

## Revisión

# Impacto de la terapia hormonal de afirmación de género en el rendimiento deportivo de la población trans: una revisión narrativa

María Clara Ospino Guerra <sup>1</sup>, Ariana Margarita Sierra Osorio <sup>1</sup>, Henry Tovar Cortés <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fundación Universitaria Ciencias de la Salud (FUCS), Bogotá, Colombia

**Cómo citar:** Ospino Guerra MC, Sierra Osorio AM, Tovar Cortés H. Impacto de la terapia hormonal de afirmación de género en el rendimiento deportivo de la población trans: una revisión narrativa. Rev Colomb Endocrinol Diabet Metab. 2025;12(2):e933. <https://doi.org/10.53853/encr.12.2.933>

Recibido: 23/Enero/2025

Aceptado: 09/Mayo/2025

Publicado: 20/Junio/2025

## Resumen

**Contexto:** el debate sobre la participación de atletas transgénero en competiciones deportivas ha generado un creciente interés en el impacto de la terapia hormonal de afirmación de género (THAG) en el rendimiento deportivo.

**Objetivo:** presentar la información actual sobre los efectos de la THAG en el rendimiento deportivo de la población trans.

**Metodología:** se realizó una búsqueda de literatura en las bases de datos PubMed, Lilacs, Embase, Scopus y Scielo, utilizando términos DeCS.


**Resultados:** una revisión exhaustiva de la literatura científica indicó que la terapia hormonal afirmativa de género provoca cambios hormonales y fisiológicos que pueden influir en diversos aspectos del rendimiento, como la fuerza muscular, la resistencia y la composición corporal; sin embargo, los efectos son heterogéneos y dependen de múltiples factores, incluyendo el sexo asignado al nacer, el tipo de deporte, la duración de la terapia hormonal y las características individuales de cada atleta.

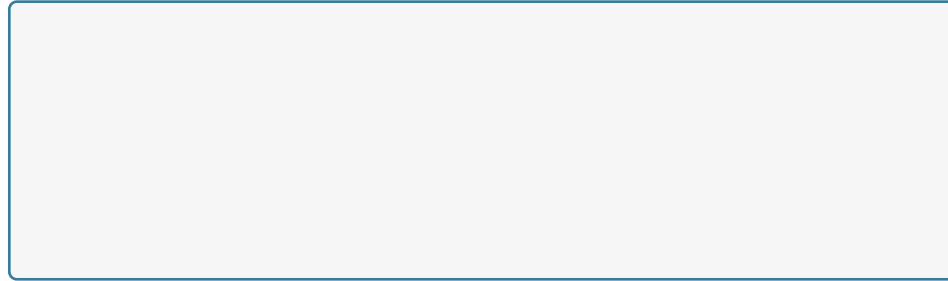
**Conclusiones:** el impacto de la terapia hormonal en el rendimiento deportivo de las personas transgénero es un tema complejo y en constante evolución. La evidencia científica disponible aún es escasa y limitada, además que presenta limitaciones metodológicas. En este contexto, es fundamental desarrollar políticas deportivas basadas en evidencia científica sólida que garanticen la equidad y la inclusión de todos los atletas, sin discriminación.

**Palabras clave:** transgénero, terapia de reemplazo hormonal, rendimiento deportivo, ejercicio físico, estrógenos, testosterona.

## Destacados

- La terapia hormonal de afirmación de género (THAG) en personas transgénero provoca cambios físicos que afectan tanto al desarrollo de características sexuales secundarias como a las capacidades físicas, elementos clave en el contexto deportivo. Lo que lleva a las preguntas: ¿tienen las mujeres trans ventajas en las competiciones de mujeres?, ¿tienen los hombres trans ventajas en las competiciones de hombres?
- El rendimiento deportivo está influenciado por diferentes factores físicos, como altura, velocidad, rapidez, fuerza, resistencia, masas muscular y ósea, o distribución de la grasa corporal. Al tener en cuenta esto, ¿cuánto tiempo es necesario para que una mujer u hombre trans sometidos a terapia hormonal cambien sus valores hormonales a valores acordes al género con el que van a competir?, ¿es el uso de las concentraciones séricas de testosterona el mejor biomarcador para regular la inclusión de los deportistas trans y los deportistas con desarrollo sexual diferente (DSD) en la categoría femenina de élite?

 **Correspondencia:** María Clara Ospino Guerra, calle 10 #18-75, Sociedad de Cirugía de Bogotá, Hospital de San José, Bogotá, Colombia. Correo-e: [mariaospinog31@gmail.com](mailto:mariaospinog31@gmail.com)



- Además del aspecto fisiológico, el debate sobre la inclusión de personas transgénero en el deporte implica consideraciones éticas, por lo que surgen interrogantes como: ¿hay que utilizar las mismas normas de inclusión/exclusión de una competición femenina a las deportistas trans y a las deportistas diagnosticadas con DSD?

## Impact of gender-affirming hormone therapy on sports performance in trans population: A narrative review

### Abstract

**Background:** The debate on transgender athlete's participation in competitions has generated a growing interest in the impact of gender-affirming hormone therapy on sports performance.

**Purpose:** To present the current information on the effects of gender-affirming hormone therapy on sports performance in the trans population.

**Methodology:** A literature search was conducted in PubMed, Lilacs, Embase, Scopus and Scielo databases using DeCS terms.

**Results:** A comprehensive review of the scientific literature indicates that gender-affirming hormone therapy causes hormonal and physiological changes that can influence various aspects of performance, such as muscle strength, endurance and body composition. However, the effects are heterogeneous and depend on multiple factors, including the sex assigned at birth, the type of sport, the duration of hormone therapy and the individual characteristics of each athlete.

**Conclusions:** The impact of hormone therapy on the sports performance of transgender people is a complex and constantly evolving topic. The available scientific evidence is still scarce and limited and presents methodological limitations. In this context, it is essential to develop sports policies based on solid scientific evidence that guarantee equity and inclusion of all athletes, without discrimination.

**Keywords:** Transgender, Hormone replacement therapy, Sports performance, Physical exercise, Estrogens, Testosterone.

### Highlights

- Gender-affirming hormone therapy (GAHT) in transgender people causes physical changes that affect both the development of secondary sex characteristics and physical abilities, key elements in the sports context. This leads to the question: Do trans women have advantages in women's competitions? Do trans men have advantages in men's competitions?
- Athletic performance is influenced by different physical factors, such as height, speed, quickness, strength, endurance, muscle and bone mass, and body fat distribution. With this in mind, how long does it take for a trans woman or man undergoing hormone therapy to change their hormone levels to values consistent with the gender with which they will compete? Is the use of serum testosterone concentrations the best biomarker to regulate the inclusion of trans athletes and Differences in Sex Development (DSD) athletes in the elite women's category?
- In addition to the physiological aspect, the debate about the inclusion of transgender people in sports involves ethical considerations. This raises questions such as: Should the same inclusion/exclusion rules be applied to a women's competition for trans athletes and athletes diagnosed with DSD?

## Introducción

La disforia de género se refiere a la incongruencia de un individuo con su sexo asignado al nacer y su identificación con un género distinto, además de la angustia y malestar psicológico presentado por dicha incongruencia (1). Según los datos de un estudio español publicado en el año 2017, la prevalencia de la población transexual es de 22,1 casos por cada 100 000 habitantes, con una prevalencia de mujeres trans:hombres trans aproximada de 2,2:1 (2). Según datos locales publicados en el año 2022, la edad promedio se encuentra alrededor de los 27 años, con una relación mujeres trans:hombres trans de 1,3:1 (3).

