

**Universidad CEU San Pablo**  
**CEINDO – CEU Escuela Internacional de Doctorado**

**PROGRAMA en MEDICINA TRASLACIONAL**



**CEU**

*Escuela Internacional  
de Doctorado*

**PERFIL ISOCINÉTICO DE RODILLA  
Y VALORES DE REFERENCIA EN  
FUTBOLISTAS FEMENINAS  
PROFESIONALES**

TESIS DOCTORAL

Presentada por:

**ISABEL BRÍGIDO FERNÁNDEZ**

Dirigida por:

DR. LUIS FERNÁNDEZ ROSA

DR. FRANCISCO GARCÍA-MURO SAN JOSÉ

MADRID

2023



**Dr. D. Luis Fernández Rosa**, Profesor Adjunto y **Dr. D. Francisco García-Muro San José**, Profesor Titular, adscritos ambos al Departamento de Fisioterapia de la Universidad de la Facultad de Medicina CEU San Pablo.

HACEMOS CONSTAR:

Que **Dña. Isabel Brígido Fernández** ha realizado, bajo nuestra dirección y coordinación, la tesis doctoral titulada: “**Perfil isocinético de rodilla y valores de referencia en futbolistas femeninas profesionales**”, para optar al Grado de Doctora por la Universidad CEU San Pablo, y que dicho trabajo reúne las condiciones necesarias para su presentación y defensa ante el Tribunal Calificador.

Madrid, 23 de marzo de dos mil veintitrés.

Los directores,

Fdo. Dr. D. Luis Fernández Rosa.

Fdo. Dr. D. Francisco García-Muro San José.



## Agradecimientos

---

*A mis directores, **Dr. D. Luis Fernández Rosa** y **Dr. D. Francisco García-Muro San José. Luis**, has creado escuela, gracias por ser nuestro mentor desde la línea de salida, es un honor formar parte de ese equipo. **Paco**, gracias por tu trabajo que consigue siempre tener las más efectivas soluciones por más complejos que sean los problemas. A ambos, gracias por ayudarme a llegar hasta aquí.*

*A la **Universidad San Pablo CEU** por todas las facilidades brindadas para la consecución de esta investigación, particularmente por haberme dado la posibilidad de utilizar con total libertad las salas y el material de la Unidad de Investigación en Terapia Físicas (UITF) para la realización de este doctorado.*

*A la **Editorial Elsevier**, por autorizarme a utilizar en esta investigación imágenes elaboradas a partir de su programa 3D Complete Anatomy (3D4Medical, Elsevier) permitiendo así una representación única de la anatomía humana. Como profesora de esa asignatura, poder contar con imágenes así, tiene un valor personalmente especial.*

*To **Steve Bolton**, grandson of Lizzy Ashcroft, footballer of two of the greatest history women's football teams: St Helens Ladies FC and the legendary Dick Kerr Ladies. Steve thank you for your help and advice, they have been key to understand the historical puzzle of the dawn of women's football in England.*

*A mis **amigos de la facultad de Medicina**, en especial a **Guillermo Charneco**: ha sido un honor ser tu compañera doctoral. Gracias por abrir camino, por tus consejos y tu apoyo constantes y por tu empatía. Mención especial también a **Ofelia Carrión**, **Beatriz Cano** y **Tomás Pérez**, por acogerme en este periodo, por sus ánimos para “depositar ya, Brígido” y por mejorar mi calidad de vida con su cariño en la penitencia doctoral. A **José Miguel Cárdenas** y **Silvano de las Heras** por su ayuda en todas y cada una de las preguntas y consultas a las que les sometí estos años.*

*A **John J. Aguilera**, por su valiosa ayuda y su apoyo durante esta travesía doctoral. Por ser una maravillosa e inagotable fuente de aprendizaje y buen gusto.*

*A todos mis **maestros**, porque el iceberg hay que apreciarlo en su totalidad. En especial a mis dos constantes: A **Juan Amodia**, porque su cerebro es de Nobel, le pierdo su corazón y por eso a mí, me tiene ganada; y a **Yolanda Ortega**, porque these are private words addressed to you in public. Again. Gracias por hacer que la vida se despliegue a colores como un atlas.*

*A mi **familia**. A mis **abuelos**, porque sin necesidad de manuscrito, dieron con las claves que anhela y avala el mejor de los métodos científicos: Principios sólidos de base sencilla sobre lo que construir todo lo demás. Su legado es mi orgullo, su ejemplo mi referente y su esencia mis raíces. A mis **padres**, por inculcarme la virtud de la persistencia en las metas a conseguir, a vadear en el proceso la corriente según viene y por enseñarme que nada es valioso sin valores. Su amor y apoyo han sido, son y serán sin duda parte fundamental de mis pilares. A mi **hermana**, porque los dobles grados también son odiseas y verte conseguir el tuyo me ha motivado para terminar esta mía propia. Al resto de la familia que habéis sentido esta investigación también como vuestra... ¡ya la tenemos!*

*A **mis amigos y a la familia que se elige de Madrid**, por disculpar las no pocas ausencias que esta investigación ha supuesto y por tener siempre una palabra amable y reconfortante. En especial a **Alicia Barrera**: por ser un apoyo incondicional y conseguir que cualquier definición te desmerezca.*

*To **Venus Williams**, for sharing somehow this crazy PhD period, showing me in the process that forward is the only choice and for making sure I learn how to be a true champion. I really do appreciate it, Vee.*

*A todas las **jugadoras y demás miembros de los distintos clubes** que participaron en este estudio y permitieron hacerlo posible.*

*Al **fútbol femenino**, por todo lo que me ha dado durante este tiempo empezando los primeros años de carrera deportiva en el **Atlético de Madrid** y terminando, por ahora, con esta Tesis Doctoral que pretende rendir homenaje a todas las niñas que alguna vez se atrevieron a chutar un balón y a todas las que, sin duda, se atreverán.*

## Índice

---

Agradecimientos .....	V
Índice.....	VII
Índice de figuras.....	X
Índice de tablas .....	XII
<b>1. Introducción .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1. Justificación de la Investigación.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2. Estado del Arte.....</b>	<b>4</b>
<b>1.2.1. <i>El Fútbol</i> .....</b>	<b>4</b>
<b>1.2.2. <i>La Rodilla y sus Relaciones Anatómicas</i> .....</b>	<b>28</b>
<b>1.2.3. <i>Dinamometría Isocinética</i> .....</b>	<b>32</b>
<b>2. Hipótesis y Objetivos .....</b>	<b>43</b>
<b>2.1. Hipótesis de Trabajo .....</b>	<b>43</b>
<b>2.2. Objetivo Principal.....</b>	<b>43</b>
<b>2.3. Objetivo Secundario .....</b>	<b>43</b>
<b>3. Material y Métodos.....</b>	<b>47</b>
<b>3.1. Tipo de Estudio .....</b>	<b>47</b>
<b>3.2. Participantes.....</b>	<b>47</b>
<b>3.3. Cálculo Del Tamaño De La Muestra .....</b>	<b>48</b>
<b>3.4. Procedimientos.....</b>	<b>48</b>
<b>3.5. Análisis estadístico.....</b>	<b>52</b>
<b>4. Resultados.....</b>	<b>55</b>
<b>4.1 Análisis a velocidad baja, 60°/s.....</b>	<b>55</b>
<b>4.2 Análisis a velocidad media, 180°/s.....</b>	<b>59</b>
<b>4.3 Análisis a velocidad alta, 240°/s.....</b>	<b>63</b>
<b>5. Discusión.....</b>	<b>69</b>
<b>5.1 Limitaciones .....</b>	<b>78</b>
<b>5.2 Perspectivas futuras .....</b>	<b>79</b>
<b>6. Conclusiones.....</b>	<b>83</b>
<b>7. Bibliografía.....</b>	<b>87</b>
<b>8. Anexos.....</b>	<b>115</b>
<b>8.1. Anexo I: Informe isocinético.....</b>	<b>115</b>
<b>8.2. Anexo II: Documento informativo de la valoración isocinética .....</b>	<b>121</b>
<b>8.3. Anexo III: Consentimiento informado para participación voluntaria..</b>	<b>124</b>
<b>8.4. Anexo IV: Cuestionario de jugadoras .....</b>	<b>125</b>
<b>8.5. Anexo V: Extracto del informe técnico del dinamómetro IsoMed 2000</b>	<b>126</b>



## Listado de abreviaturas

---

CEINDO	CEU Escuela Internacional de Doctorado
Cm	Centímetros
CF	Club de Fútbol
C	Centígrados
CI	Consentimiento informado
CSD	Consejo Superior de Deporte
DE	Desviación Estándar
IFAB	International Football Association Board
f	Fuerza
FA	Football Association
FIEFF	Federación de Fútbol Femenino Europeo Independiente
FIFA	Fédération Internationale de Football Association
FC	Fútbol Club
H	Isquiotibiales ( <i>hamstrings</i> )
kg	Kilogramo
km	Kilómetros
LCA	Ligamento cruzado anterior
m	Metro
M.	Músculo
MI	Miembro inferior
N	Newton
Nm	Newton.metro
P	Potencia
PD	Pierna dominante
PND	Pierna no-dominante
PT	Peak Torque
Q	Cuádriceps ( <i>quadriceps</i> )
RFEF	Real Federación Española de Fútbol
ROM	Rango de movimiento ( <i>range of movement</i> ,)
SAD	Sociedad Anónima Deportiva
SARS-CoV-2	Síndrome respiratorio agudo severo coronavirus 2
t	Tiempo
T. <sup>a</sup>	Temperatura
USP-CEU	Universidad CEU San Pablo
UDG	Unión Deportiva Granadilla
UITF	Unidad de Investigación de Terapias Físicas
VAR	Video assistant referee
W	Trabajo
W	Vatio
°/s	Grados/segundo

## Índice de figuras

---

<b>Figura 1</b> ►. Evolución histórica de juegos de pelota. (a) representación gráfica del Cuju (10); (b) recreación moderna del Cuju (10); (c) representación gráfica del <i>episkyros</i> (16); (d) base de mármol de un kouros funerario (490 a. C.) representando un juego de <i>episkyros</i> (16); (e) representación gráfica del <i>Harpastum</i> (16); (f) representación gráfica del <i>kemari</i> (18); (g) recreación moderna del <i>kemari</i> (18); (h) representación gráfica de los juegos Mesoamericanos (19); (i) recreación del juego de pelota mesoamericano <i>ulama</i> (19); (j) Ilustración representando el <i>soule</i> en L'Illustration, publicada en febrero de 1852 (31); (k) Partido <i>actual del calcio storico fiorentino</i> (30).....	8
<b>Figura 2.</b> El British Ladies' Football Club dividida en los dos equipos: "Norte" (imagen superior) (48) y "Sur" (imagen inferior) (49) que disputarían el primer partido oficial de la historia del fútbol femenino.....	12
<b>Figura 3.</b> Las Dick, Kerr Ladies en Turf Moor 1920 © Fila de atrás: Alice Norris, Alice Kell, Annie Hastie, Annie Crozier, Jessie Dickinson, Jessie Walmsley, Lily Jones, Lily Lee. Fila delantera: Molly Walker, Emily Jones Nellie Michell, Jennie Harries, Florrie Redford. Figura cortesía de Lizzy Ashcroft Collection. Identificación de jugadoras Gail Newsham. ....	13
<b>Figura 4.</b> Comienzo del conjunto de partidos entre Inglaterra y Francia que inaugurarían los encuentros internacionales del fútbol femenino. Célebre fotografía de las dos capitanas, Madeline Bracquemond la del combinado francés (a la izquierda con camisa lisa) y Alice Kell abanderando equipo inglés Dick Kerr Ladies (a la derecha con camisa a rallas). Imagen del diario francés <i>Le Miroir Des Sports</i> publicada el 16 de mayo 1920 (51).....	14
<b>Figura 5.</b> Equipo estadounidense, primeras campeonas olímpicas en la categoría de fútbol femenino Juegos Olímpicos de Atlanta 1996 (60).....	17
<b>Figura 6.</b> Jugadoras del Montserrat y Giralda en el primer partido de fútbol femenino en 1914 (50).....	18
<b>Figura 7.</b> Mundo Deportivo (11 de junio de 1914) Edición del jueves 11 junio de 1914, Página 4. (55).....	19
<b>Figura 8.</b> El primer once inicial de la Selección Española de fútbol femenino previo al encuentro contra Portugal. A Guarda, 5 de febrero de 1983. ....	20
<b>Figura 9.</b> Equipos de fútbol de primera división femenina española (57).Fila superior, de izquierda a derecha: Alhama CF, Athletic Club, Club Atlético de Madrid SAD, FC Barcelona, Deportivo Alavés SAD, Levante UD SAD, Levante Las Planas FC, Madrid CF Femenino. Fila inferior, de izquierda a derecha: Real Betis Balompié SAD, Real Madrid CF, Real Sociedad de Fútbol SAD, Sevilla FC SAD, Sporting Club de Huelva, UDG Tenerife, Valencia Féminas CF, Villarreal CF SAD. ....	21
<b>Figura 10.</b> Detalle de los distintos tipos de equipaciones. De izquierda a derecha resto de futbolistas y guardameta (86,87). ....	24
<b>Figura 11.</b> Detalle de musculatura isquiotibial en modelo femenino. Músculo (M.). Figura elaborada con Advanced 3D Complete Anatomy (3D4Medical, Elsevier). ....	30
<b>Figura 12.</b> Detalle de musculatura cuadrícipital en modelo femenino. Músculo (M.). Imagen elaborada con Advanced 3D Complete Anatomy (3D4Medical, Elsevier).....	31

<b>Figura 13.</b> Curva fuerza-elongación muscular. Modificado de (16). .....	32
<b>Figura 14.</b> Tasa de cambio en la longitud del músculo en función de la fuerza. Modificado de (16). .....	33
<b>Figura 15.</b> Representaciones gráficas de curvas de Peak Torque (PT) isocinético. a) "Patrón normal" de curvas de momento isocinético (IMC) para los músculos extensores (línea continua) y flexores (línea punteada) de la rodilla. b) Patrón de "Valle" de curvas de momento isocinético (IMC) para los músculos extensores de la rodilla (línea continua) y flexores (línea de puntos). c) Patrón de "caída" de las curvas de momento isocinético (IMC) para los músculos extensores de la rodilla (línea continua) y flexores (línea de puntos). d) Patrón de "sacudidas" de curvas de momento isocinético (IMC) para extensor de rodilla (línea continua) y flexor (43).....	36
<b>Figura 16.</b> Comparación esquemática de contracciones isométrica, isotónica e isocinética. Modificado de (45). .....	37
<b>Figura 17.</b> Trazado de velocidad a 180°/s que muestra las tres fases principales de una repetición isocinética más el rebasamiento de velocidad. Modificado de (66). .....	38
<b>Figura 18.</b> Detalle de informe isocinético de los gráficos a velocidad de medición de 180°/s. A la izquierda gráfico de la musculatura isquiotibial y a la derecha el de la musculatura cuadriceps. En ambos casos la curva magenta representa la pierna derecha y la plasmada en cian la pierna izquierda. ....	40
<b>Figura 19.</b> Ejemplo de los datos ofrecidos por el Software IsoMed de una jugadora a 180°/s. La representación de TI en azul oscuro corresponde a la musculatura isquiotibial de pierna derecha, T0 en azul turquesa representaría la izquierda. La representación de TI en rojo corresponde a la musculatura cuadriceps de pierna derecha, T0 en amarillo representaría la izquierda. Producción propia. ....	50
<b>Figura 20.</b> (a) Vista frontal de la jugadora con flexión de la pierna ejecutante; (b) Vista frontal de la jugadora con extensión de la pierna ejecutante; (c) Vista lateral de la jugadora con extensión de la pierna ejecutante. ....	51
<b>Figura 21.</b> Representación de los valores de Peak Torque (PT) de cada jugadora en flexión (a, c) y en extensión (b, d) de la pierna dominante (a-b) y de la pierna no-dominante (c-d) a lo largo de las repeticiones a 60°/s. ....	58
<b>Figura 22.</b> Representación de los valores de Peak Torque (PT) de cada jugadora en flexión (a, c) y en extensión (b, d) de la pierna dominante (a-b) y de la pierna no-dominante (c-d) a lo largo de las repeticiones a 180°/s. ....	62
<b>Figura 23.</b> Representación de los valores de Peak Torque (PT) de cada jugadora en flexión (a, c) y en extensión (b, d) de la pierna dominante (a-b) y de la pierna no-dominante (c-d) a lo largo de las repeticiones a 240°/s. ....	66

## Índice de tablas

---

<b>Tabla 1.</b> Requerimientos técnicos según demarcación. Elaboración propia. ....	23
<b>Tabla 2.</b> Características de las futbolistas.....	47
<b>Tabla 3.</b> Variables evaluadas en este estudio a 60°/s y descritas según la dominancia de la pierna. ....	57
<b>Tabla 4.</b> Ángulo en el que se produce el Peak Torque (PT) a 60°/s.....	58
<b>Tabla 5.</b> Variables evaluadas en este estudio a 180°/s y descritas según la dominancia de la pierna.....	61
<b>Tabla 6.</b> Ángulo en el que se produce el Peak torque (PT) a 180°/s.....	62
<b>Tabla 7.</b> Variables evaluadas en este estudio a 240°/s y descritas según la dominancia de la pierna.....	65
<b>Tabla 8.</b> Ángulo en el que se produce el Peak Torque (PT) a 240°/s.....	66

# **I**nroducción



## **1. Introducción**

---

### **1.1. Justificación de la Investigación**

La presente investigación doctoral pretende dar respuesta a la necesidad existente de unos valores normativos objetivos en cuanto a variables registradas mediante dinamometría isocinética en jugadoras de fútbol profesional. Dichos valores diferirían tanto de los valores de la población general, como de los de los futbolistas masculinos.

Para obtener una visión holística de la futbolista a partir de la cual poder discernir las implicaciones en el rendimiento y/o potencial riesgo lesional debemos establecer unos valores normativos cuya objetividad permitirá entender y trabajar con una base científica sólida. Este estudio pretende ser un paso más en el estudio de una población creciente como son las jugadoras profesionales de fútbol, para conseguir una investigación comparable a la de sus de sus homólogos masculinos y que la profesionalidad en el fútbol femenino sea una realidad a todos los efectos.

Por todo lo anteriormente expuesto, la autora de esta investigación decidió unirse a la línea de investigación *Intervención multidisciplinar en la prevención y la terapéutica clínica* perteneciente al Programa de Doctorado de Medicina Traslacional de CEU Escuela Internacional de Doctorado (CEINDO). Incorporándose asimismo a la Unidad de Investigación en Terapias Físicas (UITF) dirigida por el Dr. Luis Fernández Rosa en la Facultad de Medicina de la Universidad CEU San Pablo.

### 1.2. Estado del Arte

#### 1.2.1. *El Fútbol*

##### 1.2.1.1. *Aproximación Histórica.*

El fútbol es el deporte más popular del mundo (1–8) y es realizado por hombres y mujeres, niños y adultos con diferentes niveles de experiencia. Además de su innegable protagonismo actual, el juego de fútbol tiene una rica historia mundial. La mayoría de las culturas y civilizaciones parecen haber jugado algún tipo de proto-fútbol, que implicaba chutar una pelota entre varios grupos de jugadores (9). Ejemplo de ello son las referencias encontradas en las culturas china, japonesa, azteca, maya, griega, romana, francesa, florentina y, por supuesto, inglesa.

El juego de pelota chino *cuju* (Figura 1a, b) tiene una historia de más de 2.000 años (10), se practicaba ya en la dinastía Han, que se desarrolló entre el 206 a.C. y el 220 d.C. (11). Linzi fue la capital del estado de Qi en la antigüedad y afirma ser el lugar de nacimiento de esta versión antigua del fútbol (12) En mayo de 2005, un certificado emitido por la *Fédération Internationale de Football Association* (FIFA) (13) reconoció oficialmente a Linzi como "la cuna de las primeras formas de fútbol" (12). El *cuju* se podía jugar de forma competitiva o cooperativa, en equipo o individualmente, y con frecuencia se jugaba por motivos meramente estéticos. La versión no competitiva se llamó *baida*, y al conjunto de destrezas que los jugadores perseguían conseguir se conoce como *xieshu*. El *cuju* competitivo presentaba dos equipos de seis jugadores cuyo objetivo era superarse entre sí chutando el balón a través del *fenglu yan* (un agujero circular en el medio de un panel situado entre dos postes de 10-11 m de altura) en el centro de la cancha teniendo que evitar que la pelota tocara el suelo en el proceso. Cuando un equipo había intentado anotar, sería el turno de sus oponentes. Se ignoran las reglas exactas que gobernaban el juego, no obstante, consta la presencia de árbitros por lo que su complejidad y competitividad son manifiestas. La pelota que se usaban en el *cuju* originalmente estaba hecha de piezas de cuero cosidas cubriendo una vejiga animal rellena de plumas (10).

En la Antigüedad clásica también se encuentran evidencias de versiones primigenias del deporte rey. En la Antigua Grecia se jugaba al *episkyros* (Figura 1c, d), un deporte practicado tanto por hombres como por mujeres (14,15), aunque jugado

principalmente niños y jóvenes (16). Un partido de *episkyros* se disputaba entre dos equipos de igual número, se cree que entre 12 y 14 personas. La explicación más detallada del juego es la proporcionada por el erudito griego Julius Pollux: "*Colocaban la pelota en esta línea y cada equipo trazaba otra línea detrás del contrario. El equipo que conseguía el balón primero lo lanzaba por encima del contrario, cuya tarea consistía en agarrar el balón mientras aún estaba en movimiento y lanzarlo hacia el otro lado. Así se continuaba hasta que un equipo había empujado al otro por encima de la línea de fondo*". (16). El terreno de juego era rectangular y estaba dividido en mitades por una línea de grava caliza, conocida como *skyros*. Otras dos líneas en los extremos, que se arañaban en el suelo, marcaban los bordes del terreno de juego. La pelota, fabricada con la vejiga de un animal, se colocaba en la línea central al principio del juego (16).

