

## ¿Se mueven las mujeres igual que los hombres en un contexto deportivo? Consideraciones para la optimización del rendimiento y la reducción de lesiones

### Do women move like men in a sport context? Considerations for performance optimization and injury reduction

De la Fuente-García, A.<sup>1</sup>

#### 1. Preparadora Física y Readaptadora de Lesiones Físico-Deportiva

**Resumen:** El presente artículo explora las diferencias motrices entre mujeres y hombres deportistas en la ejecución de mecánicas de aterrizaje, cambio de dirección (COD) y carrera, con el objetivo principal de acercar el conocimiento de las estrategias motrices empleadas por la atleta femenina y las particularidades para su entrenamiento. Para cumplir este objetivo, se plantea en primer lugar una revisión sobre las principales diferencias antropométricas existentes entre ambos sexos a lo largo del proceso madurativo. Posteriormente, se realiza una revisión teórica sobre los principales parámetros mecánicos y neuromusculares en los que difieren mujeres y hombres deportistas para las acciones citadas. Por último, se vincularán estos aspectos con las posibles consecuencias resultantes en relación tanto al rendimiento deportivo como a la reducción de lesiones.

**Palabras clave:** mujer; género; biomecánica; habilidades de movimiento; optimización de habilidades

**Abstract:** This article explores the motor differences between women and men athletes in the execution of landing, change of direction (COD) and running mechanics, with the main aim of provide knowledge about the motor strategies used by the female athlete and particularities for training. In order to achieve this objective, a review of the main anthropometric differences between both sexes during the maturing process is proposed. Subsequently, a theoretical review is carried out on the main mechanical and neuromuscular parameters in which women and men athletes differ for the actions cited previously. Finally, these aspects will be linked to the possible resulting consequences related to both sports performance and injury reduction.

**Key Words:** women; gender; biomechanics; movement skills; skills training

## Introducción

Las diferencias anatómicas y fisiológicas entre hombres y mujeres y su importancia en el rendimiento deportivo es una temática ampliamente conocida y estudiada (Albert, Wrigley, McLean, & Sleivert, 2006; Altavilla, Di Tore, Riela, & D'Isanto, 2017; Bassett, Rosendorf, Romeo, Erickson, & Bishop, 2020; Cammarata & Dhaher, 2010; Carter, Rennie, Hamilton, & Tarnopolsky, 2014; Hunter, 2009, 2014, 2016; Ramos, Frontera, Llopart, & Feliciano, 1998; Roepstorff et al., 2002; Sandbakk, Solli, & Holmberg, 2018). Sin embargo, la mayor presencia masculina que ha experimentado históricamente el mundo deportivo ha motivado que se hayan considerado de aplicación general algunos principios y metodologías de entrenamiento estudiados en deportistas varones, cuya generalización quizá descuide algunas particularidades presentes en la mujer deportista. Si bien es cierto que el deporte femenino está experimentando un avance exponencial en los últimos años, aún existen ciertas necesidades de conocimiento en relación con el movimiento de la mujer deportista y sus diferencias con respecto al sexo masculino, especialmente en aquellos contextos deportivos fuera de la élite del alto nivel. En este sentido, son muchas las variables que influyen en el rendimiento deportivo, ya sean físicas (Altavilla et al., 2017; Bassett et al., 2020; Pion et al., 2015; Sandbakk et al., 2018; Thomas & Thomas, 1988; Weyand et al., 2000), psicológicas (Gimeno, Buceta, & Pérez-Llantada, 2007; Raglin, 2001) o contextuales (Erkizia-Agirre, 2021; Ramírez-Lucas, 2020; Vitale & Weydahl, 2017), pero comprender las estrategias motrices empleadas por la mujer deportista y los factores que propician estos parámetros mecánicos resulta fundamental, tanto para optimizar el rendimiento como para plantear estrategias que minimicen la incidencia lesional.

En edades tempranas, las diferencias neuromusculares y biomecánicas en el rendimiento de las extremidades inferiores en diversas acciones motrices no son significativas entre géneros (Handelsman, 2017; Quatman, Ford, Myer, & Hewett, 2006). Bien es cierto que existe una variación reseñable en el timing madurativo entre sexos, siendo más precoz la aparición del pico de máximo crecimiento (PHV) en las mujeres, que experimentan la pubertad y sus cambios asociados aproximadamente 2 años antes que los varones (Van Hooren, Croix, Science, & Kingdom, 2014; Lloyd & Oliver, 2012; Tønnessen, Svendsen, Olsen, Guttormsen, & Haugen, 2015). Esto implica que las niñas presentan un desarrollo madurativo más rápido y temprano que los niños, dando lugar a unas mejores capacidades coordinativas y neuromusculares que sus homólogos varones en edades tardías de iniciación deportiva, coincidiendo con la variación temporal de las etapas pre-puberal y puberal (Van Hooren et al., 2014; Lloyd et al., 2012). Sin embargo, aunque más retardado, la magnitud de la aceleración del crecimiento en los niños suele ser mayor, como también lo son los valores absolutos alcanzados (Van Hooren et al., 2014; Lloyd et al., 2012; Tønnessen et al., 2015).

