

## ORIGINAL

# Mujer transgénero y deporte de competición: consideraciones desde la Endocrinología<sup>☆</sup>



Laura Cuadrado Clemente<sup>a</sup>, María Miguélez González<sup>b,\*</sup>,  
Patricia Cabrera García<sup>c</sup>, Mercedes Noval Font<sup>d</sup>, Élida Alfaro Gendarillas<sup>e</sup>,  
Marcelino Gómez Balaguer<sup>f</sup> y Nieves Palacios Gil de Antuñano<sup>g</sup>

<sup>a</sup> Servicio Endocrinología y Nutrición, Clínica EDOM, miembro GT-GIDSEEN, Gijón, España

<sup>b</sup> Unidad de Identidad de Género, Servicio Endocrinología y Nutrición, Fundación Jiménez Díaz, miembro de GT-GIDSEEN, Madrid, España

<sup>c</sup> Unidad de Identidad de Género, Hospital Universitario de Canarias, miembro de GT-GIDSEEN, La Laguna, Santa Cruz de Tenerife, Madrid, España

<sup>d</sup> Servicio Endocrinología y Nutrición, Hospital Universitario Son Espases, España, Palma de Mallorca, Baleares, España

<sup>e</sup> Directora del seminario Mujer y Deporte, Facultad de Ciencias de la Actividad Física y Deporte, Universidad Politécnica, Madrid, España

<sup>f</sup> Fundación FÍSABIO Valencia. Unidad de Identidad de Género, Hospital Universitario Doctor Peset, Valencia, España

<sup>g</sup> Servicio de Medicina, Endocrinología y Nutrición, Centro de Medicina del Deporte, Subdirección General de Ciencias del Deporte, Consejo Superior de Deportes, coordinadora del GT-GENESEEN, Madrid, España

Recibido el 5 de julio de 2024; aceptado el 28 de octubre de 2024

Disponible en Internet el 17 de enero de 2025

## PALABRAS CLAVE

Mujer transgénero;  
Tratamiento  
hormonal;  
Deporte alta  
competición;  
Rendimiento  
deportivo;  
Normativa deportiva

## Resumen

**Introducción:** La participación de mujeres transgénero (MT) en el deporte de alta competición aumenta cada año, al igual que la necesidad de los organismos deportivos por buscar soluciones que permitan su inclusión sin comprometer el principio de equidad que rige el deporte de alto nivel. La categorización diferenciada por sexo dificulta la inclusión de MT en la categoría femenina. El objetivo de este estudio fue conocer el impacto del tratamiento hormonal afirmativo de género (THAG) sobre el rendimiento deportivo y comparar los resultados con los obtenidos en población cisgénero.

**Material y métodos:** Revisión de estudios transversales y longitudinales que incluyeron MT (preferentemente deportistas) bajo THAG.

**Resultados:** Se observaron descensos significativos en hematocrito, testosterona total plasmática (TT), masa libre de grasa (MLG), fuerza y área muscular con incrementos en masa grasa

<sup>☆</sup> La presente investigación no ha recibido ayudas específicas provenientes de agencias del sector público, sector comercial o entidades sin ánimo de lucro.

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [mariamigo92@gmail.com](mailto:mariamigo92@gmail.com) (M. Miguélez González).

tras 12 meses en THAG. La fuerza de agarre fue superior en MT frente a mujeres cisgénero (MC) a largo plazo. En MT, se evidenció mejor rendimiento en deportes con implicación del tren superior.

**Conclusiones:** Son necesarios al menos 2 años de THAG de inicio pospuberal para conseguir una disminución significativa de los efectos de las hormonas masculinas sobre diferentes parámetros fisiológicos. La evidencia científica de la repercusión del THAG en el rendimiento físico de la MT es insuficiente. Se precisan estudios a más largo plazo, con nuevos biomarcadores y parámetros morfofuncionales, que permitan comparar el rendimiento deportivo en las distintas disciplinas entre MT y MC.

© 2024 SEEN y SED. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Se reservan todos los derechos, incluidos los de minería de texto y datos, entrenamiento de IA y tecnologías similares.

## KEYWORDS

Transgender women;  
Hormonal treatment;  
Elite sports;  
Athletic  
performance;  
Sports regulations

## Transgender women and competitive sports: Considerations from Endocrinology

**Abstract** The participation of transgender women (TW) in high-level competitive sports increases every year, as does the interest of sports organizations in finding solutions that allow their inclusion without compromising the principle of equity governing high-level sports. However, the binary categorization of sports, influenced by the impact of sex hormone on physical performance, creates challenges for the inclusion of TW in the female category. This study aimed to understand the impact of gender-affirming hormone therapy (GAHT) on various athletic performance variables and to compare results with those obtained in cisgender populations.

**Methods:** Review of cross-sectional and longitudinal studies that included TW (preferably athletes) undergoing GAHT.

**Results:** Significant decreases in hematocrit, total serum testosterone, lean body mass, strength, and muscle area were observed after 12 months of GAHT, with increases in fat mass. Grip strength was higher in TW compared to cisgender females (CW) in the long term. TW showed better performance in sports involving the upper body.

**Conclusions:** At least 2 years of pospubertal GAHT are necessary to achieve a significant reduction in the effects of male hormones on various physiological parameters. The scientific evidence regarding the impact of GAHT on physical performance is insufficient. Long-term studies are needed, incorporating new biomarkers and morphofunctional parameters, to allow for comparisons of athletic performance across different disciplines between TW and CW.

© 2024 SEEN y SED. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights are reserved, including those for text and data mining, AI training, and similar technologies.

## Introducción

El deporte de alta competición se basa en alcanzar el máximo rendimiento deportivo en competiciones de alto nivel. Los deportes en los que el éxito depende de la fuerza, la velocidad o la resistencia se dividen convencionalmente en eventos masculinos y femeninos con el objetivo de impulsar una competición que se perciba como equitativa<sup>1</sup>. Pero esta clasificación basada en categorías deportivas masculinas y femeninas no tiene en cuenta a las personas transgénero que experimentan incongruencia entre su sexo biológico y su identidad de género<sup>2</sup>.

Históricamente, muchos han sido los obstáculos que han enfrentado las mujeres cisgénero (MC) para participar en el deporte de competición, como son la dedicación al cuidado familiar o la menor financiación, entre otros. Esto ha dado como resultado una infrarepresentación de la MC en campeonatos de alto nivel<sup>3</sup>: en los Juegos Olímpicos de 1928 tan solo hubo un 9,6% de participación femenina (277 deportistas)<sup>4</sup>. Con los avances sociales en igualdad de

género, el papel de la mujer en el deporte ha experimentado un notable crecimiento con una participación del 47,8% en los Juegos Olímpicos de Tokio del 2021 (5.457 deportistas) culminando con una participación récord en los Juegos Olímpicos de París del 2024, alcanzando la paridad de género<sup>5</sup>. En España, regulaciones como la Carta europea del deporte para todos, adoptada por el consejo de Europa en 1975, han contribuido a fomentar la igualdad de oportunidades para las mujeres sirviendo como marco de actuación para combatir cualquier discriminación por razón de género en el deporte.