En el Imperio Romano lo adoptaron bajo el nombre de *harpastum* (juego de la pequeña pelota) (Figura 1e). El *harpastum*, al igual que el *episkyros*, era un juego de equipo en donde los participantes alineados en lados enfrentados y vociferaban instrucciones mientras lanzaban la pelota hacia (o sobre) el sujeto situado en el centro, quien debía interceptar la pelota o bien impedir ser golpeado por esta. El juego consistía, además, en lanzar y atrapar una pelota, robándosela a los jugadores contrarios utilizando para ello engaños o incluso placajes. Si el lanzamiento de un jugador era interceptado, pasaba a la posición del medio. Póllux describió la pelota utilizada para jugar al *harpastum* como "blanda" y posiblemente era similar a la rellena de plumas que se utilizaba en el juego griego *phaininda*, el cuál consistía en "arrebatar" la pelota ("arpazo" en griego). Posteriormente se convirtió en *arpaston* y se transcribió al latín como *harpastum* (16). Las mujeres tenían un papel limitado en la vida pública de Roma y hay pocas pruebas de que participaran en juegos de pelota.

Alrededor del siglo XII se jugaba en Japón un juego de pelota llamado *kemari* (17) (Figura 1f, g). El *kemari* es una exhibición de malabarismo con pelota, una suerte de prístino *freestyle* nipón. El *kemari* se juega al aire libre en una pista de tierra cuadrangular donde cada lado mide 6-7 m de largo, no siendo esto su característica más llamativa sino el hecho de que para jugar a este juego, se precisen de árboles colocados en cada esquina en la pista (un pino en el noroeste, un cerezo en el noreste, un sauce en el sureste y un arce en el suroeste), contra los que se puede patear la pelota, con el consiguiente reto para controlarla después del rebote. Las partidas de *kemari* suelen contar con ocho jugadores,

## Introducción

dos en cada esquina. El jugador de mayor rango chuta primero, lanzando el balón al aire y pasándoselo al jugador de rango inmediatamente inferior. El objetivo del juego es mantener el balón en el aire, sin que toque el suelo, durante el mayor número posible de patadas, las cuales son contabilizadas. Los jugadores pueden deambular libres por el terreno de juego, pero vuelven a sus posiciones originales cuando este es interrumpido. La pelota utilizada es hueca de piezas de piel de ciervo cosidas entre sí (18). Aunque normalmente sólo jugaban los hombres, las mujeres también jugarían ocasionalmente (17).

En Mesoamérica -región cultural correspondiente a los contemporáneos México, Guatemala, Belice, Honduras, El Salvador, Nicaragua y Costa Rica- los juegos de pelota datan de hace miles de años y eran substanciales a nivel político-social, de hecho, rivalidades políticas u otras disquisiciones podían dirimirse mediante estos juegos evitando una guerra. Además, en los juegos mesoamericanos (Figura 1h, i), también formaban parte fundamental de sus ritos. Los campos de juego de pelota mesoamericanos, se caracterizaban por un gran pasillo central de 80 m de longitud, flanqueado a ambos lados por una plataforma elevada (19). Entre los toltecas y aztecas, el juego se llamaba *ulama*, y se jugaba golpeando el balón con el antebrazo o codo, y las caderas (20). El *tlachtli*, entre los mayas quichés, era un juego tradicional en el cual dos equipos se enfrentaban con ropas ceremoniales. Se anotaba un tanto cada vez que el equipo contrario no podía devolverle la pelota al que la había lanzado. En ambos casos, el momento cumbre de la partida llegaba si algún jugador conseguía hacer pasar la bola limpiamente por un anillo vertical de piedra localizado en la zona media del campo de juego (21). Las pelotas eran de caucho macizo, tenían entre 13 y 30 centímetros (cm) de diámetro y pesaban entre 0,5 y 7 kilogramos (kg) (19).

El *soule* francés tiene su origen en la Baja Normandía Medieval (22,23). Se trataba de un juego galo popular disputado entre pueblos enteros (no había límite de participantes) en las veredas vecinales (14). El objetivo era meter la pelota de juego o *soule* -hecha de cuero rellena de salvado- a una casa previamente designada (24). Más allá de esta especificación, cuando el alcalde lanzaba la bola para dar comienzo al evento, no había regla alguna, por los jugadores se abalanzaban unos contra otros, cruzando cualquier estructura (urbana o natural) que se pusiera en su camino para conseguir su objetivo. Este anarquismo normativo convirtió al *soule* en un juego altamente violento,

que frecuentemente degeneraba en auténticas batallas campales de días de duración (20) que tenían como consecuencia frecuentes víctimas mortales (24), razón por la que fue prohibido hasta en dos ocasiones, en 1319 por el rey Felipe V y en 1369 por Carlos V (25).

A finales de la Edad Media, surge en las Islas Británicas, sucesor directo del *soule* (Figura 1j): el fútbol medieval o de carnaval. Este juego asociado especialmente con fiestas patronales o días señalados como el Martes de Carnaval, consistía en llevar la pelota desde el punto medio entre dos localidades hasta la plaza de la población del contrincante, con porterías separadas por distancias kilométricas. Este juego se derivó al igual que ocurrió en el *soule*, en verdaderas persecuciones y la violencia alcanzó nuevamente valores superlativos. Dicha brutalidad unida al hecho de que los soldados descuidaban su preparación militar en pro de este deporte anteponiendo el fútbol a sus obligaciones marciales, dio lugar a la prohibición de este juego bajo pena de muerte por parte del rey Eduardo II. No obstante, el *deporte del pueblo* había adquirido tanta aceptación entre la población que ese veto no fue impedimento para que el siguiera su camino. Por dicha razón, el *fútbol de carnaval* fue nuevamente prohibido en Inglaterra esta vez por decreto del rey Eduardo III y permaneció prohibido durante 500 años. Durante los siglos XIV y XV, aún vigente la prohibición real, fueron los monasterios, los recintos en los que se conservó el juego (25).

*Calcio fiorentino* (Figura 1k) era un tipo particular de juego de pelota, surgido en la Italia renacentista y popular en el período Medici (26,27). Este deporte, considerado parte de la formación de la virtud en jóvenes cortesanos y nobles, enfrentaba a dos equipos de 27 jugadores cada uno divididos en cuatro clases: los llamados *Innanzi*, 15 suerte de delanteros, también llamados *Corridori*, formados en tres grupos de cinco jugadores cada uno y cuya posición inicial estaba en la línea media. Detrás de ellos estaban los cinco *Sconciatori*, mediocentros a efectos prácticos, seguidos de los cuatro *Datori innanzi*, finalmente cerrando los cuatro *Datori dietro* haciendo las veces de porteros (28). El juego consistía en desplazar ya sea con los brazos o las piernas (de ahí el nombre de *calcio*, que literalmente significa patada) un balón bombeado de tamaño medio para hacerlo pasar más allá de las barreras terminales del campo adversario (las porterías no estaban demarcadas y se podía marcar un gol por toda la línea de fondo del campo de cada equipo). Cada una de esas acciones exitosas se conoce como *caccia*. El equipo con más

## Introducción

*caccie* al fin del partido, que tenía una duración de 50 min, era el ganador del juego. Para lograr este fin, los jugadores se valían de una brutalidad desmedida, llegado a ser definida como “fiesta popular de violencia ritualizada pero no obstante real”. No había una recompensa económica para el equipo vencedor, los partidos se disputaban por una cuestión de honor (*a fine d'onore*) (26,27). Se enfrentaban en un terreno cerrado de 172 × 82 *braccia fiorentine* (27). Una *braccia fiorentina* equivale a 0,5836 metros (m) (29) por lo que la superficie de juego sería de un tamaño aproximado de 100,37×47,85 m, es decir, compatible con las dimensiones de un campo de fútbol moderno. El ahora denominado *calcio storico fiorentino* es actualmente un espectáculo único en su género y un fuerte elemento de identidad para los ciudadanos (27,30). Enfrenta desde 1930 (excepto durante el período de guerra y la pandemia SARS-CoV-2), dentro de las murallas centenarias de la ciudad a los cuatro distritos históricos de Florencia: *Santa Croce*, representado por los *Azzurri* (azules); *Santo Spirito* por los *Bianchi* (blancos); *Santa Maria Novella* por los *Rossi* (rojos) y *San Giovanni* por los *Verdi* (verdes) (30).

Finalmente, los caminos que nos llevan al fútbol tal y como lo conocemos hoy en día, convergen en las Islas Británicas en el siglo XIX, cuando las emergentes universidades pasaron a liderar el intelectual social (otrora dominio de medios eclesiásticos). Fueron aquellas sedes académicas los lugares dónde se perfeccionaría y reeducaría el ejercicio físico. Y fue entonces, cuando la práctica del fútbol pasó de las calles, plazas y prados a los patios de recreo de los centros educativos, evolucionando hacia un estilo menos violento y más estilizado (25).

**Figura 1 ►.** Evolución histórica de juegos de pelota. (a) representación gráfica del Cuju (10); (b) recreación moderna del Cuju (10); (c) representación gráfica del *episkyros* (16); (d) base de mármol de un kouros funerario (490 a. C.) representando un juego de *episkyros* (16); (e) representación gráfica del *Harpastum* (16); (f) representación gráfica del *kemari* (18); (g) recreación moderna del *kemari* (18); (h) representación gráfica de los juegos Mesoamericanos (19); (i) recreación del juego de pelota mesoamericano *ulama* (19); (j) Ilustración representando el *soule* en L'Illustration, publicada en febrero de 1852 (31); (k) Partido *actual del calcio storico fiorentino* (30).



## Introducción

La Asociación de Fútbol (*Football Association*, FA), el organismo rector del fútbol inglés, se formó en 1863 (31) y fue regulado gradualmente bajo las Leyes del Juego a partir de entonces (32). Por lo que se establece que el fútbol moderno se originó en Inglaterra a mediados del siglo XIX (33,34).

En 1886, se fundó *The International Football Association Board* (IFAB) por las cuatro federaciones de fútbol británicas (Federación Inglesa de Fútbol, Federación Escocesa de Fútbol, Federación Galesa de Fútbol y Federación Irlandesa de Fútbol) y eran la única entidad mundial responsable de elaborar y preservar las Reglas de Juego, hecho que cambió con la unión de la FIFA en 1913 (35). Actualmente la IFAB las cinco organizaciones se aseguran de que en la protección de las Reglas se respeten las tradiciones del fútbol y su realidad internacional, contando cada una de las cuatro federaciones de fútbol británicas (Escocia, Gales, Inglaterra e Irlanda del Norte), con un voto, y por la FIFA, representando a las 207 federaciones restantes, con cuatro votos. De esta forma, es necesaria una mayoría de tres cuartos para aprobar una moción. Tan solo se pueden introducir cambios en las Reglas de Juego durante las asambleas generales anuales en las que participan los principales representantes del IFAB. Estas asambleas, celebradas normalmente en febrero o marzo, se organizan de forma rotatoria en Inglaterra, Escocia, Gales o Irlanda del Norte, y en otros lugares que determina la FIFA en los años de celebración de la Copa Mundial de la FIFA™ (36).

La FIFA fue fundada en mayo de 1904 por siete asociaciones nacionales: Bélgica, Dinamarca, Francia, Países Bajos, España, Suecia y Suiza. Su nacimiento fue el resultado del creciente número de partidos internacionales en los primeros años del siglo XX. Se estimó necesario que tal crecimiento tuviera un organismo rector, y bajo el liderazgo de Robert Guerin, un periodista francés, los siete miembros fundadores se reunieron en París para dar forma al futuro del deporte. Actualmente, el cargo lo ostenta el italiano Giovanni Vincenzo “Gianni” Infantino, presidiendo una asociación que en 2023 cuenta con 211 asociaciones distribuidas en seis confederaciones (37).

Entre los campeonatos mundiales oficiales organizados por la FIFA se encuentran la Copa del Mundo, la Copa Mundial Femenina, la Copa Mundial Sub-20, la Copa Mundial Femenina Sub-20, la Copa Mundial Sub-17, la Copa Mundial Femenina Sub-17, la FIFA Copa del Mundo de Fútbol Playa y Copa del Mundo de Futsal. Además,

la FIFA supervisa el Torneo Olímpico de Fútbol masculino y femenino organizado bajo los auspicios del Comité Olímpico Internacional cada cuatro años. La FIFA también ha organizado la Copa FIFA Confederaciones, una competición entre los campeones de cada una de sus confederaciones, y la Copa Mundial de Clubes de la FIFA, que se celebró a principios de 2000 por primera vez en Brasil (38).

#### **1.2.1.2. Evolución del Fútbol Femenino.**

El fútbol femenino existe oficialmente desde finales del siglo XIX (32,39–41), ha crecido exponencialmente en los últimos años (42,43) y se proyecta que sus tasas de participación aumenten a 60 millones en todo el mundo para el año 2026, duplicando la participación actual (42,44,45).

#### **1.2.1.3. Nacimiento, Prohibición y Expansión del Fútbol Femenino.**

Una activista por los derechos de la mujer bajo el pseudónimo de Nettie Honeyball fundó en 1894 el primer club femenino: el *British Ladies Football Club* (11,14,32,46). El 23 de marzo de 1895 el *British Ladies' Football Club* se dividió en dos equipos, "Norte" y "Sur" (Figura 2) para disputar, el que ha pasado a la historia, como el primer partido oficial de fútbol femenino, puesto que, aunque en la década de 1880 ya se habían entablado varios encuentros, no pueden calificarse de partidos oficiales organizados (11,32,39,46). Por este motivo, el encuentro entre el *North* y el *South* en el campo del *Crouch End Athletic*, en Londres, ha trascendido como el primero en su género (47).

## Introducción



**Figura 2.** El British Ladies' Football Club dividida en los dos equipos: "Norte" (imagen superior) (48) y "Sur" (imagen inferior) (49) que disputarían el primer partido oficial de la historia del fútbol femenino.

Durante la Primera Guerra Mundial, Inglaterra tenía una escasez desesperada de municiones cuando comenzó el conflicto Bélico, por lo que millones de mujeres, conocidas como “Munitionettes”, engrosaron las filas de la mano de obra industrial en producción de armas, llenando el vacío dejado por los hombres que servían en el Frente (48). El fútbol, se convirtió en el deporte oficial de las chicas municiones. Casi todas las fábricas del Reino Unido involucradas en trabajos de guerra tenían un equipo de fútbol femenino (49).

Hubo alrededor de 150 equipos de mujeres durante la Primera Guerra mundial (32) pero ninguno tuvo tanto éxito como el Dick, Kerr Ladies de Preston, fundado en 1917 (50) (Figura 3).



**Figura 3.** Las Dick, Kerr Ladies en Turf Moor 1920 © Fila de atrás: Alice Norris, Alice Kell, Annie Hastie, Annie Crozier, Jessie Dickinson, Jessie Walmsley, Lily Jones, Lily Lee. Fila delantera: Molly Walker, Emily Jones Nellie Michell, Jennie Harries, Florrie Redford. Figura cortesía de Lizzy Ashcroft Collection. Identificación de jugadoras Gail Newsham.

## Introducción

En 1920, Dick y Kerr invitaron al Fémina de Francia a jugar una serie de partidos en Preston. Dando lugar a los primeros encuentros internacionales en el fútbol femenino (Figura 4).



**Figura 4.** Comienzo del conjunto de partidos entre Inglaterra y Francia que inaugurarían los encuentros internacionales del fútbol femenino. Célebre fotografía de las dos capitanas, Madeline Bracquemond la del combinado francés (a la izquierda con camisa lisa) y Alice Kell abanderando equipo inglés Dick Kerr Ladies (a la derecha con camisa a rallas). Imagen del diario francés *Le Miroir Des Sports* publicada el 16 de mayo 1920 (51).

El 26 de diciembre 1920, las Dick Kerr's Ladies vencieron a St. Helen's Ladies, 4-0 en Goodison Park en Liverpool frente a 53.000 personas recaudando 3.000 £ (equivalente a alrededor de 140.000 £ en la actualidad) para soldados discapacitados. El récord de asistencia permaneció inamovible hasta el encuentro entre el Atlético de Madrid – Fútbol Club (FC) Barcelona disputado en el Wanda Metropolitano en 2019, con un total de 60.739 espectadores la afición rojiblanca superó así una cifra que había permanecido inmutable a lo largo de 99 años (51). Actualmente, el récord de asistencia mundial a un partido de fútbol femenino lo ostenta el FC Barcelona el cuál albergó en el Camp Nou el 22 de abril de 2022, durante las semifinales contra el VfL Wolfsburg, a 91.648 aficionados (52).

El hecho es que, el célebre encuentro británico, hizo saltar las alarmas en la sede de la FA inglesa, que, ante las enormes sumas de dinero que se estaban recaudando fuera de su jurisdicción y control, la creciente popularidad y el éxito del fútbol femenino, este

comenzó a ser percibido como una seria amenaza para el masculino (la asistencia regular a los juegos masculinos era mucho menor en ese momento), por lo que un año después de este histórico encuentro, la FA votó para prohibir el fútbol femenino (11,50,53).

El organismo rector del deporte no tenía el poder de prohibir que las mujeres jugaran *directamente*; eso era imposible, pero dictaminó que los juegos de mujeres estaban prohibidos en los campos de fútbol afiliados a la FA, lo que a efectos prácticos significó en ese momento, el fin del fútbol femenino organizado. La prohibición duraría medio siglo hasta que se levantó en 1971 (49).

El 5 de diciembre de 1921 la FA solicitó oficialmente que los clubes afiliados a ella retiraran sus campos del uso de los equipos femeninos. La FA también dictaminó que se había absorbido demasiado dinero en gastos de jugadoras y clubes y que había peligro de profesionalismo. La redacción precisa del Consejo de la FA fue la siguiente:

“Habiéndose presentado quejas sobre el fútbol jugado por mujeres, el consejo se siente impulsado a expresar su firme opinión que el juego de fútbol es bastante inadecuado para las mujeres y no debe fomentarse.

También se han presentado denuncias sobre las condiciones en las que se han organizado y disputado algunos de estos partidos, y la asignación de lo recaudado a fines no benéficos.

El consejo es además de la opinión de que una proporción excesiva de los ingresos se absorbe en gastos y un porcentaje inadecuado se dedica a objetos de caridad.

Por estas razones, el consejo solicita a los clubes pertenecientes a la asociación que rechacen el uso de sus terrenos para dichos partidos” (32).

Entre las opiniones de la profesión médica que apoyaron a la FA, la Dra. Elizabeth Sloan Chesser dijo: "Hay razones físicas por las que el juego es dañino para las mujeres. Es un juego rudo en cualquier momento, pero es mucho más dañino para las mujeres que para los hombres. Pueden sufrir lesiones de las que tal vez nunca se recuperen". La ginecóloga británica Mary Scharlieb, expresó: "Considero que el fútbol es un juego muy inadecuado, demasiado para el cuerpo de una mujer" (46,54). Todos fueron argumentos muy pobres y por tanto rebatibles, pero la FA inglesa aprovechó esas expresiones médicas paternalistas. De igual modo, el potencial de fraude podría haberse

## Introducción

reducido si la FA o el gobierno hubieran elegido regular el deporte. Pero no fue el caso y la prohibición se llevó a cabo. El fútbol femenino se vio relegado a ser en un deporte jugado en terrenos públicos, esto inició una creencia, contraria a lo que había antes, de que el fútbol femenino no era atractivo y carecía de la capacidad de generar espectadores por miles. Sin embargo, el auge del fútbol femenino no pudo sofocarse permanentemente, ni siquiera mediante la prohibición (32).

A pesar de lo anteriormente expuesto, el auge del fútbol femenino en Europa llevó a la fundación de la Federación de Fútbol Femenino Europeo Independiente (FIEFF) en Turín, Italia, el 25 de febrero de 1970, y se realizaron las primeras convenciones de fútbol femenino, junto con los primeros campeonatos mundiales, aunque no oficiales, ya que carecían del reconocimiento de FIFA (55).

Italia fue sede de la Copa del Mundo en 1970, considerada por algunos como el primer campeonato mundial femenino no-oficial, Dinamarca derrotaría a los anfitriones por 2-0 en la final frente a unos 40.000 aficionados en el *Stadio Comunale* de Turín (11). Aprovechando el impulso del primer Mundial de Italia, La FIFF organizó un segundo torneo semejante (que siguió manteniendo su condición no oficial) en 1971. México, que el año anterior había organizado el Mundial masculino, fue el encargado de albergarlo. El evento fue un éxito absoluto de público, con 110.000 aficionados presenciando en el Estadio Azteca (56) una final que enfrentaría a Dinamarca y a México, encuentro en el que la selección danesa se proclamó por segundo año consecutivo campeona, al ganar al equipo local por 3-0 (57).

En 1971 El Consejo de la FA levanta la prohibición que prohibía a las mujeres jugar en los campos de los clubes afiliados (39). No obstante, el fútbol femenino no afianzó mundialmente su papel hasta noviembre de 1991, cuando se constituyó la Copa Mundial Femenina de la FIFA. La selección estadounidense triunfó sobre sus rivales levantando el trofeo que las otorgaba el título de campeonas en primera edición oficial de este torneo que se celebró en China (58).

