



apunts

MEDICINA DE L'ESPORT

www.apunts.org



ORIGINAL

Déficits bilaterales y asimetrías morfofuncionales en jóvenes esgrimistas

Xavier Iglesias*, Alfredo Irurtia, Michel Marina y Marta Carrasco

Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya (INEFC), Barcelona, España

Recibido el 1 de julio de 2010; aceptado el 4 de octubre de 2010

Disponible en Internet el 31 de marzo de 2011

PALABRAS CLAVE

Esgrima;
Cineantropometría;
Déficit bilateral;
Asimetría;
Fuerza máxima isométrica;
Flexibilidad

Resumen

Introducción y objetivos: El componente técnico en esgrima se desarrolla de forma unilateral provocando déficits bilaterales y asimetrías morfofuncionales en el esgrimista de élite. El objetivo del presente estudio fue valorar en qué grado estos desequilibrios morfofuncionales estaban patentes en jóvenes esgrimistas (20 hombres: $14,8 \pm 0,9$ años; 12 mujeres: $14,2 \pm 3,3$ años) en sus primeras etapas de formación hacia la élite.

Método: Se analizaron 23 variables por triplicado en ambos hemicuerpos, agrupadas en las siguientes valoraciones: cineantropometría, flexibilidad y fuerza máxima isométrica. La fiabilidad entre intentos fue valorada con una ANOVA de medidas repetidas e índice de correlación intraclase (ICC), y una prueba T de muestras independientes para analizar las diferencias entre sexos y entre ambos hemicuerpos, con un nivel de significación de $p \leq 0,05$.

Resultados: En ambos sexos existen diferencias significativas en los perímetros del antebrazo ($p \leq 0,05$) y en la fuerza máxima isométrica de prensión manual ($p \leq 0,05$). En las chicas se hallan diferencias significativas entre el área muscular del muslo anterior y posterior ($p \leq 0,05$). Pese a no hallar diferencias significativas en el resto de variables, en ambos sexos existen déficits bilaterales en torno al 4% entre los perímetros y al 11% entre las áreas musculares, de brazos y muslos del hemicuerpo armado frente al no armado.

Conclusiones: En esgrima, determinados desequilibrios morfofuncionales se manifiestan en las primeras etapas de especialización. Se recomiendan entrenamientos específicos invirtiendo la lateralidad, una buena preparación física general y potenciar la musculatura antagonista, para minimizar los déficits potencialmente lesionales.

© 2010 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: xiglesias@gencat.cat (X. Iglesias).

KEYWORDS

Fencing;
Kinanthropometry;
Bilateral deficit;
Asymmetry;
Isometric maximum
strength;
Flexibility

Bilateral deficit and morphofunctional asymmetries in young fencers**Abstract**

Introduction and aims: The technical component in fencing is developed of unilateral form causing bilateral deficits and morphofunctional asymmetries in elite fencers. The aim of the present study was to assess the degree of these morphofunctional imbalances were significances in young fencers (20 men: 14.8 ± 0.9 years; 12 women: 14.2 ± 3.3 years) in their first stages of training towards the sport elite.

Method: Twenty three variables in triplicate were analysed in both sides of the body and grouped in the following assessments: kinanthropometry; flexibility; isometric maximum strength. ANOVA with Tukey's post-hoc and intraclass correlation coefficient was used in order to determine the reliability between trials. An independent samples t-test was used to analyse the differences between sexes and between both sides of the body. The significance level was established at $P \leq .05$.

Results: In both sexes, significant differences between perimeters of the forearm ($P \leq .05$), and isometric maximum strength of fingers ($P \leq .05$) was established. In addition, in girls there were significant differences between the muscular area of the anterior and posterior thigh ($P \leq .05$). No significance differences were found in the other variables.

Conclusions: In fencing, some morphofunctional asymmetries are developed in the first stages of the sport specialisation. To minimise the potentially injuring deficits, we recommend strengthening the antagonist musculature with specific training sessions reversing the laterality and improving the physical conditioning.

© 2010 Consell Català de l'Esport. Generalitat de Catalunya. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Introducción

El rendimiento deportivo en esgrima depende de múltiples factores, entre los que destacan los elementos técnico-coordinativos y los procesos cognitivos de la situación competitiva¹⁻³.

Con alguna excepción⁴, diversos estudios describen valores elevados de talla en tiradores, característica antropométrica que podría constituir uno de los factores favorecedores del rendimiento deportivo en esgrima⁵⁻¹⁰.

La valoración cineantropométrica resulta esencial para caracterizar el perfil funcional del esgrimista¹¹. De forma especial, resulta de interés valorar individualmente el posible grado de asimetrías y déficits morfofuncionales provocados por la práctica de la esgrima^{7,10,12-16}.