A partir de la adolescencia, los cambios hormonales propician que esta divergencia se incremente, provocando cambios notables en la composición corporal y rendimiento neuromuscular de los varones en mayor medida (Handelsman, 2017; Tønnessen et al., 2015). Tras esa etapa puberal, además de la mayor generación de fuerza muscular del sexo masculino debido a parámetros hormonales, las diferencias estructurales se convierten en un distintivo significativo. Las mujeres disponen de una pelvis más ancha que la de los varones, además de un ratio mayor entre la anchura de la articulación de la cadera y la longitud del fémur, lo que propicia una mayor angulación del fémur contribuyendo a ese ligeramente mayor valgo estático de rodillas (mayor ángulo Q) tan conocido como factor determinante de riesgo lesional (Horton & Hall, 1989; Wolf, Cannada, Heest, Connor, & Ladd, 2015). Además, en cuanto a la divergencia en parámetros activos, se ha demostrado que las mujeres presentan una mayor rotación interna de cadera activa que los hombres (Ferber, Davis, & Williams III, 2003). Estas diferencias anatómicas entre géneros ya suponen de por sí un factor predisponente para la variación en la mecánica de gestualidades específicas en un contexto deportivo.

La carrera, el salto y el cambio de dirección son mecánicas motrices fundamentales presentes en la mayoría de las disciplinas deportivas. Dichas competencias se desarrollan de forma inherente al ser humano ligado a la práctica deportiva, viéndose potenciadas por la exploración

guiada y el entrenamiento dentro de un contexto deportivo (Tønnessen et al., 2015). La bibliografía existente ilustra que las atletas femeninas que participan en modalidades multidireccionales y de salto tienen una probabilidad de 4 a 6 veces mayor que los deportistas masculinos de sufrir lesiones como la ruptura del ligamento cruzado anterior (LCA) (Pollard, Sigward, & Powers, 2007; Weinhandl, Irmischer, Sievert, & Kevin, 2017). La disparidad en la incidencia lesional entre sexos ha propiciado en las últimas décadas multitud de estudios centrados en el análisis del movimiento de hombres y mujeres deportistas, buscando avistar diferencias significativas que puedan aportar cierta explicación en relación con los mecanismos lesionales (Butler, Willson, Fowler, & Queen, 2013; Chumanov, Wall-scheffler, & Heiderscheit, 2008; Ferber et al., 2003; Hass, Schick, & Chow, 2003; Holden, Boreham, Doherty, Wang, & Delahunt, 2015; Williams & Welch, 2015; Joseph et al., 2011; Malinzak, Colby, Kirkendall, Yu, & Garrett, 2001; Pollard et al., 2007; Quatman, Quatman, & Hewett, 2009; Sinclair, Greenhalgh, Edmundson, Brooks, & Hobbs, 2012; Takabayashi, Edama, Nakamura, Inai, & Kubo, 2017; Walsh, Boling, Mcgrath, Blackburn, & Padua, 2012; Weinhandl et al., 2017; Weir et al., 2019; Wyatt, Weir, Emmerik, Jewell & Hamill, 2019). Los aspectos mecánicos de movimientos específicos asociados a modalidades deportivas multidireccionales presentan sin lugar a duda un rol importante en dicha relación de causalidad, y éstos tienen que ver no solo con las diferencias anatómicas y fisiológicas existentes entre el cuerpo masculino y femenino (ángulo Q, posición de la pelvis, rendimiento muscular, etc.) sino con las estrategias mecánicas empleadas para llevar a cabo la acción motriz (Butler et al., 2013; Pollard et al., 2007; Quatman et al., 2006; Weir et al., 2019; Wyatt et al., 2019).

La presente revisión narrativa tiene como objetivo profundizar en el conocimiento de dichas diferencias, y así favorecer la comprensión de las estrategias motrices empleadas por deportistas de ambos sexos. Esta base teórica podría servir en el futuro como pilar para poder diseñar propuestas de trabajo adecuadas para optimizar el rendimiento y minimizar el riesgo lesional de las atletas femeninas en un contexto deportivo competitivo.

## **Diferencias en la mecánica de aterrizaje**

La gestión de fuerzas en la acción de aterrizaje es un aspecto muy significativo de cara al rendimiento en otras acciones deportivas específicas, puesto que comparte ciertas similitudes biomecánicas y fisiológicas con las mecánicas de cambio de dirección y carrera (Köklü, Alemdaro, Özkan, Koz, & Ersöz, 2015), a pesar de considerarse habilidades motrices diferentes (Suárez-Arrones et al., 2020). Por sí mismas, las diferencias estructurales del cuerpo femenino respecto al masculino suponen unas demandas de posicionamiento global diferente para la generación y absorción de fuerzas, por lo que las estrategias motrices empleadas resultarán necesariamente de una interacción de los planos de movimiento distinta a la de los atletas varones.

Atendiendo a las aportaciones de Malinzak et al. (2001) en cuanto al análisis de la activación de los diferentes grupos musculares implicados, las féminas reflejaron estrategias neuromusculares con predominancia notable de la cadena anterior sobre la posterior en la acción de aterrizaje, mostrando actuación dominante del cuádriceps en correspondencia con la acción de la musculatura isquiotibial (Malinzak et al., 2001). Este patrón de co-activación guarda relación con mayor extensión de rodilla y cadera experimentada por las mujeres en el momento del contacto con el suelo ( Decker & Torry, 2003; Holden, Boreham, Doherty, Wang, & Delahunt, 2015; Quatman et al., 2006). Comparativamente, hombres y mujeres muestran ángulos máximos de flexión de rodilla casi idénticos en el conjunto total de la acción, pero los varones contactan con el suelo con parte del rango de flexión cubierto, mientras que las féminas realizan una mayor flexión de la articulación de la rodilla durante el recorrido completo de la fase de aterrizaje (Holden et al., 2015). Este aspecto nos indica que los atletas masculinos se preparan antes para la acción de frenado, contactando con el suelo con una preactivación que les permite comenzar antes la fase de deceleración y gestionar de forma más eficiente las fuerzas de impacto contra el suelo.