En comparación con la categoría masculina que se disputa desde París 1900, el debut olímpico fútbol femenino llegaría un lustro después de la organización del primer Mundial, en 1996, año en el Comité Olímpico Internacional decidió incluir el fútbol femenino en el programa de los Juegos Olímpicos de Atlanta. (59) No hubo tiempo para celebrar un torneo de clasificación, por lo que se eligió a los ocho mejores equipos de la Copa Mundial Femenina de Suecia 1995 para participar en el Torneo Olímpico. El equipo de Estados Unidos (Figura 5) se impuso por dos goles contra el tanto del equipo chino, el 1 de agosto de 1996 en el Estadio Sanford (60).



**Figura 5.** Equipo estadounidense, primeras campeonas olímpicas en la categoría de fútbol femenino Juegos Olímpicos de Atlanta 1996 (60).

#### ***1.2.1.3.1. Comienzos del fútbol Femenino en España.***

En Europa, el recreo de los marineros y trabajadores anglosajones llevó el fútbol a Iberia y Escandinavia (9). Concretamente en España, la introducción del fútbol masculino vino de la mano de los ingleses a cargo de las explotaciones mineras de Rio Tinto (Huelva) quienes en 1878 crearon el Tinto English Club sociedad cuya finalidad fue la de fomentar la práctica de diferentes deportes británicos, entre ellos el fútbol. Dicho club se disolvió después de la Primera Guerra Mundial. A finales de 1889 se produjo una

## Introducción

reunión que posteriormente daría lugar al Club Recreativo Huelva, considerado el primer equipo de la historia del fútbol masculino español (61,62).

Para el nacimiento del fútbol femenino hubo que esperar hasta 1914. Jack Greewell, futbolista inglés que jugó en el FC Barcelona entre 1912 y 1923, fundó el Spanish Girl's Club (Figura 6) (14). Aquel club aunaba dos equipos -Montserrat y Giralda- que al carecer de competición oficial jugaban entre sí partidos amistosos con fines benéficos (14).



**Figura 6.** Jugadoras del Montserrat y Giralda en el primer partido de fútbol femenino en 1914 (50).

En junio de 1914 se presentó el equipo (63) siendo la primera referencia sobre el fútbol femenino en España la que apareció en las páginas del periódico El Mundo Deportivo (Figura 7) dando cuenta del partido que se jugó en Barcelona el bajo el epígrafe "Las niñas futbolísticas" (64,65). Cuando Greenwell no pudo seguir dirigiendo el club pasó a manos de Paco Bru; de su etapa en el *Spanish Girl's* cabe destacar el intento de profesionalización de unas mujeres que se asomaban a un mundo de cariz machista (63).



## Introducción

En los años 70 ya había clubes en España, pero eran casi clandestinos, las mujeres no constaban para la Real Federación Española de Fútbol (RFEF). No fue hasta 1981 cuando tuvo su respaldo de manera oficial (14). El primer equipo nacional o selección española de fútbol femenino nace de manera no oficial en la década de los 70 pero hay que esperar hasta 1983 para que la RFEF constituyera oficialmente dicha selección. El primer partido oficial se disputó el 5 de febrero de 1983 en la Guardia, Pontevedra, ante Portugal con Teodoro Nieto como primer seleccionador (14,68) (Figura 8).



**Figura 8.** El primer once inicial de la Selección Española de fútbol femenino previo al encuentro contra Portugal. A Guardia, 5 de febrero de 1983.

En 1997 la selección femenina disputa su primer gran torneo internacional concretamente participa en la Eurocopa de Noruega y Suecia. Hay que esperar casi 20 años más para ver a la selección femenina disputar un mundial en 2015 en Canadá (59). En la actualidad prepara su camino para el Mundial de la FIFA de 2023, que tendrá lugar en Australia y en Nueva Zelanda (69).

La RFEF, bajo el mandato de Ángel María Villar, creó la primera división de fútbol femenino en la temporada 1988/89 y se denominó “Liga Nacional” (70).

Dando un salto en el tiempo, el 14 de marzo del 2022, la Comisión Directiva del Consejo Superior de Deporte (CSD) aprobó finalmente los estatutos para profesionalizar la, en ese momento denominada “Liga Iberdrola femenina”. Logrando un hito histórico en la profesionalización de esta categoría, como un paso crucial hacia la verdadera igualdad en el ámbito del fútbol, históricamente segregacionista (71).

La Liga Profesional de Fútbol Femenino, o Liga F, se constituyó como profesional a partir de la temporada 2022-2023, después de que el CSD lo autorizara. Presidida por Beatriz Álvarez, la liga profesional de fútbol femenino es la heredera de la antigua Liga Iberdrola que era gestionada por la RFEF.

La Liga F se constituyó en junio de 2022 siendo asociación deportiva de carácter privado, con personalidad jurídica propia y sin ánimo de lucro, integrada por los 16 Clubes que militan en categoría de Primera División de fútbol femenino nacional (72). En la temporada 2022/2023 los equipos que juegan en la Liga F son: El Alhama Club de Fútbol (CF), Athletic Club, Club Atlético de Madrid Sociedad Anónima Deportiva (SAD), FC Barcelona, Deportivo Alavés SAD Levante UD SAD, Levante Las Planas FC, Madrid CF Femenino, Real Betis Balompié SAD, Real Madrid CF, Real Sociedad de Fútbol SAD, Sevilla FC SAD, Sporting Club de Huelva, Unión Deportiva Granadilla (UDG) Tenerife, Valencia Fémimas CF, Villarreal CF SAD (73). (Figura 9).



**Figura 9.** Equipos de fútbol de primera división femenina española (57). Fila superior, de izquierda a derecha: Alhama CF, Athletic Club, Club Atlético de Madrid SAD, FC Barcelona, Deportivo Alavés SAD, Levante UD SAD, Levante Las Planas FC, Madrid CF Femenino. Fila inferior, de izquierda a derecha: Real Betis Balompié SAD, Real Madrid CF, Real Sociedad de Fútbol SAD, Sevilla FC SAD, Sporting Club de Huelva, UDG Tenerife, Valencia Fémimas CF, Villarreal CF SAD.

La Liga F tiene como objetivo difundir, profesionalizar y desarrollar el fútbol femenino y sus Clubes y para ello ha llegado a acuerdos comerciales (74) y de venta de derechos audiovisuales (75) por valor de 77 millones de euros (72). Con todo ello se

## Introducción

pretende llevar a la principal competición profesional de fútbol femenino de nuestro país a situarse entre las mejores ligas del mundo. Con respecto a la profesionalización del fútbol femenino, en 2022, el actual presidente de la FIFA, Gianni Infantino, declaró: *“Acelerar el crecimiento del fútbol femenino es una cuestión de máxima prioridad para la FIFA y forma parte de nuestra hoja de ruta para hacer que el fútbol sea verdaderamente global. Para ello, hemos establecido cuatro pilares que apuntan a reformar las competiciones: aumentar el valor comercial, modernizar los programas de desarrollo y fomentar la profesionalización”* (76).

### **1.2.1.4. Generalidades del Fútbol.**

El juego de fútbol es un deporte colectivo que enfrenta a dos equipos formados por once jugadores en un espacio claramente definido, en una lucha por la conquista del balón, con la finalidad (objetivo) de introducirlo el mayor número de veces posible en la portería adversaria (marcar gol) y evitar que éste entre en la suya propia (77).

El fútbol se juega siguiendo una serie de reglas, llamadas oficialmente “Reglas de Juego” (4). Con respecto a ese espacio definido, el terreno de juego es descrito en la Regla 1 se especifican las dimensiones del campo que deben estar comprendidas entre los 90-120 m de largo por 45-90 m de ancho, con porterías que deben contar con una altura de 2,44 m por 7,32 m de largo (4).

Se indica que la superficie debe ser una superficie completamente natural o, si lo permite el reglamento de la competición, una superficie completamente artificial o híbrida. El color de las superficies artificiales deberá ser verde.

El terreno de juego será rectangular y estará marcado con líneas continuas que no representen peligro alguno.

El deporte se practica con un balón, el cual según la Regla 2 deberá ser esférico, tener una circunferencia comprendida entre los 68-70 cm; un peso comprendido entre 410 - 450 gramos al comienzo del partido y con una presión equivalente a 0,6–1,1 atmósferas al nivel del mar. Todos los balones utilizados en partidos de competición oficial organizados bajo los auspicios de la FIFA o de las confederaciones deberán cumplir con

los criterios del Programa de calidad de la FIFA de balones de fútbol (78) y portar uno de los sellos de calidad del mismo (4).

Oceanz será el esférico con el que se juegue la Copa Mundial de la FIFA 2023 en Australia y Nueva Zelanda. El balón, obra de Adidas, incorpora un moderno sistema tecnológico que proporciona a los árbitros de *video assistant referee* (VAR) datos precisos en tiempo real de todo lo ocurrido sobre el verde (79). El avance tecnológico es sin lugar a dudas abismal, teniendo en cuenta que a mediados del siglo XIX, la pelota de fútbol más sofisticada era una vejiga de cerdo recubierta de cuero (80).

Los partidos, como hemos indicado anteriormente, se disputarán con máximo de once jugadores por equipo, sin embargo, la Regla 3 hace dos especificaciones más: la de que uno de esos once jugadores será el guardameta y que el partido no comenzará ni proseguirá si uno de los equipos dispone de menos de siete jugadores.

Las demarcaciones de los jugadores tradicionalmente se han establecido como porteros, defensas, mediocentros y delanteros (62,81,82). Cada uno de los cuales, debe desempeñar papeles específicos y funciones asociadas en cada posición concreta (Tabla 1).

**Tabla 1.** Requerimientos técnicos según demarcación. Elaboración propia.

Posición	Requerimientos técnicos		
	Wiemeyer (83)	Van Lingen (84)	
		En posesión del balón	Sin posesión del balón
<b>Portero</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Juego posicional.</li> <li>- Tiempos de reacción.</li> <li>- Transmitir calma.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Distribución positiva.</li> <li>- Comunicación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evitar goles.</li> <li>- Organizar la defensa.</li> <li>- Estar atentos.</li> </ul>
<b>Defensas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Control del balón.</li> <li>- Capacidad de organización.</li> <li>- Juego defensivo.</li> <li>- Capacidad de remate de cabeza.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Circular el balón.</li> <li>- Cambiar el juego.</li> <li>- Jugar hacia delante.</li> <li>- Apoyar la construcción del juego.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cubrir.</li> <li>- Cerrar espacios.</li> <li>- Marcar a los jugadores.</li> <li>- Mantener la defensa controlada.</li> </ul>
<b>Mediocentros</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Juego defensivo.</li> <li>- Carrera.</li> <li>- Pase.</li> <li>- Habilidades técnicas.</li> <li>- Creatividad.</li> <li>- Disparos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No correr demasiado con el balón.</li> <li>- Cambiar el juego.</li> <li>- Añadir apoyos.</li> <li>- Llegar a posiciones de gol.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Controlar el juego.</li> <li>- Marcar a un jugador.</li> <li>- Apoyo defensivo y ofensivo.</li> </ul>
<b>Delanteros</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Condición física.</li> <li>- Velocidad.</li> <li>- Juego 1 contra 1.</li> <li>- Tiro a puerta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Buen envío de centros.</li> <li>- Marcar goles.</li> <li>- Recibir balones largos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cortar centros.</li> <li>- Encontrar posición idónea para marcar.</li> <li>- Mantener a los adversarios en frente.</li> </ul>

## Introducción

Las especificaciones de duración del partido están descritas en la Regla 7: “el partido se desarrollará en dos periodos iguales de 45 minutos cada uno, los cuales pueden reducirse únicamente por acuerdo entre el árbitro y los dos equipos antes del comienzo del partido -siempre y cuando esté permitido por el reglamento de la competición. [...] Los jugadores tendrán derecho a una pausa en el descanso de medio tiempo no superior a 15 minutos; también se permite una pausa breve para beber (no superior a un minuto) tras el primer periodo del tiempo suplementario.” Se añaden especificaciones de recuperaciones de tiempo perdido por las pausas que puedan ocasionar las interrupciones por sustituciones, motivos médicos, chequeos del VAR, etc. (4).

La Regla 4 regula todo lo concerniente al equipamiento de los jugadores, además de que evitar cualquier elemento que pueda resultar peligroso (por ejemplo, accesorios de joyería), el equipamiento obligatorio de un jugador se compone de las siguientes prendas: camiseta con mangas; pantalones cortos; medias; espinilleras (quedarán cubiertas por las medias) y calzado de fútbol. Los guardametas podrán utilizar pantalones largos (85). (Figura 10).



**Figura 10.** Detalle de los distintos tipos de equipaciones. De izquierda a derecha resto de futbolistas y guardameta (86,87).

Las otras reglas (trece restantes) tienen que ver con el arbitraje, y las especificaciones de los distintos aspectos del juego como infracciones, tiros libres, tipos de saques y peculiaridades del juego como los fuera de juego, los tiros libres o la pena capital de los penaltis. Todos ellos, aun siendo necesarios para entender en profundidad el juego, no lo son para la redacción de esta memoria al no tener influencia directa sobre el rendimiento físico de los futbolistas.

#### **1.2.1.5. Exigencias Físicas del Fútbol.**

El fútbol es un deporte intenso, multidireccional y multifacético, en el que el éxito depende de varios factores físicos, técnicos y tácticos (1,88,89). De forma semejante con otros juegos de equipo, las exigencias fisiológicas del fútbol son de naturaleza intermitente (89–93) combinando altas velocidades e intensidad con períodos de baja intensidad (1,89,94,95). Para competir en el fútbol de élite se precisan aptitud aeróbica, buena agilidad (88,96) y la capacidad de mantener una alta potencia durante los movimientos rápidos durante todo el partido (88,97).

La fuerza muscular dinámica es esencial para la ejecución exitosa de habilidades futbolísticas como chutar y regatear, mientras que otras acciones como saltos, empujes o carreras requieren un alto grado de fuerza y resistencia muscular (98). La fuerza muscular es igualmente una cualidad importante para la mejorad el rendimiento, la reducción del riesgo de lesiones y la recuperación después de una lesión (99). Además, se ha observado que los desequilibrios en la fuerza de las extremidades inferiores aumentan el riesgo de lesiones tanto en jugadores de fútbol masculinos como femeninos (98–100). Durante un partido, los jugadores profesionales de fútbol realizan alrededor de 50 giros, que comprenden contracciones fuertes y sostenidas, para mantener el equilibrio y el control del balón contra la presión defensiva. Por lo tanto, la fuerza y la potencia comparten importancia con la resistencia en el fútbol de alto nivel. La potencia, a su vez, depende en gran medida de la fuerza máxima, y el aumento de esta última está relacionado con una mejora de la fuerza relativa y, por tanto, con una mejora de las capacidades de potencia (1).

Se ha descrito que las distancias recorridas por un jugador profesional a lo largo de un partido varían entre los 9 y los 13 kilómetros (km) (62,82,101–104). El aumento de

## Introducción

la exigencia física en los partidos es una realidad más que avala de profesionalismo dentro del fútbol femenino, los valores medios mostrados para la distancia total recorrida por encuentro fluctúa entre los 4 y los 13 km (43,98,105–113). Existiendo diferencias por demarcaciones, siendo la más evidente, la de guardameta, que difieren enormemente con respecto al resto, debido a las diferencias exigencias de su posición.

Las diferencias sustanciales entre las cargas físicas de hombres y mujeres parecen haberse reducido durante la última década (43), siendo exigencias fisiológicas son similares entre el fútbol masculino y el femenino (114) pues aunque la investigación histórica sugería que las mujeres cubrían menos distancia en los partidos, investigaciones actualizadas muestra que las distancias totales recorridas son similares (109,111), aunque si bien es cierto las jugadoras promedio cubren menos distancia a velocidades más altas (97,109). Conformando las carreras de alta intensidad y los *sprints* entre el 22 y 28 % de la distancia total del partido cubierta (43).

Las diferencias en recursos físicos, determinados como parámetros de fuerza y resistencia, entre equipos de fútbol de élite masculinos y femeninos, son similares a sus contrapartes sedentarias. Esto significa que, en comparación con sus homólogos sedentarios del mismo sexo, las jugadoras de fútbol de élite femeninas han mejorado tanto como los jugadores de fútbol de élite masculinos (1).

Existe un vacío desproporcionado en la literatura con respecto a la cantidad de estudios que describen las características de rendimiento físico de los futbolistas masculinos, que supera con creces los estudios sobre futbolistas femeninas (88,89,115–117). La investigación sobre el fútbol en la ciencia del ejercicio se ha centrado en los atletas masculinos, mientras que las jugadoras de fútbol femenino han sido poco estudiadas (114,118–120). En el fútbol femenino profesional, se ha visto un crecimiento continuo en la investigación y sin embargo, las cifras de artículos publicados no son comparables a las relacionadas con el fútbol profesional masculino, (62,82,114,121–124) y la ciencia ha tenido problemas para seguir el ritmo de la demanda de estudios basados en evidencia a medida que las jugadoras pasan del nivel *amateur* al profesional (43). Un estudio reciente (125) que incluyó a 196 jugadoras de fútbol y evaluó el *torque* máximo a 60 grados/segundos (°/s) demostró que no hubo diferencias significativas en la fuerza muscular cuadricepsal entre las piernas, pero se observaron mayores valores de fuerza

muscular isquiotibial para la pierna dominante (PD) en comparación con la pierna no-dominante (PND). A pesar de que este estudio describió los primeros valores normativos, los autores afirmaron que informar solo los valores de PT isocinéticos puede considerarse una limitación. Para ello, es importante que se realicen más publicaciones que incluyan otras variables que ayudarían a formar un perfil más holístico de las jugadoras de fútbol, al establecer valores de referencia de fuerza muscular para atletas en deportes específicos, por edad y sexo, para permitir la comparación de los valores de un individuo con sus compañeros (125), pero también reduciendo el riesgo lesional en estas jugadoras, (126,127) especialmente el ligamento cruzado anterior (LCA), una lesión tremendamente frecuente en estas deportistas (120,128), que tienen entre 2 y 6 veces más incidencia de lesiones del LCA sin contacto que su contraparte masculina (108,129,130).

Aunque ha habido algunos estudios sobre datos normativos de poblaciones no-deportista (120,125), que incluyen tanto a hombres como a mujeres, los artículos sobre mujeres futbolistas son escasos. Entre ellos, varias limitaciones, por ejemplo, evaluando una sola velocidad angular (125), considerando un pequeño número muestral (131–133) o no-profesionales (134). Por todo esto, se necesitarían estudios que reduzcan este desnivel informativo existente en la actualidad entre las futbolistas y sus homólogos masculinos informando a cerca de parámetros biomecánicos objetivos en cuanto al perfil isocinético de las jugadoras.

### 1.2.2. *La Rodilla y sus Relaciones Anatómicas*

La rodilla es la articulación intermedia del miembro inferior (MI) (135). Se denomina articulación al conjunto de elementos por los que los huesos se unen entre sí (136). En el caso de la rodilla, une el fémur a la tibia y a la rótula; no estando incluido el peroné dentro de esta articulación (136,137). La superficie articular del extremo inferior del fémur presenta anteriormente una cara rotuliana, que contacta con la rótula, y posteriormente las superficies condíleas (135–139). La epífisis superior de la tibia opone las caras articulares superiores de la tibia a las superficies condíleas del fémur (135–139). La evidente falta de concordancia entre las superficies articulares se contrarresta mediante la interposición de unos fibrocartílagos, entre la tibia y el fémur: los meniscos articulares (135–139). La rodilla es un tipo de articulación sinovial puesto que las superficies articulares de las piezas óseas están recubiertas de cartílago y unidas mediante una cápsula articular, que es un manguito fibroso relleno de un líquido sinovial; dicha cápsula se ve reforzada por los ligamentos (135–139).

Aunque de manera accesoria la rodilla tenga una cierta capacidad la rotación sobre el eje longitudinal de la pierna, principalmente es una articulación de un solo grado de libertad: la flexo-extensión (135).

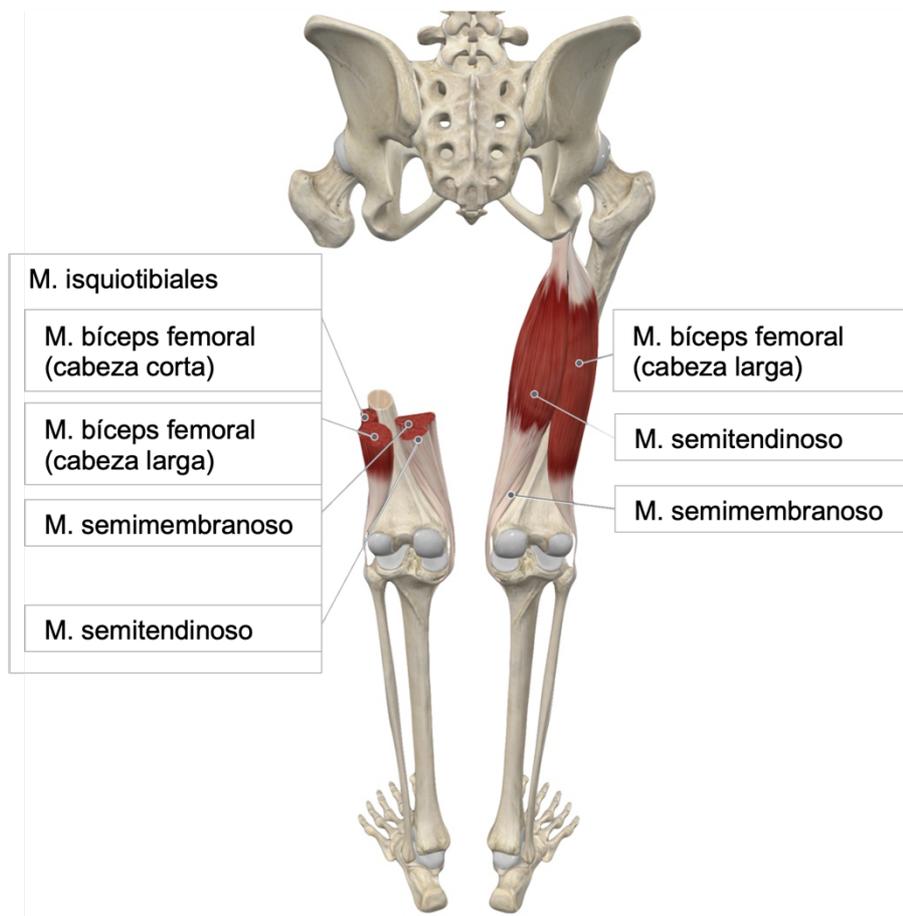
Todas las descripciones anatómicas se expresan en relación con una posición anatómica de referencia. Dando sentido a los términos empleados para definir las distintas regiones corporales y su relación entre sí. Adoptada globalmente, esta posición se refiere a una persona en bipedestación con cabeza erguida, mirada al frente, dedos de los pies hacia delante y miembros superiores a lo largo del cuerpo con palmas de la mano hacia adelante (139).