El trabajo de sística del cuerpo en los desplazamientos^{17,18}, así como el desarrollo de fases más activas donde la velocidad gestual del brazo armado y la explosividad de las piernas condicionan el éxito deportivo², caracterizan la actividad muscular en la esgrima¹⁹. La técnica de piernas provoca en el tirador de élite adaptaciones morfofuncionales en forma de asimetrías entre hemisferios descritas en la literatura^{7,9,10,12-14,18,20}.

La asimetría de las extremidades inferiores corroboraría la existencia de un trabajo muscular de carácter excéntrico en la musculatura extensora de la pierna anterior^{10,18}, en la acción de bloqueo en la finalización del «fondo».

El perfil cineantropométrico y funcional del esgrimista de élite ha sido ampliamente descrito, pero escasos son los estudios que analicen las posibles asimetrías morfológicas y déficits bilaterales que provoca su práctica competitiva en los jóvenes tiradores. El trabajo de Tsolakis^{21,22} confirma que las asimetrías de los jóvenes esgrimistas empiezan

a ser significativas en la franja de edad de los 14 a 17 años.

El objetivo de este estudio ha sido valorar la existencia de desequilibrios morfofuncionales en jóvenes esgrimistas.

Método**Diseño**

Estudio observacional, descriptivo y transversal, con las siguientes valoraciones:

- Cineantropométrica: talla, peso, pliegues cutáneos (tríceps, bíceps, muslo, pierna medial), perímetros (brazo relajado, brazo flexionado en tensión, antebrazo, muñeca, muslo, pierna medial, tobillo), diámetros (humeral, biestiloidal, femoral, bimaleolar), áreas de masa muscular y masa grasa del brazo y del muslo.
- Amplitud de movimiento: ángulo activo de la articulación coxofemoral en el plano anteroposterior.
- Fuerza máxima isométrica del tren superior (dinamometría de prensión manual) y del tren inferior (dinamometría isocinética).

A excepción de la talla y el peso, el resto de variables objeto de estudio ($n = 23$) fueron analizadas en ambos hemisferios por triplicado.

El protocolo de actuación respetó la declaración de Helsinki y se diseñó con el fin de minimizar posibles efectos de transferencia negativa entre las distintas valoraciones efectuadas (tabla 1).

Tabla 1 Diseño y temporización de las diferentes valoraciones realizadas en el presente estudio

1.º	2.º	3.º	4.º
Valoración cineantropométrica ⇒	Fuerza máxima isométrica ⇒	Fuerza máxima isométrica (tren superior) ⇒	Amplitud de movimiento (flexibilidad)
	Fuerza explosiva (tren inferior)		
Test	Calentamiento	Test	Calentamiento
45 min	15 min	30 min	15 min
	Test		Test
	30 min		30 min

Muestra

La muestra estuvo constituida por 32 tiradores (espada, $n=15$; florete, $n=8$; sable, $n=9$), 20 hombres (edad: $14,8 \pm 0,9$ años; talla: $171,5 \pm 7,6$ cm; peso: $60,9 \pm 9,6$ kg) y 12 mujeres (edad: $14,2 \pm 3,3$ años; talla: $162,9 \pm 5,5$ cm; peso: $57,7 \pm 7,6$ kg). El 80% de los primeros se ubicaron en el estadio G3-PH3, y el 20% en el estadio G4-PH4 de Tanner²³. En relación a las mujeres, todas ellas posmenárquicas, el 67% correspondió al estadio B4-PH3, y el 33% al estadio B5-PH4.

Criterios de inclusión

Ser esgrimista, con nivel competitivo nacional o internacional, y un entrenamiento mínimo de 3 días a la semana.

La práctica totalidad del grupo eran medallistas y campeones de España en sus respectivas categorías y armas. Su volumen de entrenamiento era de 15 h semanales, aproximadamente. Todos los deportistas, así como sus respectivos padres o tutores legales, fueron informados sobre las características de la presente investigación y firmaron un permiso de consentimiento informado previo al inicio del estudio.

Material

Tallímetro telescópico Seca 220®, Birmingham, UK (precisión: 1 mm); balanza Seca 710®, Birmingham, Reino Unido (precisión: 50 g); cinta antropométrica Lufkin Executive® w606pm, Lufkin, EE. UU. (precisión: 1 mm); pie de rey Holtain Ltd., Crosswell, Reino Unido (precisión: 1 mm); lipómetro Tanner/Whitehouse®, Holtain Ltd., Crosswell, Reino Unido (precisión: 0,2 mm; presión constante de 10 g/mm^2); antropómetro Harpenden®, Holtain Ltd., Crosswell, Reino Unido (precisión: 1 mm); dinamómetro isocinético Cybex 6000®, Lumex, Inc., Nueva York, EE. UU.; dinamómetro prensión manual Harpenden®, British Indicators Ltd., Burgess Hill, Reino Unido (precisión: 1 kp); inclinómetro digital NO328®, Gis Ibérica S.L., Cáceres, España (precisión: 0,2 mm); banco antropométrico de madera ($40 \times 50 \times 30$ cm); lápiz dermatográfico.