Una estrategia de aterrizaje con mayor extensión de rodilla y cadera en el momento del contacto con el suelo supone exponer a la articulación de la rodilla a fuerzas resultantes considerablemente mayores en la fase decelerativa (Decker & Torry, 2003; Hass et al., 2003; Walsh et al., 2012). Como resultado, podría verse favorecida la mayor predisposición a sufrir lesiones a este nivel (Decker & Torry, 2003; Quatman et al., 2006; Walsh et al., 2012). Teniendo esta información en cuenta, podría verse también reducido el rendimiento en este tipo de acciones, puesto que las mujeres deportistas necesitarían mayor amplitud temporal para alcanzar la misma capacidad decelerativa que los hombres tras el contacto con el suelo, traduciéndose en una menor capacidad de frenado de las féminas para el mismo tiempo disponible.

El menor rango de flexión de rodilla empleado en la acción de aterrizaje se contrarresta con un mayor rango en valgo para la absorción de fuerzas en la fase de frenado (Quatman et al., 2006). Las atletas femeninas deceleran con tendencia a la aducción y rotación interna de cadera y eversión de tobillo (valgo dinámico de rodilla), a diferencia de las estrategias más estables de flexo-extensión empleadas prioritariamente por los varones, que incorporan estos componentes de movimiento en el plano frontal y transversal mucho más tarde (Hughes, Watkins, & Owen, 2008; Quatman et al., 2006). Los datos aportados por Joseph et al. (2011) exponen que las mujeres deportistas, durante la fase de frenado del aterrizaje, alcanzan el momento de máxima aducción de cadera y valgo de la rodilla mucho antes del alcance del máximo rango de flexión de rodilla. Estos valores sugieren una tendencia al empleo de una estrategia de aterrizaje con predominancia del plano frontal, aportando menor protagonismo al movimiento en el plano sagital del que muestran los atletas masculinos en la ejecución (Joseph et al., 2011).

En términos de velocidad de la acción y tiempo disponible para la gestión de fuerzas de frenado, los resultados obtenidos por Joseph et al. (2011) mostraron que las atletas femeninas experimentan valores notablemente mayores en la velocidad angular a la que se produce el valgo de rodilla en el aterrizaje, llegando a suponer hasta el doble de velocidad que la que asumen los deportistas masculinos en el mismo gesto. Estos datos sugieren que las mujeres tienden a colapsar muy rápidamente en valgo en comparación con sus homólogos masculinos (Joseph et al., 2011), lo que podría venir propiciado de entrada por la menor capacidad decelerativa, y además favorecido por el empleo de estrategias con predominancia de movimiento en el plano frontal desde el inicio, lo que dificulta la gestión de fuerzas en el frenado a medida que progresa la desalineación vertical pie-tobillo-rodilla-cadera.

Aunando todos los datos expuestos, observamos que la mujer deportista aterriza con una mayor extensión de cadera y rodilla en el momento del contacto inicial con el suelo, con una menor activación de la musculatura isquiotibial en toda la fase de frenado (Malinzak et al., 2001), y con una tendencia a la absorción de fuerzas en valgo dinámico de rodilla en lugar de las estrategias masculinas de flexo-extensión más depurada (Joseph et al., 2011; Quatman et al., 2006), mostrando un colapso rápido en la gestión de demandas altas de fuerza (Joseph et al., 2011). Todo ello hace que, desde el prisma del rendimiento deportivo en este tipo de acciones, las atletas femeninas presenten mayor dificultad para combinar rápidamente estas acciones con una segunda acción reacelerativa, debido a la mayor necesidad temporal para disminuir la velocidad en el aterrizaje, y la complejidad para reorientar el movimiento desde un posicionamiento corporal global que dificulta la generación posterior de fuerzas en el plano sagital. Desde el punto de vista del riesgo lesional, las atletas femeninas muestran una notablemente mayor predisposición a sufrir lesiones de rodilla en este tipo de tareas, con especial incidencia de lesiones graves como la ruptura de LCA (Larruskain, Lekue, Diaz, Odriozola, & Gil, 2018; Pollard et al., 2007; Weir et al., 2019). Esta propensión se atribuye a la exposición a mayores fuerzas resultantes en esta articulación a causa del posicionamiento corporal con que se asume el contacto con el suelo, así como a la tendencia a la absorción de fuerzas con estrategias prioritarias de plano frontal y transversal, considerablemente menos eficientes a nivel mecánico que el plano sagital para la gestión de altas demandas de fuerza (Hughes et al., 2008; Mclean, Huang & Van den Bogert, 2004).

## Diferencias en la mecánica de cambio de dirección

El cambio de dirección (COD) es una mecánica motriz fundamental para el desempeño en contextos deportivos de carácter multidireccional, como puedan ser los deportes de campo o de cancha (Brughelli, Cronin, Levin, & Chaouachi, 2008; Dos'Santos, Mcburnie, Thomas, Comfort, & Jones, 2019; Dos'Santos, Christopher, Comfort, & Jones, 2018; Dos'Santos, Christopher, Jones, & Comfort, 2017). El propósito de un COD es reorientar el centro de masas desde la dirección inicial hacia la dirección final de desplazamiento (Wyatt et al., 2019), gestionando para ello las fuerzas resultantes de la velocidad de aproximación al punto de corte (punto donde se efectúa el último apoyo de frenado y primer apoyo de la reacceleración en la nueva dirección). Dado que la bibliografía existente al respecto revela diferencias notables entre ambos sexos en la incidencia de lesiones de rodilla en modalidades multidireccionales (Pollard et al., 2007; Weinhandl et al., 2017), y atendiendo a ciertas similitudes que pueda presentar esta mecánica con una acción de aterrizaje en la gestión de fuerzas de frenado, cabría esperar que las estrategias motrices empleadas por las mujeres deportistas en acciones de COD sufrieran también ciertas variaciones respecto a la ejecución que realizan los varones.

