

Artículo original. Relación de la antropometría y rendimiento físico con la maduración biológica en tenistas juveniles de élite. Vol. 10, n.º 3; p. 417-436, Septiembre 2024. <https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.3.10542>

Relación de la antropometría y rendimiento físico con la maduración biológica en tenistas juveniles de élite

Relationship between anthropometry and physical performance by biological maturation in elite junior tennis players

Ricardo López-García^{1,2}; José Omar Lagunes-Carrasco^{1*}; Fernando Alberto Ochoa-Ahmed¹; Luis Enrique Carranza-García¹; Ricardo Navarro-Orocio¹; Rubén Ramírez-Nava¹

¹Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Organización Deportiva (México)

²Red Iberoamericana de Investigadores en Antropometría (RIBA²) (España)

*Correspondencia: José Omar Lagunes-Carrasco; jose.lagunesca@uanl.edu.mx

Cronograma editorial: *Artículo recibido 21/02/2024 Aceptado: 16/07/2024 Publicado: 01/09/2024*

<https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.3.10542>

Para citar este artículo utilice la siguiente referencia:

López-García, R.; Lagunes-Carrasco, J.O.; Ochoa-Almed, F.A.; Carranza-García, L.E.; Navarro-Orocio, R.; Ramírez-Nava, R. (2024). Relación de la antropometría y rendimiento físico con la maduración biológica en tenistas juveniles de élite. *Sportis Sci J*, 10 (3), 417-436 <https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.3.10542>

Contribución autores: Todos los autores contribuyeron de forma equitativa al trabajo.

Financiación: El estudio no obtuvo financiación.

Conflicto de interés: Los autores declaran no tener ningún tipo de conflicto

Aspectos éticos: El estudio declara los aspectos éticos.

Artículo original. Relación de la antropometría y rendimiento físico con la maduración biológica en tenistas juveniles de élite. Vol. 10, n.º 3; p. 417-436, Septiembre 2024. <https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.3.10542>

Resumen

El objetivo de este estudio fue analizar la asociación de la maduración biológica (MB) con mediciones antropométricas y el rendimiento físico en tenistas juveniles de élite. Se evaluaron 16 tenistas mujeres (14.12 ± 1.20 años de edad) y 17 tenistas hombres (13.76 ± 1.20 años de edad) del ranking del Circuito Nacional Infanto-Juvenil de la Federación Mexicana de Tenis. Se conformaron dos grupos, categoría 14 y categoría 16. Medidas antropométricas y de rendimiento físico fueron evaluadas. Con la ecuación de Mirwald et al. (2002) se obtuvo la MB. Los resultados mostraron diferencias de MB entre categorías de varones. También, en los valores de peso, talla, IMC, longitudes corporales, diámetro biestiloideo, diámetro biiliocrestal, grasa corporal, salto Abalakov y lanzamientos de balón medicinal ($p \leq 0.05$). En mujeres, no se encontraron diferencias significativas entre las variables de rendimiento físico. La MB en la categoría 14-16 se correlacionó con SJ, CMJ, Abalakov y LBC, acromial-radiale, biiliocrestal y porcentaje de grasa ($p \leq 0.05$) y en hombres la categoría 14 se asoció la presión manual, lanzamiento de balón por encima de la cabeza, longitudes óseas y el diámetro biiliocrestal con la MB ($p \leq 0.05$). La asociación entre la maduración biológica, las medidas antropométricas y el rendimiento físico puede variar considerablemente entre tenistas de diferentes categorías. No todos los tenistas en la misma etapa de maduración biológica presentan las mismas características antropométricas o de rendimiento físico, ya que otros factores como la genética, el entrenamiento y los hábitos de vida también desempeñan un papel importante.

Palabras clave: deportista, categoría, pruebas físicas, longitudes óseas, crecimiento.

Abstract

The aim of this study was to analyze the association of biological maturation (BM) with anthropometric measurements and physical performance in elite junior tennis players. Sixteen female (14.12 ± 1.20 years of age) and 17 male tennis players (13.76 ± 1.20 years of age) were evaluated from the ranking of the National Children's and Youth Circuit of the Mexican Tennis Federation. Two groups were formed, U14 and U16. Anthropometric and physical performance measures were evaluated. The equation of Mirwald et al. (2002) was used to obtain the MB. The results showed differences in MB between U14 and U16 male categories. Also, in the values of weight, height, BMI, body length, biestiloideo diameter, biiliocrestal diameter, body fat, Abalakov jump and medicine ball throws ($p \leq 0.05$). In females, no significant differences were found among the physical performance variables. MB in U14- U16 correlated with SJ, CMJ, Abalakov and LBC, acromial-radiale, biiliocrestal and fat percentage ($p \leq 0.05$) and in males' U14 hand grip, overhead ball throw, bone lengths and biiliocrestal diameter were associated with MB ($p \leq 0.05$). The association between biological maturation, anthropometric measurements and physical performance can vary considerably among tennis players of different categories. Not all tennis players at the same stage of biological maturation have or show the same anthropometric or physical performance characteristics, as other factors such as genetics, training and lifestyle habits also play an important role.

Key words: athlete, category, physical tests, bone length, growth.

Artículo original. Relación de la antropometría y rendimiento físico con la maduración biológica en tenistas juveniles de élite. Vol. 10, n.º 3; p. 417-436, Septiembre 2024. <https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.3.10542>

Introducción

El tenis, es un deporte que demanda una combinación única de habilidades motoras y capacidades físicas para alcanzar el éxito competitivo. Además, es reconocido por su exigencia física y técnica. La comprensión de los factores subyacentes que influyen en el rendimiento de los tenistas, concretamente en etapas de desarrollo, se ha convertido en tema de interés en los últimos años (Söğüt et al., 2019; Turner et al., 2022).