Procedimiento

Se estimó el grado de maduración biológica a través de la valoración del desarrollo de los caracteres sexuales secundarios según Tanner²³.

En la valoración cineantropométrica se siguieron las normas y técnicas de medida recomendadas por el International Working Group of Kinanthropometry²⁴ y adoptadas por la International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK) y por el Grupo Español de Cineantropometría (GREC).

Se calculó el área de masa grasa y muscular del brazo siguiendo las recomendaciones realizadas por Rolland-Cachera et al²⁵. Para el cálculo de ambas áreas en el muslo, se sustituyeron los valores del perímetro del brazo y el pliegue del tríceps por los específicos de este segmento.

Las mediciones antropométricas se realizaron por una cineantropometrista acreditada con el Nivel II de la ISAK siguiendo las recomendaciones de Ross y Marfell-Jones²⁴ por las cuales es válido un error técnico de medida intraevaluador inferior a un 5% para los pliegues cutáneos y menor al 2% para el resto de mediciones.

Para la amplitud de movimiento se siguieron las normas y técnicas de medida recomendadas por el Manual of Orthopaedic Surgery²⁶, y a su vez validadas por Moras²⁷. El test elegido fue «elevación frontal de la pierna estirada desde la posición de decúbito dorsal», que valora la amplitud de movimiento en el plano anteroposterior de la articulación coxofemoral, solicitada al ejecutar la fase final de la acción técnica del «fondo»²⁸.

Se realizó un calentamiento tipificado de 15 min. El test se realizó 3 veces por pierna, por el mismo evaluador, y con 3 min de recuperación entre intentos. Una vez comprobada la ausencia de diferencias significativas entre cada uno de los intentos ($p \leq 0,05$) se registró el de mayor rendimiento. La valoración se realizó en grados (ángulo de mayor rendimiento entre ambas piernas), a partir de la mínima distancia (cm) entre los dos lados posteriores del calcáneo y la longitud de la pierna del esgrimista.

Para la valoración de la fuerza máxima isométrica en el tren superior, el protocolo del test, en base a valores absolutos (kp) y relativos ($\text{kp} \cdot \text{kg}^{-1}$), se ajustó a las normas recomendadas para la realización de la batería EUROFIT (Council of Europe, 1988), efectuando un tiempo de recuperación entre repeticiones ($n=3$) de 3 min.

La fuerza máxima isométrica de rodilla de los extensores de la pierna se valoró con un ángulo de rodilla de 90° , similar al existente en la fase final de la acción técnica del «fondo»²⁸; el par máximo de torsión absoluto (PT) se verificó en condiciones próximas o coincidentes a velocidad cero²⁹⁻³²; con un test isométrico se quiso minimizar los problemas de habituación necesarios con movimientos isocinéticos, especialmente en velocidades angulares elevadas²⁹. El protocolo

Tabla 2 Valoración cineantropométrica: déficits bilaterales (DB) entre el hemicuerpo armado (pierna anterior) y no armado (pierna posterior) en jóvenes esgrimistas