A pesar de los comprobados beneficios físicos, psicológicos y sociales de la actividad física y el deporte, la población transgénero muestra menores niveles de actividad física con relación a la población cisgénero. Además, es frecuente en esta población una alteración del estado nutricional, de la conducta alimentaria y del estilo de vida, que podría dar lugar a una mayor prevalencia de obesidad, haciéndoles susceptibles a enfermedades crónicas y trastornos cardiovasculares (4). Un estudio australiano evidenció que solo el 33,3% de las personas trans evaluadas realizaron por lo menos 30 minutos de actividad física al día (5), muchas veces motivados por la segregación binaria de los equipos deportivos, lo que les generaba insatisfacción corporal, sentimientos de incomodidad y temor (6). Se ha demostrado que la población transgénero puede presentar tasas más altas de diabetes, hipertensión, asma y dislipidemia (7), por lo que la práctica regular de la actividad física se convierte en una herramienta para mejorar la salud individual y del colectivo.

El debate sobre la participación de las personas transgénero en el deporte, particularmente a nivel competitivo, ha cobrado relevancia en los últimos años. La terapia hormonal, como parte del proceso de transición de género, juega un papel fundamental en el cambio fisiológico de las personas transgénero, y estos cambios tienen un impacto directo en su rendimiento deportivo, especialmente en aquellas disciplinas en las que la fuerza, la velocidad y la resistencia son determinantes. Se debe tener en cuenta que desde

el punto de vista biológico algunas características, como la altura y la arquitectura ósea, y desde el punto de vista funcional, la fuerza y la memoria muscular, podrían permanecer pese a la terapia hormonal de afirmación de género (THAG) pospuberal (8). Entonces, las discusiones giran en torno a las posibles ventajas o desventajas competitivas que pueden experimentar los atletas transgénero debido a los efectos de las hormonas, lo que plantea interrogantes sobre la equidad en el deporte.

El foco se ha centrado en la inclusión de las mujeres transgénero en los deportes de mujeres debido a la preocupación sobre ventajas atléticas residuales producto de la pubertad masculina (9), mientras que en los hombres transgénero, estas preocupaciones son mucho menos marcadas con relación al número creciente de hombres cisgénero que requieren testosterona por otras condiciones médicas.

## Materiales y métodos

La búsqueda de información para esta revisión narrativa se hizo en las bases de datos de PubMed, Embase, Lilacs, Scopus y SciELO, usando las palabras clave "Transgender athletes", "Athletic performance", "Sex differences", "Sports policy" and "Gender-affirming hormone therapy". Con los resultados obtenidos se realizó la revisión en "bola de nieve" de la bibliografía de artículos seleccionados.

## Resultados

### Fundamentos de la terapia hormonal en las personas transgénero

La THAG en personas transgénero implica la administración de estrógenos y antiandrógenos en personas asignadas como hombres al nacer, o testosterona en personas asignadas como mujeres al nacer. Estos tratamientos provocan cambios físicos que afectan tanto al desarrollo de características sexuales secundarias como a las capacidades físicas, elementos clave en el contexto deportivo.

La Asociación Profesional Mundial para la Salud de las Personas Transgénero (WPATH,

según sus siglas en inglés) sugiere que los adultos que deseen someterse a THAG deben cumplir con criterios mínimos que incluyen incongruencia de género persistente y documentada, tener la capacidad de tomar decisiones informadas y haber alcanzado la mayoría de edad con comorbilidades mentales, si las hubiere, adecuadamente controladas (10). El propósito de la THAG es, finalmente, la alineación entre las características físicas del paciente y el género experimentado, aliviando de esta forma el malestar psicológico producto de la incongruencia.

Los cambios físicos producidos por la terapia hormonal varían según el tipo de hormona administrada y la duración del tratamiento. En el caso de las mujeres trans (*MTF*, según las siglas en inglés *male to female*), se hace uso de estrógenos en sus diferentes presentaciones, en combinación con antiandrógenos, como la espironolactona o el acetato de ciproterona y, de ser necesario, análogos de la hormona liberadora de gonadotropinas (leuprolida). Estos medicamentos están encargados no solo de disminuir la producción de testosterona, sino también de bloquear sus acciones a nivel de sus receptores periféricos (11). Por el contrario, la terapia hormonal para los hombres trans (*FTM*, según las siglas en inglés *female to male*) incluye el uso de testosterona intramuscular o transdérmica.

### Efectos de la THAG en mujeres transgénero

Los efectos esperados con el uso de la terapia feminizante incluyen un aumento en la masa grasa con una distribución ginecoide de la misma, un aumento de las mamas y una reducción del vello facial y corporal. Un estudio retrospectivo en mujeres trans ( $n = 48$ ) mostró que los cambios más notorios fueron el desarrollo de las mamas (35,4%) y la disposición ginecoide de la grasa corporal (29,2%) (12). Estudios similares han evaluado los cambios segmentarios en la composición corporal, encontrando que tras 12 meses de THAG feminizante, se produjo una reducción de la masa magra en un 0,8–5,4% (13), además que el *ratio* cintura/cadera disminuyó en  $-0,03$  cm (IC 95% entre  $-0,04$  y  $-0,02$ ), principalmente a

expensas del aumento de la cadera ( $+3,2$  cm; IC 95% entre 2,3 y 4) (9).

Con respecto a la masa muscular, un estudio retrospectivo de mujeres trans ( $n = 17$ ) demostró una reducción del 10,0% luego de 12 meses y del 12,0% luego de 36 meses de uso de THAG feminizante (14). Los cambios físicos en las mujeres trans suelen ocurrir en los primeros 3–12 meses de haber comenzado la terapia, el crecimiento de las mamas se inicia en los primeros 3–6 meses, con un máximo a los 24 meses; otros efectos que comienzan en este rango temporal incluyen la disminución de la fuerza muscular, la suavización de la piel, la disminución de la libido, las erecciones espontáneas y la disminución del volumen testicular, dichos efectos se resumen en la tabla 1.

La exposición hormonal también debe entenderse en sus efectos sobre la salud cardiometabólica. Una revisión sistemática publicada en el año 2019 encontró que el uso de estrógenos como terapia hormonal afirmativa representó un incremento en las concentraciones de colesterol HDL, de un 14,0–27,0% con reducción del 8,0–13,0% del colesterol LDL, tras 18 meses de THAG (16).

Por otra parte, en un grupo de 126 mujeres trans se comparó el uso de acetato de ciproterona vs. espironolactona, como antiandrogénico y su impacto en el perfil cardiovascular, donde en el grupo de ciproterona se encontró un aumento de la prolactina independiente de los niveles de estradiol y un peor perfil cardiovascular, mediado por la reducción en los niveles de colesterol de alta densidad ( $47,1 \pm 10,4$ ;  $54,4 \pm 12,2$ ; y  $60,3 \pm 13$ , respectivamente;  $P = 0,0076$ ), aumento en el índice de masa corporal ( $24,3 \pm 5$ ;  $21,7 \pm 2,3$ ; y  $20,7 \pm 3,1$  kg/m<sup>2</sup>;  $P = 0,03$ ), aumento de la presión sistólica ( $117 \pm 12,1$ ;  $109 \pm 12,2$ ; y  $105 \pm 13,3$  mmHg;  $P = 0,01$ ) y diastólica ( $74 \pm 9$ ;  $65,6 \pm 5,5$ ; y  $65,4 \pm 11$  mmHg;  $P = 0,0008$ ) (17). Aun cuando se ha planteado un incremento en la resistencia a la insulina por esta terapia, un estudio retrospectivo publicado en el año 2022 comparó la incidencia de diabetes en mujeres trans con respecto a la población cisgénero, sin encontrar diferencias significativas (18).