De acuerdo a lo comentado para la mecánica de aterrizaje, la co-contracción del cuádriceps y los isquiotibiales para hacer frente a la gestión de fuerzas y maximizar la estabilidad de la rodilla presenta también cierta dominancia del cuádriceps en las acciones de COD (Bencke & Zebis, 2011; Malinzak et al., 2001), aunque existe cierta controversia sobre si esta estrategia resulta beneficiosa o no para la reducción del riesgo lesional (Dempsey et al., 2007). Además, las atletas femeninas presentan una activación total de la musculatura glútea mucho menor en la que sus homólogos masculinos en este tipo de maniobras (Weir et al., 2019). Aunando ambos aspectos, entendemos que la cadena posterior tiende a presentar un rol pobre en la generación y absorción de fuerzas en estas mecánicas, lo que propicia que la capacidad de las mujeres deportistas para asumir las altas demandas de fuerzas de frenado y generar fuerza para la reacceleración sea menor, para las mismas condiciones espacio-temporales. Además, teniendo en cuenta el papel fundamental de la musculatura isquiotibial en el control de la traslación anterior de la tibia (Toor et al., 2019), esta desigualdad en la relación cuádriceps-isquiotibiales resulta también determinante en la predisposición de sufrir lesiones a este nivel (McLean et al., 2004).

Tal y como se evidenciaba para la mecánica de aterrizaje, en la mayoría de los estudios consultados al respecto las atletas femeninas demostraron estrategias motrices con predominancia de los planos frontal y transversal también para las acciones de COD, en contraposición con el mayor protagonismo del plano sagital en la fase de frenado y reacceleración posterior en atletas masculinos (McLean, Walker, & Van den Bogert, 2005; Pollard et al., 2007). En el caso del COD, además, la amplitud de la flexión de rodilla alcanzada por las mujeres sí es considerablemente menor en valores absolutos, llegando a experimentar un momento máximo de flexión de rodilla de hasta un 10% menor que los varones (Weir et al., 2019).

En las estrategias empleadas para encarar la aproximación al punto de corte, las mujeres muestran una disminución de la flexión de cadera y una mayor rotación interna de la cadera en consonancia, asumiendo las fuerzas de frenado con estos parámetros posicionales. Además, las féminas experimentan mayores momentos de fuerza de la musculatura aductora de cadera, y una disminución del momento de la musculatura extensora de cadera durante esta fase de frenado (Pollard et al., 2007), evidenciando el protagonismo de la musculatura del plano frontal frente a estrategias de flexo-extensión.

En cuanto al control global del posicionamiento corporal central durante la acción de COD, las diferencias fundamentales entre sexos aparecen especialmente en el control del movimiento en el plano frontal (Pollard et al., 2007; Weir et al., 2019; Wyatt et al., 2019). El traslado del centro de masas (CM) hacia medial en la aproximación al punto de corte, reorientando la carga corporal hacia la dirección final de desplazamiento (dirección tomada tras el corte) se ha identificado como una estrategia primordial no solo para rendimiento en la acción, sino también para la reducción del riesgo de lesiones (Donnelly, Lloyd, Elliott, & Reinbolt, 2012). Mientras que los hombres presentan una mayor inclinación del tronco en el momento del corte (Weir et al.,

2019; Wyatt et al., 2019), asociada a la facilitación de la reorientación posterior, las mujeres deportistas mantienen el CM más cerca del pie de apoyo principal (último apoyo) en las fases de preparación y apoyo completo del corte, disminuyendo la inclinación de tronco en el plano frontal y favoreciendo con ello un menor desplazamiento total del CM (Weir et al., 2019; Wyatt et al., 2019). Las atletas femeninas mostraron también una mayor posteriorización del CM en relación con el pie de apoyo principal, estrategia empleada con el objetivo de tener un mayor control global del cuerpo en la fase de frenado, donde la capacidad de las mujeres para reducir la velocidad del CM en el plano sagital se ha demostrado menor (Wyatt et al., 2019). Aunque este posicionamiento resulta beneficioso para maximizar el control del cuerpo durante la acción, su efecto en el rendimiento podría resultar negativo por la reducción de la velocidad que conlleva (Wyatt et al., 2019). Estudios futuros podrían esclarecer si estas diferencias en la amplitud de desplazamiento del CM pueden ser consecuencia únicamente de las diferencias antropométricas entre sexos, o una conjunción entre ello y el empleo de estrategias motrices como respuesta a las demandas de gestión de fuerzas, como el posicionamiento global del tronco y el ancho de colocación del pie (Dempsey et al., 2007; Wyatt et al., 2019).