Por tanto, la extensión de rodilla se definiría, como el movimiento que separa la superficie posterior de la pierna de la parte posterior del muslo. La extensión *absoluta* no existiría en la articulación de la rodilla, ya que en la citada posición de referencia el MI ya está en su máximo estado de extensión. Sin embargo, sería posible realizar, especialmente *pasivamente*, un movimiento de extensión de 5-10°. Este movimiento recibe el nombre de “hiperextensión” (135,136,138). La extensión relativa, en cambio sí existe, y se traduce como el movimiento que completa la extensión de la rodilla a partir

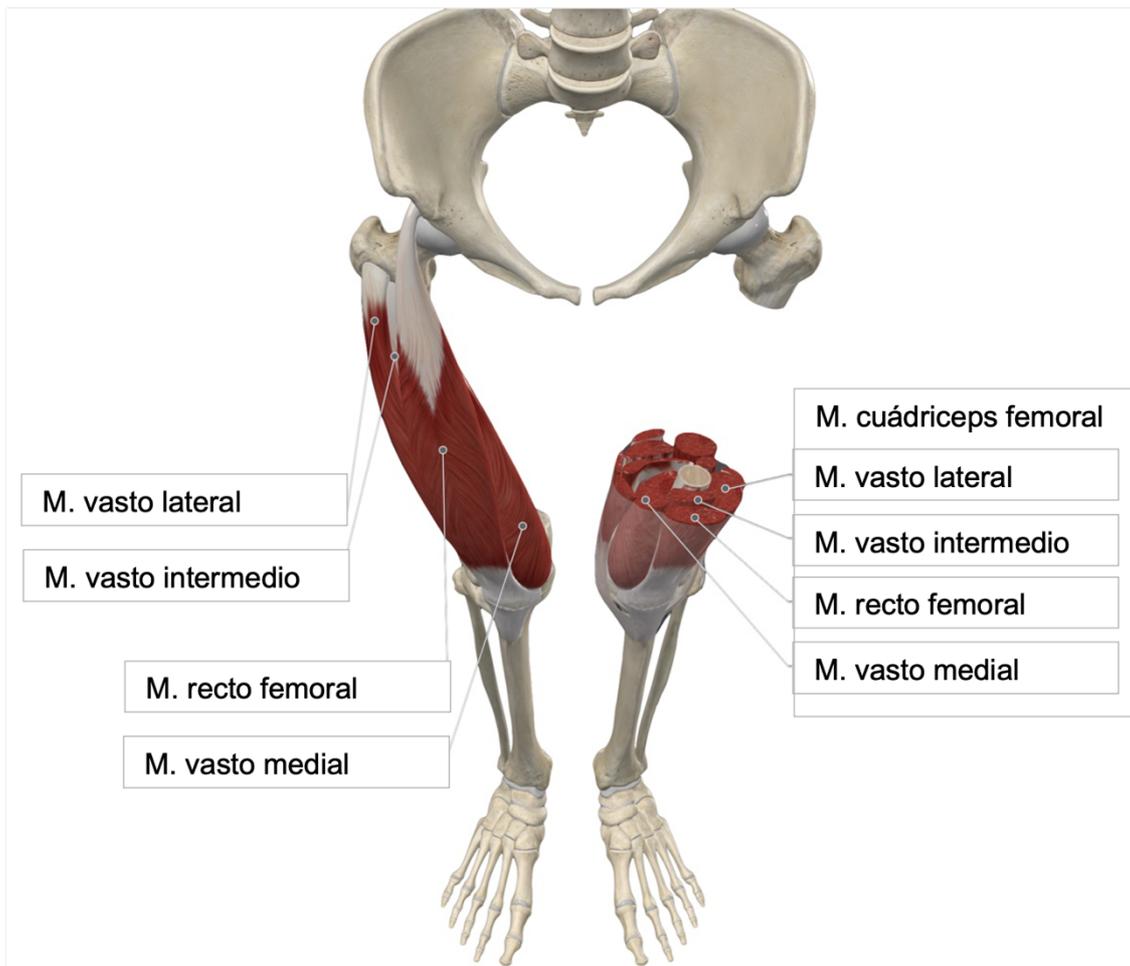
de cualquier posición de flexión (135). Por el contrario, la flexión se traduciría en el movimiento que acerca la cara posterior de la pierna a la cara posterior del muslo. La amplitud de flexión de rodilla está condicionada por la posición de la cadera. La flexión *activa* alcanza los 140° si la cadera está previamente flexionada, si está extendida no superará los 120°. Esta diferencia se debe a la disminución de la eficacia de los músculos isquiotibiales cuando la cadera está extendida. La puesta en tensión de los músculos isquiotibiales por la flexión de la cadera aumenta la eficacia de estos músculos como flexores de la rodilla. La flexión *pasiva* de rodilla consigue una amplitud de 160° y permite que el talón contacte con la zona glútea (135,136,138,139).

El músculo cuádriceps femoral (Figura 11) está situado en la cara anterior del muslo y debido a su inserción la tuberosidad tibial anterior, desarrolla una extensión de rodilla, siendo el único músculo capaz de ejecutar este movimiento. Está constituido por cuatro grupos musculares: tres músculos monoarticulares (músculo vasto intermedio, el músculo vasto lateral y el músculo vasto medial) y un músculo biarticular (el recto femoral). Este último es el único que debido a su inserción tendinosa en la espina iliaca anterior inferior del hueso coxal posee una función nivel de la articulación de la cadera, concretamente, flexionándola.

En cuanto a los flexores de rodilla, es una función compartida por los músculos isquiotibiales, los músculos de la pata de ganso: músculo grácil, músculo sartorio y músculo semitendinoso (este último siendo también isquiotibial), el músculo poplíteo y los gastrocnemios. Se entiende por músculos isquiotibiales (Figura 12) al conjunto músculos biarticulares (a excepción de monoarticular porción corta del bíceps femoral) localizados en el compartimento posterior del muslo con un origen común en la tuberosidad isquiática que actúan tanto en el movimiento de extensión de cadera como en el de flexión de rodilla. El conjunto isquiotibial está formado por el músculo semitendinoso, el músculo semimembranoso y músculo bíceps femoral. En flexión, posición de inestabilidad, la rodilla está expuesta al máximo de lesiones ligamentosas y meniscales. En extensión es más vulnerable a las fracturas articulares y a las rupturas ligamentosas (135).



**Figura 11.** Detalle de musculatura isquioitibial en modelo femenino. Músculo (M.). Figura elaborada con Advanced 3D Complete Anatomy (3D4Medical, Elsevier).

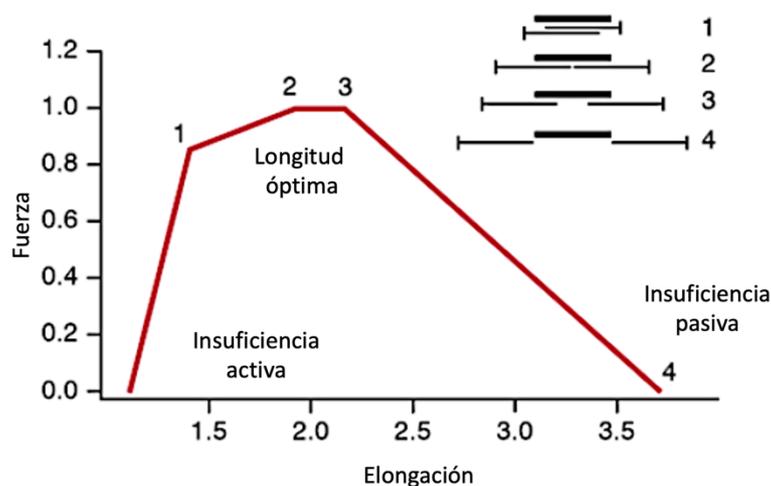


**Figura 12.** Detalle de musculatura cuádriceps en modelo femenino. Músculo (M.). Imagen elaborada con Advanced 3D Complete Anatomy (3D4Medical, Elsevier).

### 1.2.3. *Dinamometría Isocinética*

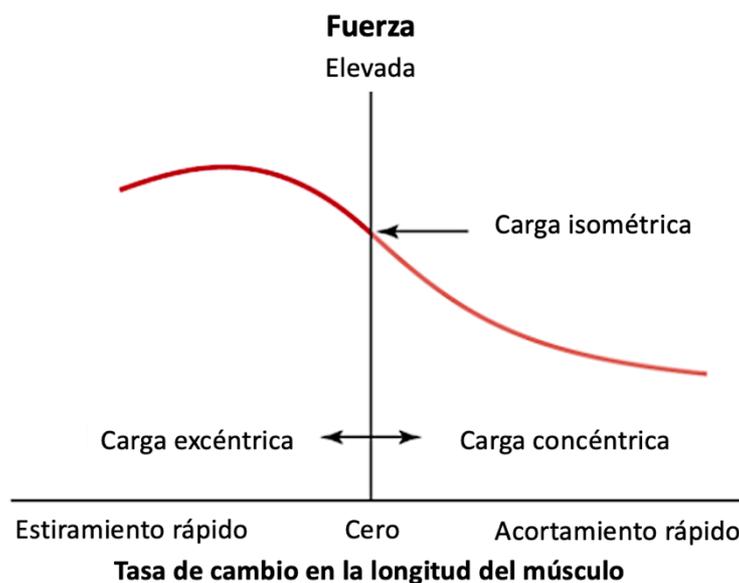
La dinamometría es por definición la medición de fuerzas (140) y en concreto la dinamometría isocinética se considera el *gold standard* de las evaluaciones de fuerza muscular (141–148). Dicha la fuerza muscular, se refiere a la magnitud que establece la cantidad de fuerza desarrollada debido a una contracción muscular voluntaria (149). Su unidad de medida son los Newtons (N). La fuerza muscular no sólo se ve afectada por el sexo, sino que también es específica de cada deporte (131).

La posición angular es importante en la evaluación de la función muscular porque proporciona información sobre las propiedades mecánicas de los músculos que se contraen, pudiéndose utilizar para evaluar el ángulo articular óptimo para la máxima fuerza muscular (150). Siguiendo una curva de fuerza normal (Figura 13) hay zonas en la amplitud del movimiento donde el músculo puede producir más fuerza y menos fuerza debido a la longitud del propio músculo. Al principio y al final de la curva de fuerza hay zonas en las que el músculo no puede generar tanta fuerza debido a que el músculo no tiene la longitud óptima en estas regiones de la curva (151). Cuando un músculo se encuentra en su longitud óptima, se produce la fijación máxima del puente cruzado actina-miosina, lo que conduce a la producción máxima de par de fuerza (152). Cualquier modificación de esta longitud óptima provoca una disminución de la producción de par máximo. Además, los cambios en la longitud del músculo provocan cambios en la excitabilidad de la médula espinal y en la actividad antagonista (153).



**Figura 13.** Curva fuerza-elongación muscular. Modificado de (16).

Las curvas de fuerza-velocidad (Figura 14) representan la cantidad de fuerza realizada por un músculo o conjunto muscular mientras se mueve a cierta velocidad. (82,151,154). Durante una contracción concéntrica, la velocidad de acortamiento del músculo es inversamente proporcional a la fuerza ejercida por el este (82,151,154). Esto significa que a medida que aumenta la velocidad de contracción muscular, disminuye la fuerza que el músculo puede producir (82,151,154). Por el contrario, a medida que disminuye la velocidad de una acción concéntrica, aumenta la fuerza producida por el músculo. Cuando la carga es mínima, el músculo se contrae con la máxima velocidad (82,151,154). A medida que la fuerza aumenta progresivamente, la velocidad de acción del músculo concéntrico se reduce a cero cuando la carga se vuelve demasiado pesada para que el músculo la mueva (82,151,154). Aunque este concepto no sería *per se* extrapolable al ejercicio isocinético debido a que la velocidad angular está predeterminada, lo cierto es que también a velocidades preseleccionadas en las contracciones del tipo concéntrico el momento de fuerza disminuiría a medida que la velocidad establecida aumentase (82,155).



**Figura 14.** Tasa de cambio en la longitud del músculo en función de la fuerza. Modificado de (16).

La evaluación de la fuerza y la potencia son fundamentales para determinar tanto el rendimiento funcional como el deportivo en una persona. Existiendo una amplia gama de variables analizables en las evaluaciones isocinéticas. Tres son particularmente importantes para las pruebas de fuerza y potencia: el par máximo, el trabajo y la potencia (156).

## Introducción

El par (*torque*) es la fuerza creada alrededor de un eje o ángulo y es una medida del momento de la fuerza sobre un movimiento rotacional (151,157,158). Los músculos del cuerpo humano producen un par porque generan el movimiento de nuestras articulaciones (151). La unidad de medida del *torque* es Newton.metros (Nm). El *torque* es la medida más utilizada en la literatura isocinética y se emplea frecuentemente para la objetivación y evaluación de la fuerza de futbolistas profesionales. Siendo la fuerza muscular una de las claves del éxito en el fútbol(81). El par máximo (*peak torque*, PT) es la producción de fuerza rotacional máxima para un único punto en la mejor repetición de la serie (159). Sin embargo, la producción media del par (*average torque production*) evalúa la producción de par en toda la amplitud del movimiento y en todas las repeticiones de la serie. El par suele compararse con el peso corporal y expresarse como el par ajustado al peso del paciente. La fuerza muscular de los cuádriceps y los isquiotibiales contribuye significativamente a la biomecánica de las extremidades inferiores y al rendimiento del deportista (125,160). Tradicionalmente, el enfoque de la investigación isocinética ha sido la medición del PT absoluto de musculatura isquiotibial y cuadriceps (62,161).

El ratio de la fuerza muscular de isquiotibiales (*hamstrings*, H) y de cuádriceps (*quadriceps*, Q) (ratio H:Q) basada en el par máximo, se ha utilizado tradicionalmente como una medida del desequilibrio de la fuerza (162), para describir el potencial para la estabilización de la articulación de la rodilla (163–167) examinando los patrones de momento-velocidad de H y Q y para evaluar la capacidad funcional de la rodilla y su equilibrio muscular (165,168–170). Los déficits de fuerza muscular, como las asimetrías entre las piernas y los desequilibrios entre la fuerza muscular de cuádriceps e isquiotibiales (ratio H:Q), han demostrado ser importantes para determinar la preparación para volver al deporte (42,171,172). Asimismo, se ha demostrado que una relación H:Q más baja durante la acción concéntrica aumenta el riesgo de lesiones en las extremidades inferiores (173), de hecho, un desequilibrio entre ellos se asocia con un riesgo significativo de lesiones en la musculatura posterior de la pierna en jugadores de fútbol profesional (121,174,175). El ratio H:Q se ha calculado tradicionalmente dividiendo la fuerza concéntrica máxima de los isquiotibiales por la del cuádriceps ( $H_{con}:Q_{con}$ ) a la misma velocidad angular (82,163,167,170,176,177).

Si bien el par máximo proporciona al profesional del ejercicio información sobre la mayor salida de par de la extremidad evaluada y es un excelente indicador del nivel de

fuerza máxima del sujeto, no tiene en cuenta el rango de movimiento (*range of movement*, ROM) (156). El trabajo (W) se define como la capacidad del cuerpo para mover una fuerza una distancia determinada. En las pruebas isocinéticas, el trabajo describe la fuerza producida multiplicada por el desplazamiento (151,155,156). Dado que el trabajo representa la distancia recorrida, revela la capacidad de un sujeto para producir par en todo el ROM. Al igual que el momento de torsión, el trabajo está inversamente relacionado con la velocidad (156). Entendido también como “la producción de energía mecánica” (178), el trabajo evalúa el par o la producción de fuerza en todas las repeticiones de una serie determinada y al igual que el par, el trabajo suele describirse en función del peso corporal del paciente (151). En cuanto al trabajo máximo, pocos estudios han examinado el impacto que la medición del trabajo puede tener en los futbolistas profesionales (62,120,179–181).

La potencia es la variable que más completa, ya que tiene en cuenta el par, la distancia y el tiempo. La potencia (P) se define como la fuerza (f) por la distancia (d) dividida por el tiempo (t) o, en otras palabras, el trabajo (W) dividido por el tiempo (t):

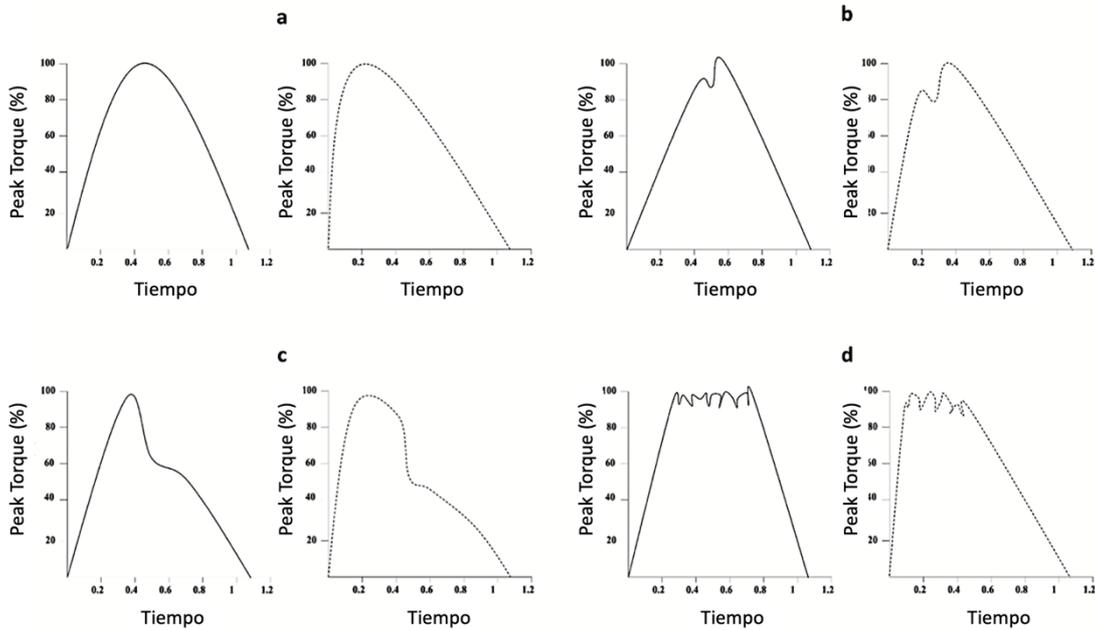
$$P = \frac{f \times d}{t} = \frac{W}{t}$$

por lo tanto, las medidas de P tienen en cuenta la velocidad a la que se completa una actividad y esto hace que la P sea una medida esencial de una evaluación isocinética (151,156).

Además, la evaluación isocinética, a través de la representación gráfica (Figura 15) proporciona un medio adicional para analizar la capacidad del sujeto para producir una curvas isocinéticas mientras que la presencia de factores limitantes afecta el curva introduciendo interferencias dentro del patrón de la curva (182,183). La homogeneidad de, por ejemplo, la curva en la generación de *torque* es indicativa de un control de fuerza adecuado (184) y la cuantificación de las irregularidades de la curva isocinética es clínicamente importante para la evaluación de la función articular (185). De hecho, las adaptaciones neuromusculares, consecuencia de la mecánica articular alterada, pueden comprometer la coordinación de los músculos que cruzan la rodilla (186) y presentan una

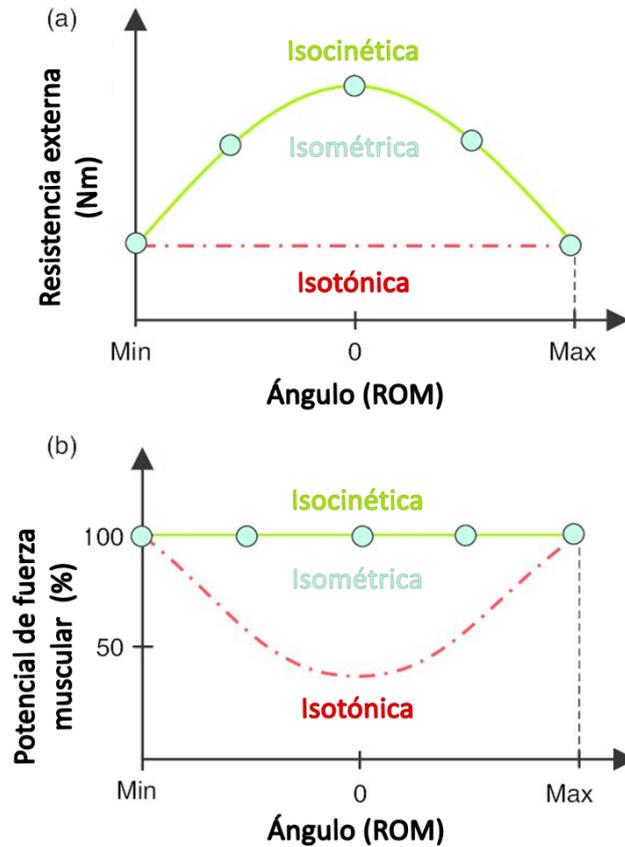
## Introducción

posible razón para la disminución de la suavidad del patrón de la curva de *torque-tiempo* durante los esfuerzos máximos de la rodilla (187).