	Jóvenes esgrimistas masculinos (n = 20)			Jóvenes esgrimistas femeninas (n = 12)		
	Armado Anterior	No armado Posterior	% DB	Armado Anterior	No armado Posterior	% DB
<i>Pliegues (mm) n = 4</i>						
Tríceps	10,8 ± 5,0	11,3 ± 5,1	4,2	18,0 ± 4,9	19,0 ± 4,3	4,9
Bíceps	6,1 ± 3,2	6,3 ± 3,9	2,9	10,0 ± 4,9	10,2 ± 4,8	2,8
Muslo anterior	15,1 ± 5,6	15,4 ± 6,7	2,3	25,0 ± 5,6	25,4 ± 5,6	1,3
Pierna medial	12,7 ± 4,2	13,0 ± 4,4	2,8	21,1 ± 7,9	21,4 ± 7,7	1,6
<i>Perímetros (cm) n = 7</i>						
Brazo relajado	25,2 ± 2,6	24,2 ± 2,6	4,2	25,0 ± 1,9	24,3 ± 2,3	2,8
Brazo en tensión	27,6 ± 2,8	26,5 ± 2,6	4,3	26,5 ± 1,9	25,7 ± 2,4	3,1
Antebrazo	25,4 ± 1,8	24,1 ± 1,6	5,4*	23,6 ± 1,1	22,4 ± 1,3	5,5*
Muñeca	16,3 ± 0,8	15,9 ± 0,8	2,4	14,9 ± 0,8	14,6 ± 0,9	1,9
Muslo	52,5 ± 4,9	50,4 ± 4,7	4,1	54,1 ± 3,7	51,7 ± 3,2	4,6
Pierna medial	35,3 ± 3,3	35,2 ± 3,2	0,3	35,0 ± 2,0	34,6 ± 1,8	1,0
Tobillo	22,8 ± 1,6	22,7 ± 1,6	0,4	21,9 ± 1,2	21,8 ± 1,2	0,8
<i>Diámetros (cm) n = 4</i>						
Humeral	6,9 ± 0,3	6,7 ± 0,3	2,6	6,0 ± 0,3	5,8 ± 0,5	3,4
Biestiloidal	5,6 ± 0,3	5,5 ± 0,3	2,6	5,2 ± 0,3	5,1 ± 0,2	1,8
Femoral	9,8 ± 0,5	9,6 ± 0,5	1,3	9,1 ± 0,4	9,0 ± 0,4	1,2
Bimaleolar	7,3 ± 0,4	7,2 ± 0,5	1,4	6,4 ± 0,3	6,4 ± 0,4	1,0
<i>Áreas (cm²) n = 4</i>						
Masa grasa brazo	12,8 ± 6,7	12,9 ± 6,8	0,6	20,0 ± 5,9	20,3 ± 5,5	1,4
Masa muscular brazo	38,0 ± 7,2	34,1 ± 6,6	11,6	29,9 ± 5,3	27,1 ± 6,2	10,4
Masa grasa muslo	37,8 ± 18,7	38,4 ± 16,9	1,8	60,9 ± 15,8	63,3 ± 17,2	3,8
Masa muscular muslo	182,8 ± 30,8	166,2 ± 25,8	10,0	170,7 ± 19,1	152,8 ± 15,7	11,7*

* p ≤ 0,05.

consistió en la realización de 1 esfuerzo submáximo de familiarización seguido de la medición de 3 esfuerzos máximos de 3 s de duración en cada pierna, seleccionando el mejor de ellos, con un tiempo de recuperación de 90 s entre intentos³³. Los parámetros utilizados fueron el par máximo de torsión absoluto (PT, N·m) y en relación al peso corporal (PTR, N·m·kg⁻¹), así como el tiempo empleado para alcanzar el PT (TPT, s).

Análisis estadístico

La normalidad de la distribución se confirmó mediante la prueba K-S. Para valorar la fiabilidad de las mediciones se utilizó el análisis de la varianza (ANOVA) de medidas repetidas, y el índice de correlación intraclase (ICC). Se efectuó una prueba T de muestras independientes para analizar las diferencias entre sexos y diferencias entre el hemicuerpo armado y el no armado. Dada la diferencia

entre la magnitud de la muestra femenina y masculina, se utilizó prueba de Levene para confirmar la igualdad de varianzas. El nivel de significación se estableció en p ≤ 0,05.

Resultados

Los chicos poseen antebrazos (libre y armado) de mayor perímetro que las chicas (p ≤ 0,001). El área muscular de ambos brazos es significativamente superior (p ≤ 0,001) en los chicos. En cambio, no existen diferencias significativas entre el área muscular del muslo (p > 0,05). El área grasa es, en todos los casos, significativamente superior en las chicas (p ≤ 0,01). En relación al resto de variables antropométricas, los chicos se caracterizan por poseer menores pliegues y mayores perímetros que las chicas (p ≤ 0,05).

La flexibilidad activa de la articulación coxofemoral (plano anteroposterior) es superior en chicas cuando la pierna valorada es la posterior (p ≤ 0,01). No se hallan

Tabla 3 Valoración de la amplitud de movimiento: déficits bilaterales (DB) entre la pierna anterior y posterior en jóvenes esgrimistas

	Jóvenes esgrimistas masculinos (n = 20)			Jóvenes esgrimistas femeninas (n = 12)		
	Anterior	Posterior	% DB	Anterior	Posterior	% DB
Ángulo α (°)	90,9 ± 13,9	84,7 ± 12,7	7,3	98,6 ± 8,7	97,0 ± 11,8	1,6

Tabla 4 Valoración de la fuerza máxima isométrica de presión manual: déficits bilaterales (DB) entre el hemicuerpo armado y no armado en jóvenes esgrimistas

	Jóvenes esgrimistas masculinos (n = 20)			Jóvenes esgrimistas femeninas (n = 12)		
	Armado	No armado	% DB	Armado	No armado	% DB
<i>Presión manual (kp·kg⁻¹)</i>						
Presión manual (kp)	34,6 ± 6,1	29,7 ± 5,9	14,2*	27,5 ± 3,6	24,1 ± 4,1	12,4*

* p ≤ 0,05.