Por otra parte, la antropometría es una herramienta de evaluación que aborda las mediciones físicas y estructurales del cuerpo humano, y se ha revelado como un indicador clave para comprender la relación entre la morfología corporal y las capacidades físicas en atletas de alto rendimiento (Ferrauti et al., 2018; Kovacs et al., 2007, Kovacs & Ellenbecker, 2011., Sánchez-Pay et al., 2021).

Por otro lado, la maduración biológica es un proceso multifacético que abarca cambios en la composición corporal, la estructura esquelética y la funcionalidad fisiológica y juega un papel crucial en el desarrollo atlético de los jóvenes tenistas. Previamente se ha señalado que, durante el proceso de maduración biológica, los cambios en las medidas, forma y composición corporal pueden tener un impacto importante en el desempeño deportivo (Ulbricht et al., 2015). Por ejemplo, la longitud de la envergadura puede considerarse como punto clave en la técnica del control de la pelota, teniendo aspectos como habilidad y explosividad en el saque o remate (Ulbricht et al., 2016). Así mismo, la longitud de la pierna, y del tronco, pueden reforzar la fuerza, a través de la unión y coordinación de la cadena cinética, logrando reforzar el rendimiento (Baiget et al., 2016). En consecuencia, los cambios antropométricos, de composición corporal y estructura esquelética previa, durante y posterior a una maduración biológica pueden tener efecto en el rendimiento físico, debido a la influencia de las hormonas como la testosterona y los estrógenos (Lloyd et al., 2014; Lloyd & Oliver, 2019; Stratton & Oliver, 2019).

El rendimiento físico en el tenis, caracterizado por la velocidad, fuerza, potencia y técnica especializada, está intrínsecamente ligado a la interacción entre la maduración biológica y las mediciones antropométricas (Sánchez-Muñoz, 2007; Ulbricht et al.,

Artículo original. Relación de la antropometría y rendimiento físico con la maduración biológica en tenistas juveniles de élite. Vol. 10, n.º 3; p. 417-436, Septiembre 2024. <https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.3.10542>

2015). Investigaciones como las de Baiget et al. (2016) han subrayado que la longitud de los miembros superiores e inferiores pueden desempeñar un papel fundamental en la eficacia técnica y la potencia física en el juego del tenis.

Recientemente, se ha observado un creciente interés en la comunidad científica por los estudios relacionados con diversos aspectos del rendimiento en tenis, incluyendo la biomecánica (Gordon & Dapena, 2006; Reid et al., 2007; Signorile et al., 2005), el rendimiento físico (Hernández-Davó et al., 2019; Sánchez-Muñoz et al., 2007; Söğüt, 2018), la fisiología (Bonato et al., 2015; Reid et al., 2016; Wong et al., 2014) y la antropometría (Sánchez-Pay et al., 2021; Yasin et al., 2010). Dentro de estos estudios, algunos han abordado la maduración biológica en categorías juveniles, encontrando que las variables antropométricas y de rendimiento físico muestran una relación más estrecha con la edad biológica que con la edad cronológica. Este hallazgo resalta la importancia de considerar la madurez de los tenistas en los protocolos de identificación de talentos (Luna-Villouta et al., 2021; Myburgh et al., 2016; Ulbricht et al., 2015; Ulbricht et al., 2016).

A pesar del creciente interés en la relación entre la maduración biológica, la antropometría y el rendimiento físico en tenis a nivel internacional, la escasez de estudios en contextos específicos, como el mexicano, resalta la necesidad imperante de explorar y comprender cómo estas variables están interconectadas en el desarrollo y rendimiento de tenistas juveniles de élite. Además, existe una asociación significativa entre el grado de maduración biológica, las mediciones antropométricas y el rendimiento físico en tenistas juveniles de élite. Se espera que los y las tenistas juveniles en etapas más avanzadas de maduración biológica presenten mediciones antropométricas específicas, como mayor estatura, masa muscular y menor grasa corporal, que estén positivamente correlacionadas con un mejor rendimiento físico en términos de velocidad, capacidad de salto y fuerza en comparación con aquellos en etapas de maduración menos avanzadas. Esta hipótesis se basa en la comprensión de que la maduración biológica influye en el desarrollo físico, lo que a su vez puede afectar su desempeño atlético, especialmente en deportistas jóvenes que requieren una combinación de habilidades técnicas y físicas como el tenis.

Artículo original. Relación de la antropometría y rendimiento físico con la maduración biológica en tenistas juveniles de élite. Vol. 10, n.º 3; p. 417-436, Septiembre 2024. <https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.3.10542>

En este contexto, el presente estudio busca investigar la asociación de la maduración biológica con las mediciones antropométricas y el rendimiento físico en tenistas juveniles de élite. Al comprender mejor esta relación, se pretende no solo contribuir al conocimiento científico existente, sino también proporcionar información valiosa para la optimización del entrenamiento personalizado y la identificación de talentos deportivos en el ámbito del tenis juvenil en el país.

Método

Se realizó un estudio descriptivo correlacional para evaluar a los mejores tenistas del ranking del Circuito Nacional Infanto-Juvenil de la Federación Mexicana de Tenis del 2023. Se evaluó a 16 tenistas mujeres (categoría 14 [$n= 8$] y categoría 16 [$n= 8$]) y 17 tenistas hombres (categoría 14 [$n= 8$] y categoría 16 [$n= 9$]). Todos los participantes incluidos en el estudio tenían un volumen semanal de entrenamiento de 14 a 16 horas por semana y no presentaban lesiones musculares. Se les entregó una carta de consentimiento informado donde se describe el protocolo sobre las evaluaciones antropométricas y de rendimiento físico, y la cual firmaron para participar en el estudio. El estudio fue aprobado por el comité de ética de la Facultad de Organización Deportiva y se ajustaron a la declaración de Helsinki en 1975 y posteriormente refundados en Brasil en 2013.

Mediciones antropométricas

Las evaluaciones antropométricas se realizaron en horas de la mañana, un día donde no competían los tenistas, en una sala privada y especialmente equipada, que permitió tomar las mediciones individuales. Un personal certificado (RLG) por la Sociedad Internacional para los Avances de Cineantropometría (ISAK), llevó a cabo el protocolo estandarizado por la ISAK (Esparza-Ros et al., 2019).