**Figura 15.** Representaciones gráficas de curvas de Peak Torque (PT) isocinético. a) "Patrón normal" de curvas de momento isocinético (IMC) para los músculos extensores (línea continua) y flexores (línea punteada) de la rodilla. b) Patrón de "Valle" de curvas de momento isocinético (IMC) para los músculos extensores de la rodilla (línea continua) y flexores (línea de puntos). c) Patrón de "caída" de las curvas de momento isocinético (IMC) para los músculos extensores de la rodilla (línea continua) y flexores (línea de puntos). d) Patrón de "sacudidas" de curvas de momento isocinético (IMC) para extensor de rodilla (línea continua) y flexor (43).

Los diferentes regímenes de contracción, como la isométrica, concéntrica, excéntrica, isotónica o isocinética, pueden registrarse utilizando un dispositivo como el dinamómetro de fuerza muscular (149,188). Cada tipo de contracción mantiene una variable constante (Figura 16), en el caso de la contracción isocinética la velocidad, durante la isométrica la longitud del músculo y para la isotónica el peso (151).

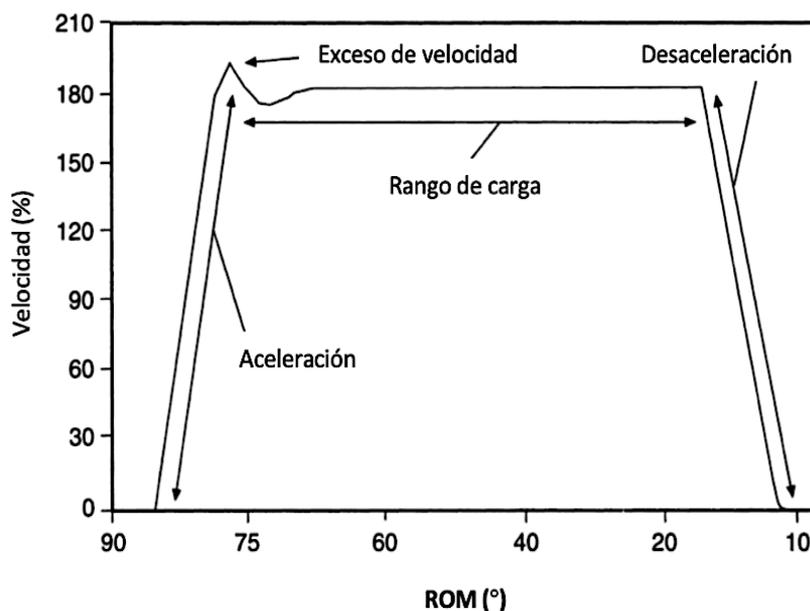


**Figura 16.** Comparación esquemática de contracciones isométrica, isotónica e isocinética. Modificado de (45).

Durante el ejercicio isocinético, la longitud del músculo cambia, pero la velocidad de la contracción muscular está controlada por una velocidad constante preestablecida con resistencia adaptable gracias al mecanismo servocontrolado de los dinamómetros isocinéticos (150,151,156,189). La resistencia del dinamómetro es igual a las fuerzas musculares aplicadas en todo el ROM de una articulación. Este método permite medir las fuerzas musculares en condiciones dinámicas y proporciona una carga óptima de los músculos (150) puesto que al adaptarse la resistencia al esfuerzo de la persona y puede ser máxima en toda la amplitud de movimiento (151,190). Si el sujeto no alcanza la velocidad preestablecida del aparato isocinético, no se proporciona resistencia alguna. Sin embargo, cuando el individuo alcanza la velocidad preestablecida del dinamómetro, experimenta resistencia. Una vez alcanzada la velocidad preestablecida, la extremidad no puede ir más rápido y cualquier fuerza aplicada en el dispositivo produce una fuerza de reacción igual contra quien realiza el ejercicio. Cualquier aumento en el par muscular por encima del nivel preestablecido da como resultado el desarrollo de una fuerza resistiva de igual magnitud por el mecanismo de

## Introducción

control del dinamómetro (150), es decir, cuanto más fuerza se aplica contra el dispositivo, más resistencia opondrá el aparato (151) con una contrafuerza ajustada a la fuerza del sujeto, que garantiza la velocidad constante preseleccionada en el movimiento articular (82,156), pudiendo ver la representación gráfica del PT y de su distribución angular en el recorrido articular da lugar a la curva isocinética y su descomposición en distintas partes (Figura 17).



**Figura 17.** Trazado de velocidad a 180°/s que muestra las tres fases principales de una repetición isocinética más el rebasamiento de velocidad. Modificado de (66).

El ejercicio isocinético controlado mecánicamente estuvo disponible con la introducción del Cybex I en la década de 1960. El concepto de isocinesia fue descrito por primera vez en 1967 por Hislop & Perrine (191) como un ejercicio, acción o trabajo realizado a una velocidad angular constante durante todo el ROM, con una resistencia ajustable e igual durante todo el recorrido. El ejercicio isocinético ganó popularidad en la década de 1980 (151,192–194) por la capacidad del aparato para proporcionar una evaluación objetiva de la fuerza, la potencia y la resistencia del paciente, útiles para evaluar el progreso del paciente y su preparación para comenzar el entrenamiento funcional (195). Entre los usos de los dinamómetros electromecánicos que describieron Keating & Matyas (196) se encontrarían: recopilar valores normativos para los músculos de varios tipos de sujetos, clasificar el rendimiento muscular como normal o anormal mediante comparaciones con el rendimiento de los músculos contralaterales, con datos normativos o con el rendimiento muscular en un grupo de control.

La evaluación isocinética de los deportistas proporciona información valiosa que puede usarse para mejorar el rendimiento (142,155,156,197–199). Los datos objetivos y cuantificables recopilados durante las pruebas pueden usarse como referencia durante la evaluación de pretemporada o como datos comparativos para evaluar la eficacia de varios regímenes de entrenamiento (100,156,169,200–202). Las pruebas isocinéticas durante la pretemporada pueden identificar debilidades musculares específicas que pueden predisponer a los deportistas a lesiones.

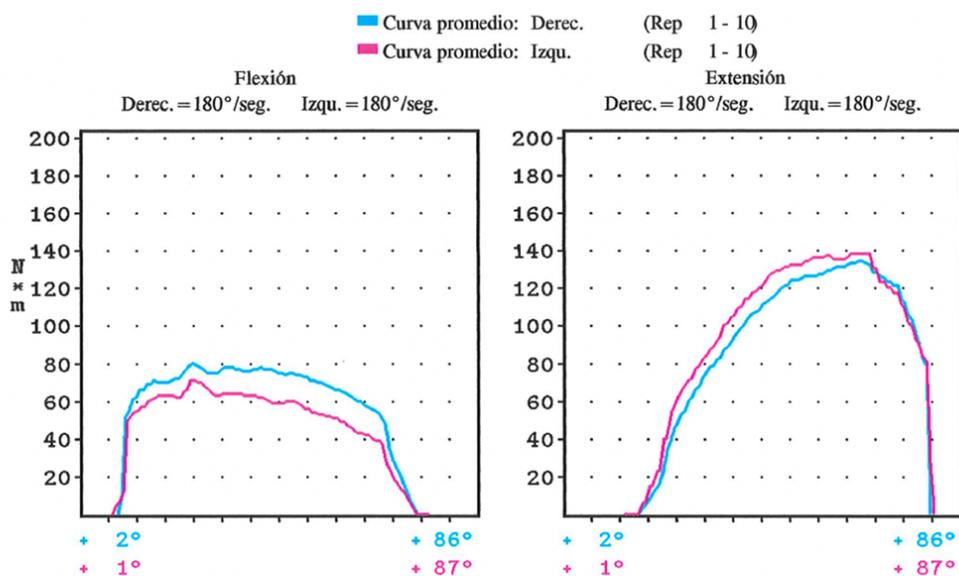
Los factores etiológicos atribuidos a un mayor riesgo de lesión por distensión muscular incluyen la fuerza muscular, los déficits de fuerza y los desequilibrios de la fuerza muscular ipsilateral (203). El cuádriceps juega un papel importante en los saltos y las patadas, mientras que los músculos isquiotibiales controlan las actividades de carrera y estabilizan la rodilla durante los giros o los placajes (204). La coactivación equilibrada de estos grupos es necesaria para mantener la estabilidad articular, la reducción de lesiones y la eficiencia del movimiento (205).

El ratio H:Q se usa más comúnmente para evaluar la estabilidad de la articulación de la rodilla y el equilibrio entre los músculos isquiotibiales y cuádriceps e identificar una posible predisposición a la lesión (165,206). Cuando el grupo de músculos cuádriceps genera una fuerza significativamente mayor en relación con los músculos isquiotibiales, el LCA experimenta grandes fuerzas de cizallamiento, ya que actúa para contrarrestar la traducción anterior de la tibia sobre el fémur (207). Funcionalmente, el LCA es asistido por los músculos isquiotibiales para estabilizar la rodilla evitando esta traslación anterior (208). Por lo tanto, si los músculos isquiotibiales concéntricos son demasiado débiles para contrarrestar la fuerza del músculo cuádriceps, el LCA puede lesionarse (207).

Consecuentemente, los perfiles de fuerza isocinética pueden ayudar a determinar si los jugadores de fútbol tienen suficiente fuerza y resistencia a la fatiga para completar las tareas requeridas sin predisposición a lesionarse (121). Los perfiles de fuerza pueden ayudar a determinar si los atletas de élite tienen suficiente fuerza y resistencia para completar sus tareas requeridas a nivel profesional y establecer si tienen algún desequilibrio muscular que podría predisponerlos a lesiones (209).

## Introducción

La dinamometría isocinética ha sido una herramienta utilizada por futbolistas profesionales para cuantificar objetivamente la fuerza de la musculatura del muslo (62,82,171,210,211), su respuesta a los requerimientos de máxima intensidad, y la capacidad muscular efectiva en procesos de reeducación funcional (62). Las medidas de la fuerza isocinética de la rodilla se han descrito a lo largo de la literatura para evaluar la fuerza de las extremidades inferiores basándose en el PT y el trabajo máximo (125,131,210,212–214). Siguiendo una curva de fuerza normal, hay zonas en la amplitud de movimiento en las que el músculo puede producir más fuerza y menos fuerza debido a la longitud de este (151). (Figura 18). (Anexo I).



**Figura 18.** Detalle de informe isocinético de los gráficos a velocidad de medición de 180°/s. A la izquierda gráfico de la musculatura isquiotibial y a la derecha el de la musculatura cuádriceps. En ambos casos la curva magenta representa la pierna derecha y la plasmada en cian la pierna izquierda.

# Hipótesis y Objetivos



## **2. Hipótesis y Objetivos**

---

### **2.1. Hipótesis de Trabajo**

Las futbolistas profesionales tienen unos valores isocinéticos específicos y propios en flexores y extensores de rodilla que pueden verse condicionados por la dominancia entre de sus piernas.

### **2.2. Objetivo Principal**

Establecer mediante datos isocinéticos, unos valores normativos objetivos de competencias neuromusculares en flexores y extensores de rodilla en futbolistas femeninas profesionales de élite sanas.

### **2.3. Objetivo Secundario**

Examinar las diferencias en la fuerza de los cuádriceps y los músculos isquiotibiales entre la pierna dominante (PD) y pierna no-dominante (PND).





# **Material** **y Métodos**





### 3. Material y Métodos

#### 3.1. Tipo de Estudio

Se realizó un estudio observacional transversal sobre una muestra de 68 futbolistas femeninas profesionales.

#### 3.2. Participantes

Todas las participantes eran futbolistas profesionales sin patología de equipos de fútbol femenino de primera (Liga Iberdrola) y segunda división (Reto Iberdrola) española clasificadas a nivel nacional e internacional participaron como voluntarias en el estudio, que se llevó a cabo durante la pretemporada (agosto de 2019). Las características de los participantes se describen en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Características de las futbolistas.

<b>Características antropométricas</b>	<b>Media <math>\pm</math> DE</b>
Edad (años)	21.9 $\pm$ 4,19
Altura (m)	1,63 $\pm$ 0,05
Peso (kg)	59,75 $\pm$ 6,19
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	22,25 $\pm$ 1,6
<b>Dominancia</b>	<b>Número de jugadoras (%)</b>
Diestras	60 (88,2)
Zurdas	8 (11,8)
<b>Demarcación</b>	<b>Número de jugadoras (%)</b>
Porteras	9 (13,2)
Defensas	17 (25)
Mediocentros	22 (32,4)
Delanteras	20 (29,4)

Para ser incluidas en el presente estudio sobre datos normativos de fuerza muscular para jugadoras de fútbol femenino, las participantes debían ser jugadoras de fútbol profesional federadas con una edad mayor o igual a 16 años y con una experiencia superior a 4 años. Las atletas fueron excluidos si en los 6 meses anteriores a la valoración isocinética se sometieron a alguna cirugía ortopédica de las extremidades inferiores.

Asimismo, y a pesar de ser una prueba inocua, requiere, sin embargo, un esfuerzo

## Material y Métodos

máximo durante un breve periodo de tiempo. Todas las participantes fueron completamente informadas verbalmente y por escrito (Anexo II) sobre los procedimientos del estudio antes de participar en él y firmaron un consentimiento informado (Anexo III) de acuerdo con los principios de la Declaración de Helsinki. El estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad CEU San Pablo (345/19/19). Para las jugadoras menores de 18 años, se obtuvo el consentimiento informado firmado no solo de ellas sino también de sus padres, para ser elegibles para participar.

### 3.3. Cálculo Del Tamaño De La Muestra

El tamaño muestral se calculó con el software Ene 3.0 (Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona, España) basándose en la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * S^2}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * S^2}$$

Donde  $n$  es el tamaño de la muestra,  $N = 1.062$  futbolistas profesionales españolas;  $Z_{\alpha}^2 = 1.962$  (nivel de confianza fijado en 95%);  $d^2 = 5$ ; y  $S^2$  es la varianza de la variable cuantitativa ( $dt^2$ ) que se supone existe en la población. En relación a la  $dt$  de la variable de interés, estuvo dada por resultados preliminares (datos no publicados) sobre una muestra de 15 futbolistas profesionales pertenecientes a uno de los clubes a incluir en el estudio. El tamaño de muestra deseado estimado se calculó en 68.

### 3.4. Procedimientos

Las pruebas de valoración isocinética se realizaron en el laboratorio de investigación en la UITF de la Facultad de Medicina de la Universidad CEU San Pablo (USP-CEU). Una vez allí, se procedió a su filiación y se obtuvieron los datos antropométricos (medidas de altura y masa corporal) mediante una báscula mecánica con tallímetro (Seca GmbH, Hamburgo, Alemania). Además, cada jugadora cumplimentó una ficha individual con datos clínicos (Anexo IV). Como información adicional también se recogió la dominancia de piernas así como la demarcación (portera, defensa, mediocentro o delantera) de cada jugadora. La extremidad dominante se determinó preguntando a las

jugadoras cuál era la pierna de su preferencia para realizar el golpeo de balón (132). El anonimato se garantizó encriptando la identidad de las jugadoras con valores alfanuméricos con un cifrado por sustitución en un documento digital de Microsoft® Excel.

Dichas valoraciones fueron realizadas en condiciones ambientales controladas, dado que el laboratorio se encuentra localizado en una amplia sala ventilada, con luz artificial. Disponiendo asimismo de la posibilidad de regular la temperatura (T.<sup>a</sup>) gracias un dispositivo de climatización independiente. Teniendo como referencia las Recomendaciones para Laboratorios de Ejercicio Clínico de la American Heart Association, (215) fijamos la T.<sup>a</sup> del laboratorio a 22°C en el momento de las mediciones, al considerarse el rango de T.<sup>a</sup> de 20°C a 22°C cómodo para hacer ejercicio.

Antes de la prueba isocinética, las jugadoras realizaron 10 minutos de calentamiento estandarizado en un cicloergómetro (Ejercicio Monark 818 E, Vansbro, Suecia) a una intensidad moderada como se describe en estudios previos (82,147,216,217) previniendo una potencial fatiga (133). La altura del sillín se ajustó para garantizar una biomecánica de ciclismo correcta.

Como material principal, para las mediciones isocinéticas de la fuerza muscular concéntrica de extensión y flexión de la rodilla se utilizó un sistema isocinético modelo IsoMed 2000 (D&R FERSTL GmbH, Hemau, Alemania) (Anexo V). Gracias a esta herramienta, se obtiene una reproducibilidad alta y suficiente en las mediciones de la fuerza explosiva de los extensores de la rodilla (218).

Como material auxiliar se utilizaron un lápiz dermatográfico, un ordenador de sobremesa HP® Prodesk 400. Intel Core i5 (Palo Alto, California, Estados Unidos), Software Windows 10. Redmond, Washington, Estados Unidos, una pantalla Prodisplay P232 HP®, una impresora HP® deskjet 960c.

Los datos ofrecidos por el Software del dispositivo isocinético para todas las mediciones obtenidas de cada jugadora en cada velocidad (Figura 19).

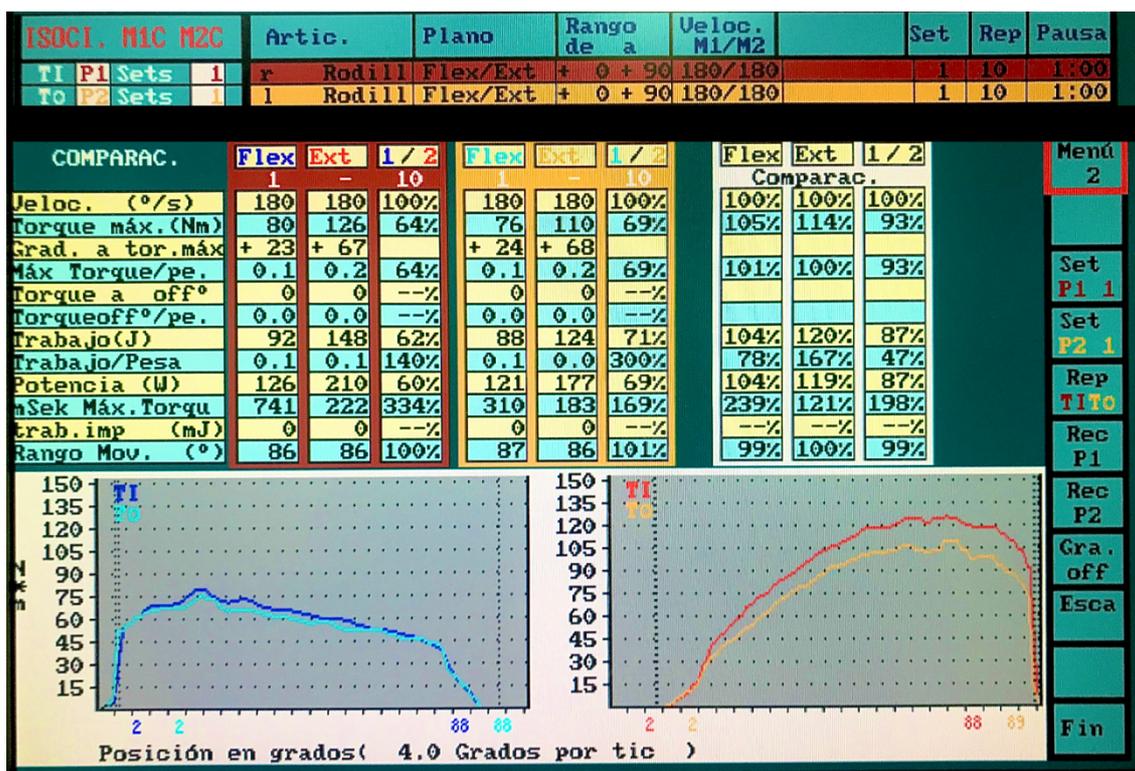
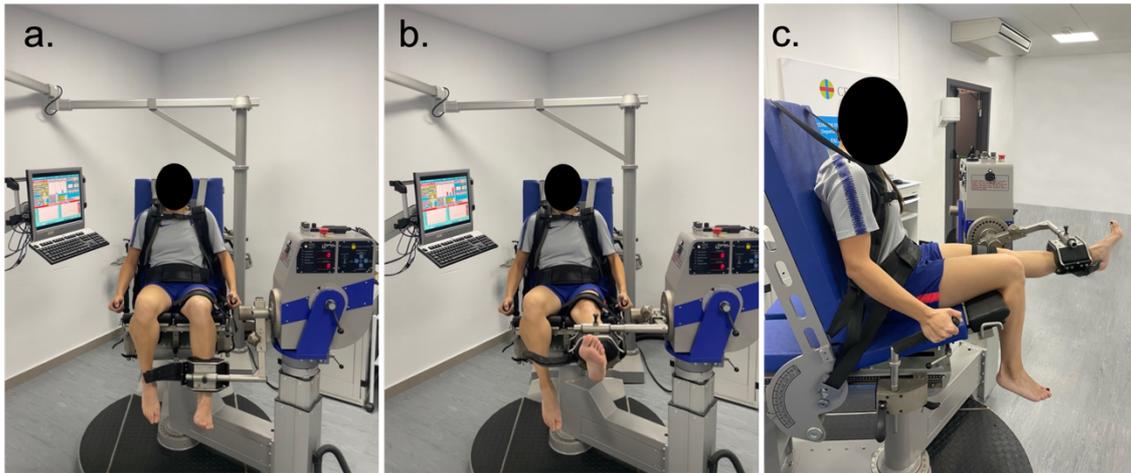


Figura 19. Ejemplo de los datos ofrecidos por el Software IsoMed de una jugadora a 180°/s. La representación de TI en azul oscuro corresponde a la musculatura isquiotibial de pierna derecha, T0 en azul turquesa representaría la izquierda. La representación de TI en rojo corresponde a la musculatura cuádriceps de pierna derecha, T0 en amarillo representaría la izquierda. Producción propia.