Integrando la información aportada, observamos que las atletas femeninas ejecutan la maniobra de COD con menor utilización de estrategias de flexión de cadera y rodilla en la aproximación al punto de corte, que sustituyen por una mayor presencia de la rotación interna de cadera para gestionar las fuerzas de frenado y reaceleración. El tronco mantiene una posición sustancialmente erguida durante la acción reduciendo la inclinación del centro de masas, que sí se posterioriza ligeramente en relación al apoyo. En el momento del corte y reaceleración posterior, las mujeres deportistas presentan una menor activación de la musculatura isquiotibial y glútea y una mayor activación de la musculatura aductora en la fase de frenado (Bencke & Zebis, 2011; Malinzak et al., 2001; Pollard et al., 2007; Weir et al., 2019), evidenciando el protagonismo de la musculatura del plano frontal frente al plano sagital. Tal y como ocurría en la mecánica de aterrizaje, la conjunción de estos parámetros hace que disminuya el rendimiento deportivo en este tipo de acciones, en relación con la dificultad para reorientar el cuerpo tras el punto de corte desde un posicionamiento corporal global que dificulta la gestión de fuerzas acelerativas y decelerativas en el desplazamiento (prioritariamente relacionadas con el plano sagital). La pérdida de eficiencia en el afrontamiento de las fuerzas de frenado y reaceleración también se relaciona con el aumento del riesgo lesional, propiciando que el posicionamiento y disposición de la articulación de la rodilla en la acción la sitúe en considerable desventaja mecánica para la gestión de altas demandas de fuerza (McLean et al., 2004).

## **Diferencias en la mecánica de carrera**

Las diferencias estructurales del cuerpo femenino respecto al masculino podrían suponer de por sí un factor predisponente para variación en la mecánica de carrera en atletas femeninas. La mayor anchura de la pelvis, ángulo Q y rotación interna de cadera contribuyen a que los aspectos cinemáticos del ciclo de carrera varíen en relación a la interacción entre planos de movimiento (Ferber et al., 2003). Además de los aspectos antropométricos, los parámetros neuromusculares y su relación con la aplicación de fuerza contra el suelo para lograr desplazamiento hacen que las atletas femeninas partan con cierta desventaja para el alcance de velocidades altas y el mantenimiento de la reactividad de acuerdo a dichas demandas (Bassett et al., 2020; Weyand et al., 2000).

En cuanto a los aspectos motrices cualitativos, dentro del plano sagital (plano principal de generación de fuerzas en la carrera) las deportistas femeninas mostraron menor actividad de la musculatura isquiotibial y mayor actividad de cuádriceps durante el ciclo de carrera, con respecto a los atletas varones (Malinzak et al., 2001). Con ello puede decirse que las féminas tienen un ciclo de carrera más dominante de cuádriceps, en consonancia con los parámetros mostrados en las mecánicas de aterrizaje y COD. Sin embargo, en este caso, el estudio de Chumanov et al. (2008) evidencia que la activación del glúteo mayor es considerablemente mayor en mujeres dentro del ciclo de carrera, acrecentándose especialmente en el final de la fase de swing e inicio de la fase de contacto, donde su papel en la extensión de cadera es determinante (Chumanov et al., 2008). La actividad de la musculatura glútea en la carrera presencia discrepancias con lo

ocurrido en la mecánica de COD, lo que podría explicarse por el posicionamiento corporal y la limitación que conlleva en este caso para la actuación prioritaria de la musculatura del plano frontal. Estas variaciones en la activación muscular durante el ciclo de carrera podrían guardar relación causal directa con la diferencia en la incidencia lesional entre ambos sexos, siendo notablemente mayor la incidencia de lesiones musculares de cuádriceps en féminas, y de isquiotibiales en varones, en deportes con gran presencia de acciones de carrera a alta intensidad y distancias amplias como pueda ser el fútbol (Larruskain et al., 2017).

De acuerdo a los resultados obtenidos en el estudio de la acción en los diferentes planos de movimiento, las mujeres mostraron de nuevo una aducción y rotación interna de la cadera significativamente mayores que los varones, confluyendo en mayor angulación en valgo de rodilla. Estas diferencias se mantienen constantes para todas las fases del ciclo de carrera, velocidades e inclinaciones de superficie (Chumanov et al., 2008). Además, las féminas presentan un menor ángulo de flexión de rodilla durante la acción cíclica de la carrera (Malinzak et al., 2001). Aun así, dadas las características mecánicas del ciclo de carrera, la predominancia del plano sagital en la generación de fuerzas de desplazamiento resulta tan indiscutible que la presencia de ciertos parámetros de aducción y rotación de cadera conllevará alteraciones menos sustanciales que en los casos anteriores. Las principales variaciones se reflejan en las demandas de carga experimentadas por los diferentes segmentos corporales en esa subordinación al movimiento en el plano sagital desde posiciones ligeramente desalineadas con el mismo, dando lugar a mayor incidencia de lesiones como el dolor patelofemoral, el síndrome de la banda ilirotibial o las fracturas de estrés en la tibia (Ferber et al., 2003).

Además de las diferencias en la generación de fuerzas y posicionamiento a nivel proximal, Takabayashi et al. (2017) reportan que las atletas femeninas presentan un mayor ROM del retropié y el mediopié en el plano sagital, un mayor ángulo máximo de flexión plantar del retropié, un mayor pico de dorsiflexión y un mayor ángulo de abducción del mediopié en comparación con los corredores masculinos. Esto podría ilustrar cierta causalidad para explicar la diferencia entre géneros en la incidencia de lesiones de pie en corredores (Takabayashi et al., 2017). Estudios futuros podrían esclarecer si esta mayor amplitud de movimiento se produce en respuesta a la aplicación de altas demandas de impacto en el apoyo, como consecuencia de cierta falta de stiffness a ese nivel y, con ello, una falta de eficiencia en el aprovechamiento de la energía elástica contra el suelo.