Tabla 5 Valoración de la fuerza máxima isométrica del tren inferior: déficits bilaterales (DB) entre la pierna anterior y posterior en jóvenes esgrimistas

	Jóvenes esgrimistas masculinos (n = 20)				Jóvenes esgrimistas femeninas (n = 12)		
	Anterior	Posterior	% DB		Anterior	Posterior	% DB
Par máx. torsión absoluto a 90° (PT, Nm)	214 ± 62,4	176 ± 41,2	12,1	179 ± 27,2	157 ± 28,5	11,4	
Par máx. torsión relativo a 90° (PT _{Rel} , %)	95 ± 17,6	81 ± 17	17,3	100 ± 22,9	87 ± 20,5	11,5	
Tiempo al par máx. torsión a 90° (TPT, s)	2,1 ± 0,69	1,6 ± 0,93	18,8	1,6 ± 0,83	1,5 ± 0,63	6,7	

diferencias significativas, en cambio, cuando se valora la pierna anterior ($p > 0,05$).

La fuerza máxima isométrica de presión manual es siempre significativamente superior en chicos ($p \leq 0,01$). En el tren inferior, en cambio, tanto el par máximo de torsión (PT) como el tiempo utilizado para llegar a éste (TPT), no se diferencian significativamente entre géneros.

En las tablas correspondientes se muestran los principales resultados de la valoración cineantropométrica (tabla 2), amplitud de movimiento (tabla 3), fuerza máxima isométrica de presión manual (tabla 4), fuerza máxima isométrica y fuerza explosiva del tren inferior (tabla 5).

Al valorar posibles déficits bilaterales entre hemicuerpo armado y no armado, en ambos sexos se hallan diferencias significativas entre los perímetros del antebrazo ($p \leq 0,05$) y la fuerza máxima isométrica de presión manual ($p \leq 0,05$). En el caso de las chicas, además, se hallan diferencias significativas entre el área muscular del muslo anterior y posterior ($p \leq 0,05$). No existen déficits bilaterales significativos ($p > 0,05$) en ninguna de las variables utilizadas para valorar la fuerza máxima isométrica del tren inferior.

Pese a no hallar diferencias significativas en el resto de las variables, en ambos sexos existen déficits bilaterales en torno al 4% entre los perímetros y al 11% entre las áreas musculares, de brazos y muslos del hemicuerpo armado frente al no armado.

Discusión

Si bien determinadas asimetrías antropométricas han sido ampliamente caracterizadas en esgrimistas de élite^{7,9,10,12-14}, no se han hallado estudios que analicen a qué edad y grado éstas se producen. El presente estudio, además de abordar estos factores, lo hace desde una perspectiva morfofuncional, incluyendo variables de fuerza

(tren superior e inferior) y amplitud de movimiento (tren inferior).

La esgrima es un deporte asimétrico en el que el análisis de los déficits y asimetrías morfofuncionales debe considerarse siempre entre hemicuerpo armado y no armado; la comparación entre extremidades «derecha» e «izquierda» supondría un grave error metodológico, al perder la información sobre las adaptaciones musculares producidas por la especificidad del deporte¹⁸.

Los mayores perímetros y áreas musculares del brazo y antebrazo armado en tiradores de élite estarían condicionados por la unilateralidad en el uso del arma³⁴. Mientras el brazo armado está continuamente en tensión, el no armado realiza funciones de equilibrio, impulsión y compensación en determinados movimientos.

La ejecución técnica de los desplazamientos de la esgrima genera unas adaptaciones diferenciales que se centran en el desarrollo y finalización del movimiento ofensivo «fondo»¹³: la pierna posterior realiza una acción muscular explosiva y concéntrica, mientras que la anterior realiza, en su primera fase, la extensión de la rodilla, y en la fase final, una acción muscular excéntrica en la acción de frenado y bloqueo una vez el talón ha contactado con el suelo¹³.

Los mayores perímetros y áreas musculares de la pierna anterior en tiradores de élite estarían condicionados, de nuevo, por la unilateralidad en el uso del arma^{18,34}. En este sentido, es un hecho demostrado el registro de mayores valores de hipertrofia muscular ante contracciones excéntricas que ante contracciones de carácter concéntrico^{35,36}.

En la caracterización del perfil cineantropométrico y funcional de jóvenes esgrimistas, además de déficits bilaterales significativos conviene observar los que también muestran una tendencia mayor (tabla 2), como las diferencias entre la masa muscular de los muslos (DB = 10%) y los brazos (DB = 11,6%) armados y no armados en chicos, así como en los brazos en las chicas (DB = 10,4%).