Se evaluaron valores de PT en Nm, el ratio H:Q, el PT promedio en Nm, el PT normalizado por peso en Nm/kg, el trabajo máximo Julios (J), el trabajo máximo normalizado por peso, (J/kg) el trabajo promedio (J), el trabajo total (J), la potencia máxima (W), el promedio de la potencia en vatios (W), el ángulo del PT en grados (°) y la repetición de la serie en la que el PT se producía.

Se utilizó un protocolo de contracción concéntrica/concéntrica bilateral estandarizado a velocidades bajas (60°/s), medias (180°/s) y altas (240°/s), velocidades angulares utilizadas previamente en varios estudios (120,125,131), y realizadas en movimientos de flexión y extensión de rodilla en un rango útil de movimiento entre 0 y 90° de flexión de rodilla.

Se solicitó a las jugadoras que se descalzasen previamente a sentarse en el dinamómetro y esa posición de sedestación con un ángulo de cadera de 85° fue la mantenida para la evaluación isocinética (Figura 20).



**Figura 20.** (a) Vista frontal de la jugadora con flexión de la pierna ejecutante; (b) Vista frontal de la jugadora con extensión de la pierna ejecutante; (c) Vista lateral de la jugadora con extensión de la pierna ejecutante.

Posteriormente, las jugadoras fueron aseguradas con cinchas y correas acolchadas alrededor de la pelvis, el torso y el muslo. La medición consistía en dos partes, en la primera, se obtenía la información del en el MI derecho, cinchando alrededor del muslo homolateral para minimizar cualquier movimiento compensatorio y una vez terminado el protocolo en ese lado, se cambiaba a continuación al izquierdo para continuar la segunda parte de la medición.

El cóndilo femoral de la extremidad a evaluar se tomó como referencia anatómica para la alineación con el eje de rotación del dinamómetro siguiendo las instrucciones del fabricante. El brazo de la palanca del dinamómetro se fijó a la parte distal de la tibia de la pierna a valorar, colocando una correa acolchada de 2,5 cm sobre el vértice medial del maléolo (134), quedando así la pierna alineada con respecto a la palanca isocinética que había que mover. Antes de iniciar el protocolo isocinético, se aplicó la corrección gravitacional estática automática de acuerdo con los procedimientos del fabricante para ajustar su efecto sobre el torque.

Las jugadoras realizaron 5 repeticiones de contracciones de flexo-extensión de rodilla consecutivas a baja velocidad ( $60^{\circ}/s$ ), 10 repeticiones a velocidad media ( $180^{\circ}/s$ ) y 25 repeticiones a alta velocidad ( $240^{\circ}/s$ ) con el MI derecho seguidas posteriormente por el izquierdo.

## Material y Métodos

Se pidió a las participantes que realizaran la prueba a la máxima intensidad y completando el Rango Completo de Movimiento de flexión y extensión de la rodilla. Entre series, se concedió un minuto de descanso, donde se consintió que la correa del muslo se reajustara si fuera necesario. Este tiempo de descanso ha sido utilizado previamente por otros estudios (120,216,219). Antes de cada serie de velocidad, se permitió a los sujetos realizar un par de repeticiones de extensión/flexión de rodilla submáxima para familiarizarse con la dinámica requerida en el test en cada momento (132).

Durante la prueba isocinética, se proporcionó estímulo verbal y retroalimentación visual con la pantalla a todas las futbolistas para facilitar su concentración en la calidad y la máxima intensidad de su movimiento (62,220). El descanso entre los cambios de la pierna a medir fue de un minuto.

### **3.5. Análisis estadístico**

El análisis estadístico se realizó utilizando el programa IBM® SPSS® Statistics SPSS Versión 27.0.1.0. La normalidad de los datos se evaluó mediante una prueba de Lilliefors bilateral. Para las variables que siguieron una distribución normal, se realizó una prueba *t*-Student bilateral para comparar los valores de las distintas variables considerando o no la igualdad de varianzas entre la PD y la PND.

En cuanto a las variables que no siguieron una distribución normal, se realizó una prueba Wilcoxon bilateral para comparar los valores de las distintas variables entre la PD y la PND. Para la variable del PT con respecto a las repeticiones, se exploró la asociación entre las dos variables usando el método de correlación de Pearson. La diferencia de medias se estimó restando los valores medios obtenidos para PD menos los valores medios obtenidos para PND. Se consideró un nivel de significación de 0,05. Los valores citados representan la media, la desviación estándar (DE) y un intervalo de confianza (IC) del 95% para aquellas variables que siguieron una distribución normal y la mediana, el rango intercuartílico (RIC, percentil 25-percentil 75) y el rango comprendido entre el percentil 5 y el percentil 95 para aquellas variables que no siguieron una distribución normal.



# Resultados





## 4. Resultados

---

Se efectuó una valoración isocinética a tres velocidades (60°/s, 180°/s y 240°/s) de 68 futbolistas profesionales de fútbol femenino sin patología. Las características de las participantes se describen en la Tabla 1.

### 4.1 Análisis a velocidad baja, 60°/s

A la velocidad de 60°/s se observaron diferencias significativas entre la PD y la PND (p-valor < 0,05) en las siguientes variables: PT en el movimiento de flexión, PT promedio en el movimiento de flexión, PT/peso en el movimiento de flexión, PT/peso en el movimiento de extensión, trabajo máximo en el movimiento de flexión y trabajo máximo/peso en el movimiento de flexión (Tabla 3).

En cuanto a los valores de PT, el PT en flexión de rodilla de la PD fue mayor que la PND de forma estadísticamente significativa (p-valor = 0,0036). La diferencia de las medias del PT entre la PD y la PND fue de 7,17 Nm. No se observaron diferencias significativas del PT en extensión entre las piernas (p-valor = 0,0609). En cuanto a los valores de PT Promedio, el PT Promedio en flexión de rodilla de la PD fue mayor que la PND con significancia estadística (p-valor = 0,011). La diferencia de las medias entre la PD y la PND fue de 6,07 Nm. No se observaron diferencias significativas del PT promedio en extensión entre las piernas (p-valor = 0,051). En cuanto a los valores de PT/peso, el PT/peso en flexión de rodilla de la PD fue mayor que la PND de forma estadísticamente significativa (p-valor = **0,0005**). La diferencia de las medias del PT/peso en flexión entre la PD y la PND fue de 0,17 Nm/kg. En el caso del PT/peso en extensión de rodilla de la PD también fue mayor que la PND de forma estadísticamente significativa (p-valor = **0,0183**). La diferencia de las medias del PT/peso en extensión entre la PD y la PND fue de 0,13 Nm/kg. En cuanto a los valores de trabajo máximo, el trabajo máximo en flexión de rodilla de la PD fue mayor de forma estadísticamente significativa que la PND (p-valor = **0,0449**). La diferencia de las medias del trabajo máximo entre la PD y la PND fue de 6,44 J. No se observaron diferencias significativas del trabajo máximo en extensión entre las piernas (p-valor = 0,1323). En cuanto a los valores de trabajo máximo normalizados por peso, el trabajo máximo normalizados por peso en flexión de rodilla de la PD fue mayor que la PND con significancia estadística (p-valor = **0,013**). La diferencia

## Resultados

de las medias del trabajo máximo entre la PD y la PND fue de 0,10 J/kg. No se observaron diferencias significativas del trabajo máximo en extensión entre las piernas (p-valor = 0,076).

El ángulo asociado al PT en flexión a 60°/s fue 14,29% superior en la PD que en PND, produciéndose 3° después (p-valor = 0,047) (Tabla 4). El ángulo asociado al PT en extensión a 60°/s no mostró ninguna diferencia significativa entre PD y PND (p-valor = 0,5444) (Tabla 4). El PT a 60°/s no varió de forma significativa ni en flexión ni en extensión en ninguna de las dos piernas con el número de repeticiones (p-valor > 0,05). (Figura 23).

**Tabla 3.** Variables evaluadas en este estudio a 60°/s y descritas según la dominancia de la pierna.

Variable	Pierna Dominante		Pierna No Dominante		p-valor
	Media ± SD	IC del 95%	Media ± SD	IC del 95%	
Peak Torque (Nm)					
Flexión	86,87 ± 14,96	(83,32-90,42)	79,7 ± 13,18	(76,57-82,83)	<b>0,0036*</b>
Extensión	158 ± 24,48	(152,18-163,81)	150,05 ± 21,71	(144,89-155,21)	0,0609
Ratio H:Q	0,55 ± 0,07	(0,53-0,57)	0,53 ± 0,07	(0,52-0,55)	0,0981
Promedio PT (Nm)					
Flexión	79,83 ± 14,41	(76,40-83,25)	73,76 ± 13,15	(70,63-76,88)	<b>0,011*</b>
Extensión	146,63 ± 23,68	(141-152,26)	139,01 ± 21,37	(133,93-144,09)	0,051
Peak Torque/Peso (Nm/kg)					
Flexión†	1,47 (1,29-1,59)	[1,12-1,80]	1,3 (1,22-1,44)	[1,11-1,62]	<b>0,0005*</b>
Extensión†	2,66 (2,46-2,84)	[2-3,24]	2,53 (2,37-2,72)	[2-3,10]	<b>0,0183*</b>
Trabajo máximo (J)					
Flexión	110,85 ± 18,40	(106,47-115,22)	104,41 ± 18,70	(99,97-108,86)	<b>0,0449*</b>
Extensión	173,37 ± 28,56	(166,58-180,15)	166,07 ± 27,65	(159,50-172,64)	0,1323
Trabajo máximo/Peso (J/kg)					
Flexión	1,85 ± 0,25	(1,79-1,91)	1,75 ± 0,25	(1,68-1,80)	<b>0,013*</b>
Extensión	2,90 ± 0,37	(2,81-2,99)	2,78 ± 0,40	(2,69-2,88)	0,076
Promedio Trabajo (J)					
Flexión	102,52 ± 17,40	(98,38-106,65)	97,16 ± 18,01	(92,88-101,44)	0,080
Extensión	163,58 ± 28,67	(156,76-170,39)	157,45 ± 26,77	(151,08-163,81)	0,200
Trabajo Total (J)					
Flexión	497,04 ± 97,46	(473,88-520,21)	477,46 ± 95,47	(455,97-501,43)	0,239
Extensión	793,16 ± 162,47	(754,55-831,78)	774,13 ± 144,47	(739,79-808,47)	0,472
Potencia máxima (W)					
Flexión	62,28 ± 11,08	(59,65-64,91)	59,43 ± 10,80	(56,86-62)	0,131
Extensión	99,06 ± 16,78	(95,07-103,04)	95,51 ± 15,80	(91,76-99,27)	0,207
Promedio de Potencia (W)					
Flexión†	57,5 (51-64)	[43-74,95]	54 (49-63)	[42,35-72]	0,183
Extensión†	89,5 (82-103)	[67,4-123,9]	88 (78,75-100,5)	[67,7-113,3]	0,241

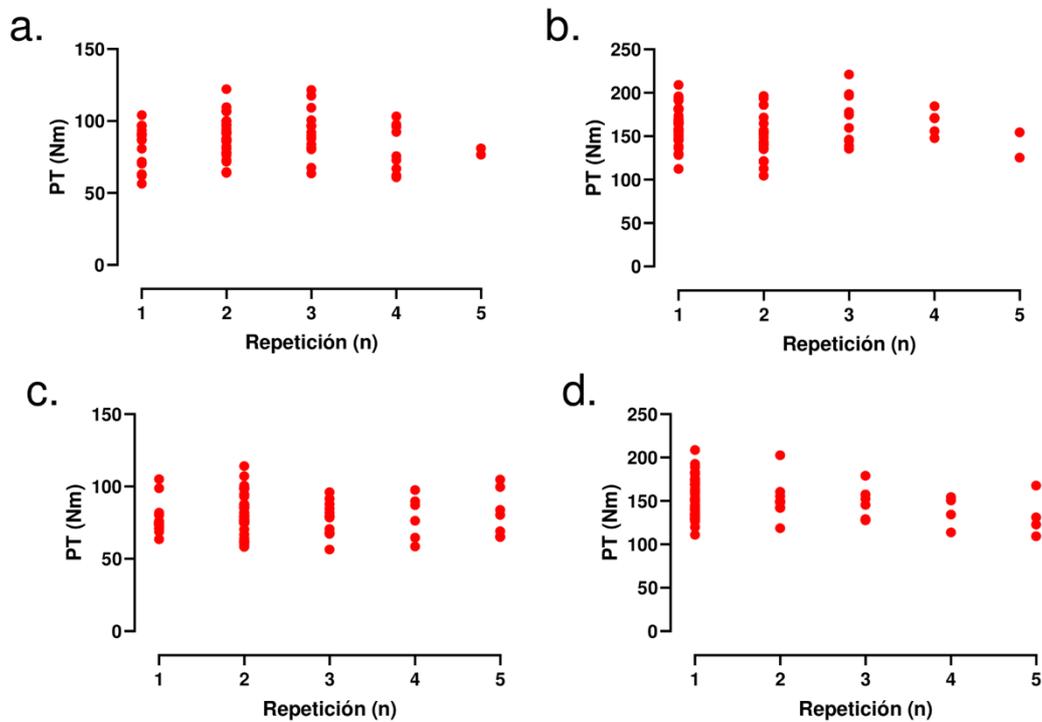
Los datos que se adaptaron a una distribución normal se describieron como media ± desviación estándar (intervalo de confianza del 95%). †: los datos que no se adaptaron a una distribución normal se describieron como Mediana (rango intercuartílico) [percentil 5-percentil 95]. p-valor correspondiente a la comparativa de cada variable entre Pierna Dominante y Pierna No Dominante. Ratio H:Q se calcula dividiendo el PT (concéntrico) en flexión de rodilla entre el PT (concéntrico) en extensión de rodilla a la misma velocidad angular. En negrita con \* se resaltan los p-valores estadísticamente significativos.

## Resultados

**Tabla 4.** Ángulo en el que se produce el Peak Torque (PT) a 60°/s.

Variable	Pierna Dominante		Pierna No Dominante		p-valor
	Moda (n)	Mediana (RIC)	Moda (n)	Mediana (RIC)	
Ángulo de Peak Torque					
Flexión	17 (6)	21 (15-29,75)	15 (7)	18 (14,25-23,75)	<b>0,0467*</b>
Extensión	68 (10)	65 (62-68)	66 (8)	66 (61,25-70)	0,5444

Moda, refiriéndose al ángulo que apareció con mayor frecuencia (n jugadoras que registraron ahí su PT). Mediana (RIC (rango intercuartílico)). p-valor correspondiente a la comparativa de cada variable entre PD y PND. En negrita con \* se resaltan los p-valores estadísticamente significativos.



**Figura 21.** Representación de los valores de Peak Torque (PT) de cada jugadora en flexión (a, c) y en extensión (b, d) de la pierna dominante (a-b) y de la pierna no-dominante (c-d) a lo largo de las repeticiones a 60°/s.

## 4.2 Análisis a velocidad media, 180°/s

A la velocidad de 180°/s se obtuvieron valores significativos ( $p$ -valor  $< 0,05$ ) en las siguientes variables: PT en el movimiento de flexión, PT promedio en el movimiento de flexión, PT/peso en el movimiento de flexión, trabajo máximo en el movimiento de flexión, trabajo máximo/peso en el movimiento de flexión, trabajo promedio en el movimiento de flexión, trabajo total en el movimiento de flexión, potencia máxima en el movimiento de flexión y potencia promedio en el movimiento de flexión (Tabla 5).

En cuanto a los valores de PT, el PT en flexión de rodilla de la PD fue mayor que la PND de forma estadísticamente significativa ( $p$ -valor = **0,0386**). La diferencia de las medias del PT entre la PD y la PND fue de 4,4 Nm. No se observaron diferencias significativas del PT en extensión entre las piernas ( $p$ -valor = 0,2309). En cuanto a los valores de PT Promedio, el PT Promedio en flexión de rodilla de la PD fue mayor que la PND con significancia estadística ( $p$ -valor = **0,007**). La diferencia de las medias entre la PD y la PND fue de 7 Nm. No se observaron diferencias significativas del PT promedio en extensión entre las piernas ( $p$ -valor = 0,252). En cuanto a los valores de PT normalizados por peso, el PT/peso en flexión de rodilla de la PD fue mayor que la PND de forma estadísticamente significativa ( $p$ -valor = **0,0197**). La diferencia de las medias del PT/peso en flexión entre la PD y la PND fue de 0,08 Nm/kg. No se observaron diferencias significativas del PT/peso en extensión entre las piernas ( $p$ -valor = 0,1527). En cuanto a los valores de trabajo máximo, el trabajo máximo en flexión de rodilla de la PD fue mayor que la PND con significancia estadística ( $p$ -valor = **0,0266**). La diferencia de las medias del trabajo máximo entre la PD y la PND fue de 5,87 J/kg. No se observaron diferencias significativas del trabajo máximo en extensión entre las piernas ( $p$ -valor = 0,3012). En cuanto a los valores de trabajo máximo normalizados por peso, el trabajo máximo normalizado por peso en flexión de rodilla de la PD fue mayor que la PND de forma estadísticamente significativa ( $p$ -valor = **0,014**). La diferencia de las medias del trabajo máximo entre la PD y la PND fue de 0,1 J/kg. No se observaron diferencias significativas del trabajo máximo en extensión entre las piernas ( $p$ -valor = 0,270). En cuanto a los valores de trabajo promedio, el trabajo promedio en flexión de rodilla de la PD fue mayor que la PND de forma estadísticamente significativa ( $p$ -valor = **0,016**). La diferencia de las medias del trabajo promedio entre la PD y la PND fue de 5,9 J. No se observaron diferencias significativas del trabajo promedio en extensión entre las piernas

## Resultados

(p-valor = 0,176). En cuanto a los valores de trabajo total, el Trabajo total en flexión de rodilla de la PD fue mayor que la PND con significancia estadística (p-valor = **0,019**). La diferencia de las medias del trabajo total entre la PD y la PND fue de 56,41 J. No se observaron diferencias significativas del trabajo total en extensión entre las piernas (p-valor = 0,205). En cuanto a los valores de potencia máxima, la potencia máxima en flexión de rodilla de la PD fue mayor que la PND de forma estadísticamente significativa (p-valor = **0,047**). La diferencia de las medias de la potencia máxima entre la PD y la PND fue de 6 W. No se observaron diferencias significativas de la potencia máxima en extensión entre las piernas (p-valor = 0,240). En cuanto a los valores de potencia máxima, la potencia promedio en flexión de rodilla de la PD fue mayor que la PND de forma estadísticamente significativa (p-valor = **0,014**). La diferencia de las medias de la potencia máxima entre la PD y la PND fue de 8,5 W. No se observaron diferencias significativas de la potencia máxima en extensión entre las piernas (p-valor = 0,125).

Ni el ángulo asociado al PT en flexión ni el ángulo asociado al PT en extensión a 180°/s mostraron diferencias significativas entre PD y PND (p-valor > 0,05) (Tabla 6).

El PT a 180°/s no varió de forma significativa ni en flexión ni en extensión en ninguna de las dos piernas con el número de repeticiones (p-valor > 0,05). (Figura 24).