La inclusión de deportistas transgénero en el ámbito deportivo ha experimentado múltiples cambios. Inicialmente, las normativas deportivas no abordaban de manera específica la participación de atletas transgénero, lo que generaba desafíos y barreras para su inclusión en competiciones. Por otro lado, desde algunos ámbitos se ha advertido que la inclusión indiscriminada de mujeres transgénero (MT) en el deporte de alto nivel podría alterar la estructura y organización deportiva al romper con los principios de igualdad. Organizaciones como el Comité Olímpico Internacional

(COI) han desempeñado un papel crucial en la evolución de las normativas para la participación de deportistas transgénero. Estas directrices han evolucionado con el tiempo, pasando de requisitos estrictos, como la gonadectomía, a criterios basados en niveles de testosterona total (TT) y tiempo de tratamiento afirmativo de género (THAG)<sup>4,6</sup>.

En el año 2003 el COI proponía el reconocimiento legal del género adquirido, gonadectomía y tratamiento antiandrogénico durante al menos 2 años. Posteriormente, en el año 2015, esta misma entidad exigía una identidad de género mantenida al menos 4 años y niveles de TT < 10 nmol/l durante al menos un año. En el año 2021, el COI publica el denominado «Marco sobre equidad, inclusión y no discriminación por motivos de identidad de género y variaciones de sexo»<sup>7</sup>, abandonando la necesidad de tratamiento antiandrogénico, priorizando la inclusión de todos los colectivos en el deporte<sup>8</sup> y delegando a su vez en las federaciones internacionales (FI) la regulación de la participación de deportistas transgénero. Esta normativa a su vez debería ser matizada según lo establecido por el Tribunal Europeo de Derechos Humanos (TEDH). Dicha institución reconoce la equidad en las competiciones como un objetivo legítimo y fundamental del deporte competitivo, permitiendo la imposición de restricciones a los derechos individuales en aras de esta equidad con un justo equilibrio entre los intereses en juego (sentencia del TEDH, de 18 enero del 2018). Actualmente, algunas federaciones, como la de Atletismo<sup>9</sup> y el Comité Mundial de Boxeo<sup>10</sup>, han optado por excluir a las MT de las competiciones femeninas para mantener la equidad y seguridad. Otras, como la Federación de Béisbol, permiten su participación bajo la condición de que los niveles de TT se mantengan por debajo de 10 nmol/l y se presenten declaraciones médicas de endocrinólogos. Sin embargo, hay federaciones, como la de Esquí, que aún no han establecido regulaciones específicas.

La categorización por sexos en el deporte de alto nivel está basada en la discrepancia de los niveles de andrógenos a partir de la pubertad, especialmente de TT, teniendo repercusiones significativas en el sistema cardiovascular y la estructura osteomuscular. Los hombres cisgénero (HC) en promedio tienen una talla, densidad mineral ósea (DMO) fuerza muscular, concentración de hemoglobina y capacidad aeróbica (VO2 máx. absoluto y relativo) mayores que la MC. Las diferencias en el rendimiento físico dependen de la disciplina deportiva. Así, por término medio, se calcula que la ventaja media del HC sobre la MC es de un 10-12% en remo, natación y carrera, un 20% en saltos, llegando a ser superior al 50% en lanzamientos (p. ej., béisbol)<sup>11</sup>. En el caso de la MT, la supresión farmacológica pospuberal de los niveles de TT durante más de 2 años da lugar a cambios en la composición corporal con aumento de la masa grasa (MG) y una disminución de la masa muscular y fuerza. Sin embargo, otros factores como la talla, la envergadura y el tamaño del aparato cardiorrespiratorio no experimentan cambios<sup>11</sup>. En población cisgénero están bien documentadas las diferencias existentes entre hombres y mujeres en las diferentes disciplinas deportivas. En contraposición en las personas transgénero hay una escasez de literatura científica de calidad que evalúe el impacto del THAG o quirúrgico sobre el rendimiento físico en MT en comparación con MC.

Los objetivos de esta revisión bibliográfica son conocer la evidencia actual de los efectos del THAG en MT sobre diferentes factores con impacto en el rendimiento deportivo: parámetros analíticos, composición corporal, DMO, fuerza y área muscular, y capacidad aeróbica; valorar cuáles son las diferencias que existen entre MT y MC, y las implicaciones que pueden tener en competiciones deportivas de alto nivel.

Tras la revisión crítica y exhaustiva de la bibliografía, miembros de los grupos de trabajo de endocrinología, nutrición y ejercicio físico (GT-GENESEEN) y del grupo de trabajo de gónada, identidad y diferenciación sexual (GT-GIDSEEN) de la Sociedad Española de Endocrinología y Nutrición (SEEN) se reunieron para analizar los aspectos fisiológicos diferenciales entre MC y MT en el ámbito deportivo. En la planificación de dicha reunión, los coordinadores solicitaron voluntarios de ambos grupos según su disponibilidad e interés por el tema eligiéndose de forma consensuada, un total de 6 miembros, siendo todos ellos médicos especialistas en Endocrinología y Nutrición. Asimismo, en la revisión del artículo se solicitó la participación de la directora del seminario Mujer y Deporte de la Universidad Politécnica de Madrid.

## Material y métodos

### Estrategias de búsqueda

Se realizó una búsqueda en las bases de datos Pubmed y Embase. Se utilizaron los descriptores Medical Subject Headings (MeSH) del Index Medicus «transgender athletes», combinados con el operador AND, así como varios sinónimos del término. Se incluyeron artículos publicados desde enero del 2018 hasta marzo del 2024 en español e inglés. Tras obtener los resultados de la búsqueda inicial se eliminaron citas duplicadas, los comentarios a artículos y reportes de casos. Tras el análisis del título y resumen se aplicaron los siguientes criterios de inclusión y exclusión.

### Criterios de inclusión

Se incluyeron estudios que midieron efectos derivados del THAG sobre parámetros analíticos, de composición corporal, de salud ósea, fuerza muscular y capacidad aeróbica, y que cumpliesen los siguientes requisitos: 1) estudios con MT que completaron la pubertad previo al inicio de THAG con una duración mínima de 6 meses, y 2) estudios comparativos entre MT en THAG y personas cisgénero.