Se utilizó una báscula TANITA TBF-410 (analizador de composición corporal, Tanita Corporation, Tokio, Japón) para la masa corporal y composición corporal, el estadiómetro Seca 225 (20 – 205 cm \pm 5 mm) para talla y talla sentada con el banco antropométrico, y por último, se midió la envergadura de brazos con el segmómetro de envergadura (Smart met).

Artículo original. Relación de la antropometría y rendimiento físico con la maduración biológica en tenistas juveniles de élite. Vol. 10, n.º 3; p. 417-436, Septiembre 2024. <https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.3.10542>

Las longitudes del miembro superior se midieron con el segmómetro (Rosscraft), midiendo; 1) longitud acromiale-radiale (longitud del húmero), 2) longitud radiale-styilion (longitud del radio) y 3) longitud styilion medio-dactylion (longitud de la mano). La suma de las tres longitudes, nos arrojó la longitud total del miembro superior. Y los diámetros óseos se tomaron con el antropómetro pequeño (Tommy 3, Rosscraft) para mediciones de los diámetros pequeños del biepicondilo del húmero, biestiloideo (muñeca) y biepicondilo del fémur, y el antropómetro grande (Campbell 20, Rosscraft) para las mediciones de los diámetros grandes del biacromial y biiliocrestal.

La maduración biológica se estimó a través de la ecuación de Mirwald (Mirwald et al., 2002) donde se capturó la masa corporal, talla, talla sentada, fecha de evaluación y fecha de nacimiento (edad cronológica), y sexo. Para posteriormente arrojarlos la maduración biológica (MB), que nos interpreta los años que se acerca al pico de velocidad de crecimiento (PVC), expresando los valores positivos (+0) los años que han pasado después de dar su PVC, y los valores negativos (-0) los años que le faltan en dar el PVC.

Rendimiento físico

Las pruebas de rendimiento físico se llevaron a cabo por la mañana, después de las mediciones antropométricas, en las canchas de tenis con superficie de arcilla. Los participantes estaban requeridos de usar ropa y calzado deportivo adecuados. Dos evaluadores experimentados (FOH – RNO) supervisaron todas las mediciones. Un día antes de las evaluaciones, se realizaron sesiones de familiarización, enfocadas principalmente en la técnica correcta para la capacidad de salto, ya que esta prueba requiere precisión. Por consiguiente, los participantes recibieron instrucciones detalladas y se sometieron a pruebas previas a las mediciones.

Después de un calentamiento estandarizado y progresivo, que consistió en movimientos articulares y estiramientos dinámicos, cada participante realizó tres intentos en cada una de las pruebas, y se registraron los mejores valores. Los descansos entre cada prueba fueron de 3 a 5 min de duración, y se realizaron en el siguiente orden:

Artículo original. Relación de la antropometría y rendimiento físico con la maduración biológica en tenistas juveniles de élite. Vol. 10, n.º 3; p. 417-436, Septiembre 2024. <https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.3.10542>

1) Fuerza de presión manual: se midió utilizando un dinamómetro manual digital Takei A5401 (Takei Scientific Instruments Ltd., Niigata, Japón). La prueba se realizó tanto en la mano dominante como en la no dominante, con los participantes de pie, con el codo extendido y el dinamómetro posicionado paralelo al costado del sujeto. Se solicitó a los participantes realizar una contracción voluntaria máxima, apretando el dinamómetro lo más fuerte posible, durante 3 segundos.

2) Capacidad de salto: se evaluó la altura del salto utilizando las barras Optojump y el software Microgate (versión 3.01.0001). Los participantes realizaron un salto vertical (Squat Jump [SJ]), un salto con contramovimiento (Counter Movement Jump [CMJ]) y un salto con contramovimiento con balanceo de brazos (Abalakov).

3) Lanzamiento de balón medicinal: los participantes se posicionaron frente a la línea de salida para lanzar un balón de 2 kg por encima de la cabeza (LBC) y por encima del pecho (LBP). La distancia más larga obtenida de los dos intentos se registró como la puntuación, con una precisión de 5 cm (Ulbricht et al., 2013).

4) Prueba de rapidez en 20 yardas (18.23 m): se midió utilizando un sistema de células fotoeléctricas (WITTY; Microgate Srl, Bolzano, Italia) tomando el tiempo más rápido de tres intentos. A los participantes se les pidió comenzar sin una señal de salida desde una posición de pie elegida individualmente, situada 50 cm detrás de la línea de salida.

Análisis estadístico

La estadística descriptiva de medias y desviación estándar de las variables de la antropometría y pruebas físicas se analizaron con el programa IBM SPSS (Versión 25.0). La normalidad de la distribución de los datos se realizó con la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Para comparar la antropometría y pruebas físicas entre las dos categorías (14 y 16) de ambos géneros se utilizó la prueba de muestras independientes *t* de Student, usando el valor de $p \leq 0.05$ como valor significativo. La asociación entre las variables antropométricas y pruebas físicas se analizó a través del coeficiente de correlación de Pearson, considerando los valores de $p \leq 0.05$, $p \leq 0.01$ y $p \leq 0.001$ como significancia.

Artículo original. Relación de la antropometría y rendimiento físico con la maduración biológica en tenistas juveniles de élite. Vol. 10, n.º 3; p. 417-436, Septiembre 2024. <https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.3.10542>

Resultados

En la tabla n.º 1, se muestran los valores descriptivos para cada una de las variables de acuerdo con el sexo y por categoría de edad. En el sexo femenino se encontró que la maduración biológica es >1 para ambas categorías (categoría 14 y categoría 16), sin diferencias estadísticamente significativas en las variables de pruebas físicas, composición corporal, diámetros óseos y longitudes corporales. Sin embargo, los valores absolutos de las pruebas, muestra mejores resultados en la categoría 16 (Tabla n.º 1).