Recopilando la información proporcionada, las mujeres deportistas exhiben, también en la mecánica de carrera, cierta tendencia a la disminución del rango de flexión de rodilla compensándolo con estrategias resultantes en valgo dinámico de rodilla. Sin embargo, teniendo en cuenta las demandas que presenta la carrera, entendida como un movimiento cíclico en la búsqueda de la aplicación de fuerza contra el suelo para producir desplazamiento hacia delante, la predominancia de la musculatura del plano sagital se hace indispensable para realizar dicha función, y no es sustituible por ninguna otra estrategia motriz con tanta posible presencia como en otras mecánicas de movimiento (McClay & Manal, 1999). Dentro de la actuación de esta musculatura flexo-extensora, las atletas femeninas muestran una notable predominancia del cuádriceps en el ciclo de carrera en relación con la musculatura isquiotibial, siendo el principal promotor del movimiento en conjunción con la acción extensora de la musculatura glútea (Malinzak et al., 2001).

El apoyo podría resultar menos reactivo que en el caso de los atletas varones, aunque la falta de información no permite generar fundamentaciones al respecto. Desde el punto de vista del rendimiento, la gestión de fuerzas en el plano sagital con presencia de cierta ligera desalineación en algunos segmentos corporales como consecuencia de la aducción y rotación interna de cadera, podría propiciar la disipación de fuerza a lo largo de la cadena motriz. Esta alteración de la transmisión de la misma en la interacción de los diferentes planos de movimiento supondría una reducción de la eficiencia en la maximización de la fuerza aplicada contra el suelo, objetivo principal. Por otro lado, desde el prisma de las lesiones deportivas, esa misma desalineación de algunos segmentos corporales con respecto al plano sagital y la prioridad funcional en el mismo

pueden favorecer la aplicación de carga en estructuras no diseñadas para tal fin, dando lugar a mayor incidencia de lesiones por sobreuso.

## Conclusiones

Conocer las bases del desempeño motriz en un contexto deportivo es la base sobre la que poder sustentar propuestas de trabajo específicas que conduzcan hacia la maximización del rendimiento del deportista. En este sentido, son multitud las variables que influyen en la expresión del movimiento del deportista en su contexto competitivo, pero garantizar la eficiencia de la mecánica motriz es un pilar fundamental para optimizar la puesta en escena en situaciones complejas como la práctica deportiva real.

Las diferencias entre hombres y mujeres deportistas son notables no solo a nivel antropométrico, sino también en relación con las estrategias utilizadas para el desarrollo del movimiento. No obstante, la mayor presencia masculina en el ámbito deportivo general ha propiciado que muchos conceptos y metodologías de entrenamiento estudiados en deportistas varones se hayan generalizado para su aplicación en deportistas de ambos sexos. A pesar del incommensurable avance que está experimentando el deporte femenino en los últimos años, aún existen necesidades de conocimiento en relación con el movimiento de la mujer deportista y sus diferencias con respecto al sexo masculino, especialmente en el deporte base y amateur. Comprender dicha divergencia, y considerarla dentro de la planificación del proceso de entrenamiento, nos permitirá implementar estímulos específicos considerando la individualidad de cada deportista en todos los sentidos, y maximizar las adaptaciones conseguidas.

Por todo ello, el conocimiento de las diferencias entre mujeres y hombres deportistas y las estrategias motrices empleadas por cada uno de ellos para resolver problemas motrices similares, ha de considerarse un principio básico para la estructuración del entrenamiento, posicionándose como una estrategia win-win tanto de cara a la optimización del rendimiento de las deportistas en base a su especificidad mecánica, como en el planteamiento de estrategias de reducción del riesgo lesional que tengan en cuenta posibles relaciones entre todos los factores vinculados al desempeño motriz.

## Bibliografía

- Albert, W. J., Wrigley, A. T., McLean, R. B., & Sleivert, G. G. (2006). Sex differences in the rate of fatigue development and recovery. *Dynamic Medicine*, 16, 5:2.
- Altavilla, Ig., Di Tore, P. A., Riela, L., & D'Isanto, T. (2017). Anthropometric , physiological and performance aspects that differentiate male athletes from females and practical consequences. *Journal of Physical Education and Sport*, 17(5), 2183–2187.
- Bassett, A. J., Rosendorf, J. M., Romeo, A. A., Erickson, B. J., & Bishop, M. E. (2020). *The Biology of Sex and Sport*, 8(3), 1–8.
- Bencke, J., & Zebis, M. K. (2011). The influence of gender on neuromuscular pre-activity during side-cutting. *Journal of Electromyography and Kinesiology: Official Journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 21(2), 371–375.
- Brughelli, M., Cronin, J., Levin, G., & Chaouachi, A. (2008). Understanding change of direction ability in sport: a review of resistance training studies. *Sports Medicine*, 38(12), 1045–1063.
- Butler, R. J., Willson, J. D., Fowler, D., & Queen, R. M. (2013). Gender Differences in Landing Mechanics Vary Depending on the Type of Landing. *Clinical Journal of Sport Medicine: Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 23(1), 52–57.
- Cammarata, M. L., & Dhaher, Y. Y. (2010). Evidence of gender-specific motor templates to resist valgus loading at the knee. *Muscle Nerve*, 41(5), 614–623.