### Criterios de exclusión

1) Casos únicos; 2) estudios con resultados obtenidos a partir de encuestas o cuestionarios, y 3) estudios que no se ceñían al tema de estudio o con imposibilidad para extraer los datos.

Además, se identificaron otros artículos complementarios obtenidos de fuentes bibliográficas de artículos ya seleccionados.

Posteriormente, se llevó a cabo una lectura completa de los artículos seleccionados y una revisión narrativa crítica incorporando los aspectos más relevantes.

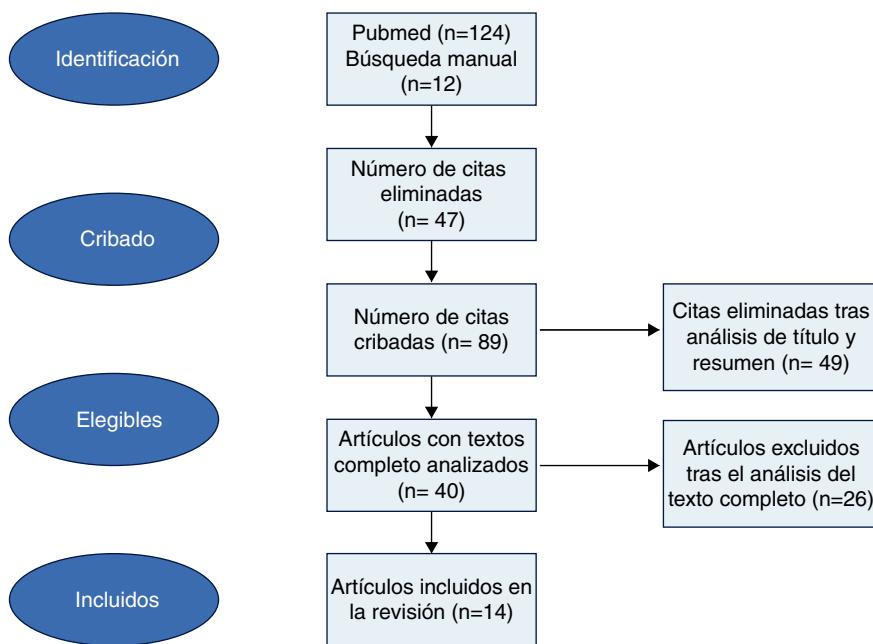


Figura 1 Diagrama del proceso de selección de estudios.

## Resultados

Se incluyeron un total de 136 estudios, de los cuales se eliminaron 47 duplicados, resultando en 89 artículos restantes. Tras aplicar criterios de inclusión/exclusión en título y resumen, se excluyeron 49 estudios y 40 artículos fueron tratados mediante una lectura completa. Finalmente, 14 estudios cumplían con los criterios de inclusión. Todos los artículos eran estudios descriptivos (fig. 1).

En la tabla 1 se resume el impacto del THAG en las diferentes variables clínicas evaluadas, clasificándose como a corto plazo (periodo de estudio menor o igual a 2 años)<sup>12-17</sup> y a largo plazo (periodo de estudio superior a 2 años)<sup>18-25</sup>.

La metodología y los principales resultados de estudios que compararon MT y MC se resumen en la tabla 2. Siete estudios incorporaron un grupo control de MC<sup>18-21,23,25</sup> de los cuales solo 2<sup>18,20</sup> incluyeron MT deportistas de élite.

### Efectos del THAG sobre parámetros analíticos

A nivel hematológico, en un estudio observacional con una muestra de 239 MT del registro de la Red Europea para la Investigación de la Incongruencia de Género<sup>26</sup> (ENIGI, por sus siglas en inglés), se evidenció un descenso de los niveles de hematocrito (Hcto) de un 4,1% (IC del 95%: 3,50-4,37,  $p < 0,001$ ), descendiendo del 45,1% (42,7-47,5) al inicio del estudio, al 41,0% (39,9-43) a los 3 meses de THAG; dichos niveles se mantuvieron a los 3 años del inicio del THAG. No hubo diferencias en el porcentaje de descenso del Hcto en función de la vía de administración de estrógenos ( $p = 0,864$ ), aunque se dio una correlación positiva entre los niveles de Hcto y TT ( $r = 0,501$ ,  $p < 0,001$ )<sup>22</sup>. Paralelamente, en otra muestra de MT en THAG mantenido a largo plazo ( $14,4 \pm 3,5$  años) también se observaron reducciones notables de las cifras de hemoglobina (Hb) sin diferencias estadísticamente significativas con respecto a

los valores en MC ( $14 \pm 0,15$  vs.  $13,8 \pm 0,17$  g/dl). Tanto en MT en THAG a largo plazo como en MC, los valores de Hb fueron significativamente inferiores en comparación con HC ( $15,3 \pm 0,29$  g/dl,  $p < 0,0001$ )<sup>23</sup>.

En lo relativo a los niveles de TT (obtenidos en todos los casos por inmunoanálisis competitivo) se encontraron 2 estudios recientes. El primero incluyó un total de 114 MT en THAG durante una media de 1,5 años y observó que aquellas tratadas con estradiol y acetato de ciproterona (ACP) (dosis medias de 50 mg/día) tenían niveles de TT significativamente menores (0,8 nmol/l) comparadas con aquellas en tratamiento con estradiol y espironolactona (EPL) (2 nmol/l; a dosis medias de 100 mg/día) o tratadas con estradiol por vía oral (10,5 nmol/l, a dosis medias de 6 mg/día). El 90% de la muestra perteneciente al grupo de tratamiento con ACP y el 40% del grupo de EPL obtuvieron concentraciones medias de TT que se ubicaban en el rango fisiológico de la MC (0,4-2 nmol/l)<sup>17</sup>. El segundo estudio, procedente de la cohorte del registro ENIGI, evaluó los efectos de la asociación de estradiol con ACP a diferentes dosis en MT ( $n = 882$ ) y observó mejor que objetivó que no es correcto que la dosis de 10 mg de ACP al día eran tan efectivas como dosis superiores (25, 50 o 100 mg/día) y que solo eran precisos 3 meses de THAG para obtener niveles de TT suprimidos (< 2 nmol/l)<sup>16</sup>. Con respecto a niveles de estradiol, un estudio reciente llevado a cabo en una muestra de 23 MT deportistas, observó que tenían niveles significativamente superiores en comparación con MC ( $742 \pm 801$  vs.  $336 \pm 266$  pmol/l,  $p = 0,045$ )<sup>25</sup>.