Los presentes resultados muestran ciertas tendencias aplicables a ambos sexos: el hemicuerpo armado registra mayores valores en relación a los perímetros, diámetros y áreas musculares, y menores valores en relación a pliegues cutáneos y áreas de masa grasa.

El proceso de entrenamiento asimétrico favorecería el hecho de que estos déficits se incrementaran con el tiempo¹². Pese a ello, convendría controlar longitudinalmente factores que no se han contemplado en el presente estudio, tales como la carga de entrenamiento, especialmente la preparación física de los jóvenes tiradores, que debería servir tanto para aumentar su prestación deportiva como para compensar y minimizar dichas asimetrías y déficits morfofuncionales que podrían provocar descompensaciones osteoarticulares como las descritas en la literatura³⁷⁻³⁹. Concretamente, consideramos de interés centrar la preparación para evitar mayores déficits bilaterales y posibles lesiones en tres intervenciones:

- Potenciar sesiones o ejercicios específicos de esgrima en que los esgrimistas trabajen invirtiendo su lateralidad. Con ello se conseguirá disminuir los déficits mediante un entrenamiento que a nivel táctico y perceptivo ofrecerá grandes recursos al deportista, por el hecho de realizar elementos técnicos y adaptaciones motrices correspondientes al hemicuerpo no dominante.
- Mantener a lo largo de la temporada entrenamientos físicos dirigidos al reforzamiento muscular general del deportista. Actividades como la natación, y más recientemente gimnasias posturales, son de uso habitual en el alto rendimiento; en las etapas de crecimiento con mayor razón se deben programar prácticas físicas con estos objetivos.
- No olvidar el desarrollo de la musculatura antagonista de las acciones principales en la esgrima. Lesiones de la musculatura isquiotibial son frecuentes, a pesar de existir un buen desarrollo de la musculatura extensora de la rodilla, como agonista de la ejecución del movimiento ofensivo más utilizado en esgrima: el fondo.

Cabe destacar la ausencia de diferencias significativas de la fuerza máxima isométrica de tren inferior entre géneros. Aunque existen estudios que documentan la ausencia de diferencias en la fuerza isocinética del tren inferior entre géneros⁴⁰⁻⁴³, dichas observaciones siempre se analizaron en poblaciones prepúbereles y usando regímenes de contracción isocinéticos concéntricos. Nuestro colectivo tiene una franja de edad y nivel de maduración que nos permite definirlo como peripuberal y pospuberal, condiciones que deberían en principio justificar diferencias de fuerza a favor de los hombres. Un TPT reducido ha sido asociado a una buena capacidad de reclutamiento de los músculos implicados en el movimiento^{32,44}, lo que acorta los tiempos para generar elevados valores de fuerza, como sucede en atletas de potencia⁴⁵, e indica un elevado *stiffness* de los componentes elásticos del músculo y una curva fuerza-velocidad favorable de los componentes contráctiles⁴⁶. La ausencia de diferencias de TPT entre géneros sugiere finalmente que en este colectivo existiría un potencial semejante para generar aceleraciones y movimientos rápidos.