**Tabla 1.** Temporalidad en los cambios de las mujeres trans que reciben terapia hormonal afirmativa

Efecto	Inicio	Máximo
Redistribución de la grasa corporal	3-6 meses	2-3 años
Disminución de la masa grasa	3-6 meses	1-2 años
Suavización de la piel	3-6 meses	-
Disminución del deseo sexual	1-3 meses	3-6 meses
Disminución de las erecciones espontáneas	1-3 meses	3-6 meses
Disfunción eréctil	Variable	Variable
Crecimiento mamario	3-6 meses	2-3 años
Disminución del volumen testicular	3-6 meses	2-3 años
Disminución de la producción de semen	-	>3 años
Cabello fino	6-12 meses	>3 años
Cambios en la voz	No	No

**Fuente:** tomado y adaptado de (15).

Por otro lado, la THAG ha mostrado tener efectos benéficos sobre la cognición y el estado del ánimo en las mujeres trans. Los estudios demuestran una reducción global de la psicopatología con reducción significativa en los cuestionarios de depresión, ansiedad, estrés y paranoia (19). Dos cohortes prospectivas demostraron mejoría en más del 50,0% en el cuestionario de depresión BDI-II de 28 mujeres transgénero, tras 24 meses de THAG (20-21). En cuanto a la ansiedad, un estudio prospectivo reportó una mejoría de 1,05 puntos (IC 95%=entre -1,87 y -0,22) y 1,42 puntos (IC 95%=entre -2,61 y -0,24) en la escala de ansiedad y depresión hospitalaria (HADS, según sus siglas en inglés) en 91 mujeres trans y 64 hombres trans, luego de 12 meses de THAG, respectivamente. (22).

### Efectos de la THAG en hombres transgénero

Los regímenes para el desarrollo de los caracteres sexuales secundarios masculinos siguen los parámetros de las terapias usadas en los hombres cisgénero con hipogonadismo, el uso de preparados intramusculares o transdérmicos de testosterona permite alcanzar niveles similares a los normales en hombres cisgénero. Como resultado de la exposición a la testosterona, los hombres trans desarrollarán clitoromegalia, amenorrea, engrosamiento de la voz, aumento del vello corporal y facial, aumento del deseo sexual y, en aquellos genéticamente predispuestos, caída del cabello. Se espera que los cambios físicos relacionados a la testosterona sucedan en los primeros seis meses del inicio de esta.

Un estudio realizado en el año 2018 comparó los niveles de testosterona tras la administración de undecanoato de testosterona de 1000 mg intramuscular en las semanas 0, 6 y luego cada 12-16 semanas vs. el enantato de testosterona de 250 mg intramuscular cada 3-4 semanas, alcanzando niveles fisiológicos de testosterona tras 12 meses de terapia, con niveles que aumentaron de 1,4 a 18,3 mmol/l en el grupo de undecanoato y de 1,9 a 18 mmol/l en el grupo de enantato (23).

En contraste con la terapia feminizante, la terapia con testosterona conlleva a una reducción de la masa grasa y, de forma paralela, un aumento de la masa magra. Un estudio prospectivo sobre

los efectos de la THAG en hombres trans reveló que, tras 12 meses de tratamiento, se produjo un aumento de aproximadamente el 10,4% de la masa magra y una reducción de cerca del 9,7% de la masa grasa (24). Cuando se evaluó la redistribución de la grasa corporal en un estudio con 162 hombres trans, se detectó que la mayor pérdida de esta se llevó a cabo en las zonas ginecoides como los muslos (de -14,0% a -19,0%) y la mayor ganancia de masa magra fue en la zona de los brazos (de +18,0% a +21,0%) (13), con una reducción predominante de la masa grasa subcutánea, pero con un aumento de la masa grasa visceral, lo que finalmente aumentó el riesgo cardiovascular (25). Dichos cambios se resumen en la tabla 2.

**Tabla 2.** Temporalidad en los cambios de los hombres trans que reciben terapia hormonal afirmativa

Efecto	Inicio	Máximo
Acné	1-6 meses	1-2 años
Aumento de vello	6-12 meses	4-5 años
Caída del cabello	6-12 meses	-
Aumento de la masa muscular	6-12 meses	2-5 años
Redistribución de la grasa	1-6 meses	2-5 años
Amenorrea	1-6 meses	-
Clitoromegalia	1-6 meses	1-2 años
Engrosamiento de la voz	6-12 meses	1-2 años

**Fuente:** tomado y adaptado de (15).

El impacto metabólico de la THAG en hombres trans es mucho menos concluyente que en las mujeres trans, los cambios en el perfil lipídico muestran una tendencia al descenso en los valores de colesterol HDL y triglicéridos, con aumentos variables en los niveles de colesterol total y LDL (26-28). También se han evaluado diferentes

aspectos de la calidad de vida en los hombres trans luego de un año de THAG, con una mejoría de 5,5 puntos sobre una encuesta de 10 puntos (29), al igual que se han reportado beneficios en las escalas de depresión, sin cambios en las escalas de ansiedad (30).

## Diferencias fisiológicas en el rendimiento deportivo

El rendimiento deportivo está influido por varios factores físicos, como velocidad, rapidez, fuerza, resistencia, masas muscular y ósea, y distribución de la grasa corporal. La terapia hormonal provoca cambios significativos en estos factores, dependiendo del sexo asignado al nacer y el género con el que la persona se identifica. Antes de la pubertad, no hay diferencia sexual en las concentraciones de testosterona circulante, y algunas diferencias en el rendimiento atlético en la etapa prepuberal pueden deberse a activaciones tempranas del eje hipotálamo-hipófisis-gonadal o a determinantes genéticos; se estima que existen alrededor de tres mil genes que se expresan de una forma específica según el sexo, generando diferencias en el músculo esquelético que se correlacionan con una mayor velocidad de crecimiento y peso corporal (31). Diversos estudios, que incluyeron niños y niñas entre los 6 y 17 años, mostraron que, en términos generales, los niños poseen un mayor consumo de oxígeno, pueden saltar un 9,0% más alto y tienen una fuerza del agarre un 13,0% mayor con respecto a las niñas de su misma edad (32-35).

Durante la pubertad, los testículos son capaces de aumentar su producción de testosterona aproximadamente 15 veces con respecto a las concentraciones femeninas (36). A medida que se incrementan las concentraciones circulantes de esta hormona en los hombres, se van generando cambios en los componentes físicos que generan una ventaja significativa. Las diferencias de altura entre los sexos, cuando existen, dependen en gran medida de las diferencias pospuberales en la testosterona circulante (37). Los hombres suelen tener una masa muscular más densa y un tejido conectivo más rígido, lo que les confiere una contracción muscular más rápida y eficiente, una estructura esquelética más larga que permite una mejor aplicación de las fuerzas, una mayor masa magra que aumenta el ratio fuerza/peso, además de un mayor diámetro de la tráquea, mayores concentraciones de hemoglobina y mayores volúmenes cardíacos, lo que da una capacidad cardiovascular y respiratoria superior (38). En algunos deportes como el fútbol, la

gimnasia y deportes de combate, la estatura baja es ventajosa, pero en otros como el ciclismo, el levantamiento de pesas y el culturismo, proporciona una mayor relación potencia/fuerza/peso, así como un equilibrio rotacional, velocidad y agilidad; sin embargo, las ventajas masculinas en velocidad, fuerza y resistencia se aplican independientemente de la altura.

Estudios experimentales documentan que la testosterona aumenta la expresión de miostatina del músculo esquelético, la biogénesis mitocondrial, la expresión de mioglobina y el contenido de IGF-1, lo que puede aumentar la generación energética y de potencia de la actividad muscular esquelética (39); es por esto que los hombres tienen un tamaño, una fuerza y una densidad ósea claramente mayor que las mujeres de la misma edad, al igual que en los músculos, lo que aumenta su capacidad aeróbica y fuerza, en comparación a su tamaño corporal (31). Además de la mayor masa muscular, la composición de las fibras también tiene diferencias según el sexo, las mujeres tienen una mayor disposición de fibras tipo I, las cuales generan energía principalmente a través de fosforilación oxidativa, lo que les confiere menor fuerza contráctil y baja generación de fuerza, pero con mayor resistencia a la fatiga; mientras que en los hombres prevalecen las fibras musculares tipo IIA, con una generación energética predominantemente por glicólisis con contracciones más rápidas, mayor generación de fuerza y resistencia intermedia a la fatiga (40). En cuanto a la densidad mineral ósea, los modelos murinos han dado las primeras luces para explicar las diferencias entre ambos sexos. El aumento en la densidad mineral ósea parece deberse a la expansión perióstica y endóstica dependiente de andrógenos, mientras que el aumento en su longitud estaría relacionado con el crecimiento de los platillos condrales epifisarios, determinados por mecanismos estrógeno-dependientes y sensibles a la aromatización de la testosterona en estradiol (41).