### Efectos del THAG sobre la composición corporal

En MT adultas los cambios en composición corporal (medida con absorciometría de rayos X de energía dual [DXA]) dependen de la región corporal. En un estudio observacional en 179 MT con una media de 29 años de edad y al menos un año en THAG, las principales reducciones de MLG se dieron en

**Tabla 1** Variables clínicas y tiempo en THAG en el momento de evaluación de los resultados de los principales estudios

Estudio	Analíticas	Composición corporal	Densidad mineral ósea	Fuerza muscular y rendimiento físico	Capacidad aeróbica	Corto plazo ( $\leq 2$ años)	Largo plazo ( $> 2$ años)
<b>E. observacionales prospectivos</b>							
Chiccarelli et al., 2023 <sup>18</sup>			X	X			X
Wiepjes et al., 2020 <sup>19</sup>							X
Wiik et al., 2019 <sup>12</sup>	X			X		X	
Yun et al., 2021 <sup>13</sup>		X		X		X	
<b>E. observacionales retrospectivos</b>							
Roberts et al., 2021 <sup>20</sup>				X			X
Jenkins et al., 2020 <sup>21</sup>		X		X	X		X
Defreyne et al., 2018 <sup>22</sup>	X						X
Klaver et al., 2018 <sup>14</sup>		X				X	
Scharff et al., 2019 <sup>15</sup>		X	X	X		X	
Kuijpers et al., 2021 <sup>16</sup>	X					X	
<b>E. transversales</b>							
Alvares et al., 2022 <sup>23</sup>	X	X		X	X		X
Bretherton et al., 2022 <sup>24</sup>			X				X
Angus et al., 2019 <sup>17</sup>	X					X	
Hamilton et al., 2024 <sup>25</sup>	X	X	X	X	X		X

brazos (-5 a -7%) y piernas (-3 a -4%), siendo los cambios menores en regiones ginoides (-2 a -3%) y androides (-1 a +2%) a los 12 meses de THAG. Con respecto a las variaciones a nivel de MG, esta aumentó un 9-32% en términos totales, con incrementos fundamentalmente a nivel de piernas (+37 a +47%) y en menor medida a nivel de troncular (+16 a +25%)<sup>14</sup>. En esta línea, un estudio posterior en 11 MT con una edad media de 28,5 años en THAG durante 6 meses, evidenció un aumento de total de MG corporal del 16,2%, localizándose esta ganancia sobre todo a nivel troncular (18%), en piernas (27,4%) y en regiones ginoides (27,2%), lo que daba lugar a un cociente de MG androide/ginoides más bajo con respecto al inicio del THAG. Por otro lado, la MLG se redujo sobre todo a nivel de brazos (-8%) y tronco (-3%)<sup>13</sup>.

A largo plazo, 2 estudios encontraron cambios en la composición corporal. En el primero, llevado a cabo en una cohorte de mujeres deportistas (que incluía MT con una media de THAG de  $6 \pm 4$  años) se encontró una MG ajustada al IMC superior en MT vs. MC ( $8,2 \pm 4,5$  vs.  $5,5 \pm 1,6 \text{ kg/m}^2$ ,  $p = 0,04$ ), que además se tradujo en una mayor ratio de MG androide/ginoides en MT vs. MC ( $0,97 \pm 0,2$  vs.  $0,78 \pm 0,08$ ,  $p = 0,001$ ). Por otro lado, también se observó una MLG absoluta significativamente superior en MT vs. MC ( $52,4 \pm 7,6$  vs.  $40,3 \pm 3,8$ ,  $p < 0,001$ ), aunque no se encontraron diferencias tras ajustarlo al IMC<sup>25</sup>. En el segundo, se describió el efecto del THAG medido a los  $14 \pm 3,5$  años de tratamiento: el porcentaje de MG total era inferior de forma significativa en el HC con respecto a MT y MC (20,2 vs. 29,5 vs. 32,9%,  $p < 0,05$ ; respectivamente) y el porcentaje de MLG ajustada por edad fue inferior en HC respecto a MT y MC (20,5 vs. 18,3 vs.  $15,8 \text{ kg/m}^2$ ,  $p < 0,05$ ; respectivamente), aunque en su caso no hubo diferencias significativas entre MT y MC en estos parámetros<sup>23</sup>.

### Efectos del THAG sobre la densidad mineral ósea (DMO)

Se encontraron 2 estudios que valoraban los efectos del THAG a largo plazo. Uno de ellos evaluó comparativamente en MT con 3 años de THAG ( $n = 40$ , edad media  $37,6 \pm 13,2$  años) versus HC ( $n = 51$ , edad media  $41,6 \pm 11$  años) parámetros en relación con la DMO (obtenidos con tomografía computarizada [TC] de alta resolución en tibia y radio distal). Los resultados señalaron que la DMO volumétrica (DMOV) total, DMOV cortical y el grosor cortical fueron significativamente más bajos en MT en comparación con HC ( $-0,68 \text{ DE}$ ,  $p = 0,01$ ;  $-0,7 \text{ DE}$ ,  $p < 0,01$ ;  $-0,51 \text{ DE}$ ,  $p = 0,04$ , respectivamente). Además, la porosidad cortical fue superior en MT vs. HC ( $0,7 \text{ DE}$ ;  $p < 0,01$ )<sup>24</sup>. Estos datos son consistentes con otro estudio que concluyó que MT mayores de 50 años en THAG mantenida una media de 19 años, tenían una incidencia y un riesgo de fractura superior (4,4%,  $n = 41$ ) comparado con HC (2,4%,  $n = 110$ , OR = 1,90, IC del 95%: 1,32-2,74)<sup>19</sup>.

### Efectos del THAG sobre la fuerza muscular, área muscular y rendimiento deportivo

Con respecto a la fuerza muscular, varios estudios<sup>13,15,21,23,25</sup> midieron la fuerza de agarre mediante dinamometría. Destaca una cohorte de 249 MT del registro ENIGI, que observó un descenso de la fuerza de agarre de  $-1,8 \text{ kg}$  (IC del 95%:  $-2,6$ ;  $-1$ ) tras el primer año de THAG. El 66% de este descenso se produjo en los 3 primeros meses tras el inicio de THAG. Dichos cambios fueron similares entre los diferentes grupos según edad, IMC o vía de administración de estradiol. Además, no se encontró asociación entre la reducción en la fuerza de agarre y los cambios en MLG y DMO<sup>15</sup>. Yun et al.<sup>13</sup> también observaron un descenso en la

**Tabla 2** Descripción de aspectos metodológicos y principales hallazgos de estudios con variables de resultado comparativas entre mujeres transgénero y cismórficas