Con respecto a la rama varonil, la categoría 14 mostró un valor menor a cero para la MB, además, se evidenciaron diferencias significativas entre los hombres de categoría 14 respecto a la categoría 16 para las variables de masa corporal, talla, IMC, longitudes corporales, diámetro biestiloideo, diámetro biliocrestal, grasa corporal, salto Abalakov y lanzamientos de balón medicinal ($p \leq 0.05$), evidenciando mejores resultados absolutos en la categoría 16 (Tabla n.º 1).

Tabla n.º 1. Resultados descriptivos de las mediciones antropométricas y de pruebas físicas, así como el análisis de la t de Student entre ambas categorías

Mediciones	Mujeres (n= 16)		Hombres (n= 17)	
	Categoría 14 (n= 8)	Categoría 16 (n= 8)	Categoría 14 (n= 8)	Categoría 16 (n= 9)
Antropometría				
<i>Básicas</i>				
Edad (años)	13.25 ± 0.88 ^a	15.00 ± 0.75	12.87 ± 0.99 ^b	14.55 ± 0.72
MB (años)	1.43 ± 0.47 ^a	2.37 ± 0.62	-0.95 ± 0.85 ^b	1.71 ± 0.62
Masa corporal (kg)	53.9 ± 3.20	57.06 ± 8.55	47.21 ± 11.68 ^b	67.93 ± 6.44
Talla (cm)	160.43 ± 3.28	160.15 ± 5.54	155.15 ± 9.27 ^b	177.52 ± 5.96
IMC (kg/m ²)	21.03 ± 2.24	22.25 ± 2.24	19.48 ± 3.04	21.60 ± 1.24
<i>Longitudes (cm)</i>				
Acromiale-radiale	29.42 ± 0.63	30.05 ± 1.25	29.28 ± 2.64 ^b	33.10 ± 1.37
Radiale-stylian	24.63 ± 0.87	25.88 ± 4.37	23.71 ± 1.61 ^b	26.88 ± 1.74
Stylian medio-dactylion	17.92 ± 0.55	17.55 ± 1.10	17.97 ± 1.02 ^b	19.92 ± 0.55
Miembro superior	72.12 ± 1.64	73.50 ± 4.69	70.87 ± 5.11 ^b	80.11 ± 2.89
Envergadura	162.46 ± 4.89	161.72 ± 4.90	158.56 ± 8.97 ^b	180.62 ± 5.77

Artículo original. Relación de la antropometría y rendimiento físico con la maduración biológica en tenistas juveniles de élite. Vol. 10, n.º 3; p. 417-436, Septiembre 2024. <https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.3.10542>

Tronco	84.60 ± 2.26	84.66 ± 4.01	79.53 ± 4.14 ^b	92.26 ± 3.10
Miembro inferior	75.83 ± 1.84	75.48 ± 2.93	75.61 ± 5.69 ^b	85.25 ± 3.40
<i>Diámetros (cm)</i>				
Húmero	5.35 ± 0.43	5.62 ± 0.33	6.05 ± 0.48	6.45 ± 0.51
Fémur	8.31 ± 0.43	8.43 ± 0.49	8.72 ± 0.62	9.24 ± 0.43
Biestiloideo	4.60 ± 0.86	4.96 ± 0.30	5.35 ± 0.38 ^b	5.87 ± 0.36
Biacromial	34.25 ± 3.84	35.87 ± 1.24	33.72 ± 5.15	37.91 ± 3.43
Biiliocrestal	25.82 ± 1.64	26.71 ± 1.51	24.07 ± 1.98 ^b	28.43 ± 1.33
<i>Composición corporal</i>				
Porcentaje grasa	26.37 ± 4.43	29.25 ± 4.16	15.95 ± 4.68 ^b	18.02 ± 5.12
Masa grasa (kg)	14.37 ± 3.42	16.87 ± 4.61	7.42 ± 2.67 ^b	12.35 ± 3.82
Masa libre de grasa (kg)	39.58 ± 1.46	40.23 ± 4.19	39.82 ± 10.49	55.62 ± 6.13
Pruebas físicas				
<i>Fuerza</i>				
Prensión manual (kg)	32.00 ± 5.34	31.75 ± 3.88	33.50 ± 7.55	40.56 ± 6.30
Salto SJ (cm)	35.94 ± 4.11	39.40 ± 6.38	42.00 ± 5.00	45.12 ± 3.45
Salto CMJ (cm)	38.79 ± 4.73	39.59 ± 7.41	43.27 ± 5.08	47.21 ± 3.87
Salto Abalakov (cm)	41.91 ± 4.98	44.92 ± 8.48	47.43 ± 6.16 ^b	53.84 ± 5.38
LBC (m)	4.97 ± 0.27	5.13 ± 0.71	5.62 ± 1.05 ^b	7.34 ± 0.88
LBP (m)	4.42 ± 0.54	4.52 ± 0.82	5.08 ± 1.56 ^b	7.28 ± 0.70
<i>Velocidad</i>				
Carrera (18.23 m) (s)	3.60 ± 0.13	3.75 ± 0.27	3.43 ± 0.15 ^b	3.25 ± 0.11

Nota. MB: Maduración biológica; kg: kilogramos; IMC: índice de masa corporal; kg/m²: kilogramos entre talla en metros al cuadrado; SJ: Squat Jumps; CMJ: Salto contra movimiento; LBC: lanzamiento de balón por encima de la cabeza; LBP: lanzamiento de balón por encima del pecho; s: segundos; n: número.
^a $p \leq 0.05$ categoría 14 vs categoría 16 (mujer); ^b $p \leq 0.05$ categoría 14 vs categoría 16 (hombre).