Conclusiones

- Los datos del presente estudio sugieren que estas diferencias bilaterales ya se manifiestan al iniciar la etapa de especialización en la esgrima, como así se desprende de los trabajos de Tsolakis^{21,22,47-49}.
- Ante estos resultados y referencias de la literatura específica⁵⁰⁻⁵³ se recomienda la aplicación de entrenamientos específicos invirtiendo la lateralidad del esgrimista, mantener la preparación física general durante la temporada (natación...) y potenciar el trabajo de la musculatura antagonista de las principales acciones técnicas para compensar o minimizar dichos déficits potencialmente lesionales.
- Un estudio longitudinal, controlando los factores de la carga, contribuiría a describir la cinética de cambios morfofuncionales con la edad en esgrima, valorando en qué grado y en qué momento las diferencias entre hemicuerpos discriminan estadísticamente.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Stewart KJ, Peredo AR, Williams CM. Physiological and morphological factors associated with successful fencing performance. *J Hum Ergol (Tokyo)*. 1977;6:53-60.
2. Marini J. Analyse des assauts d'esgrime: considérations énergétiques. En: Tere EPS, editor. *Evaluation de la valeur physique*. París: INSEP; 1984. p. 176-8.
3. Marini J, Fauche S, Revenu D, Gazorla G. L'évaluation des escrimeurs. En: Tere EPS, editor. *Evaluation de la valeur physique*. París: INSEP; 1984. p. 173-5.
4. Lavoie JM, Léger L, Marini JF. Comparaisons anthropométriques et physiologiques de deux niveaux d'esgrime. *La Revue Québécoise de l'Activité Physique*. 1984;3:91-5.
5. Carter J, Aubry D, Sleet D. Somatotypes of Montreal Olympic Athletes. *Medicine and Sport*. 1982;16:25-80.
6. Carter J, Ross W, Aubry S, Hebbelinck M, Borms J. Anthropometry of Montreal Olympic Athletes. En: Carter J., editor. *Physical Structure of Olympic Athletes. Part I. The Montreal Olympic Games Anthropological Project*. Basel: Karger; 1982. p. 25-52.
7. Sapega AA, Minkoff J, Valsamis M, Nicholas JA. Musculoskeletal performance testing and profiling of elite competitive fencers. *Clin Sports Med*. 1984;3:231-44.
8. Revenu D. Esgrime. *EPS Education Physique & Sport*. 1988;36-7.
9. Nyström J. Physiological and morphological characteristics of world class fencers. *Int J Sports Med*. 1990;11:136-9.
10. Iglesias X, Rodríguez F. Perfil funcional del esgrimista de alto rendimiento. *Revista de Investigación y Documentación sobre las Ciencias de la Educación Física y del Deporte*. 1991;18:37-52.
11. Carter J, Aubry S, Sleet D. Somatotypes of Montreal Olympic Athletes. En: Carter J., editor. *Physical Structure of Olympic Athletes. Part I. The Montreal Olympic Games Anthropological Project*. Basel: Karger; 1982. p. 53-80.
12. Sosna A. Asymetric svalstva koneetin zpúsobene treninkem u scrimu. En: *Musculoskeletal performance testing and profiling of elite competitive fencers*. *Clin Sports Med*. 1984;1:231-44.
13. Roi G, Moggoni P. Lo spadista modello. *Rivista di Cultura Sportiva*. 1987;6:50-7.