Estudio	Muestra (edad media)-nivel actividad física	Esquema de THAG	Niveles plasmáticos de testosterona (tiempo post-THAG)	Variables principales (método medición) y resultados comparativos vs. población cisgénero
Alvares et al., 2022 <sup>23</sup>	N = 15 MT (34,2 ± 5,2 años)-activas o muy activas (según IPAQ)	E + AA (ACP)	3,21 nmol/l (rango 0,42-22) a los 14,4 ± 3,5 años	Fuerza muscular (D): superior en HC (48,4 ± 6,7 kg) vs. MT (35,3 ± 5,4 kg) y MC (29,7 ± 3,9 kg) con diferencias significativas entre MT y MC (p < 0,05). Capacidad aeróbica (VO2 pico): superior en HC vs. MT y MC (3.358 ± 436 vs. 2606 ± 416 vs. 2167 ± 408 ml/min, respectivamente) con diferencias significativas entre MT y MC (p < 0,05)
Roberts et al., 2021 <sup>20</sup>	N = 46 MT (26,2 años)-deportistas alto nivel	E + AA (aGnRH/EPL/ EPL+ finasteride/ aGnRH+ EPL)	< 5-10 nmol/l (a 7,8 meses; 2,5 años de observación)	Rendimiento deportivo (n.º flexiones/min, abdominales/min y carrera 1,5 millas): sin diferencias significativas en flexiones/min (2,1 IC del 95%, -6,4 -10,5) ni abdominales/min (-0,9 IC del 95%, -8,4 -6,7) entre MC y MT, aunque hubo diferencias en carrera (+12%) a favor de MT tras 2 años de THAG
Chiccarelli et al., 2023 <sup>18</sup>	N = 228 MT (26 años)-deportistas alto nivel	E + AA (aGnRH/EPL/ EPL+ finasteride/ aGnRH+ EPL)	< 5-10 nmol/l (NE; 4 años de observación)	Rendimiento deportivo (n.º flexiones/min, abdominales/min y carrera 1,5 millas): a los 2 años de THAG, diferencias significativas en flexiones/min (+31%) y abdominales/min (+17%) a favor de MT vs. MC. Posteriormente tras 4 años de THAG, únicamente el rendimiento en flexiones se mantuvo significativamente superior en MT (+18%)
Wiik et al., 2019 <sup>12</sup>				Fuerza muscular (flexión y extensión de rodilla) y área muscular (RM y TC): la fuerza y el área muscular (absoluta y ajustada a altura) fueron superiores en MT vs. MC (p < 0,05, p < 0,014, respectivamente)
Jenkins et al., 2020 <sup>21</sup>	N = 6 MT (30,5 ± 6,25 años)-moderado (según IPAQ)	E + AA (aGnRH y otros NE)	2,8 ± 1,9 ng/dl (mínimo a los 2 años)	Composición corporal (BIA): no se encontraron diferencias en el porcentaje MG entre MT (25,17 ± 8,6%) y MC (33 ± 9%) Fuerza muscular (D) y rendimiento (n.º flexiones): sin diferencias en el n.º máx. de flexiones entre MT (17,8 ± 5) y MC (19,7 ± 11). Por otro lado, la fuerza de agarre fue significativamente superior en MT vs. MC (93 ± 14 vs. 64 ± 9,5 kg, p = 0,022) Capacidad aeróbica (VO2 pico): sin diferencias en el VO2 pico/MLG entre MT y MC (2,36 ± 1,7 vs. 2,3 ± 1,3 ml/min/kg, respectivamente)

**Tabla 2** (continuación)

Estudio	Muestra (edad media)-nivel actividad física	Esquema de THAG	Niveles plasmáticos de testosterona (tiempo post-THAG)	Variables principales (método medición) y resultados comparativos vs. población cisgénero
Wiepjes et al., 2020 <sup>19</sup>	N = 2023 MT; Grupo 1: N = 1.089 MT. < 50 años (38 ± 9 años). Grupo 2: N = 934 MT > 50 años (60 ± 8 años)-NE	E + AA (ACP)	1,3 ± 0,16 nmol/l (a los 8 y 19 años según grupo de edad)	DMO (DXA): 1. Mayores 50 años: incidencia y riesgo de fractura similar a MC (4,2%, n = 195, OR = 1,05, IC del 95%, 0,75-1,49) 2. Menores de 50 años: mayor incidencia de fractura en MT (2,4%, n = 26), suponiendo un riesgo aumentado respecto a MC (1,6%, n = 88, OR = 1,49, IC del 95%, 0,96-2,32)
Hamilton et al., 2024 <sup>25</sup>	N = 23 MT (34 ± 10 años)-deportistas no federadas (entrenamiento ≥ 3x/semana con intensidad 7/10)	E + AA	0,7 ± 0,5 nmol/l (a los 6 ± 4 años)	Fuerza muscular (D): mayor fuerza de agarre en MT vs. MC (40,7 ± 6,8 vs. 34,2 ± 3,7 kg, p = 0,01) Rendimiento (salto vertical): menor altura del salto ajustado a MLG en MT vs. MC (0,7 ± 0,2 vs. 1 ± 0,2 cm/kg, p < 0,001) Capacidad respiratoria (espirometría): menor ratio FEV/FVC en MT vs. MC (0,83 ± 0,07 vs. 0,88 ± 0,04, p = 0,04) Capacidad aeróbica (VO2 máx.): menor VO2 ajustado por IMC en MT vs. MC (45,1 ± 13 vs. 54,1 ± 6 ml/kg/min), aunque sin diferencias si VO2 ajustado por MLG

AA: antiandrógenos; ACP: acetato de ciproterona; aGnRH: análogos de GnRH; BIA: bioimpedanciometría; D: dinamometría; DMO: densidad mineral ósea; DMOv: densidad mineral ósea volumétrica; DXA: absorciometría de rayos X de energía dual; E: estradiol; EPL: espironolactona; HT: hombre cisgénero; HC: hombre cisgénero; IPAQ: cuestionario internacional de actividad física; MC: mujer cisgénero; MG: masa Grasa; MLG: masa libre de grasa; MT: mujer transgénero; NE: no especificado; TC: tomografía computarizada; VO2: volumen de oxígeno.

fuerza de agarre de -7,7% ( $p = 0,0467$ ) a los 6 meses tras inicio de THAG. Sin embargo, a pesar de este empeoramiento en la dinamometría, la fuerza de agarre seguía siendo significativamente superior en MT vs. MC tras más de 2 años de THAG (93 ± 14 vs. 64 ± 9,5 kg;  $p = 0,022$ ,  $d = 1,78$ )<sup>21</sup>. Estos datos son congruentes con otro estudio en MT deportistas a más largo plazo (6 ± 4 años de THAG) que evidenció una fuerza de agarre superior en MT en comparación con MC, que se mantuvo tras ajustar dicho parámetro a la superficie de la mano o la MLG<sup>25</sup>.