En la Tabla n.º 2 se presentan los resultados de la correlación entre la maduración biológica y las variables de rendimiento físico de los tenistas, considerando su categoría y género. En la rama femenina, categoría 14-16, se observaron correlaciones significativas entre la maduración biológica y las variables de Salto Vertical (SJ) ($p \leq 0.01$), Salto con Contramovimiento (CMJ), Abalakov y Lanzamiento

Artículo original. Relación de la antropometría y rendimiento físico con la maduración biológica en tenistas juveniles de élite. Vol. 10, n.º 3; p. 417-436, Septiembre 2024. <https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.3.10542>

de Balón por Encima de la Cabeza (LBC) ($p \leq 0.05$). En contraste, en la categoría 14 de la rama masculina, solo se encontró correlación con la fuerza de prensión manual ($p \leq 0.05$) y el lanzamiento de balón por encima de la cabeza ($p \leq 0.01$), a diferencia de la categoría 16 donde se encontraron correlaciones con los lanzamientos de balón medicinal ($p \leq 0.05$).

Tabla n.º 2. Correlación de la maduración biológica con el rendimiento físico.

Categoría y rama	Prensión manual	SJ	CMJ	Abalakov	LBC	LBP	Velocidad
MB							
<i>Femenil</i>							
14 y 16	.068	.643**	.503*	.580*	.599*	.406	-.151
<i>Varonil</i>							
14	.820*	.305	.188	.195	.869**	.533	-.224
16	.193	.173	.571	.212	.737*	.674*	-.293

Nota. MB: Maduración biológica; SJ: Squat Jump; CMJ: Salto contra movimiento; m: metros; LBC: lanzamiento de balón por encima de la cabeza; LBP: lanzamiento de balón por encima del pecho; *: $p \leq 0.05$, ** $p \leq 0.01$ y *** $p \leq 0.001$.

Los resultados de la correlación entre los valores antropométricos y la composición corporal con la maduración biológica se presentan en las Tablas n.º 3 y n.º 4. En la categoría 14 de la rama masculina, se observaron correlaciones significativas con las longitudes corporales acromiale–radiale, stylium medio-dactylium, miembro superior, envergadura y tronco ($p \leq 0.05$) (Tabla n.º 3), así como con el diámetro óseo biiliocrestal y la masa libre de grasa ($p \leq 0.05$) (Tabla n.º 4).

Artículo original. Relación de la antropometría y rendimiento físico con la maduración biológica en tenistas juveniles de élite. Vol. 10, n.º 3; p. 417-436, Septiembre 2024. <https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.3.10542>

Tabla n.º 3. Correlación de la maduración biológica con la antropometría.

Categoría y rama	Acromial -radiale	Radiale -stylion	Styilion medio-dactylion	Miembro superior	Envergadura	Tronco	Miembro inferior	Talla
MB								
<i>Femenil</i>								
14 y 16	.765**	.112	.257	.373	.312	.602*	.228	.533*
<i>Varonil</i>								
14	.753*	.674	.716*	.743*	.729*	.917*	.677	.826*
16	.516	.299	.280	.501	.515	.795*	.209	.533

Nota. MB: Maduración biológica; *: $p \leq 0.05$, **: $p \leq 0.01$ y *** $p \leq 0.001$.

Tabla n.º 4. Correlación de la maduración biológica con la antropometría (diámetros) y composición corporal

Categoría y rama	Húmero	Fémur	Biestiloideo	Biacromial	Biiliocrestal	Grasa %	MLG kg
MB							
<i>Femenil</i>							
14 y 16	.118	.211	.454	.464	.599*	.549*	.413
<i>Varonil</i>							
14	.317	.486	.637	-.223	.786*	-.255	.803*
16	-.169	-.066	.570	.594	.191	-.292	-.107

Nota. MB: Maduración biológica; MLG: masa libre de grasa; %: porcentaje; kg: kilogramos; *: $p \leq 0.05$, ** $p \leq 0.01$ y *** $p \leq 0.001$.

Artículo original. Relación de la antropometría y rendimiento físico con la maduración biológica en tenistas juveniles de élite. Vol. 10, n.º 3; p. 417-436, Septiembre 2024. <https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.3.10542>

Discusión

El rendimiento físico constituye un componente esencial para que los tenistas puedan optimizar su desempeño en la cancha, abarcando desde la movilidad y la fuerza hasta la resistencia y la prevención de lesiones. Además, la relación entre el rendimiento físico y la antropometría es de suma importancia para los tenistas de élite. Por ende, el propósito de este estudio fue investigar la asociación entre la maduración biológica, las mediciones antropométricas y el rendimiento físico en tenistas juveniles de alto nivel.

Nuestros hallazgos principales indican que las tenistas femeninas de la categoría 16 y los tenistas masculinos de la misma categoría ya habían completado la maduración biológica, mientras que los tenistas masculinos de la categoría 14 se encontraban por debajo de esta etapa. Estos resultados concuerdan con investigaciones previas que sugieren que los deportistas menores de 14 años aún no han alcanzado su maduración biológica (Fernández-Fernández et al., 2019; Kramer et al., 2016).

En cuanto a las mediciones antropométricas y el rendimiento físico, no se observaron diferencias significativas entre las categorías femeninas; sin embargo, en la rama masculina, se encontraron diferencias significativas entre las categorías 14 y 16, siendo esta última la que presentó valores más altos y significativos. Estas discrepancias podrían atribuirse a diversos factores como el entrenamiento deportivo, la experiencia del deportista o la propia maduración biológica.

La maduración biológica, entendida como el proceso de desarrollo físico y sexual de una persona, puede influir de manera significativa en el rendimiento físico de los tenistas, especialmente durante la adolescencia, cuando se producen cambios notables en la composición corporal, la fuerza, la resistencia y la coordinación motora. Estos cambios pueden influir en el rendimiento físico de diversas formas (Kramer et al., 2016; Kramer et al., 2017).