Durante las actividades que requieren un metabolismo principalmente aeróbico, las mujeres han demostrado una mayor habilidad para oxidar las grasas como fuente energética, mientras que los hombres usan preferentemente los carbohidratos y las proteínas como fuente

(40). En el caso de las mujeres, las fluctuaciones hormonales durante el ciclo menstrual han demostrado tener un impacto en el rendimiento deportivo; por ejemplo, durante la fase lútea se ha visto una mayor resistencia cardiovascular relacionada con una mejoría de la ventilación en reposo, secundaria a los efectos estimulatorios de los estrógenos, con una mejor utilización de los sustratos y una disminución en la acumulación

del lactato (42). Además de las diferencias físicas, también se han reportado diferencias en otros parámetros, como la cognición, específicamente la orientación rotacional, la motivación y el comportamiento, que podría estar mediado por receptores androgénicos (43). Las principales diferencias fisiológicas en el rendimiento deportivo se resumen en la tabla 3.

**Tabla 3.** Diferencias fisiológicas en el rendimiento deportivo entre hombres y mujeres cisgénero

Aspecto	Hombres	Mujeres
Masa muscular y tejido conectivo	Mayor densidad muscular, tejido conectivo más rígido y contracción muscular más rápida y eficiente.	Menor densidad muscular y tejido conectivo menos rígido.
Estructura esquelética	Estructura más larga que facilita una mejor aplicación de fuerzas.	Menor longitud ósea, aunque una estatura baja puede ser ventajosa en ciertos deportes (gimnasia o deportes de combate).
Relación fuerza/peso	Una mayor masa magra aumenta la relación fuerza/peso.	Mayor masa grasa y menor relación fuerza/peso.
Capacidad cardiovascular y respiratoria	Mayores volúmenes cardíacos, diámetro de tráquea y concentración de hemoglobina, lo que confiere una mayor capacidad aeróbica.	Menor capacidad aeróbica relativa.
Fibras musculares	Predominan fibras tipo IIA: contracciones rápidas, alta generación de fuerza y resistencia intermedia a la fatiga.	Predominan fibras tipo I: menor fuerza contráctil y mayor resistencia a la fatiga.
Densidad mineral ósea	Mayor densidad mineral ósea, impulsada por andrógenos.	Menor densidad ósea, aunque el estradiol influye en el crecimiento longitudinal.
Metabolismo energético	Preferencia por carbohidratos y proteínas como fuente de energía durante actividades aeróbicas.	Mayor habilidad para oxidar grasas como fuente energética durante actividades aeróbicas.

**Fuente:** elaboración propia.

Cada vez cobran más relevancia las ciencias “ómicas” para entender el impacto de los estímulos externos sobre los seres humanos; la epigenética y la transcriptómica han demostrado que existen

diferencias basadas en el sexo en cuanto a la metilación del ADN, la modificación de las histonas y el ARN no codificante como respuesta al ejercicio agudo y crónico (44). Por ejemplo, un metaanálisis

publicado en el año 2021 reveló que las regiones genómicas encargadas de la metilación del ADN del músculo esquelético difieren en los sitios de unión enriquecidos en factores de transcripción, mediados por receptores hormonales como el AR (siglas en inglés para receptor androgénico) y el *ESR1* (siglas en inglés para receptor estrogénico 1) (45). Estas diferencias fisiológicas han motivado a que, desde la perspectiva de la justicia y la equidad, se realice a la clasificación dicotómica de los deportes en función del sexo.

El tipo de actividad deportiva también es relevante al momento de evidenciar las diferencias

en el rendimiento deportivo, si bien en la mayoría de competencias élite se evidencia una ventaja para los hombres cisgénero, las brechas se agrandan cuando se tratan de actividades que involucran predominantemente el tren superior; en actividades como saque de tenis, golf y voleibol, las diferencias en rendimiento superan el 20,0% en favor de los hombres y pueden alcanzar hasta el 50,0% en actividades como lanzamiento en béisbol (46); mientras que disciplinas como el ciclismo, el atletismo y la natación mostraron diferencias menos significativas, tal como se muestra en la figura 1.

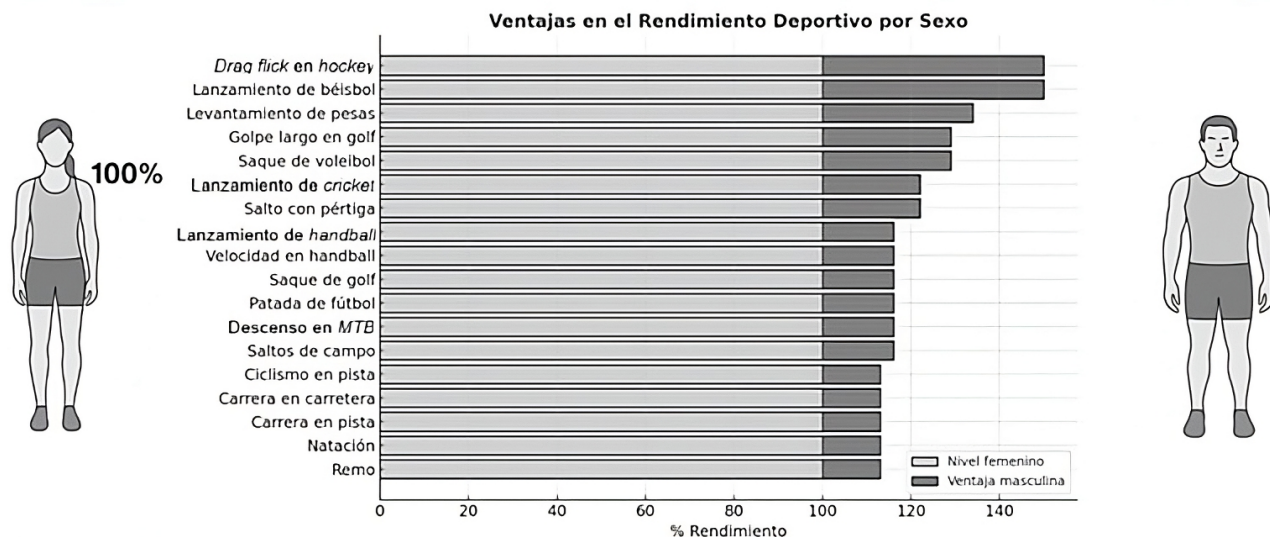


Figura 1. La ventaja de rendimiento de los hombres sobre las mujeres en varias disciplinas deportivas seleccionadas

**Nota:** el nivel femenino se establece en un 100%; MTB: mountain bike.

**Fuente:** tomado y adaptado de (46).

## Discusión

### Efectos de la THAG en el rendimiento deportivo y evidencia del impacto de la terapia hormonal en el deporte

La investigación científica sobre el impacto de la terapia hormonal en el rendimiento deportivo es limitada, pero está creciendo. Desde los estudios preclínicos se evidencian los efectos de los cambios en el ambiente hormonal durante la actividad física en modelos murinos, generando

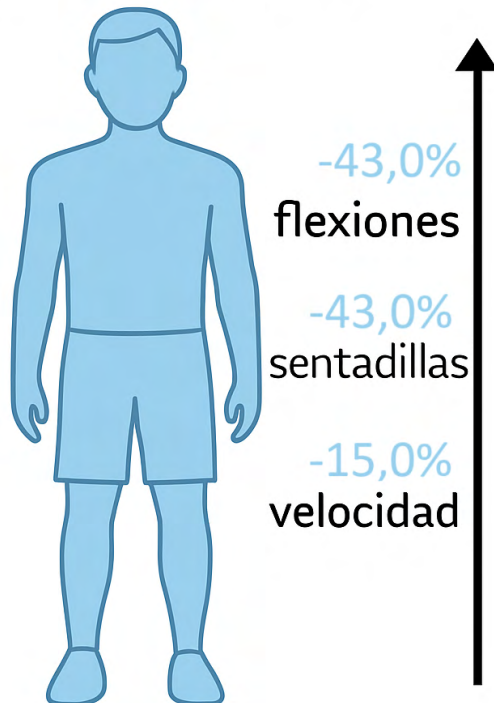
una disminución en la distancia recorrida en las ruedas de entrenamiento, siendo estos efectos más pronunciados en los ratones macho con respecto a los modelos hembra (47).