Referente al área muscular, Wiik et al.<sup>12</sup> realizaron mediciones del cuádriceps mediante resonancia magnética (RM) y TC en una muestra de 11 MT con un nivel de actividad física bajo-moderado y de predominio aeróbico. Observaron una reducción del 5% del grosor total del cuádriceps ( $p < 0,01$ ) y una reducción del 4% de su área transversal ( $p < 0,05$ ) al año de THAG. Sin embargo, a los 12 meses de THAG los niveles de fuerza absoluta y ajustada por altura seguían siendo mayores en MT en comparación con el hombre trans y la MC.

Con respecto al rendimiento deportivo, hay 2 estudios en MT deportistas de alto nivel. El primero, compara el rendimiento físico de un total de 46 MT pre y post-THAG con el rendimiento medio de MC y HC menores de 30 años en las Fuerzas Aéreas entre 2004 y 2014. Tras 2 años de THAG, el rendimiento físico (número de flexiones de brazos y abdominales) se equiparó entre ambos grupos, sin embargo, de mantuvieron diferencias en el tiempo de carrera de media distancia (+12%)<sup>20</sup>. En un estudio posterior llevado a cabo en una muestra más amplia ( $n = 228$  MT) y con un seguimiento a más largo plazo (4 años), observó que en el rendimiento físico (número de abdominales y tiempo de carrera) se equiparaban a partir de los 2 años de THAG. Las diferencias en cuanto a número flexiones (+18% con respecto al grupo control [MC]) seguían siendo significativamente superiores en la MT versus MC los 4 años de THAG<sup>18</sup>. En lo que se refiere al tren inferior, Hamilton et al. observaron que a los 6 ± 4 años de THAG, las MT obtuvieron una menor altura de salto vertical ajustado por MLG con respecto a MC deportistas

no federadas (entrenamiento físico al menos 3 veces por semana)<sup>25</sup>.

### Efectos del THAG sobre la capacidad cardiopulmonar y aeróbica

Con relación a la función respiratoria, Hamilton et al.<sup>25</sup> midieron mediante espirometría el volumen espiratorio forzado en el primer segundo (FEV1) y la capacidad vital forzada (FVC) encontrando valores superiores en MT vs. MC ( $4,2 \pm 0,6$  vs.  $3,5 \pm 0,4$  l,  $p < 0,001$ ;  $5,1 \pm 0,6$  vs.  $3,9 \pm 0,5$  l,  $p < 0,001$ , respectivamente), aunque con una ratio FEV1/FVC significativamente menor en MT.

En lo que se refiere a capacidad aeróbica, un estudio transversal evaluó los efectos del THAG a muy largo plazo ( $14 \pm 3,5$  años) en 11 MT con concentraciones medias de TT de  $3,21$  nmol/l y un nivel de actividad física alto o muy alto según el Cuestionario Internacional de Actividad Física (IPAQ, siglas en inglés). Observaron niveles de  $\text{VO}_2$  pico significativamente superiores en HC versus MT y MC ( $3.358 \pm 436$  vs.  $2.606 \pm 416$  vs.  $2.167 \pm 408$  ml/min,  $p < 0,05$ , respectivamente). Esta superioridad de  $\text{VO}_2$  pico en términos absolutos también fue significativa en la MT versus la MC; sin embargo, si se ajusta el  $\text{VO}_2$  pico por peso y MLG estas diferencias dejan de ser estadísticamente significativas<sup>23</sup>. Estos resultados fueron corroborados por otros 2 estudios en mujeres deportistas<sup>25</sup> y con un nivel de actividad física moderado<sup>21</sup> sin observarse diferencias tras ajustar el  $\text{VO}_2$  pico por MLG.

### Discusión

Se han realizado diversos estudios sobre la repercusión del THAG en parámetros relacionados con el rendimiento físico en la MT. Sin embargo, la evidencia científica de sus efectos es escasa ante la ausencia de ensayos clínicos. A nivel analítico, los niveles de Hcto, Hb y TT se redujeron notablemente en fases iniciales del THAG y se mantuvieron a largo plazo, en el rango de la MC<sup>27</sup>.

La TT ha sido el único biomarcador utilizado para elaborar los criterios de elegibilidad situándose los niveles máximos permitidos en  $5$  nmol/l<sup>11</sup>. Sin embargo, se podrían considerar otros parámetros complementarios o de apoyo como la ratio TT/estradiol o la ratio TT/cortisol<sup>28</sup>. Otro aspecto a tener en cuenta es el tipo de antiandrógeno que se esté empleando para suprimir los niveles de TT ya que algunos fármacos alteran la función fisiológica de la testosterona, independientemente de sus niveles plasmáticos.

Es importante unificar valores y métodos de medición de testosterona. Estas mediciones deberían realizarse siempre bajo el mismo método, siendo la cromatografía de líquidos acoplada a espectofotometría de masas (LC-MS) la más precisa y que permite medir simultáneamente otros esteroides, aunque no disponible habitualmente.

Por otro lado, no existe una correlación directa entre los niveles de testosterona y el rendimiento físico<sup>11</sup>, de manera que sería de utilidad realizar una evaluación morfológica que considere parámetros de composición corporal, fuerza muscular, cardiorrespiratorios ( $\text{VO}_2$  pico ajustado a peso y MLG) y de capacidad aeróbica.

Con respecto a la composición corporal, la MG total aumentó y la MLG total se redujo observándose cambios sig-

nificativos en mayor o menor medida en función de la región corporal a partir de los 6 meses del THAG, siendo la MG ajustada por el IMC y la MLG ajustada por la edad, superior en la MT frente a la MC a largo plazo. Con relación a la DMO, se observaron peores resultados en MT frente a HC antes de los 50 años de edad, así como una incidencia y un riesgo de fractura incrementado frente a MC después de los 50 años de edad. A nivel de fuerza y área muscular, estas se vieron reducidas a corto plazo; sin embargo, la fuerza de agarre se mantuvo superior en MT frente a MC a largo plazo.

En términos de rendimiento físico los resultados son más heterogéneos, en líneas generales, a largo plazo, las MT apuntan a un mejor rendimiento frente a MC en actividades físicas que implican el tren superior (p. ej., flexiones de brazos)<sup>29</sup>, que en aquellas que dependen del tren inferior (p. ej., carrera o salto vertical)<sup>25</sup>, aunque no es posible hablar de forma comparativa ya que estos resultados no se han ajustado a diferentes variables de interés (edad, altura, IMC o MLG). A nivel de función pulmonar, se observaron peores resultados espirométricos en MT versus HC con una menor capacidad aeróbica (según  $\text{VO}_2$  máximo). Por otro lado, si comparamos MT versus MC ajustando el  $\text{VO}_2$  pico por peso y MLG, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas.