La literatura científica señala que la maduración biológica en las mujeres suele ocurrir entre los 11 y 12 años de edad, mientras que en los hombres este proceso comienza entre los 13 y 14 años (Malina et al., 2004). Esto podría explicar por qué la maduración biológica no parece ser un factor determinante en las diferencias de rendimiento físico y antropométrico entre las categorías 14 y 16 en la rama femenina,

Artículo original. Relación de la antropometría y rendimiento físico con la maduración biológica en tenistas juveniles de élite. Vol. 10, n.º 3; p. 417-436, Septiembre 2024. <https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.3.10542>

dado que ambas han superado esta etapa. Por otro lado, las diferencias observadas entre las categorías masculinas podrían estar relacionadas con la maduración biológica, ya que la categoría 14 aún no ha alcanzado esta etapa. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el rendimiento no depende exclusivamente de la maduración biológica en estas edades juveniles, sino que también intervienen otros factores como el entrenamiento y la genética (Gallo-Salazar et al., 2017; Yasin et al., 2010).

Algunos estudios en tenistas han encontrado resultados similares en edades comprendidas entre los 12 y 16 años, mostrando que aquellos tenistas masculinos que ya han completado su maduración biológica presentan valores más altos en mediciones antropométricas y pruebas de rendimiento en comparación con aquellos que aún no han alcanzado esta etapa (Fernández-Fernández et al., 2019; Fett et al., 2020; Kramer et al., 2016; Kramer et al., 2017; Myburgh et al., 2016; Ulbricht et al., 2015; Ulbricht et al., 2016).

La estatura es una de las medidas importantes en la práctica del tenis. Nuestros resultados mostraron diferencias significativas en la estatura de los tenistas masculinos entre las categorías 14 y 16, mientras que no se observaron diferencias significativas en las tenistas femeninas. Estos hallazgos están en línea con investigaciones previas que han demostrado variaciones en la estatura entre diferentes categorías y géneros (Fernández-Fernández et al., 2019; Fett et al., 2020; Kramer et al., 2016; Myburgh et al., 2016; Ulbricht et al., 2015; Ulbricht et al., 2016).

La longitud ósea y la composición corporal también son factores significativos en estas edades, especialmente en los tenistas masculinos debido al momento de la maduración biológica. Nuestros resultados indican que se observaron mayores cambios significativos en la longitud de los miembros y la composición corporal en los tenistas masculinos en comparación con las tenistas femeninas, cuya maduración biológica ya había pasado (Malina et al., 2004).

En cuanto al rendimiento físico, nuestro estudio mostró diferencias significativas entre las categorías de la rama masculina en pruebas de capacidad de salto, lanzamiento de balón y velocidad. Estos hallazgos son consistentes con la literatura científica, que ha demostrado aumentos significativos en pruebas de fuerza y velocidad en tenistas

Artículo original. Relación de la antropometría y rendimiento físico con la maduración biológica en tenistas juveniles de élite. Vol. 10, n.º 3; p. 417-436, Septiembre 2024. <https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.3.10542>

masculinos que se encuentran en etapas de maduración biológica (Fernández-Fernández et al., 2019; Fett et al., 2020; Kramer et al., 2016; Myburgh et al., 2016; Ulbricht et al., 2015; Ulbricht et al., 2016; Ziemann et al., 2011).

En las tenistas femeninas, los cambios en el rendimiento físico suelen ser menos notorios durante la maduración biológica, debido a que el desarrollo de la masa muscular no es progresivo después de los 13 años. Esto contrasta con los tenistas masculinos, cuyo rendimiento físico tiende a aumentar con la edad y la maduración biológica (Kramer et al., 2021).

Se observaron correlaciones más fuertes entre el rendimiento físico y la maduración biológica en aquellos tenistas que habían alcanzado esta etapa. Esto sugiere que los tenistas que aún no han completado su maduración biológica pueden enfrentar desventajas en comparación con aquellos que sí lo han hecho. Estos hallazgos son consistentes con estudios previos que han demostrado correlaciones significativas entre la composición corporal y el rendimiento físico en tenistas juveniles (Fett et al., 2020; Hayes et al., 2021; Munivrana et al., 2015; Sánchez-Pay et al., 2021; Ulbricht et al., 2016; Villouta et al., 2019), aunque muchos de estos estudios se han realizado en tenistas de mayor edad.

En resumen, estos resultados contribuyen a una mejor comprensión de cómo la maduración biológica afecta el rendimiento deportivo en tenistas juveniles, y proporcionan información valiosa para el diseño de programas de entrenamiento específicos y personalizados según la etapa de desarrollo físico y madurativo de los tenistas.

Conclusión

Los hallazgos de este estudio sugieren que las pruebas de capacidad de salto y lanzamiento de balón medicinal muestran correlaciones significativas entre tenistas femeninas de las categorías 14 y 16 que han completado su etapa de maduración biológica. Por otro lado, en el caso de los tenistas masculinos de la categoría 14, se encontraron correlaciones entre la fuerza de prensión manual y el lanzamiento de balón medicinal con su nivel de maduración biológica, mientras que en la categoría 16, solo se observó correlación con el lanzamiento de balón medicinal. Es importante destacar que

Artículo original. Relación de la antropometría y rendimiento físico con la maduración biológica en tenistas juveniles de élite. Vol. 10, n.º 3; p. 417-436, Septiembre 2024. <https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.3.10542>

la asociación entre la maduración biológica, las medidas antropométricas y el rendimiento físico pueden variar considerablemente entre tenistas. Algunos de los tenistas de la misma etapa de maduración biológica tendrán las mismas características antropométricas o de rendimiento físico, ya que otros factores como la genética, el entrenamiento y los hábitos de vida también desempeñan un papel importante.

Sin embargo, el monitoreo de las medidas antropométricas y el rendimiento físico en conjunto con la maduración biológica pueden proporcionar información valiosa para los entrenadores y especialistas en rendimiento deportivo, permitiendo adaptar de manera más precisa los programas de entrenamiento y la gestión del desarrollo físico de los tenistas jóvenes. Esto les ayuda a optimizar su rendimiento y minimizar el riesgo de lesiones a lo largo de su carrera deportiva.