Algunos estudios sugieren que, tras la reducción de la testosterona, las atletas transgénero pierden gran parte de su ventaja física inicial en términos de fuerza y resistencia, aunque todavía pueden mantener algunas diferencias fisiológicas en comparación con las atletas cisgénero (mujeres cuyo sexo asignado al nacer es femenino); así mismo se ha planteado si

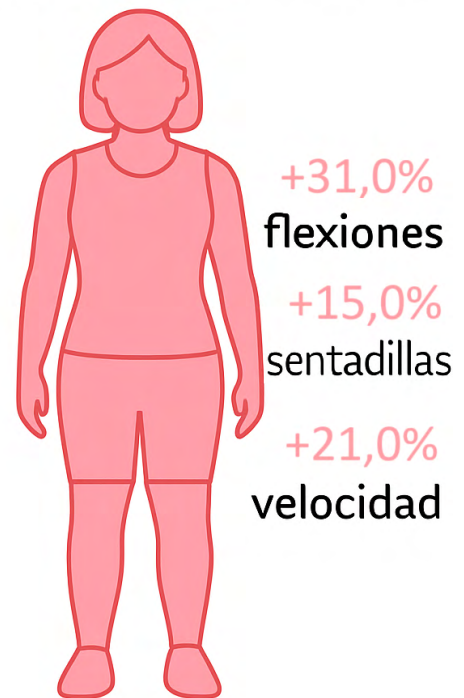
la suplencia con testosterona en hombres trans es capaz de equiparar su rendimiento deportivo con el de los hombres cis. Uno de los estudios que trató de responder esta interrogante fue el publicado por Roberts *et al.* en 2021, el cual evaluó el rendimiento de 29 hombres trans y 46 mujeres trans en tres ejercicios (sentadillas en un minuto, flexiones y carrera de 1,5 millas) antes y 12 meses después de iniciar la terapia hormonal y con respecto a sus pares cisgénero, los resultados revelaron que las mujeres trans realizaron un 31,0% más de flexiones y un 15,0% más de sentadillas en un minuto, y fueron un 21,0% más veloces; sin embargo, después de dos años de terapia hormonal, desapareció la brecha tanto en flexiones como en sentadillas, pero las mujeres trans permanecieron un 12,0% más veloces (48). En este mismo estudio, los hombres trans realizaron un 43,0% menos flexiones y sentadillas, y fueron un 15,0% más lentos, dichos resultados se representan en la figura 2. Además,

después de un año de hormonas masculinas, no se observaron diferencias en flexiones ni en velocidad con respecto a los hombres cisgénero. En el año 2023 se presentaron resultados similares en el estudio realizado por Chiccarelli *et al.*, el cual evaluó el rendimiento deportivo de 346 personas transgénero pertenecientes a la fuerza aérea y lo comparó con una cohorte cisgénero de edad similar, las mediciones se realizaron antes de la terapia y hasta cuatro años después de haberla comenzado. Se reportó que luego del inicio de la THAG, los hombres transgénero mejoraron su rendimiento en todas las categorías, en consistencia con los efectos anabólicos de la testosterona; mientras que en el caso de las mujeres trans, se demostró que al comienzo de la terapia su rendimiento había disminuido y, al finalizar el seguimiento, no había diferencia en sentadillas ni en velocidad, pero se mantenían más fuertes en su capacidad para las flexiones de pecho con respecto a sus homólogas cisgénero (49).

### Hombres trans vs hombres cis



### Mujeres trans vs mujeres cis



**Figura 2.** Diferencias en el rendimiento deportivo entre hombres y mujeres transgénero tras 12 meses de recibir THAG

Fuente: adaptado de (48).

Después de 12 meses de THAG en hombres transgénero, se evidenció un aumento aproximado del 20,0% en su rendimiento deportivo, lo que fue consistente con el aumento del área seccional muscular, el aumento de la masa magra, la disminución de la masa grasa y sin cambios sobre la estatura (50). Un estudio similar mostró que, luego de 2,5 años de THAG masculinizante, la velocidad de los hombres trans aumentó en un 16,4%, lo cual se considera que pudiera estar relacionado con el aumento de la hemoglobina, como consecuencia de la administración de testosterona (51).

Con respecto a las mujeres trans, se demostró que si el inicio de la terapia se producía luego de la pubertad, el resultado incluye una modesta reducción de la masa magra y un aumento de la masa grasa, sin embargo, estos cambios no serían suficientes para producir una reducción importante de la fuerza del agarre ni fuerza de los muslos (51). Un estudio español evaluó los cambios en la composición corporal en mujeres trans no gonadectomizadas que habían iniciado THAG luego de los 18 años y durante más de seis meses consecutivos, comparadas con hombres y mujeres cis, demostrando que las mujeres trans presentaban una mayor altura ( $+1,6 \text{ m} \pm 0,1$ ;  $p < 0,01$ ), mayor masa ósea ( $+2,2 \text{ kg} \pm 0,3$ ;  $p < 0,01$ ) y muscular ( $+41 \text{ kg} \pm 4,7$ ;  $p < 0,01$ ) con respecto a las mujeres cis; además, las mujeres trans fueron un 6,2% más altas y tuvieron mayor masa ósea (22,7%) y muscular (24,0%), aunque las participantes del estudio eran predominantemente sedentarias, estos hallazgos podrían suponer una ventaja deportiva para las mujeres trans, especialmente en aquellas actividades con un componente principalmente aeróbico (52).

Otro estudio evaluó los cambios sobre el extensor y el flexor de la rodilla, aunque luego de 12 meses de la administración de estradiol, supresores de testosterona y agonistas de GnRH, no se evidenciaron cambios significativos en la fuerza muscular (39). Un estudio publicado en el año 2024 evaluó las diferencias entre 35 atletas transgénero (23 hombres y 12 mujeres) y 40 atletas cisgénero (19 hombres y 21 mujeres), ambos grupos compuestos por atletas de alto rendimiento que se ejercitaban en condiciones similares al menos tres veces por semana; los

resultados evidenciaron que las mujeres trans mantenían una mayor fuerza de agarre que las mujeres cis ( $40,7 \pm 6,8 \text{ kg}$  vs.  $34,2 \pm 3,7 \text{ kg}$ ,  $p = 0,01$ ) y menor VO<sub>2</sub> max ( $45,1 \pm 13,3 \text{ ml/kg/min}$  vs.  $54,1 \pm 6,0 \text{ ml/kg/min}$ ,  $p < 0,001$ ); mientras que los atletas trans masculinos tuvieron una menor fuerza de agarre ( $38,8 \pm 7,5 \text{ kg}$  vs.  $45,7 \pm 6,9 \text{ kg}$ ,  $p = 0,03$ ) y un menor VO<sub>2</sub> max ( $3635 \pm 644 \text{ ml/min}$  vs.  $4467 \pm 641 \text{ ml/min}$ ,  $p = 0,002$ ) con respecto a los hombres cisgénero (53).