- Carter, S. L., Rennie, C. D., Hamilton, S. J., & Tarnopolsky, M. A. (2014). Changes in skeletal muscle in males and females following endurance training. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 79(5), 386–392.
- Chumanov, E. S., Wall-scheffler, C., & Heiderscheit, B. C. (2008). Gender differences in walking and running on level and inclined surfaces. *Clinical Biomechanics*, 23(10), 1260–1268.
- Decker, M. J., Torry, M. R., Wyland, D. J., Sterett, W. I., & Richard Steadman, J. (2003). Gender differences in lower extremity kinematics, kinetics and energy absorption during landing. *Clinical Biomechanics*, 18(7), 662–669.
- Dempsey, A. R., Lloyd, D. G., Elliott, B. C., Steele, J. R., Munro, B. J., & Russo, K. A. (2007). The effect of technique change on knee loads during sidestep cutting. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(10), 1765–1773.
- Donnelly, C. J., Lloyd, D. G., Elliott, B. C., & Reinbolt, J. A. (2012). Optimizing whole-body kinematics to minimize valgus knee loading during sidestepping: Implications for ACL injury risk. *Journal of Biomechanics*, 45(8), 1491–1497.
- Dos'Santos, T. Dos, Mcburnie, A., Thomas, C., Comfort, P., & Jones, P. A. (2019). Biomechanical Determinants of the Modified and Traditional 505 Change of Direction Speed Test. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(5), 1285–1296.
- Dos'Santos, T., Christopher, S., Comfort, P., & Jones, P. A. (2018). The Effect of Angle and Velocity on Change of Direction Biomechanics: An Angle - Velocity Trade - Off. *Sports Medicine*, 48(10), 2241–2259.
- Dos'Santos, T., Christopher, S., Jones, P. A., & Comfort, P. (2017). Mechanical determinants of faster change of direction speed performance in male athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(3), 696–705.
- Erkizia-Agirre, B. (2021). Análisis de la carga externa de jóvenes futbolistas en competición. *Logía, educación física y deporte*, 1(2), 111–119.
- Ferber, R., Davis, I. M., & Williams III, D. S. (2003). Gender differences in lower extremity mechanics during running. *Clinical Biomechanics*, 18, 350–357.
- Gimeno, F., Buceta, J. M., & Pérez-Llantada, M. C. (2007). The influence of psychological variables on sports performance: Assessment with the Questionnaire of Sports Performance-related Psychological. *Psicothema*, 19(4), 666–671.
- Handelsman, D. J. (2017). Sex differences in athletic performance emerge coinciding with the onset of male puberty. *Clinical Endocrinology*, 87(1), 68–72.
- Hass, C. J., Schick, E. A., & Chow, J. W. (2003). Lower Extremity Biomechanics Differ in Prepubescent and Postpubescent Female Athletes During Stride Jump Landings. *Journal of Applied Biomechanics*, 19(2), 139–152.
- Holden, S., Boreham, C., Doherty, C., Wang, D., & Delahunt, E. (2015). Clinical Biomechanics Clinical assessment of countermovement jump landing kinematics in early adolescence: Sex differences and normative values. *Clinical Biomechanics*, 30(5), 469–474.
- Horton, M. G., & Hall, T. L. (1989). Quadriceps femoris muscle angle: normal values and relationships with gender and selected skeletal measures. *Physical Therapy*, 69(11), 897–901.
- Hughes, G., Watkins, J., & Owen, N. (2008). Gender differences in lower limb frontal plane kinematics during landing. *Sports Biomechanics*, 7(3), 333–341.
- Hunter, S. K. (2009). Sex Differences and Mechanisms of Task-Specific Muscle. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 37(3), 113–122.

- Hunter, S. K. (2014). Sex Differences in Human Fatigability: Mechanisms and Insight to Physiological Responses. *Acta Physiology*, 210(4), 768–789.
- Hunter, S. K. (2016). The Relevance of Sex Differences in Performance Fatigability. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 48(11), 2247–2256.
- Joseph, M. F., Rahl, M., Sheehan, J., MacDougall, B., Horn, E., Denegar, C. R., Trojian, T. H., Anderson, J. M., & Kraemer, W. J. (2011). Timing of Lower Extremity Frontal Plane Motion Differs Between Female and Male. *American Journal of Sports Medicine*, 39(7), 1517–1521.
- Köklü, Y., Alemdaro, U., Özkan, A., Koz, M., & Ersöz, G. (2015). The relationship between sprint ability, agility and vertical jump performance in young soccer players. *Science & Sports*, 30(1), e1-e5.
- Larruskain, J., Lekue, J. A., Diaz, N., Odriozola, A., & Gil, S. M. (2018). A comparison of injuries in elite male and female football players : A five- - season prospective study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 28(1), 237–245.
- Lloyd, R. S., & Oliver, J. L. (2012). The Youth Physical Development Model : A New Approach to Long-Term Athletic Development. *Strength and Conditioning Journal*, 34(3) 61–72.
- Malinzak, R. A., Colby, S. M., Kirkendall, D. T., Yu, B., & Garrett, W. E. (2001). A comparison of knee joint motion patterns between men and women in selected athletic tasks. *Clinical Biomechanics*, 16(5), 438–445.
- McClay, I., & Manal, K. (1999). Three-dimensional kinetic analysis of running: significance of secondary planes of motion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(11), 1629–1637.
- McLean, S. G., Huang, X., Su, A., & Van Den Bogert, A. J. (2004). Sagittal plane biomechanics cannot injure the ACL during sidestep cutting. *Clinical Biomechanics*, 19(8), 828–838.
- McLean, S G, Walker, K. B., & Van Den Bogert, A. J. (2005). Effect of gender on lower extremity kinematics during rapid direction changes : an integrated analysis of three sports movements. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 8(4), 411–422.
- Pion, J., Segers, V., Franssen, J., Debuyck, G., Deprez, D., Haerens, L., Vaeyens, R., Philippaerts, R., & Lenoir, M. (2015). Generic anthropometric and performance characteristics among elite adolescent boys in nine different sports. *European Journal of Sport Science*, 15(5), 357–366.
- Pollard, C. D., Sigward, S. M., & Powers, C. M. (2007). Gender Differences in Hip Joint Kinematics and Kinetics During Side-Step Cutting Maneuver. *Clinical Journal of Sport Medicine : Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 17(1), 38–42.
- Quatman, C. E., Quatman, C. C., & Hewett, T. E. (2009). Prediction and prevention of musculoskeletal injury: a paradigm shift in methodology. *British Journal of Sports Medicine*, 43(14), 1100–1107.
- Quatman, C. E., Ford, K. R., Myer, G. D., & Hewett, T. E. (2006). Maturation Leads to Gender Differences in Landing Force and Vertical Jump A Longitudinal Study. *American Journal of Sports Medicine*, 34(5), 806–813.
- Raglin, J. S. (2001). Psychological Factors in Sport Performance. *Sports Medicine*, 31(12), 875–890.
- Ramírez-Lucas, J. M. (2020). Influencias de las variables contextuales sobre el rendimiento físico en fútbol. *Logía, educación física y deporte*, 1(1), 25–41.