Limitaciones del estudio

La primera limitación de nuestro estudio fue la muestra utilizada, ya que solo aquellos tenistas que cumplían con los criterios de inclusión fueron considerados. En futuras investigaciones, se recomienda ampliar la muestra para proporcionar una explicación más completa de la correlación entre las variables de rendimiento y la maduración biológica. La segunda limitante es que únicamente se contó con tenistas de la categoría 14 y 16, por lo que sugerimos realizar estudios a partir de los 9 ó 10 años de edad, especialmente en mujeres quienes son las que regularmente alcanzan una maduración biológica a los 12 años como media de edad.

Referencias bibliográficas

- Baiget, E., Corbi, F., Fuentes, J. P., & Fernández-Fernández, J. (2016). The relationship between maximum isometric strength and ball velocity in the tennis serve. *Journal of Human Kinetics*, 53, 63-71.
- Bonato, M., Maggioni, M., Rossi, C., Rampichini, S., La Torre, A., & Merati, G. (2015). Relationship between anthropometric or functional characteristics and maximal serve velocity in professional tennis players. *J Sport Med Phys Fitness*, 55(10), 1157-1165.

Artículo original. Relación de la antropometría y rendimiento físico con la maduración biológica en tenistas juveniles de élite. Vol. 10, n.º 3; p. 417-436, Septiembre 2024. <https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.3.10542>

Esparza-Ros, F., Vaquero-Cristóbal, R., & Marfell-Jones, M. (2019). *International standards for anthropometric assessment*. International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK).

Fett, J., Ulbricht, A., & Ferrauti, A. (2020). Impact of physical performance and anthropometric characteristics on serve velocity in elite junior tennis players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 34(1), 192-202. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002641>

Fernández-Fernández, J., Nakamura, F. Y., Moreno-Perez, V., Lopez-Valenciano, A., Del Coso, J., Gallo-Salazar, C., ... & Sanz-Rivas, D. (2019). Age and sex-related upper body performance differences in competitive young tennis players. *PLoS One*, 14(9), e0221761. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0221761>

Ferrauti, A., Ulbricht, A., & Fernandez-Fernandez, J. (2018). Assessment of physical performance for individualized training prescription in tennis. *Tennis Medicine: A Complete Guide to Evaluation, Treatment, and Rehabilitation*, 167-188. https://doi.org/10.1007/978-3-319-71498-1_12

Gallo-Salazar, C., Del Coso, J., Barbado, D., Lopez-Valenciano, A., Santos-Rosa, F. J., Sanz-Rivas, D., ... & Fernandez-Fernandez, J. (2017). Impact of a competition with two consecutive matches in a day on physical performance in young tennis players. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 42(7), 750-756. <https://doi.org/10.1139/apnm-2016-0540>

Gordon, B. J., & Dapena, J. (2006). Contributions of joint rotations to racquet speed in the tennis serve. *Journal of Sports Sciences*, 24(1), 31-49. <https://doi.org/10.1080/02640410400022045>

Hayes, M. J., Spits, D. R., Watts, D. G., & Kelly, V. G. (2021). Relationship between tennis serve velocity and select performance measures. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 35(1), 190-197. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002440>

Hernández-Davó, J. L., Moreno, F. J., Sanz-Rivas, D., Hernández-Davó, H., Coves, Á., & Caballero, C. (2019). Variations in kinematic variables and performance in the

Artículo original. Relación de la antropometría y rendimiento físico con la maduración biológica en tenistas juveniles de élite. Vol. 10, n.º 3; p. 417-436, Septiembre 2024. <https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.3.10542>

tennis serve according to age and skill level. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 19(5), 749-762.
<https://doi.org/10.1080/24748668.2019.1653036>

Kovacs, M., & Ellenbecker, T. (2011). An 8-stage model for evaluating the tennis serve: implications for performance enhancement and injury prevention. *Sports Health*, 3(6), 504-513. <https://doi.org/10.1177/1941738111414175>

Kovacs, M. S., Pritchett, R., Wickwire, P. J., Green, J. M., & Bishop, P. (2007). Physical performance changes after unsupervised training during the autumn/spring semester break in competitive tennis players. *British Journal of Sports Medicine*, 41(11), 705-710. <https://doi.org/10.1136/bjism.2007.035436>

Kramer, T., Huijgen, B. C., Elferink-Gemser, M. T., & Visscher, C. (2016). A longitudinal study of physical fitness in elite junior tennis players. *Pediatric Exercise Science*, 28(4), 553-564. <https://doi.org/10.1123/pes.2016-0022>

Kramer, T., Huijgen, B. C., Elferink-Gemser, M. T., & Visscher, C. (2017). Prediction of tennis performance in junior elite tennis players. *Journal of Sports Science & Medicine*, 16(1), 14-21.

Kramer, T., Valente-Dos-Santos, J., Visscher, C., Coelho-e-Silva, M., Huijgen, B. C., & Elferink-Gemser, M. T. (2021). Longitudinal development of 5m sprint performance in young female tennis players. *Journal of Sports Sciences*, 39(3), 296-303 <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1816313>

Lloyd, R. S., Faigenbaum, A. D., Stone, M. H., Oliver, J. L., Jeffreys, I., Moody, J. A., & Myer, G. D. (2014). Posicionamiento sobre el entrenamiento de fuerza en jóvenes. Consenso Internacional de 2014. *Archivos de Medicina del Deporte*, 31(2), 111-124.