La forma en la que estos cambios suceden muchas veces no es equiparable a evaluar las diferencias entre hombres y mujeres cis y extrapolar esas condiciones a la población trans, algunas de las características correspondientes al sexo asignado previo a la transición, como la altura o el área seccional muscular, no se modificarán sustancialmente, es por esto que cobra especial importancia el tiempo en el cual se realiza la transición, sea con THAG o con cirugías de afirmación de género, puesto que entre más temprano se realice dicha transición, más similitudes tendrá la persona con el género que se pretende asumir (54).

Asimismo, el tiempo de duración de la terapia también influye en el rendimiento. Los estudios de Chiccarelli *et al.* mostraron que, si bien a los cuatro años de la THAG, las mujeres trans declinaban en su rendimiento deportivo, este seguía siendo superior al de las mujeres cisgénero en algunos aspectos (49). Un estudio realizado por Jenkins *et al.* comparó atletas transgénero que estuvieran recibiendo THAG durante al menos dos años con mujeres y hombres cis de la misma edad y nivel deportivo, los resultados de este estudio demostraron que, en parámetros como la estatura, el IMC y la fuerza del agarre, las mujeres trans obtuvieron resultados similares a los hombres cis; sin embargo, en otros parámetros como la altura del salto vertical y la capacidad aeróbica máxima, las mujeres trans tuvieron peores resultados que las mujeres cis ( $33,98 \pm 4,34 \text{ cm}$ ,  $29,43 \pm 9,41 \text{ ml/kg/min}$ , comparado con  $34,24 \pm 7,84 \text{ cm}$ ,  $30,43 \pm 9,15 \text{ ml/kg/min}$ ), y significativamente peor que los hombres cis ( $47,34 \pm 6,43 \text{ cm}$ ,  $41,15 \pm 13,77 \text{ ml/kg/min}$ ) (55). Estos resultados se alinearon con otros estudios que evidenciaron que la masa y fuerza muscular no cambió tan rápidamente como lo hicieron los parámetros cardiovasculares. En

contraparte, Gooren *et al.* evaluaron a 19 mujeres trans luego de un año de terapia, asegurando que estas tuvieran niveles de testosterona similares a los de mujeres cis y mediante resonancia magnética nuclear determinaron que, luego de ese primer año, se lograba una reducción del área muscular de los muslos cercana al 9,0%; sin embargo, al comparar estos valores con hombres trans (*FTM*, que experimentaron una pubertad femenina), el área muscular de los muslos de las mujeres trans seguía siendo significativamente superior (14).

Otro estudio, publicado en el año 2022, evaluó a mujeres trans que hubieran recibido terapia hormonal desde la pubertad y por un promedio de 14 años, y se midieron los parámetros de rendimiento aeróbico en comparación con hombres y mujeres cis. Los resultados mostraron que el VO<sub>2</sub> pico alcanzado por las mujeres trans fue significativamente superior al de las mujeres cis y menor que el de los hombres cis, con un VO<sub>2</sub> pico promedio de 2606 ± 416,9 ml/min en mujeres trans, 2167 ± 408,8 ml/min en mujeres cis y 3358 ± 436,3 ml/min en hombres cis (mujeres trans vs. mujeres cis,  $p < 0,05$ ; mujeres trans vs. hombres cis,  $p < 0,0001$ ; mujeres cis vs. hombres cis,  $p < 0,0001$ ); sin embargo, cuando se ajustó a peso libre de masa grasa, no se obtuvieron diferencias significativas entre los tres grupos (56).

### Competencias de equidad: consideraciones éticas y sociales

Históricamente, las mujeres han sido excluidas de los juegos organizados de élite y no fue sino hacia 1900 cuando se permitió la participación de las mujeres en algunas competencias olímpicas, limitadas a algunas disciplinas, ante la posibilidad de "herir sus órganos reproductivos". Las diferencias fisiológicas entre hombres y mujeres, además del papel de la testosterona en el rendimiento deportivo, ha sido el sustento para la clasificación dicotómica de los deportes de élite. Estas mismas diferencias han sido usadas como evidencia para la restricción de la participación de la población transgénero en los deportes.

Uno de los temas más controversiales ha sido si las personas transgénero, específicamente las mujeres trans (*MTF*), tienen ventajas injustas en el deporte femenino después de la terapia hormonal.

La reducción de la testosterona es esencial para garantizar la equidad en las competencias deportivas, ya que niveles altos de testosterona se asocian con una mayor capacidad física en términos de fuerza y velocidad. Se evaluó el escenario de la diversidad de género en los deportes de élite, como el caso de personas intersexuales que por trastornos de diferenciación sexual pueden tener un aumento en sus niveles de testosterona, lo que les confiere características ventajosas en algunos deportes (57).

Organismos deportivos internacionales, como el Comité Olímpico Internacional (COI) y la Federación Internacional de Atletismo (World Athletics) han establecido normativas para la participación de atletas transgénero. El COI, por ejemplo, exige que las mujeres trans mantengan niveles de testosterona por debajo de 10 nmol/l (2,88 ng/ml) durante al menos 12 meses previos para competir en categorías femeninas (58). Esta regla se basa en la suposición de que los niveles bajos de testosterona eliminan cualquier ventaja física significativa derivada del sexo asignado al nacer; sin embargo, los detractores de estas políticas argumentan que los efectos de la testosterona durante la pubertad (cuando no se bloquea la testosterona) pueden proporcionar ventajas físicas permanentes, como una mayor densidad ósea o estructura corporal, que no se revierten completamente con la terapia hormonal.

Además del aspecto fisiológico, el debate sobre la inclusión de personas transgénero en el deporte involucra consideraciones éticas, como el derecho a la identidad y la inclusión versus la necesidad de garantizar la equidad en las competencias deportivas. Las políticas deportivas buscan encontrar un equilibrio entre estos principios.

## Conclusión

El impacto de la terapia hormonal en el rendimiento deportivo de las personas transgénero es un tema complejo y en constante evolución. Es bien conocido que la terapia hormonal afecta significativamente las capacidades físicas y la evidencia actual soporta que algunos parámetros considerados relevantes

en el rendimiento deportivo, como la altura, la masa ósea y la capacidad aeróbica, no se revierten completamente tras la supresión de testosterona, lo que ubica el foco de atención en las mujeres trans que recibieron la THAG posterior a la pubertad, ya que esto les conferiría ventajas biológicas “residuales”.

Notablemente, las discusiones sobre la participación de los hombres trans en las competencias deportivas masculinas son menos frecuentes, probablemente debido a que la exposición pospuberal a la testosterona no ha demostrado una ventaja sobre las modificaciones fisiológicas y morfológicas de sus homólogos cisgénero. Las implicaciones en términos de equidad deportiva aún son objeto de debate, debido a la demanda creciente sobre el establecimiento de una posición, las federaciones internacionales y el COI han emitido algunas recomendaciones y directrices, que con el paso del tiempo han tenido que ser revisadas por la creciente generación de evidencia sobre el impacto de la THAG, por lo que se han delegado las recomendaciones a las entidades deportivas individuales en consideración de cada deporte en particular. Debe tenerse en consideración el derecho a la libertad de expresión, la inclusión, la equidad y la justicia para ambos colectivos, puesto que la categorización basada únicamente en la identidad de género podría generar asimetría en las oportunidades.

Se necesitan más investigaciones que generen evidencia de alta calidad para comprender mejor las dinámicas a largo plazo de la terapia hormonal y para diseñar políticas deportivas justas que respeten tanto la inclusión como la competencia equitativa.

### Contribución de los autores

María Clara Ospino Guerra: investigación, metodología, escritura (borrador original); Ariana Margarita Sierra Osorio: conceptualización, análisis formal, investigación, escritura (revisión del borrador y revisión/corrección); Henry Tovar: conceptualización, análisis formal, investigación, escritura (revisión del borrador y revisión/corrección).

### Declaración de fuentes de financiación

Los autores declaran no haber recibido financiación de entidades públicas o privadas para la escritura o publicación de este artículo.

### Conflictos de interés

Los autores declaran que no tuvieron conflictos de interés en la escritura o publicación de este artículo.