**Tabla 5.** Variables evaluadas en este estudio a 180°/s y descritas según la dominancia de la pierna.

Variable	Pierna Dominante		Pierna No Dominante		p-valor
	Media ± SD	IC del 95%	Media ± SD	IC del 95%	
<i>Peak Torque</i> (Nm)					
Flexión	66,31 ± 12,41	(63,36-69,26)	61,91 ± 12,15	(59,03-64,81)	<b>0,0386*</b>
Extensión	113,39 ± 18,19	(109,06-117,71)	109,92 ± 15,31	(106,28-113,56)	0,2309
Ratio H:Q	0,58 ± 0,08	(0,57-0,61)	0,56 ± 0,09	(0,54-0,58)	0,1731
Promedio PT (Nm)					
Flexión†	60,4 (52,97-64,67)	[42,95-79,78]	53,4 (47,4-60,75)	[39,91-77,01]	<b>0,007*</b>
Extensión†	100,85 (92,27-111,17)	[75,84-134,61]	96,1 (90,32-107,85)	[78,98-124,85]	0,252
Peak Torque/Peso (Nm/kg)					
Flexión†	1,09 (0,97-1,2)	[0,84-1,49]	1,01 (0,91-1,11)	[0,78-1,39]	<b>0,0197*</b>
Extensión†	1,88 (1,72-2,09)	[1,45-2,31]	1,82 (1,69-1,99)	[1,51-2,25]	0,1527
Trabajo máximo (J)					
Flexión	82,12 ± 15,59	(78,41-85,82)	76,25 ± 14,94	(72,69-79,80)	<b>0,0266*</b>
Extensión	133,29 ± 22,16	(128,03-138,56)	129,57 ± 19,56	(124,93-134,22)	0,3012
Trabajo máximo/Peso (J/kg)					
Flexión	1,38 ± 0,26	(1,32-1,44)	1,28 ± 0,22	(1,22-1,33)	<b>0,014*</b>
Extensión	2,24 ± 0,32	(2,16-2,31)	2,18 ± 0,30	(2,10-2,25)	0,270
Promedio Trabajo (J)					
Flexión	74,20 ± 14,21	(70,82-77,58)	68,30 ± 13,94	(64,98-71,61)	<b>0,016*</b>
Extensión	120,35 ± 20,92	(115,37-125,32)	115,89 ± 17,13	(111,82-119,96)	0,176
Trabajo Total (J)					
Flexión	738,63 ± 137,74	(705,89-771,37)	682,22 ± 140,22	(648,90-715,55)	<b>0,019*</b>
Extensión	1199,38 ± 208,70	(1149,77-1248,99)	1157,47 ± 173,01	(1116,38-1198,59)	0,205
Potencia máxima (W)					
Flexión†	107 (95,5-124)	[81-148,95]	101 (87,75-118,75)	[78,35-141,65]	<b>0,047*</b>
Extensión	182,18 ± 32,15	(174,53-189,82)	176,07 ± 28,05	(169,41-182,74)	0,240
Promedio de Potencia (W)					
Flexión†	96 (85-108)	[71,05-131,95]	87,5 (77,5-102)	[65,05-125,3]	<b>0,014*</b>
Extensión†	159 (146,5-180)	[120,35-219]	148 (138,75-174,25)	[124-200,3]	0,125

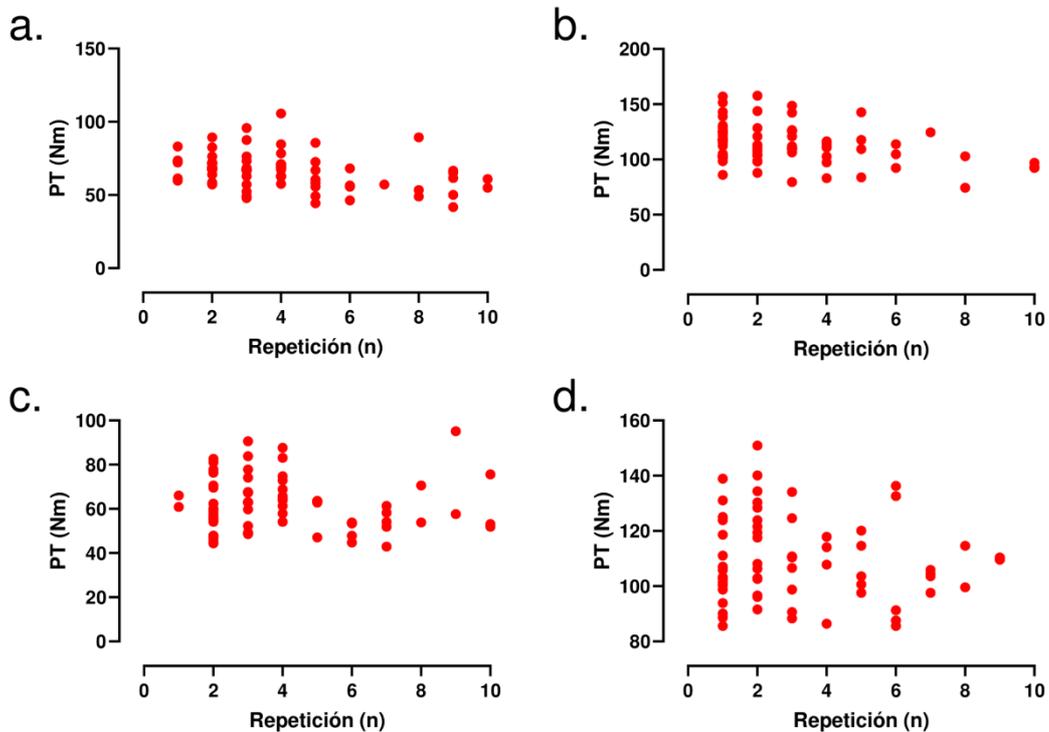
Los datos que se adaptaron a una distribución normal se describieron como media ± desviación estándar (intervalo de confianza del 95%). †: los datos que no se adaptaron a una distribución normal se describieron como Mediana (rango intercuartílico) [percentil 5-percentil 95]. p-valor correspondiente a la comparativa de cada variable entre Pierna Dominante y Pierna No Dominante. Ratio H:Q se calcula dividiendo el *peak torque* (PT) (concéntrico) en flexión de rodilla entre el PT (concéntrico) en extensión de rodilla a la misma velocidad angular. En negrita con \* se resaltan los p-valores estadísticamente significativos.

## Resultados

**Tabla 6.** Ángulo en el que se produce el Peak torque (PT) a 180°/s.

Variable	Pierna Dominante		Pierna No Dominante		p-valor
	Moda	Mediana (RIC)	Moda	Mediana (RIC)	
Ángulo de PT					
Flexión	24 (23)	24 (24-25)	25 (22)	25 (24-26)	0,0702
Extensión	66 (15)	65 (58-67)	68 (20)	65,5 (56,25-68)	0,811

Moda, refiriéndose al ángulo que apareció con mayor frecuencia (n jugadoras que registraron ahí su PT). Mediana (RIC (rango intercuartílico)). p-valor correspondiente a la comparativa de cada variable entre PD y PND. En negrita con \* se resaltan los p-valores estadísticamente significativos.



**Figura 22.** Representación de los valores de Peak Torque (PT) de cada jugadora en flexión (a, c) y en extensión (b, d) de la pierna dominante (a-b) y de la pierna no-dominante (c-d) a lo largo de las repeticiones a 180°/s.

### 4.3 Análisis a velocidad alta, 240°/s

A la velocidad de 240°/s se obtuvieron valores significativos ( $p$ -valor  $< 0,05$ ) en las siguientes variables: PT en el movimiento de flexión, PT promedio en el movimiento de flexión, PT/peso en el movimiento de flexión, trabajo máximo/peso en el movimiento de flexión y potencia máxima en el movimiento de flexión (Tabla 7).

En cuanto a los valores de PT, el PT en flexión de rodilla de la PD fue mayor que la PND de forma estadísticamente significativa ( $p$ -valor = **0,0241**). La diferencia de las medias del PT entre la PD y la PND fue de 4,25 Nm. No se observaron diferencias significativas del PT en extensión entre las piernas ( $p$ -valor = 0,1592). En cuanto a los valores de PT Promedio, el PT Promedio en flexión de rodilla de la PD fue mayor que la PND con significancia estadística ( $p$ -valor = **0,027**). La diferencia de las medias entre la PD y la PND fue de 1,95 Nm. No se observaron diferencias significativas del PT promedio en extensión entre las piernas ( $p$ -valor = 0,175).

En cuanto a los valores de PT normalizados por peso, el PT/peso en flexión de rodilla de la PD fue mayor que la PND de forma estadísticamente significativa ( $p$ -valor = **0,0074**). La diferencia de las medias del PT/peso en flexión entre la PD y la PND fue de 0,08 Nm/kg. No se observaron diferencias significativas del PT/peso en extensión entre las piernas ( $p$ -valor = 0,1901). En cuanto a los valores de trabajo máximo normalizados por peso, el trabajo máximo normalizados por peso en flexión de rodilla de la PD fue mayor que la PND de forma estadísticamente significativa ( $p$ -valor = **0,047**). La diferencia de las medias del trabajo máximo normalizados por peso entre la PD y la PND fue de 0,07 J. No se observaron diferencias significativas del trabajo total en extensión entre las piernas ( $p$ -valor = 0,171). En cuanto a los valores de Potencia máxima, la potencia máxima en flexión de rodilla de la PD fue mayor que la PND con significancia estadística ( $p$ -valor = **0,046**). La diferencia de las medias del Potencia máxima entre la PD y la PND fue de 8,86 W. No se observaron diferencias significativas del PT en extensión entre las piernas ( $p$ -valor = 0,165).

Ni el ángulo asociado al PT en flexión ni el ángulo asociado al PT en extensión a 240°/s mostraron diferencias significativas entre PD y PND ( $p$ -valor  $> 0,05$ ) (Tabla 8).

## Resultados

El PT en flexión a 240°/s no varió de forma significativa en ninguna de las dos piernas con el número de repeticiones (p-valor > 0,05). El PT en extensión en la PD a 240°/s mostró una correlación negativa baja con el número de repeticiones ( $r = -0,373$ ; p-valor = 0,002). El PT en extensión en la PND a 240°/s mostró una correlación negativa baja con el número de repeticiones ( $r = -0,259$ ; p-valor = 0,033). (Figura 25).

**Tabla 7.** Variables evaluadas en este estudio a 240°/s y descritas según la dominancia de la pierna.

Variable	Pierna Dominante		Pierna No Dominante		p-valor
	Media ± SD	IC del 95%	Media ± SD	IC del 95%	
<i>Peak Torque</i> (Nm)					
Flexión	59,73 ± 10,71	(57,18-62,27)	55,48 ± 11,02	(52,86-58,10)	<b>0,0241*</b>
Extensión	94,88 ± 15,23	(91,26-98,50)	91,45 ± 12,93	(88,38-94,53)	0,1592
Ratio H:Q	0,63 ± 0,08	(0,61-0,65)	0,61 ± 0,10	(0,58-0,63)	0,2001
Promedio PT (Nm)					
Flexión†	45,35 (41,4-51,25)	[34,05-63,2]	43,4 (37,2-50,05)	[32,18-61,04]	<b>0,027*</b>
Extensión	76,01 ± 11,29	(73,33-78,69)	73,49 ± 10,27	(71,05-75,93)	0,175
Peak Torque/Peso (Nm/kg)					
Flexión†	0,99 (0,89-1,09)	[0,74-1,33]	0,91 (0,81-1,02)	[0,68-1,12]	<b>0,0074*</b>
Extensión†	1,57 (1,43-1,76)	[1,25-1,98]	1,55 (1,39-1,64)	[1,21-1,88]	0,1901
Trabajo máximo (J)					
Flexión	64,57 ± 13,08	(61,46-67,68)	60,58 ± 11,87	(57,76-63,41)	0,0647
Extensión	103,48 ± 17,15	(99,41-107,56)	99,88 ± 15,39	(96,22-103,54)	0,1999
Trabajo máximo/Peso (J/kg)					
Flexión	1,09 ± 0,22	(1,03-1,13)	1,02 ± 0,18	(0,97-1,06)	<b>0,047*</b>
Extensión	1,74 ± 0,26	(1,67-1,80)	1,68 ± 0,24	(1,62-1,74)	0,171
Promedio Trabajo (J)					
Flexión	50,00 ± 10,63	(47,48-52,53)	46,87 ± 10,46	(44,38-49,35)	0,085
Extensión†	79,7 (74,7-90,45)	[62,94-105,03]	78,2 (72,15-87,17)	[60,33-100,49]	0,297
Trabajo Total (J)					
Flexión	1251,37 ± 265,03	(1188,37-1314,36)	1172,97 ± 262,65	(1110,54-1235,40)	0,085
Extensión†	1992,5 (1864,5-2262)	[1572,85-2625,05]	1955 (1806,75-2179,75)	[1510,5-2509,7]	0,306
Potencia máxima (W)					
Flexión	115,82 ± 26,98	(109,41-122,24)	106,96 ± 24,36	(101,16-112,74)	<b>0,046*</b>
Extensión†	185 (162,25-216)	[145-257,3]	173 (162-201,25)	[136,05-234]	0,165
Promedio de Potencia (W)					
Flexión†	85 (72-94)	[58,7-121,9]	76 (68,25-91,5)	[57-112,25]	0,067
Extensión†	142 (130-160,75)	[109,4-201,9]	141,5 (124-159)	[110,05-178]	0,240

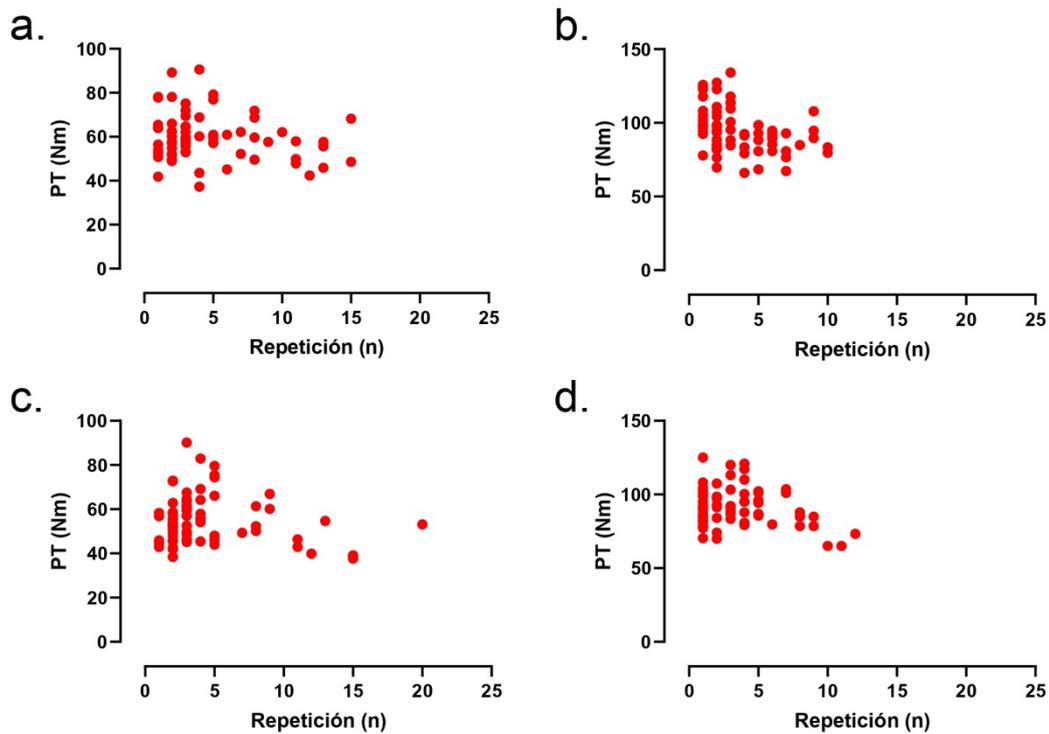
Los datos que se adaptaron a una distribución normal se describieron como media ± desviación estándar (intervalo de confianza del 95%). †: los datos que no se adaptaron a una distribución normal se describieron como Mediana (rango intercuartílico) [percentil 5-percentil 95]. p-valor correspondiente a la comparativa de cada variable entre Pierna Dominante y Pierna No Dominante. Ratio H:Q se calcula dividiendo el *peak torque* (PT) (concéntrico) en flexión de rodilla entre el PT (concéntrico) en extensión de rodilla a la misma velocidad angular. En negrita con \* se resaltan los p-valores estadísticamente significativos.

## Resultados

**Tabla 8.** Ángulo en el que se produce el Peak Torque (PT) a 240°/s.

Variable	Pierna Dominante		Pierna No Dominante		p-valor
	Moda	Mediana (RIC)	Moda	Mediana (RIC)	
Ángulo de PT					
Flexión	23 (16)	22 (21-23)	21 (14)	22 (21-24)	0,2816
Extensión	59 (13)	58 (56-60)	57 (12)	58 (56-61)	0,6569

Moda, refiriéndose al ángulo que apareció con mayor frecuencia (n jugadoras que registraron ahí su PT). Mediana (RIC (rango intercuartílico)). p-valor correspondiente a la comparativa de cada variable entre PD y PND. En negrita con \* se resaltan los p-valores estadísticamente significativos.



**Figura 23.** Representación de los valores de Peak Torque (PT) de cada jugadora en flexión (a, c) y en extensión (b, d) de la pierna dominante (a-b) y de la pierna no-dominante (c-d) a lo largo de las repeticiones a 240°/s.



# Discusión





## 5. Discusión

---

El objetivo de este estudio fue establecer el PT, el ratio H:Q, el PT promedio, el PT normalizado por peso, el trabajo máximo, el trabajo máximo normalizado por peso, el trabajo promedio, el trabajo total, la potencia máxima, el promedio de la potencia y el ángulo del PT en jugadoras profesionales de fútbol y examinar las diferencias en la fuerza muscular Q y H entre la PD (PD) y la pierna no-dominante (PND) considerando velocidades angulares bajas ( $60^\circ/s$ ), medias ( $180^\circ/s$ ) y altas ( $240^\circ/s$ ).

De los estudios encontrados, son pocos los dedicados a dinamometría isocinética en mujeres, los resultados se reducen aún más cuando se pretende hablar de jugadoras de fútbol y finalmente, son muy pocos las investigaciones las dedicadas a un perfil de futbolista femenina profesional con una muestra suficiente para establecer datos normativos. Este estudio presenta ciertas características importantes. Primero, a nuestro juicio, este es el primer estudio biomecánico de dinamometría isocinética en jugadoras profesionales de fútbol femenino que aporta información a tres velocidades angulares diferentes, en ambas piernas diferenciadas por dominancia y sobre variables de PT, trabajo y potencia. Como parte de un examen completo, son necesarias las comparaciones bilaterales, las proporciones unilaterales y la comparación con datos específicos del deporte (221). Los jugadores de fútbol rara vez utilizan ambas piernas con el mismo énfasis (161), favoreciendo a menudo el uso de su extremidad dominante cuando realizan actividades específicas del juego (222). Esto puede dar como resultado una PD más fuerte en comparación con la PND (223–225). Controlar la dominancia lateral en las evaluaciones isocinéticas es capital porque los valores derechos e izquierdos no deben interpretarse de la misma manera (226), a partir de esa premisa, compartimos la tesis de los autores Iossifidou *et al.* (227) y Lockie *et al.* (228) que defienden el hecho de que la dinamometría isocinética permite una valoración detallada de la capacidad de generar torque por parte de los músculos implicados en las acciones articulares específicas, permitiendo, de ese modo, identificar desequilibrios o asimetrías del momento articular entre las PD y la PND a través del cálculo del déficit contralateral (228,229) y entre los músculos implicados en un movimiento articular con la determinación del ratio convencional (H:Q concéntrico) (121,126). Por otro lado, también está la corriente en la interpretación de los datos recopilados en las comparaciones bilaterales transversales, generalmente se presupone que la simetría es la norma y se puede hacer la comparación.

## Discusión

Además, la suposición de simetría puede ser válida en las mediciones de todos los grupos musculares principales en las extremidades inferiores (201,230,231). Sapega (231) y Kannus (201) sugieren, en la comparación de entre lateralidades cuando se evalúan individuos sanos, que los desequilibrios en la fuerza de menos del 10% pueden considerarse normales, las diferencias del 10-20% como posiblemente patológico y las mayores del 20% probablemente patológico. Sorprendentemente, Dvir *et al.* (142) y Noonan & Garret (232) admiten un límite del 80% de la fuerza en el lado contralateral. De hecho, basándonos esta amalgama argumental, Croisier *et al.* (121) subraya que los criterios específicos para recuperar un estado de fuerza “normal” siguen siendo muy variables en la literatura. Segundo, en este estudio no se tuvo en cuenta la fase del ciclo menstrual ya que estudios anteriores (233,234) demostraron que las medidas de fuerza isocinética de la musculatura del muslo no se ven alterado por este. Tercero, se realizaron evaluaciones de fuerza de ambas extremidades inferiores, ya que se sugiere que es más probable que ocurran distensiones de la musculatura del muslo y lesiones de los ligamentos de la rodilla en la PD y PND, respectivamente (210,235,236). Cuarto, se realizaron valoraciones a tres velocidades ya que Davies & Ellenbecker (237) hablan de que las pruebas isocinéticas permiten una variedad de protocolos de prueba y recomiendan el uso de pruebas de amplio espectro de velocidad para que las capacidades del músculo a diferentes velocidades quede reflejada. Quinto cabe destacar que el período de captación de participantes se limitó a esa temporada debido al inicio de la pandemia del SARS-CoV-2. Sexto, la gravedad es otro factor para tener en cuenta, y estaríamos en la línea de Fillyaw *et al.* (238) y su estudio donde demuestran la necesidad de realizar la corrección por el efecto de la gravedad al medir isocinéticamente el torque isquiotibial y cuadricepsital. Esto sería necesario no solo para obtener mediciones válidas del par muscular sino para, lo que es más importante, determinar la fuerza relativa de los antagonistas inversamente afectados por la gravedad. El error de no corregir el efecto de la gravedad se magnificaría a velocidades isocinéticas más rápidas donde los valores absolutos del par muscular son más pequeños.

Los principales hallazgos en el análisis a bajas velocidades, 60°/s, fueron una diferencia estadísticamente significativa en el movimiento de flexión de rodilla entre la PD y la PND en el PT, PT promedio, PT normalizado por peso, trabajo máximo, trabajo máximo normalizado por peso y ángulo del PT. El único caso en el que la variable tuvo una significancia estadística a nivel cuadricepsital, es decir, de extensión de rodilla, fue en

el PT normalizado por peso. En el caso de las valoraciones a medias velocidades, 180°/s, no hubo significancia estadística en el movimiento de extensión en la rodilla, sin embargo, con respecto al movimiento de flexión, es decir, analizando la musculatura isquiotibial, encontramos valores estadísticamente significativo entre PD y PND en prácticamente todas las variables estudiadas: PT, promedio PT, PT normalizado por peso, trabajo máximo, trabajo máximo normalizado por peso, promedio de trabajo, trabajo total, potencia máxima y promedio de potencia. Con respecto a la evaluación de las altas velocidades, 240°/s, de nuevo se hallaron, si bien reducido en cuanto al número de variables, diferencias estadísticamente significativas en el movimiento de flexión de rodilla entre la PD y la PND en el PT, promedio PT, PT normalizado por peso, trabajo máximo normalizado por peso y potencia máxima.

