índice en la mano derecha fue de $0,98 \pm 0,03$ y en la mano izquierda, de $0,98 \pm 0,02$.

Pokrywka *et al.* (2005) encontraron en atletas de élite femeninas ($n = 24$) una media de $1,01$ ($0,98-1,04$) en la mano derecha, de $1,00$ ($0,97-1,02$) en la izquierda y de $1,01^*$ ($0,98-1,03$) de promedio de ambas manos, con diferencias significativas ($p < 0,05$) frente a atletas no élite ($n = 41$), con resultados de $1,01$ ($0,98-1,04$), $1,01$ ($0,99-1,04$) y $1,01$ ($0,99-1,04$) y a no atletas ($n = 73$) con $1,01$ ($0,99-1,04$), $1,02$ ($1,00-1,05$) y $1,02$ ($1,00-1,04$), respectivamente, todos los de la élite superiores a los del presente estudio. La diferencia significativa solo fue encontrada en la mano izquierda. Frente a estos resultados, los resultados de la muestra evaluada en el presente estudio fueron inferiores (mejor) en todos los grupos.

Trivers *et al.* (2013), en un estudio longitudinal realizado entre 1996 y 2010 en niños y jóvenes atletas jamaquinos ($n = 288$ [155 niños]), analizaron la relación entre el índice 2D:4D y el resultado en 90 y 180 metros planos y la diferencia entre 180 y 90 metros (tiempos de 180 menos 90 metros). Encontraron una relación positiva entre el tiempo en 180-90 y el índice 2D:4D, especialmente en la mano derecha de las niñas. Los resultados del índice 2D:4D en los niños fueron: mano derecha: $0,937 \pm 0,035$ en 2010; $0,944 \pm 0,036$ en 2002; y $0,908 \pm 0,023$ en 1996. En las niñas: $0,945 \pm 0,032$, $0,952 \pm 0,034$ y $0,904 \pm 0,022$, respectivamente. En cuanto a la mano izquierda, los resultados fueron, en el mismo orden: $0,939 \pm 0,032$, $0,946 \pm 0,036$ y $0,906 \pm 0,023$ en niños y $0,942 \pm 0,035$, $0,952 \pm 0,036$ y $0,900 \pm 0,021$ en niñas (nótese un valor inferior en las niñas en el último dato).

Conclusiones

El índice 2D:4D es un marcador innato fiable de los andrógenos intrauterinos y, en esa medida, de la aptitud deportiva, especialmente en deportes atléticos de resistencia (potencia aeróbica) y fuerza-velocidad.

El índice 2D:4D de la mano derecha fue consistentemente inferior al de la mano izquierda, lo que resultó ser un mejor predictor de talento.

En hombres, el índice más bajo en cada mano fue el de los marchistas, mientras que, en las mujeres, el índice más bajo estuvo en la mano derecha en las mediofondistas y en la mano izquierda en las lanzadoras.

No se encontraron diferencias significativas en el índice entre las diferentes áreas del atletismo en ningún sexo.

Se espera que, en los hombres, el índice sea menor que en las mujeres. Los valores por debajo de $0,97$ en hombres y de $1,00$ en mujeres se pueden tomar como puntos de corte (provisionales) de aptitud deportiva.

El índice 2D:4D es una medida no invasiva, de bajo costo y rápida evaluación, útil tanto en la detección e identificación de talentos, como en la orientación posterior al proceso de escuela de formación deportiva.

Agradecimientos

A la Universidad de Caldas por la financiación de la investigación.

A los deportistas, entrenadores, directivos y dirigentes que facilitaron la recolección de la información.

Referencias

- Abbott, A., Collins, D., Martindale, R. J. & Sowerby, K. (2002). *Talent identification and development: an academic review*. SportsScotland.
- Abramova, T.F., Nikitina, T. M. & Kochetkova, N. I. (2003). Orientación de la investigación científica en el laboratorio de antropología deportiva, morfología y genética del VNIIFK. *Teoría y Práctica de la Cultura Física*, (10), 39-41.
- Bompa, T. & Carrera, M. (2005). *Periodization training for sports* (2.ª ed.). Champaign: Human Kinetics Books.
- Bouchard, C. (2000). Determinantes genéticos del rendimiento de resistencia. En *La resistencia en el deporte*. Paidotribo.
- Bulgakov, N. Z. (1986). *Selección y preparación de jóvenes nadadores*. Cultura Física y Deporte.
- Costa, A. M., Breitenfeld, L., Silva, A. J., Pereira, A., Izquierdo, M. & Marques, M. C. (2012). Genetic inheritance effects on endurance and muscle strength: an update. *Sports Medicine*. 42(6), 449-558. doi.org/10.2165/11650560-000000000-00000
- Digel, H. (2002). The context of talent identification and promotion: a comparison of nations. *New Studies in Athletics*, 17(3-4), 13-26.
- Durand, M. (1988). *El niño y el deporte*. Paidós.
- Epstein, D. (2014). *El gen deportivo: ¿Un atleta excelente nace o se hace?* (M. Rodríguez-Courel, trad.). Urano.
- Falk, B., Lidor, R., Lander, Y. & Lang, B. (2004). Talent identification and early development of elite water-polo players: a 2-year follow-up study. *Journal of Sports Sciences*, 22(4), 347-355. [Doi.org/10.1080/02640410310001641566](https://doi.org/10.1080/02640410310001641566)
- Fernandes-Filho, J. & Carvalho, J. L. (1999). Potencialidades desportivas da crianças segundo a perspectiva da escola soviética. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 1(1), 96-107. doi.org/10.1590/%25x
- García-Manso, J. M., Campos, J., Lizaur, P. & Abella, C. P. (2003). *El talento deportivo. Formación de élites deportivas*. Gymnos.
- Gaviria, D. & Aguilar, E. (2009). ¿Qué hace a un campeón? Explicando las variaciones en el desempeño deportivo en humanos. *Revista Médica de Risaralda*, 15(1), 37-44.
- Gonçalves Dias, R. G., da Costa Pereira, A. C., Negrão, C.E. & Krieger, J.E. (2007). Polimorfismos genéticos determinantes da *performance física em atletas de elite*. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. 13(3), 209-216. doi.org/10.1590/S1517-86922007000300016