### Implicaciones éticas

Los autores declaran que no tuvieron implicaciones éticas en la escritura de este artículo.

### Referencias

- [1] Sierra Osorio AM, Tovar H, Imitola Madero AM, Chahin S, Angulo Imitola M, Cantini J, *et al.* Consenso sobre disforia de género o incongruencia de género. *Rev Colomb Endocrinol Diabet Metab.* 2022;9(1):e734. <https://doi.org/10.53853/encr.9.1.734>
- [2] Becerra-Fernández A, Rodríguez-Molina JM, Asenjo-Araque N, Lucio-Pérez MJ, Cuchí-Alfaro M, García-Camba E, *et al.* Prevalence, incidence, and sex ratio of transsexualism in the autonomous region of Madrid (Spain) according to healthcare demand. *Arch Sex Behav* 2017;46(5):1307–12. <https://doi.org/10.1007/s10508-017-0955-z>
- [3] Bautista K, Sierra A, Rojas W, Rivera A, Tover H, Chain S. Characterization of a population of adult patients with gender dysphoria in San José Hospital, Bogotá (Colombia). *Rev Colomb Endocrinol Diabet Metab.* 2022;9(1):e733. <https://doi.org/10.53853/encr.9.1.733>
- [4] Aguilar Vilas MV, Rubalcava G, Becerra A, Martínez Para MC. Nutritional status and obesity prevalence in people with gender dysphoria. *AIMS Public Health.* 2014;1(3):137–46. <https://doi.org/10.3934/publichealth.2014.3.137>

- [5] Symons C, Sbaraglia M, Hillier L, Mitchel A. Come out to play: the sports experiences of lesbian, gay, bisexual and transgender (LGBT) people in Victoria. Australia: Victoria University; 2010.
- [6] López-Cañada E, Devís-Devís J, Pérez-Samaniego V. La participación de las personas trans en la actividad física y el deporte: barreras y facilitadores. *Arxius*. 2022;46:51-63.
- [7] Judge C, O'Donovan C, Callaghan G, Gaoatswe G, O'Shea D. Gender dysphoria and prevalence and co-morbidities in an Irish adult population. *Front Endocrinol*. 2014;5:87. <https://doi.org/10.3389/fendo.2014.00087>
- [8] Moreno-Perez Ó, Modrego-Pardo I. Mujeres trans y el deporte: citius, altius, fortius, sed aequitas. *Endocrinol Diabetes Nutr*. 2025;72(4):501547. <https://doi.org/10.1016/j.endien.2025.501547>
- [9] Safer JD. Fairness for transgender people in sport. *J Endocr Soc*. 2022;6(5):bvac035. <https://doi.org/10.1210/jendso/bvac035>
- [10] D'hoore L, T'Sjoen G. Gender-affirming hormone therapy: an updated literature review with an eye on the future. *J Intern Med* 2022;291(5):574-92. <https://doi.org/10.1111/joim.13441>
- [11] Moreland E, Cheung AS, Hiam D, Nolan BJ, Landen S, Jacques M, *et al.* Implications of gender-affirming endocrine care for sports participation. *Ther Adv Endocrinol Metab*. 2023;14:20420188231178373. <https://doi.org/10.1177/20420188231178373>
- [12] Masumori N, Baba T, Abe T, Niwa K. What is the most anticipated change induced by treatment using gender-affirming hormones in individuals with gender incongruence? *Int J Urol*. 2021;28(5):526-9. <https://doi.org/10.1111/iju.14499>
- [13] Klaver M, de Blok CJM, Wiepjes CM, Nota NM, Dekker MJHJ, de Mutsert 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(2):163-71. <https://doi.org/10.1530/eje-17-0496>
- [14] Gooren LJG, Bunck MCM. Transsexuals and competitive sports. *Eur J Endocrinol*. 2004;151(4):425-9. <https://doi.org/10.1530/eje.0.1510425>
- [15] Hembree WC, Cohen-Kettenis PT, Gooren L, Hannema SE, Meyer WJ, Murad MH, *et al.* Endocrine treatment of gender-dysphoric/gender-incongruent persons: an Endocrine Society Clinical Practice Guideline. *J Clin Endocrinol Metab*. 2017;102(11):3869-903. <https://doi.org/10.1210/jc.2017-01658>
- [16] Defreyne J, Van de Bruaene LDL, Rietzschel E, Van Schuylenbergh J, T'Sjoen GGR. Effects of gender-affirming hormones on lipid, metabolic, and cardiac surrogate blood markers in transgender persons. *Clin Chem*. 2019;65(1):119-34. <https://doi.org/10.1373/clinchem.2018.288241>
- [17] Sofer Y, Yaish I, Yaron M, Bach MY, Stern N, Greenman Y. Differential endocrine and metabolic effects of testosterone suppressive agents in transgender women. *Endocr Pract*. 2020;26(8):883-90. <https://doi.org/10.4158/ep-2020-0032>
- [18] van Velzen D, Wiepjes C, Nota N, van Raalte D, de Mutsert R, Simsek S, *et al.* Incident diabetes risk is not increased in transgender individuals using hormone therapy. *J Clin Endocrinol Metab*. 2022;107(5):e2000-7. <https://doi.org/10.1210/clinem/dgab934>
- [19] Nguyen HB, Chavez AM, Lipner E, Hantsoo L, Kornfield SL, Davies RD, *et al.* Gender-affirming hormone use in transgender individuals: Impact on behavioral health and cognition. *Curr Psychiatry Rep*. 2018;20(12):110. <https://doi.org/10.1007/s11920-018-0973-0>
- [20] Fisher AD, Castellini G, Ristori J, Casale H, Cassioli E, Sensi C, *et al.* Cross-sex hormone treatment and psychobiological changes in transsexual persons: two-year follow-up data. *J Clin Endocrinol*