En resumen, la evidencia científica disponible sobre los cambios en distintas variables fisiológicas que pueden influir en el rendimiento deportivo de la MT en THAG depende de varios factores, como son:

- Dosis, tiempo y tipo del THAG.
- Momento de inicio del THAG (pre o pospuberal).
- La disciplina deportiva practicada y la edad de inicio<sup>30</sup>.
- Si se ha competido previamente al inicio de THAG.

En la revisión de la bibliografía se identificaron algunas limitaciones relevantes. Por un lado, el número de estudios que comparaban MT con MC es muy limitado (tabla 2), ello da lugar a imposibilidad de emparejar por edad, altura o IMC, entre otras variables, por lo que los efectos derivados del THAG pueden verse sobre o infraestimados. Además, incluso en aquellos estudios en los que se incluyó población cisgénero, tan solo en 3 de ellos se ajustaron los resultados por peso<sup>23</sup>, altura<sup>12,23</sup> o MLG<sup>12,21,23</sup>. Todavía no existen estudios que comparen el rendimiento deportivo entre personas trans que comenzaron tratamiento con bloqueadores prepúberales frente a aquellos que iniciaron THAG después de la pubertad; aunque este aspecto no se encuentra dentro de los objetivos de esta revisión, sería de gran interés llevar a cabo estudios en esta área. Por otro lado, en su gran mayoría, los trabajos revisados han incluido poblaciones no deportistas de élite<sup>12,19,21-25</sup>, por lo que la extrapolabilidad de los resultados a personas que participan en deportes de alto rendimiento y competición es cuestionable. Por último, constituyen otras limitaciones: la falta de estudios con diseños longitudinales bien controlados a largo plazo, los bajos tamaños muestrales, la utilización de métodos de medición de resultados heterogéneos y en ocasiones indirectos, así como la falta de categorización según las diferentes disciplinas deportivas.

Con respecto a la normativa deportiva, el COI insta a todas las organizaciones deportivas a basar sus criterios de

elegibilidad en una evidencia científica de calidad. A falta de esta, el COI publicó en 2021 las últimas directrices «para una representación igualitaria, justa e inclusiva en el deporte»<sup>7</sup>. Entre los principios mencionados destacan los de «inclusión» y «no discriminación» por identidad de género, expresión o variaciones, los principios de «prevención de daños» y «equidad» y el principio de «priorización de la salud y de la autonomía corporal» por el que ningún deportista debe llevar a cabo actos médicos por presiones desde las federaciones deportivas (FD). Además, en este epígrafe insta a excluir en competición a aquellos deportistas que reivindiquen una identidad de género diferente de la utilizada de forma sistemática y persistente, con vistas a participar en una competición de una categoría determinada<sup>8</sup>.

Es preciso el desarrollo de normativas deportivas basadas en resultados científicos que impulsen la participación justa de todos los deportistas. Desde algunas federaciones se ha propuesto la instauración de la categoría de competición 'Open' en la que todos los deportistas, independientemente de su género, tendrían la posibilidad de participar voluntariamente, como alternativa a su categoría predeterminada<sup>3</sup>. Aunque otras federaciones han desestimado la implementación generalizada de esta propuesta.

## Conclusión

Son necesarios más de 2 años de THAG de inicio pospuberal para conseguir una disminución significativa de los efectos de las hormonas masculinas sobre diferentes parámetros fisiológicos. La evidencia científica actual sobre la repercusión del THAG en el rendimiento físico es insuficiente. Se precisan estudios a más largo plazo con nuevos biomarcadores y parámetros morfofuncionales, que permitan comparar el rendimiento deportivo en las distintas disciplinas entre MT y MC.

Dichos estudios deberían ser tenidos en cuenta por el COI y FD, permitiendo el desarrollo de nuevas directrices y normativas con suficiente base científica con la finalidad de garantizar la protección los derechos de todas las deportistas (MC y MT).

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Bibliografía

1. Handelsman DJ. Towards a robust definition of sport sex. *Endocrine Reviews*. 2024;45:709–36, <http://dx.doi.org/10.1210/endrev/bnae013>.
2. Palacios Gil de Antuñano N. Personas transgénero y deporte. En: Becerra Fernández A, Pérez López G, editores. *Manual de medicina transgénero*. Sociedad Española de Endocrinología y Nutrición. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2023. Sección III. Capítulo 27.
3. Tidmas V, Halsted C, Cohen M, Bottoms L. The participation of trans women in competitive fencing and implications on fairness: A physiological perspective narrative review. *Sports (Basel)*. 2023;11:133, <http://dx.doi.org/10.3390/sports11070133>. PMID: 37505620; PMCID: PMC10385998.
4. Genel M. Transgender athletes: How can they be accommodated? *Curr Sports Med Rep*. 2017;16:12–3, <http://dx.doi.org/10.1249/JSR.0000000000000321>. PMID: 28067734.
5. International Olympic Committee. Factsheet: Women in the olympic movement [Internet]. Lausana (Suiza): Comité Olímpico Internacional; 2024 [consultado 2 Oct 2024]. Disponible en: <https://stillmed.olympics.com/media/Documents/Olympic-Movement/Factsheets/Women-in-the-Olympic-Movement.pdf>.
6. Ingram BJ, Thomas CL. Transgender policy in sport, a review of current policy and commentary of the challenges of policy creation. *Curr Sports Med Rep*. 2019;18:239–47, <http://dx.doi.org/10.1249/JSR.0000000000000605>. PMID: 31385840.
7. Comité Olímpico Internacional. IOC framework on fairness, inclusion, and non-discrimination [Internet]. Lausana (Suiza): Comité Olímpico Internacional; 2021 [consultado 17 Jun 2024]. Disponible en: <https://stillmed.olympics.com/media/Documents/Beyond-the-Games/Human-Rights/IOC-Framework-Fairness-Inclusion-Non-discrimination-2021.pdf>.
8. Martowicz M, Budgett R, Pape M, Mascagni K, Engebretsen L, Dienstbach-Wech L, et al. Position statement: IOC framework on fairness, inclusion and non-discrimination on the basis of gender identity and sex variations. *Br J Sports Med*. 2023;57:26–32, <http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2022-106386>. Epub 2022 Dec 16. PMID: 36526281.
9. World Athletics. International federations' rules on transgender athletes [Internet]. World Athletics; [actualizado 2023; consultado 17 Jun 2024]. Disponible en: <https://worldathletics.org/news/press-release/international-federations-rules-transgender-a>.
10. World Boxing Association (WBA). WBA rules [Internet]. 11 de agosto de 2023 [consultado 17 Jun 2024]. Disponible en: <https://www.wbaboxing.com/wp-content/uploads/2023/11/WBA-Rules-11.08.2023.pdf>.
11. Hilton EN, Lundberg TR. Transgender women in the female category of sport: Perspectives on testosterone suppression and performance advantage. *Sports Med*. 2021;51:199–214, <http://dx.doi.org/10.1007/s40279-021-01480-3>.
12. Wiik A, Lundberg TR, Rullman E, Andersson DP, Holmberg M, Mandić M, et al. Muscle strength, size, and composition following 12 months of gender-affirming treatment in transgender individuals. *J Clin Endocrinol Metab*. 2020;105:e805–13, <http://dx.doi.org/10.1530/EJE-17-0496>.
13. Yun Y, Kim D, Lee ES. Effect of cross-sex hormones on body composition, bone mineral density, and muscle strength in trans women. *J Bone Metab*. 2021;28:59–66, <http://dx.doi.org/10.11005/jbm.2021.28.1.59>.
14. Klaver M, de Blok C, Wiepjes C, Nota NM, Dekker MJ, de Muntser R, et al. Changes in regional body fat, lean body mass and body shape in trans persons using cross-sex hormonal therapy: Results from a multicenter prospective study. *Eur J Endocrinol*. 2018;178:163–71, <http://dx.doi.org/10.1530/EJE-17-0496>.
15. Scharff M, Wiepjes CM, Klaver M, Schreiner T, t'Sjoen G, Den Heijer M. Change in grip strength in trans people and its association with lean body mass and bone density. *Endocr Connect*. 2019;8:1020–8, <http://dx.doi.org/10.1530/EC-19-0196>.
16. Kuijpers SM, Wiepjes CM, Conemans EB, Fisher AD, t'Sjoen G, den Heijer M, et al. Toward a lowest effective dose of cyproterone acetate in trans women: Results from the ENIGI study. *J Clin Endocrinol Metab*. 2021;106:e3936–45, <http://dx.doi.org/10.1210/clinem/dgab427>.
17. Angus L, Leemaqz S, Ooi O, Cundill P, Silberstein N, Locke P, et al. Cyproterone acetate or spironolactone in lowering testosterone concentrations for transgender individuals receiving oestradiol therapy. *Endocr Connect*. 2019;8:935–40, <http://dx.doi.org/10.1530/EC-19-0272>.
18. Chiccarelli E, Aden J, Ahrendt D, Smalley J. Fit transitioning: When can transgender airmen fitness test