- Ramos, E., Frontera, W. R., Llopart, A., & Feliciano, D. (1998). Muscle Strength and Hormonal Levels in Adolescents: Gender Related Differences. *International Journal of Sports Medicine*, 19(8), 526–531.
- Roepstorff, C., Steffensen, C. H., Madsen, M., Stallknecht, B., Kanstrup, I. L., Richter, E. A., & Kiens, B. (2002). Gender differences in substrate utilization during submaximal exercise in endurance-trained subjects. *American Journal of Physiology, Endocrinology and Metabolism*, 282(2), 435–447.
- Sandbakk, Ø., Solli, G. S., & Holmberg, H.C. (2018). Sex Differences in World-Record Performance: The Influence of Sport Discipline and Competition Duration. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(1), 2–8.
- Sinclair, J., Greenhalgh, A., Edmundson, C. J., Brooks, D., & Hobbs, S. J. (2012). Gender Differences in the Kinetics and Kinematics of Distance Running: Implications for Footwear Design. *International Journal of Sports Science and Engineering*, 6(2), 118-128.
- Suárez-Arrones, L., Gonzalo-Skok, O., Carrasquilla, I., Asián-Clemente, J., Santalla, A., Lara-Lopez, P., & Núñez, F. J. (2020). Relationships between Change of Direction, Sprint, Jump, and Squat Power Performance. *Sports*, 8(3), 38.
- Takabayashi, T., Edama, M., Nakamura, M., Inai, T., & Kubo, M. (2017). Gender differences associated with rearfoot, midfoot, and forefoot kinematics during running. *European Journal of Sport Science*, 0(0), 1–8.
- Thomas, J. R., & Thomas, K. T. (1988). Development of Gender Differences in Physical Activity. *Quest*, 40(3), 219–229.
- Tønnessen, E., Svendsen, I. S., Olsen, I. C., Guttormsen, A., & Haugen, T. (2015). Performance Development in Adolescent Track and Field Athletes According to Age, Sex and Sport Discipline. *PloS One*, 1–10.
- Toor, A. S., Limpisvasti, O., Ihn, H. E., McGarry, M. H., Banffy, M., & Lee, T. Q. (2019). The significant effect of the medial hamstrings on dynamic knee stability. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy: official journal of the ESSKA*, 27(8), 2608–2616.
- Van Hooren, B., Croix, M. D. S., Science, M., & Kingdom, U. (2014). Sensitive Periods to Train General Motor Abilities in Children and Adolescents: Do They Exist? A Critical Appraisal. *Strength and Conditioning Journal*, 42(6), 7-14.
- Vitale, J. A., & Weydahl, A. (2017). Chronotype, Physical Activity, and Sport Performance: A Systematic Review. *Sports Medicine*, 47(9), 1859–1868.
- Walsh, M., Boling, M. C., Mcgrath, M., Blackburn, J. T., & Padua, D. A. (2012). Lower Extremity Muscle Activation and Knee Flexion During a Jump-Landing Task. *Journal of Athletic Training*, 47(4), 406–413.
- Weinhandl, J. T., Irmischer, B. S., Sievert, Z. A., & Kevin, C. (2017). Influence of sex and limb dominance on lower extremity joint mechanics during unilateral land- and-cut manoeuvres unilateral land-and-cut manoeuvres. *Journal of Sports Sciences*, 35(2), 166–174.
- Weir, G., Stillman, M., Van Emmerik, R., Wyatt, H., Jewell, C., & Hamill, J. (2019). Differences in Kinetics, Kinematics and Muscle Activation Strategies in Male and Female Team Sport Athletes During Unanticipated Sidestepping. *Journal of Science in Sport and Exercise*, 1(2), 159–167.
- Weyand, P. G., Sternlight, D. B., Bellizzi, M. J., Wright, S., Peter, G., Sternlight, D. B., Wright, S. (2000). Faster top running speeds are achieved with greater ground forces not more rapid leg movements. *Journal of Applied Physiology*, 89(5), 1991–1999.

- Williams, D. S., 3rd, & Welch, L. M. (2015). Male and female runners demonstrate different sagittal plane mechanics as a function of static hamstring flexibility. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 19(5), 421–428.
- Wolf, J. M., Cannada, L., Heest, A. E. Van, Connor, M. I. O., & Ladd, A. L. (2015). Male and Female Differences in musculoskeletal disease. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 23(6), 339–347.
- Wyatt, H., Weir, G., van Emmerik, R., Jewell, C., & Hamill, J. (2019). Whole-body control of anticipated and unanticipated sidestep manoeuvres in female and male team sport athletes. *Journal of Sports Sciences*, 37(19), 2263–2269.