- Metab. 2016;101(11):4260–9. <https://doi.org/10.1210/jc.2016-1276>
- [21] López de Lara D, Pérez Rodríguez O, Cuellar Flores I, Pedreira Masa JL, Campos-Muñoz L, Cuesta Hernández M, *et al.* Evaluación psicosocial en adolescentes transgénero. *An Pediatr.* 2020;93(1):41–8. <https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2020.01.019>
- [22] Defreyne J, T'Sjoen G, Bouman WP, Brewin N, Arcelus J. Prospective evaluation of self-reported aggression in transgender persons. *J Sex Med.* 2018;15(5):768–76. <https://doi.org/10.1016/j.jsxm.2018.03.079>
- [23] Gava G, Mancini I, Cerpolini S, Baldassarre M, Seracchioli R, Meriggiola MC. Testosterone undecanoate and testosterone enanthate injections are both effective and safe in transmen over 5 years of administration. *Clin Endocrinol.* 2018;89(6):878–86. <https://doi.org/10.1111/cen.13821>
- [24] Van Caenegem E, Wierckx K, Taes Y, Schreiner T, Vandewalle S, Toye K, *et al.* Body composition, bone turnover, and bone mass in trans men during testosterone treatment: 1-year follow-up data from a prospective case-controlled study (ENIGI). *Eur J Endocrinol.* 2015;172(2):163–71. <https://doi.org/10.1530/eje-14-0586>
- [25] Ford K, Huggins E, Sheean P. Characterising body composition and bone health in transgender individuals receiving gender-affirming hormone therapy. *J Hum Nutr Diet.* 2022;35(6):1105–14. <https://doi.org/10.1111/jhn.13027>
- [26] Streed CG, Beach LB, Caceres BA, Dowshen NL, Moreau KL, Mukherjee M, *et al.* Assessing and addressing cardiovascular health in people who are transgender and gender diverse: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation.* 2021;144(6). <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000001003>
- [27] Fernandez JD, Tannock LR. Metabolic effects of hormone therapy in transgender patients. *Endocr Pract.* 2016;22(4):383–8. <https://doi.org/10.4158/ep15950.or>
- [28] Vita R, Settineri S, Liotta M, Benvenega S, Trimarchi F. Changes in hormonal and metabolic parameters in transgender subjects on cross-sex hormone therapy: a cohort study. *Maturitas.* 2018;107:92–6. <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2017.10.012>
- [29] Pelusi C, Costantino A, Martelli V, Lambertini M, Bazzocchi A, Ponti F, *et al.* Effects of three different testosterone formulations in female-to-male transsexual persons. *J Sex Med.* 2014;11(12):3002–11. <https://doi.org/10.1111/jsm.12698>
- [30] Manieri C, Castellano E, Crespi C, Di Bisceglie C, Dell'Aquila C, Gualerzi A, *et al.* Medical treatment of subjects with gender identity disorder: the experience in an Italian public health center. *Int J Transgend.* 2014;15(2):53–65. <https://doi.org/10.1080/15532739.2014.899174>
- [31] Haizlip KM, Harrison BC, Leinwand LA. Sex-based differences in skeletal muscle kinetics and fiber-type composition. *Physiology.* 2015;30(1):30–9. <https://doi.org/10.1152/physiol.00024.2014>
- [32] Winsley RJ, Fulford J, Roberts AC, Welsman JR, Armstrong N. Sex difference in peak oxygen uptake in prepubertal children. *J Sci Med Sport.* 2009;12(6):647–51. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2008.05.006>
- [33] Catley MJ, Tomkinson GR. Normative health-related fitness values for children: analysis of 85347 test results on 9–17-year-old Australians since 1985. *Br J Sports Med.* 2013;47(2):98–108. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090218>
- [34] Tambalis KD, Panagiotakos DB, Psarra G, Daskalakis S, Kavouras SA, Geladas N, *et al.* Physical fitness normative values for 6–18-year-old Greek boys and girls, using the empirical distribution and the lambda, mu, and sigma statistical method. *Eur J Sport Sci.* 2016;16(6):736–46. <https://doi.org/10.1080/17461391.2015.1088577>
- [35] Eiberg S, Hasselstrom H, Grønfeltd V, Froberg K, Svensson J, Andersen LB.

- Maximum oxygen uptake and objectively measured physical activity in Danish children 6–7 years of age: the Copenhagen school child intervention study. *Br J Sports Med.* 2005;39(10):725–30. <https://doi.org/10.1136/bjism.2004.015230>
- [36] Bae YJ, Zeidler R, Baber R, Vogel M, Wirkner K, Loeffler M, *et al.* Reference intervals of nine steroid hormones over the life-span analyzed by LC-MS/MS: effect of age, gender, puberty, and oral contraceptives. *J Steroid Biochem Mol Biol.* 2019;193:105409. <https://doi.org/10.1016/j.jsbmb.2019.105409>
- [37] Handelsman DJ. Sex differences in athletic performance emerge coinciding with the onset of male puberty. *Clin Endocrinol.* 2017;87:68–72. <https://doi.org/10.1111/cen.13350>
- [38] Handelsman DJ, Hirschberg AL, Bermon S. Circulating testosterone as the hormonal basis of sex differences in athletic performance. *Endocr Rev.* 2018;39(5):803–29. <https://doi.org/10.1210/er.2018-00020>
- [39] 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(3):e805–13. <https://doi.org/10.1210/clinem/dgz247>
- [40] Bassett AJ, Ahlmen A, Rosendorf JM, Romeo AA, Erickson BJ, Bishop ME. The biology of sex and sport. *JBJS Rev.* 2020;8(3):e0140. <https://doi.org/10.2106/jbjs.rvw.19.00140>
- [41] Almeida M, Laurent MR, Dubois V, Claessens F, O'Brien CA, Bouillon R, *et al.* Estrogens and androgens in skeletal physiology and pathophysiology. *Physiol Rev.* 2017;97(1):135–87. <https://doi.org/10.1152/physrev.00033.2015>
- [42] Jurkowski JE, Jones NL, Toews CJ, Sutton JR. Effects of menstrual cycle on blood lactate, O<sub>2</sub> delivery, and performance during exercise. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol.* 1981;51(6):1493–9. <https://doi.org/10.1152/jappl.1981.51.6.1493>
- [43] Levine SC, Foley A, Lourenco S, Ehrlich S, Ratliff K. Sex differences in spatial cognition: advancing the conversation. *Wiley Interdiscip Rev Cogn Sci.* 2016;7(2):127–55. <https://doi.org/10.1002/wcs.1380>
- [44] Landen S, Voisin S, Craig JM, McGee SL, Lamon S, Eynon N. Genetic and epigenetic sex-specific adaptations to endurance exercise. *Epigenetics.* 2019;14(6):523–35. <https://doi.org/10.1080/15592294.2019.1603961>
- [45] Landen S, Jacques M, Hiam D, Alvarez-Romero J, Harvey NR, Haupt LM, *et al.* Skeletal muscle methylome and transcriptome integration reveals profound sex differences related to muscle function and substrate metabolism. *Clin Epigenetics.* 2021;13(1):202. <https://doi.org/10.1186/s13148-021-01188-1>
- [46] Hilton EN, Lundberg TR. Transgender women in the female category of sport: perspectives on testosterone suppression and performance advantage. *Sports Med.* 2021;51(2):199–214. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01389-3>
- [47] Hydock DS. Sex hormone suppression and physical activity: possible implications for transgender individuals. *Transgend Health.* 2022;7(1):43–51. <https://doi.org/10.1089/trgh.2020.0073>
- [48] 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.* 2020;55(11):577–83. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102329>
- [49] Chiccarelli E, Aden J, Ahrendt D, Smalley J. Fit transitioning: when can transgender airmen fitness test in their affirmed gender? *Mil Med.* 2023;188(7–8):e1588–95. <https://doi.org/10.1093/milmed/usac320>

- [50] Nokoff NJ, Senefeld J, Krausz C, Hunter S, Joyner M. Sex differences in athletic performance: perspectives on transgender athletes. *Exerc Sport Sci Rev.* 2023;51(3):85–95. <https://doi.org/10.1249/jes.0000000000000317>
- [51] Harper J, O'Donnell E, Sorouri Khorashad B, McDermott H, Witcomb GL. How does hormone transition in transgender women change body composition, muscle strength and haemoglobin? Systematic review with a focus on the implications for sport participation. *Br J Sports Med.* 2021;55(15):865–72. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-103106>
- [52] Sanchez Amador L, Becerra Fernandez A, Aguilar Vilas MV, Rodriguez Torres R, Alonso Rodriguez MC. Body composition and risk for sarcopenia in transgender women. *Nutrition.* 2024;123:112398. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2024.112398>
- [53] Hamilton B, Brown A, Montagner-Moraes S, Comeran-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(11):586–97. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2023-108029>
- [54] Oberlin DJ. 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. <https://doi.org/10.3389/fspor.2023.1224476>
- [55] Jenkins CL, Ouellette K, Thompson B, Mullen EM, Leinung M. Performance in transgender females versus cisgender males an females. *ASEP.* 2020;23(6).
- [56] Mobilia Alvares LA, Rodrigues Santos M, Ribeiro Souza F, Santos LM, de Mendonça BB, Frade Costa EM, *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(22):1292–8. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2021-105400>
- [57] Cerón-Enríquez N. Particularidades del entrenamiento físico y el control de los factores de riesgo en la población trans y de género diverso. *Arch Cardiol Mex.* 2023;93(supl. 3):13–7. <https://doi.org/10.24875/ACM.M23000088>
- [58] International Olympics Committee. IOC Frameworks on fairness, inclusion and non-discrimination on the basis of gender identity and sex variations [internet]. Suiza: IOC;2021. [citado 2024 oct. 14]. Disponible en: <https://stillmed.olympics.com/media/Documents/Beyond-the-Games/Human-Rights/IOC-Framework-Fairness-Inclusion-Non-discrimination-2021.pdf>