Lloyd, R. S., & Oliver, J. L. (Eds.). (2019). *Strength and conditioning for young athletes: science and application*. Routledge.
<https://doi.org/10.4324/9781351115346>

Artículo original. Relación de la antropometría y rendimiento físico con la maduración biológica en tenistas juveniles de élite. Vol. 10, n.º 3; p. 417-436, Septiembre 2024. <https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.3.10542>

Luna-Villouta, P., Paredes-Arias, M., Flores-Rivera, C., Hernández-Mosqueira, C., Souza de Carvalho, R., Faúndez-Casanova, C., ... & Vargas-Vitoria, R. (2021). Anthropometric Characterization and Physical Performance by age and biological maturation in young tennis players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(20), 10893. <https://doi.org/10.3390/ijerph182010893>

Malina, R. M., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). *Growth, maturation, and physical activity*. Human kinetics. <https://doi.org/10.5040/9781492596837>

Mirwald, R. L., Baxter-Jones, A. D., Bailey, D. A., & Beunen, G. P. (2002). An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34(4), 689-694. <https://doi.org/10.1249/00005768-200204000-00020>

Munivrana, G., Filipčić, A., & Filipčić, T. (2015). Relationship of speed, agility, neuromuscular power, and selected anthropometrical variables and performance results of male and female junior tennis players. *Collegium Antropologicum*, 39(Supplement 1), 109-116.

Myburgh, G. K., Cumming, S. P., Silva, M. C. E., Cooke, K., & Malina, R. M. (2016). Maturity-associated variation in functional characteristics of elite youth tennis players. *Pediatric Exercise Science*, 28(4), 542-552. <https://doi.org/10.1123/pes.2016-0035>

Reid, M., Elliott, B., & Alderson, J. (2007). Shoulder joint loading in the high performance flat and kick tennis serves. *British Journal of Sports Medicine*, 41(12), 884-889. <https://doi.org/10.1136/bjism.2007.036657>

Reid, M., Morgan, S., & Whiteside, D. (2016). Matchplay characteristics of Grand Slam tennis: implications for training and conditioning. *Journal of Sports Sciences*, 34(19), 1791-1798. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1139161>

Sánchez-Muñoz, C., Sanz, D., & Zabala, M. (2007). Anthropometric characteristics, body composition and somatotype of elite junior tennis players. *British Journal of Sports Medicine*, 41(11), 793-799. <https://doi.org/10.1136/bjism.2007.037119>

Artículo original. Relación de la antropometría y rendimiento físico con la maduración biológica en tenistas juveniles de élite. Vol. 10, n.º 3; p. 417-436, Septiembre 2024. <https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.3.10542>

Sánchez-Pay, A., Ramón-Llin, J., Martínez-Gallego, R., Sanz-Rivas, D., Sánchez-Alcaraz, B. J., & Frutos, S. (2021). Fitness testing in tennis: Influence of anthropometric characteristics, physical performance, and functional test on serve velocity in professional players. *PloS One*, *16*(11), e0259497. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0259497>

Signorile, J. F., Sandler, D. J., Smith, W. N., Stoutenberg, M., & Perry, A. C. (2005). Correlation analyses and regression modeling between isokinetic testing and on-court performance in competitive adolescent tennis players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *19*(3), 519-526. <https://doi.org/10.1519/00124278-200508000-00007>

Söğüt, M. (2018). Stature: Does it really make a difference in match-play outcomes among professional tennis players?. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, *18*(2), 255-261. <https://doi.org/10.1080/24748668.2018.1466259>

Söğüt, M., Luz, L. G., Kaya, Ö. B., Altunsoy, K., Doğan, A. A., Kirazci, S., ... & Knechtle, B. (2019). Age-and maturity-related variations in morphology, body composition, and motor fitness among young female tennis players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *16*(13), 2412. <https://doi.org/10.3390/ijerph16132412>

Stratton, G., & Oliver, J. L. (2019). The impact of growth and maturation on physical performance. *Strength and conditioning for young athletes: Science and Application*, 3-20. <https://doi.org/10.4324/9781351115346-1>

Turner, M., Ishihara, T., Beranek, P., Turner, K., Fransen, J., Born, P., & Cruickshank, T. (2022). Investigating the role of age and maturation on the association between tennis experience and cognitive function in junior beginner to intermediate-level tennis players. *International Journal of Sports Science & Coaching*, *17*(5), 1071-1078. <https://doi.org/10.1177/17479541211055841>

Ulbricht, A., Fernandez-Fernandez, J., & Ferrauti, A. (2013). Conception for fitness testing and individualized training programs in the German Tennis

Artículo original. Relación de la antropometría y rendimiento físico con la maduración biológica en tenistas juveniles de élite. Vol. 10, n.º 3; p. 417-436, Septiembre 2024. <https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.3.10542>

Federation. *Sport-Orthopädie-Sport-Traumatologie-Sports Orthopaedics and Traumatology*, 29(3), 180-192 <https://doi.org/10.1016/j.orthtr.2013.07.005>

Ulbricht, A., Fernandez-Fernandez, J., Mendez-Villanueva, A., & Ferrauti, A. (2015). The relative age effect and physical fitness characteristics in German male tennis players. *Journal of Sports Science & Medicine*, 14(3), 634-642.

Ulbricht, A., Fernandez-Fernandez, J., Mendez-Villanueva, A., & Ferrauti, A. (2016). Impact of fitness characteristics on tennis performance in elite junior tennis players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(4), 989-998. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001267>

Villouta, P. L., Sánchez, C. M., Gallardo, M. R., Salazar, C. M., & Vitoria, C. R. V. (2019). Relación entre la Agilidad respecto de Variables Antropométricas en niños pertenecientes a una Escuela de tenis privada de la provincia de Concepción. *Retos: Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, (36), 278-282. <https://doi.org/10.47197/retos.v36i36.68292>

Wong, F. K., Keung, J. H., Lau, N. M., Ng, D. K., Chung, J. W., & Chow, D. H. (2014). Effects of body mass index and full body kinematics on tennis serve speed. *Journal of Human Kinetics*, 40, 21-28.

Yasin, A., Omer, S., Ibrahim, Y., Akif, B. M., & Cengiz, A. (2010). Comparison of some anthropometric characteristics of elite badminton and tennis players. *Science, Movement and Health*, 2, 400-405.

Ziemann, E., Sledziewska, E., Grzywacz, T., Gibson, A. L., & Wierzba, T. H. (2011). Body composition and physical capacity of elite adolescent female tennis players. *Georgian Medical News*, (196-197), 19-27.