- Guva, V. P. (2003). *Bases para el reconocimiento temprano del talento deportivo*. Terra-Deporte.
- Hahn, E. (1988). *Entrenamiento con niños*. Ediciones Martínez Roca.
- Hopkins, W. G. (2001). Genes and training for athletic performance. *Sports Science*, 5(1). sportssci.org/jour/o101/wghgene.htm
- Leiva, J. H. (2010). *Selección y orientación de talentos deportivos*. Universidad del Valle.
- Malina, R. & Bouchard, C. (1991). *Growth, maturation and physical activity*. Human Kinetic Books.
- Manning, J. T., Barley, L., Walton, J., Lewis-Jones, D. I., Trivers, R. L. & Singh, D. (2000). The 2nd:4th digit ratio, sexual dimorphism, population differences, and reproductive success: evidence for sexually antagonistic genes? *Evolution & Human Behavior*, 21(2), 163-183. [doi.org/10.1016/S1090-5138\(00\)00029-5](https://doi.org/10.1016/S1090-5138(00)00029-5)
- Manning, J. T., Morris L., Caswell N. (2007). Endurance running and digit ratio (2D:4D): Implications for fetal testosterone effects on running speed and vascular health. *American Journal of Human Biology*, 18, 416-421.
- Manning, J. T., Scutt, D., Wilson, J. & Lewis-Jones, D. L. (1998). The ratio of 2nd to 4th digit length: a predictor of sperm numbers and concentrations of testosterone, luteinizing hormone and oestrogen. *Human Reproduction*, 13(11), 3000-3004. [Doi.org/10.1093/humrep/13.11.3000](https://doi.org/10.1093/humrep/13.11.3000)
- Mironenko, I. (1994). *La selección de atletas jóvenes con aptitudes para el atletismo*. Cuadernos de atletismo N°34. Atletismo de Iniciación. RFEA.
- Pearson, D. T., Naughton, G. A. & Torode, M. (2006). Predictability of physiological testing and the role of maturation in talent identification for adolescent team sports. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 9(4), 277-287. doi.org/10.1016/j.jsams.2006.05.020
- Poprywka, L., Rachon, D., Suchecka-Rachon, K. & Bitel, L. (2005). The second to fourth digit ratio in elite and non-elite female athletes. *American Journal of Human Biology*, 17(6), 796-800. doi.org/10.1002/ajhb.20449
- Ramos, S. & Aguirre-Loaiza, H. H. (2015). Deportistas escolares centroamericanos: proceso de identificación y detección de talentos. *Revista Ímpetus*, 9(3), 23-33. doi.org/10.22579/20114680.138
- Reyes, M., Loza, P., Lizarraga, R., Torres, R. & Ruiz, Y. (s. f.). *Testosterona fetal. ¿Dedos predictores?* Instituto Vasco de Quiroga.
- Roquetti, P. & Fernandez-Filho, J. (2004). Estudo comparativo da dermatoglia, somatotipia e do consumo máximo de oxigênio dos atletas da seleção brasileira de futebol de campo, portadores de paralisia cerebral e de atletas profissionais de futebol de campo, não portadores de paralisia cerebral. *Fitness & Performance Journal*, 3(3), 157-165.
- Sabin, M. J., Summers, L. A. M., Chomentowski III, P. J., & Holzapfel, S. D. (2016). Running head: 2D:4D and aerobic fitness in young adults: The relationship between digit ratio (2D:4D), VO₂max, ventilatory threshold, and running performance. *International Journal of Sports Sciences and Fitness*, 6(1), 1-31.

- Serguienko, L. P. (2004). *Genética del talento motor. Fundamentos de genética deportiva*. Escuela Superior de Cultura Física.
- Shvaps, V. B. & Jrutshev, S. V. (1984). *Aspectos genéticos en la orientación y selección deportiva. Aspectos medico biológicos de la orientación y selección deportiva*. Cultura Física y Deporte.
- Siris, P. Z., Gaidarska, P. M. & Rachev, K. I. (1988). *Selección y pronóstico de las facultades en el atletismo*. Vneshtorgizdat.
- Sudhakar, H. H., Veena. U. B & Tejaswi, R. N. (2013). Digit ratio (2D:4D) and performance in Indian swimmers. *Indian Journal of Physiology and Pharmacology*, 57(1), 72-76.
- Trivers, R., Hopp, R., Manning J. T. (2013). A longitudinal study of digit ratio (2D:4D) and its relationship with adult running speed in Jamaicans. *Human Biology*, 85(4), 623-626. doi.org/10.3378/027.085.0409
- Volkov, V. M. & Filin, V. P. (1988). *Selección deportiva*. Vneshtorgizdat.
- Werkiani, M. E., Zakizadeh, B., Golsefidi, F. N. & Rahimi, M. (2012). Review of the effective talent identification factors of badminton for better teaching to success. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 31, 834-836. doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.12.151
- Zatsiorski, J. M. (1990). *Metrología deportiva*. Planeta.
- Ziemainz, H. & Gulbin, J. (2002). Talent selection, -identification and development exemplified in the Australian Talent Search programme. *New Studies in Athletics*, 3-4, 27-32.
-