- in their affirmed gender? *Mil Med.* 2023;188:e1588–95, <http://dx.doi.org/10.1093/milmed/usac320>.
19. Wiepjes CM, de Blok CJ, Staphorsius AS, Nota NM, Vlot MC, de Jongh RT, et al. Fracture risk in trans women and trans men using long-term gender-affirming hormonal treatment: A nationwide cohort study. *J Bone Miner Res.* 2020;35:64–70, <http://dx.doi.org/10.1002/jbmr.3862>.
  20. Roberts TA, Smalley J, Ahrendt D. Effect of gender affirming hormones on athletic performance in transwomen and transmen: implications for sporting organisations and legislators. *Br J Sports Med.* 2021;55:577–83, <http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2020-102329>.
  21. Jenkins CL, Ouellette K, Thompson B, Mullin EM, Leining M. Performance in Transgender Females Versus Cisgender Males and Females. | EBSCOhost [Internet]. 2020;23 [consultado 2 Ene 2025]. p. 62. Disponible en: <https://openurl.ebsco.com/contentitem/gcd:149262279?sid=ebsco:plink:crawler&id=ebsco:gcd:149262279>
  22. Defreyne J, Vantomme B, van Caenegem E, Wierckx K, de Blok C, Klaver M, et al. Prospective evaluation of hematocrit in gender-affirming hormone treatment: Results from European Network for the Investigation of Gender Incongruence. *Andrology.* 2018;6:446–54, <http://dx.doi.org/10.1111/andr.12485>.
  23. Alvares LAM, Santos MR, Souza FR, Santos LM, Mendonça BB, Costa EMF, et al. Cardiopulmonary capacity and muscle strength in transgender women on long-term gender-affirming hormone therapy: A cross-sectional study. *Br J Sports Med.* 2022;56:1292–8, <http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2021-105400>. Erratum in: *Br J Sports Med.* 2023 Feb;57(4):e2. doi: 10.1136/bjsports-2021-105400corr1.
  24. Bretherton I, Ghasem-Zadeh A, Leemaqz SY, Seeman E, Wang X, McFarlane T, et al. Bone microarchitecture in trans-
  - gender adults: a cross-sectional study. *J Bone Miner Res.* 2020;37:643–8, <http://dx.doi.org/10.1002/jbmr.4497>.
  25. Hamilton B, Brown A, Montagner-Moraes S, Comeras-Chueca C, Bush PG, Guppy FM, et al. Strength, power and aerobic capacity of transgender athletes: A cross-sectional study. *Br J Sports Med.* 2024;58:586–97, <http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2023-108029>. Erratum in: *Br J Sports Med.* 2024 Oct 17;58(19):e10. doi: 10.1136/bjsports-2023-108029corr1.
  26. Dekker MJ, Wierckx K, van Caenegem E, Klaver M, Kreukels BP, Elaut E, et al. A European network for the investigation of gender incongruence: Endocrine part. *J Sex Med.* 2016;13:994–9, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsxm.2016.03.371>.
  27. Oberlin D. Sex differences and athletic performance. Where do trans individuals fit into sports and athletics based on current research? *Front Sports Act Living.* 2023;5:1224476, <http://dx.doi.org/10.3389/fspor.2023.1224476>.
  28. Anderson L, Knox T, Heather A. Trans-athletes in elite sport: inclusion and fairness. *Emerg Top Life Sci.* 2019;3:759–62, <http://dx.doi.org/10.1042/ETLS20180071>.
  29. Cheung AS, Zwickl S, Miller K, Nolan BJ, Wong AFQ, Jones P, et al. The impact of gender-affirming hormone therapy on physical performance. *J Clin Endocrinol Metab.* 2024;109:e455–65, <http://dx.doi.org/10.1210/clinem/dgad414>.
  30. Pigozzi F, Bigard X, Steinacker J, Wolfarth B, Badtjeva V, Schneider C, et al. Joint position statement of the International Federation of Sports Medicine (FIMS) and European Federation of Sports Medicine Associations (EFSMA) on the IOC framework on fairness, inclusion and non-discrimination based on gender identity and sex variations. *BMJ Open Sport Exerc Med.* 2022;8:e001273, <http://dx.doi.org/10.1136/bmjsem-2021-001273>.