14. Roi GS, Bianchedi D. The science of fencing: implications for performance and injury prevention. *Sports Medicine*. 2008;38:465–81.
15. Iruñia A, Marina M, Carrasco B, Busquets A, Iglesias X. Bilateral deficits and morphofunctional asymmetries in youth fencing. En: Iglesias X, editor. *Fencing, Science and Technology*. Barcelona: Generalitat de Catalunya-INEFC; 2008. p. 188–91.
16. Iruñia A, Pons V, Iglesias X, Carrasco M. Anthropometric profile and limb asymmetries in Spanish junior elite male and female fencers. En: Iglesias X, editor. *Fencing, Science and Technology*. Barcelona: Generalitat de Catalunya-INEFC; 2008. p. 185–7.
17. Mastropaolo J. Analysis of fundamentals of fencing. *Res Q Exerc Sport*. 1959;30:285–91.
18. Iglesias X. Valoració funcional específica en l'esgrima. Barcelona: Universitat de Barcelona, Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya, Barcelona; 1997.
19. Dal Monte A, Faina M. Valutazione funzionale dello schermatore. En: 1.º Seminario di Studio per Docenti I.S.E.F. di Scherma: atti del seminario, Rome, CONI, Scuola dello Sport, 1980. p. 61–81.
20. Iglesias X, Cano D. El perfil de l'esgrimista a Catalunya. *Apunts Educació Física i Esports*. 1990;19:45–54.
21. Tsolakis C, Bogdanis G, Vagenas G. Anthropometric profile and limb asymmetries in young male and female fencers. *J Hum Mov Stud*. 2006;50:201–16.
22. Tsolakis C, Bogdanis GC, Vagenas GK, Dessypris AG. Influence of a twelve-month conditioning program on physical growth, serum hormones, and neuromuscular performance of peripubertal male fencers. *J Strength Cond Res*. 2006;20:35–42.
23. Tanner JM, Whitehouse RH, Takaishi M. Standards from birth to maturity for height, weight, height velocity, and weight velocity. *British Children Part I*. 1966:454–71.
24. Ross W, Marfell-Jones M. In: MacDougall Haw JD, Green HJ, editors. *Kinanthropometry*. Londres: Human Kinetics; 1991. p. 223–308.
25. Rolland-Cachera M, Brambilla P, Manzoni P, Akrouit M, Sironi S, Del Maschio A, et al. Body composition assessed on the basis of arm circumference and triceps skinfold thickness: a new index validated in children by magnetic resonance imaging. *Am J Clin Nutr*. 1997;65:1709–13.
26. Ridge I. *Manual of Orthopaedic Surgery*. Chicago: American Orthopaedic Association; 1985.
27. Moras G. Amplitud de moviment articular i la seva valoració: el test flexomètric. Barcelona: Universitat de Barcelona, Facultat de Farmàcia; 2002.
28. Cronin J, McNair PJ, Marshall RN. Lunge performance and its determinants. *J Sports Sci*. 2003;21:49–57.
29. Osternig LR. Assessing human performance. L E Brown Iso-kinetics in human performance. Champaign, Illinois: Human Kinetics; 2000. pp. 77–96.
30. Perrine JJ, Edgerton VR. Muscle force-velocity and power-velocity relationships under isokinetic loading. *Medicine and Science in Sports*. 1978;10:159–66.
31. Dauty M, Hamon D, Danion H, Maugars Y, Potiron Josse M, Ginot J. Corrélation de la détente verticale avec la souplesse et la force des quadriceps et ischiojambiers. *Science & Sports*. 1999;14:71–6.
32. Narici MV, Hoppeler H, Kayser B, Landoni L, Claassen H, Gavardi C, et al. Human quadriceps cross-sectional area, torque and neural activation during 6 months strength training. *Acta Physiol Scand*. 1996;157:175–86.
33. Davies GJ, Heiderscheid B, Brinks K. In: Brown LE, editor. *Test Interpretation*. Champaign, Illinois: Human Kinetics; 2000.
34. Goldberg AL, Etlinger JD, Goldspink DF, Jablecki C. Mechanism of work-induced hypertrophy of skeletal muscle. *Medicine and Science in Sports*. 1975;7:185–98.
35. Asmussen E. Positive and negative muscle work. *Acta Phys Scand*. 1953;28:364–82.
36. Tihany J. Fisiologia e meccanica della forza. *Rivista di Cultura Sportiva*. 1988;13:13–7.
37. Ramez J. L'épaule de l'escrimeur. *Cinésiologie*. 1975;56:59–66.
38. Azémar G. Aspects pathologiques de l'escrime. *Cinésiologie*. 1969;33:99–104.
39. Azémar G. À propos des affections chroniques imputables à la pratique de l'escrime: scoliose, non, coxarthrose, peut-être! *Cinésiologie*. 1975;56:74–83.
40. Barber-Westin SSDB, Galloway MMG, Noyes FFRN, Corbett GGC, Walsh CCW. Assessment of lower limb neuromuscular control in prepubescent athletes. *Am J Sports Med*. 2005;33:1853–60.
41. De Ste Croix M, Deighan M, Armstrong N. Assessment and interpretation of isokinetic muscle strength during growth and maturation. *Sports Med*. 2003;33:727–43.
42. De Ste Croix MB, Armstrong N, Welsman JR. Concentric isokinetic leg strength in pre-teen, teenage and adult males and females. *Biology of Sport*. 1999;16:75–86.
43. Sunnegardh J, Bratteby LE, Nordesjo LO, Nordgren B. Isometric and isokinetic muscle strength, anthropometry and physical activity in 8 and 13 year old Swedish children. *Eur J Appl Physiol*. 1988;58:291–7.
44. Dvir Z. *Isokinetics: muscle testing, interpretation and clinical applications*. 2.ª ed. Edimburgo: Churchill Livingstone; 2003.
45. Komi PV. Factors influencing force and speed production. *Scandinavian Journal of Sports Science*. 1979;1:2–15.
46. Hakkinen K, Komi PV, Tesch PA. Effect of combined concentric and eccentric strength training and detraining on force-time, muscle fiber and metabolic characteristics of leg extensor muscles. *Scandinavian Journal of Sports Science*. 1981;3:50–8.
47. Tsolakis C. Functional leg asymmetries in Greek elite male fencers. En: Iglesias X, editor. *Fencing, Science and Technology*. Barcelona: Generalitat de Catalunya-INEFC; 2008. p. 86–7.
48. Tsolakis C. Differences in muscular performance, growth and maturation between children involved in swimming, running, basketball, weight lifting and fencing training. En: Iglesias X, editor. *Fencing, Science and Technology*. Barcelona: Generalitat de Catalunya-INEFC; 2008. p. 83–5.
49. Tsolakis C, Vagenas G. Anthropometric, physiological and performance characteristics of elite and sub-elite fencers. *Journal of Human Kinetics*. 2010;23:89–95.
50. Do MC, Yiou E. Do centrally programmed anticipatory postural adjustments in fast stepping affect performance of an associated «touché» movement? *Exp Brain Res*. 1999;129:462–6.
51. Margonato V, Roi GS, Cerizza C. Maximal isometric force and muscle cross-sectional area of the forearm in fencers. *J Sports Sci*. 1994;12:567–72.
52. Marina M. Leg strength in young Catalan fencers. En: Iglesias X, editor. *Fencing, Science and Technology*. Barcelona: Generalitat de Catalunya-INEFC; 2008. p. 118–21.
53. Fort A, Romero D, Costa LI, Bagur C, Lloret M, Montañola A. Diferencias en la estabilidad postural estática y dinámica según sexo y pierna dominante. *Apunts Med Esport*. 2009;44:74–81.