El PT es un parámetro habitual en las valoraciones isocinéticas para medir la función muscular (191,239,240), incluso, algunos autores afirman que es el parámetro más utilizado (240–245). Se define como la producción de par de fuerza más alta producida por la contracción muscular a medida que la extremidad se mueve a través de un rango de movimiento (240,241,243–246). Las pruebas isocinéticas de fuerza muscular a 60°/s se han utilizado habitualmente como medida de referencia para el rendimiento del músculo cuádriceps tanto en pacientes sanos como en lesionados del LCA (247). El PT es la producción de fuerza rotacional máxima para un único punto en la mejor repetición de la serie mientras que PT promedio evalúa la producción de par de fuerza en toda la amplitud de movimiento y en todas las repeticiones de la serie (151). Este estudio describe la presencia de un mayor PT de flexión de la PD a 60°/s respecto a la PND. Es decir, existe una diferencia significativamente estadística en dominancia de la musculatura flexora entre ambas piernas. El aumento promedio fue un 8,6% superior en las PD respecto a la PND. Estas diferencias son notablemente superiores a las descritas anteriormente, que oscilan entre el 2 y el 5% (121,125,248). No obstante, a pesar de tener una diferencia significativa de fuerza contralateral, esta diferencia fue inferior al 15%-20%, que está por debajo de lo que se considera riesgo según algunos autores (120,142,224,232). Estas diferencias de PT entre las dos piernas también se corroboran incluso cuando los PT de flexión se normalizaron al peso corporal (Tabla 3). La normalización del PT respecto al peso corporal es importante para comparar los resultados de los individuos (206) y porque tiene relevancia en actividades deportivas

## Discusión

explosivas, como el fútbol, ya que requieren un alto PT para permitir una aceleración más rápida de su masa corporal (249).

Nuestros resultados mostraron un 11,57 %, 7,34 % y 8,09% a 60°/s, 180°/s y 240°/s respectivamente, más de PT normalizado por peso en flexión en las PDs que en las PNDs. Esto estaría en consonancia lo reportado por otros autores tanto en futbolistas femeninas (125,131) como masculinos (250,251). Risberg *et al.* (125) en su estudio donde evaluaban el PT de 196 futbolistas femeninas reportaron que los valores de PT normalizados por peso en flexión de rodilla a 60°/s fueron significativamente mayores en la PD que en la PND ( $1,38 \pm 0,21$  Nm/kg en la PD y  $1,34 \pm 0,2$  Nm/kg en la PND; p-valor=0,0271). Cheung *et al.* (250). evaluaron a 40 deportistas universitarios masculinos, de los cuales 23 eran futbolistas amateurs, los valores de PT normalizados por peso en flexión de rodilla a 60°/s fueron significativamente mayores en la PD que en la PND ( $1,89 \pm 0,25$  Nm/kg en la PD y  $1,68 \pm 0,31$  Nm/kg en la PND; p-valor=0,0151). Los resultados de la investigación de Aginsky *et al.* (251) en su muestra de 28 futbolistas masculinos, mostraron valores de PT normalizados por peso en la musculatura isquiotibial con significancia estadística más altos en la PD con respecto a la PND en las dos velocidades que testaron 60°/s ( $2,05 \pm 0,24$  Nm/kg en la PD y  $1,98 \pm 0,49$  Nm/kg en la PND; p-valor=0,024). Sin embargo, diferimos con Aginsky *et al.* (251) en cuanto a la simetría de la fuerza del músculo cuádriceps entre PD y PND de la relación PT normalizado por peso a 60°/s pues sus  $3,20 \pm 0,47$  Nm/kg en la PD y  $3,10 \pm 0,49$  (p-valor de 0,854) mientras que en nuestro estudio si existe una diferencia estadísticamente significativa a bajas velocidades por dominancia. Nuestros resultados difieren de los alcanzados por otros autores en futbolistas femeninas (131). Hannon *et al.* (131) evaluaron los valores de PT normalizado por peso a 60°/s una cohorte de 64 adolescentes futbolistas femeninas divididas en dos grupos: 34 de ellas con entre 10 y 14 años y las otras 30 con entre 15 y 18 años; y en ninguno de los casos sus valores fueron significativos. La razón que encontramos para ello es que su muestra estaría aún en pleno proceso de desarrollo madurativo y que tampoco se recopiló información sobre la cantidad de tiempo en años participados en el fútbol, razón que con seguridad influye en sus resultados.

Esta diferencia de PT entre la PD y la PND también pudo detectarse a 180°/s y 240°/s. A 180°/s, nuestros estudios coinciden con lo reportado por otros autores (251). Aginsky *et al.* (251) registraron de nuevo una significancia estadística con respecto los

valores de PT normalizado por peso de la musculatura isquiotibial ( $1,59 \pm 0,21$  Nm/kg en la PD y  $1,46 \pm 0,19$  Nm/kg en la PND; p-valor = 0,024). A  $240^\circ/\text{s}$ , Zimmermann *et al.* (120), en su estudio donde se evaluaron a 66 futbolistas femeninas, divididas en cuatro grupos segmentados por edad, no encontraron diferencias significativas entre la PD y la PND a  $240^\circ/\text{s}$  en flexión considerando únicamente las 19 jugadoras eran profesionales ( $69,94 \pm 10,05$  Nm en la PD y  $66,81 \pm 9,60$  Nm en la PND; p-valor=0,3328). Esta diferencia entre PD y PND señalaría una mayor fuerza de los isquiotibiales en la PD y demostraría, como era de esperar, que la PD responsable de la patada sería la más fuerte (252). Este hallazgo concuerda con estudios previos que han reportado mayor fuerza en la PD en futbolistas masculinos (253,254) y no concuerda con la simetría entre las PD y PND en futbolistas masculinos jóvenes (245,255) y futbolistas femeninas de 11 a 18 años (256). Curiosamente, este hallazgo podría estar relacionado con el hecho de que las jugadoras de fútbol son más susceptibles de lesionarse el LCA más a menudo mientras están de pie sobre su PND (257). En resumen, la diferencia de PT detectada a todas las velocidades evaluadas recalca la existencia de un desequilibrio entre ambas piernas a nivel de flexores de rodilla, lo cual es uno de los factores de riesgo de distensión isquiotibial, junto con una serie de irregularidades como la flexibilidad, ya que Witvrouw *et al.* (258) destacaron el papel de la falta de flexibilidad como factor de riesgo de las distensiones musculares. Se ha informado de que una combinación de irregularidades (fuerza, flexibilidad, calentamiento, fatiga) aumenta el riesgo de distensión isquiotibial (1).

Finalmente, solo a  $240^\circ/\text{s}$ , se encontró una baja correlación, pero estadísticamente significativa tanto para la PD como para la PND (p-valor<0.05) entre el PT y el número de la repetición donde se alcanza (Figura 25). En nuestras valoraciones, vemos que existe una dispersión en bajas y medias velocidades en cuanto al momento en el que el PT se produce, estando la muestra totalmente repartida entre las repeticiones de la serie, y se mostró, por el contrario, un claro agrupamiento de alcance de PT en las repeticiones iniciales a altas velocidades. Este punto puede explicarse por la fatiga muscular, dado que la actividad contráctil de alta intensidad provoca una caída rápida en la tensión o fuerza máxima, una velocidad de acortamiento reducida (259), por la disminución de la velocidad contráctil (ciclo del puente cruzado) (260) y por la mayor fatigabilidad de las fibras de contracción rápida (261). Estos resultados se oponen a la conclusión alcanzada por Morrissey (241) en un estudio que incluía 19 pacientes varones

## Discusión

que se estaban recuperando de una meniscectomía artroscópica de rodilla. En él, Morrissey defiende que, en las valoraciones isocinéticas a bajas velocidades, la extremidad puede alcanzar la velocidad del dinamómetro mucho antes y, por lo tanto, alcanzar el PT en una fase anterior del rango de movimiento o bajo número de repeticiones, mientras que, en las pruebas de velocidad rápida, la extremidad tardaría más en alcanzar la velocidad del dinamómetro. y, por lo tanto, el PT se alcanzaría a un mayor número de repetición. Igualmente nuestra investigación ha querido dar respuesta a la necesidad de informar los PT en ángulos articulares precisos que informen para la interpretación de los profesionales, con implicaciones para el rendimiento y las lesiones, particularmente en mujeres que tienen un mayor riesgo de lesiones en los ligamentos de la rodilla y la musculatura del muslo (210,235,262).

Se ha observado que los déficits de fuerza muscular, por ejemplo, los desequilibrios entre los ratios H-Q, son importantes para determinar la preparación para volver a practicar deporte (160,263,264). En muchos estudios se han descrito cocientes H-Q que oscilan entre el 50 y el 80% (123,125,177,265), aunque en la literatura reciente se afirma que los valores de los ratios H-Q deberían rondar el 60% (266,267). Un ratio H-Q inferior al 60% señalaría una debilidad de los músculos flexores en relación con los músculos extensores de la misma extremidad, creando un desequilibrio muscular (120) y aumentando el riesgo de sufrir lesiones (126,127,132). A pesar de no haber diferencias en los valores de H-Q entre PD y PND en este estudio, se pudo observar un aumento directamente proporcional entre el ratio H-Q y la velocidad angular, lo que concuerda con lo descrito previamente por algunos autores que utilizaron velocidades angulares de 60°/s, 120°/s, 180°/s, y 300°/s (265) o sólo 60°/s, 180°/s, 240°/s (163) H-Q el rango entre 55 y 64%, previamente descrito por otros autores en futbolistas masculinos y femeninos (122,125,132). A diferencia, Holmcob *et al.* (163) informaron de una mayor ratio H-Q en la pierna NDL de un grupo de 12 jugadoras de fútbol de una universidad de la primera división de la National Collegiate Athletic Association. La explicación dada para esto fue que las PNDs que producen ratios H-Q más altos se relacionan directamente con la naturaleza del fútbol puesto que esta pierna sirve generalmente más como pierna de estabilización, permaneciendo inmóvil mientras que el PD sería la responsable del golpeo de la pelota (163). En nuestro caso, los ratios H:Q fueron 0,55 y 0,53 en PD y PND, respectivamente. Si tenemos en cuenta el criterio de Croissier *et al.* (121) basado en su estudio sobre desequilibrios musculares y prevención de lesión isquiotibial llevado a

cabo con 462 futbolistas masculinos profesionales, vemos que efectivamente, la PND tendría un leve riesgo al ser el cociente inferior a 0,55, lo cual indicaría que existe un leve desequilibrio, que tendría que ver con una debilidad isquiotibial en la PND a 60°/s. Al mismo tiempo, los puntos de corte definidos estadísticamente rara vez se describen para la relación H:Q, lo que lleva a una interpretación subjetiva de este parámetro esencial.

Teniendo en cuenta que el PT es una medida instantánea de la producción de par de la articulación, representando sólo un punto (el más alto) de la curva momento-posición angular (268) pudiera ser una variable inapropiada para medir la función muscular a través de todo el rango de movimiento (240,241). Algunos investigadores han sugerido que un mejor indicador de la función muscular puede ser el trabajo (fuerza por distancia) o la potencia (trabajo dividido por tiempo), porque estos parámetros miden la función del músculo en todos los puntos del rango de movimiento (269,270). En términos de pruebas isocinéticas, el trabajo máximo representa el área bajo la curva y la potencia máxima se define como el trabajo total durante la contracción del par máximo dividido por el tiempo real de la contracción (191,239,241,242,246). Estos parámetros dan cuenta de la adaptación global de la curva, no sólo de su valor más alto (271), es por ello por lo que Davies *et al.* (221,272–274) insisten en que se consideren más variables, como por ejemplo, el par específico del ángulo, el trabajo total y la potencia media como parte de una evaluación completa del rendimiento muscular del sujeto. Esto se basa en hallazgos previos, que muestran que los déficits en el desarrollo de la fuerza del cuádriceps son uno de los principales factores limitantes en la vuelta a la práctica deportiva (198,275,276).

El trabajo muscular se define y mide mejor como producción de energía mecánica; es decir, la fuerza aplicada externamente multiplicada por la distancia a través de la cual se aplica (201,231). En Isocinesia, el trabajo se define como el área bajo la curva de torque versus desplazamiento angular ( $t$ ). El trabajo total es la suma del trabajo realizado en todas las repeticiones de la prueba (201) Al igual que el torque, el trabajo a menudo se describe en términos del peso corporal del sujeto (151). Un dinamómetro isocinético puede medir el trabajo máximo. El trabajo máximo se ha propuesto como el parámetro isocinético más sensible para detectar diferencias entre las distintas posiciones de los futbolistas en el campo (62). A pesar de ello, son escasos los estudios que han considerado el impacto de la medición del trabajo máximo en futbolistas profesionales (277). Las variables isocinéticas PT, trabajo total y potencia media miden las diferentes

## Discusión

capacidades de un músculo, aunque todas están correlacionadas con la capacidad del músculo para contraerse y generar fuerza (278). En nuestro estudio, el trabajo máximo mostró una relación inversamente proporcional con la velocidad angular. El trabajo máximo fue significativamente mayor en la PD a 60°/s y 180°/s que en la PND. A bajas velocidades, 60°/s, las valoraciones de trabajo máximo y trabajo máximo normalizado por peso, de la PND mostraron una diferencia de 5,81% y 5,41%, respectivamente, en comparación con la PD. A medias velocidades, 180°/s el análisis de las variables trabajo máximo, trabajo máximo normalizado por peso, promedio trabajo, y trabajo total de la PND mostraron una diferencia de 7,15%, 7,25%, 7,95% y 7,64%, respectivamente, en comparación con la PD. Finalmente, a altas velocidades, 240°/s, el trabajo máximo normalizado por peso de la PND mostró una diferencia de 6,42% en comparación con la PD. Por lo tanto, la musculatura flexora de rodilla, es decir, la musculatura isquiotibial de la PD de nuestra muestra a todas las velocidades evaluadas (60 °/s, 180 °/s y 240°/s) produce una mayor energía mecánica en relación con el peso que la PND. Estos resultados obtenidos para el trabajo se deberían a la existencia de una alta correlación positiva entre el trabajo y el PT (239,241,278–280). Nuestros resultados son coherentes con previos estudios (121,161). Śliwowski *et al.* (161), en su estudio sobre una centena de futbolistas masculinos donde se evaluó el PT y el trabajo de la rodilla a 60 °/s y 240°/s, encontraron una heterogeneidad intergrupal en términos de fuerza muscular de los flexores de rodilla, esto es, observaron las mayores diferencias en el rendimiento de la fuerza isocinética entre jugadores de diferentes niveles de fútbol se relacionaron con la musculatura isquiotibial. Por su parte, Croisier *et al.* (121) afirman que es lógico inferir que la fuerza de los flexores de la rodilla es extremadamente importante en futbolistas, tanto para las sesiones de actividad de alta intensidad y para la estabilización de la articulación durante diversas tareas. Se ha evidenciado una alta correlación entre el PT y el trabajo en Isocinesia, tanto en sujetos sanos (239,241,279), como en reconstrucciones (280) o lesiones de LCA (278) o incluso después de menisectomías (241). Dicho esto, el trabajo se ve afectado por la duración de la contracción. Como han discutido Rothstein *et al.* (246), en el movimiento a bajas velocidades, el rango de movimiento recorrido por la extremidad en cuestión implicará un mayor tiempo de ejecución que a velocidades rápidas. Como resultado, aunque la salida del par puede ser la misma a dos velocidades de movimiento diferentes, se realizará menos trabajo si la velocidad es mayor. A velocidades medias (180°/s), la potencia máxima y el promedio de potencia de la PD mostró 5,61% y 8,86% más, respectivamente, en comparación con la PND. A velocidades

altas (240°/s), la potencia máxima de la PD mostró una diferencia de 7,65%, en comparación con la PND. Por lo tanto, la musculatura flexora de rodilla de la PD de nuestra cohorte a 180°/s y a 240°/s produce un trabajo significativamente más rápido que la PND. Estos resultados estarían en oposición a los descritos previamente por Zimmermann *et al.* (120), quienes evaluaron a 66 futbolistas femeninas, divididas en cuatro grupos segmentados por edad, considerando solo las únicas 19 jugadoras eran profesionales, la potencia promedio a 240°/s en el movimiento de flexión la PD no mostró diferencias significativas respecto a la PND contó con unos valores de  $(167,96 \pm 25,92$  W para la PD y de  $166,42 \pm 26,93$  W para la PND,  $p\text{-valor}=0.8639$ ).

Orchaz *et al.* (281), en su estudio sobre 37 futbolistas masculinos profesionales de un equipo de la liga australiana de fútbol, demostraron que niveles de fuerza muscular bajos registrados isocinéticamente durante la pretemporada pueden ser los responsables de hasta casi un 75% más de riesgo de lesiones en los isquiotibiales durante el desarrollo de la temporada de competición. Casualmente, Minett *et al.* (282), quienes realizaron una comparativa del PT en extensión de rodilla 180°/s entre 24 futbolistas femeninas de la División I universitaria y un grupo control no-atlético antes y después de la temporada, registraron un aumento estadísticamente significativo del 3,8% en el PT en extensión de rodilla de las PDs ( $p\text{-valor}=0,0041$ ). Este estudio avalaría la importancia de tener unos datos objetivos al comienzo de la temporada a partir de la cual los profesionales encargados de la optimización física de las futbolistas pudieran trabajar de forma eficiente y segura. Además, Croisier *et al.* (121), en su estudio sobre 467 futbolistas masculinos, reportaron una reducción de entre 4 y 5 veces en el riesgo de sufrir lesiones durante y tras la temporada en jugadores sin desequilibrios isocinéticos y un menor porcentaje de lesiones en el grupo de jugadores de fútbol que recibieron un entrenamiento compensatorio en base a la evaluación isocinética realizada en la pretemporada en comparación con aquel grupo no-entrenado de forma compensatoria. Estos hallazgos a su juicio, y al nuestro, demuestran claramente la necesidad de realizar evaluaciones isocinéticas de pretemporada en el fútbol profesional y llevar a cabo un programa de fortalecimiento específico para los jugadores con desequilibrios.

### 5.1 Limitaciones

Este trabajo doctoral presenta al menos cuatro limitaciones. En primer lugar, el grupo estudiado estaba compuesto por jugadoras de fútbol tanto de primera (n=22) como de segunda división (n=46) y puede haber diferencias significativas en las capacidades físicas comunicadas en los distintos niveles de juego para las jugadoras de fútbol, como se ha revisado recientemente (283). En segundo lugar, no se ha tenido en cuenta la posición de juego, ya que el número por posición se consideró bajo. Tercero, el valgo dinámico de la rodilla de las futbolistas no fue considerado en este estudio. Esto limitaría la comparación entre jugadores de fútbol femeninos y masculinos, ya que se ha informado de que las atletas femeninas muestran una activación cuatro veces mayor de sus músculos isquiotibiales que los masculinos durante el gesto de tensión dinámica (284). En cuarto lugar, la extremidad no fue aleatorizada. Aunque estudios previos han aleatorizado la extremidad, (120,147,285) el sesgo causado por esta limitación puede no ser grande ya que los futbolistas tuvieron suficiente descanso entre series y están acostumbrados a las pruebas, por lo tanto no debería haber aprendizaje o fatiga. Además, este estudio ofrecería algunas perspectivas futuras prometedoras, por ejemplo, permitiría comparar los valores aquí descritos con futbolistas femeninas más jóvenes o, incluso, con futbolistas masculinos considerando que los valores aquí descritos pueden cambiar debido a la edad (120), el IMC, la posición de juego, entre otros.

## 5.2 Perspectivas futuras

Este estudio supone un punto de partida para futuros estudios sobre futbolistas femeninas. Habría al menos dos posibles líneas de investigación:

La primera centrada en un estudio de cohortes análogo al realizado por Croisier *et al.* (121) que consistiría en una evaluación isocinética concéntrica estandarizada para identificar a las jugadoras de fútbol con diferencias isocinéticas entre la PD y PND en la pretemporada, clasificarlas en subgrupos según el nivel de su desequilibrio, y registrar la incidencia lesional muscular durante la temporada, lo cual, permitiría definir las frecuencias de lesiones y los riesgos relativos entre grupos.

La segunda focalizada en la comparación de las diferencias entre los desequilibrios isocinéticos hallados en futbolistas masculinos y femeninos tras porcentualizarlos, ya que sería la única forma de soslayar las grandes diferencias desarrolladas relacionadas con el sexo que existen a nivel de la cinética del músculo esquelético y la composición del tipo de fibra (286).



# Conclusiones



## 6. Conclusiones

---

1. Existe una diferencia significativa en el movimiento de flexión de rodilla entre la pierna dominante y la pierna no-dominante a todas las velocidades ( $60^{\circ}/s$ ,  $180^{\circ}/s$  y  $240^{\circ}/s$ ) en las variables de par máximo, promedio del *peak torque*, *peak torque* normalizado por peso y trabajo máximo normalizado por peso.
2. Existe una correlación baja entre el *peak torque* y el número de repeticiones en el que se alcanza tanto en la pierna dominante como en la pierna no-dominante a la velocidad de  $240^{\circ}/s$ .
3. Existe una diferencia significativa en el movimiento de flexión de rodilla entre la pierna dominante y la pierna no-dominante a  $180^{\circ}/s$  y  $240^{\circ}/s$  en la potencia máxima.
4. Existe una diferencia significativa en el movimiento de flexión de rodilla entre la pierna dominante y la pierna no-dominante a  $60^{\circ}/s$  en el que se produce el ángulo del *peak toque*.
5. Exista una diferencia significativa en el movimiento de flexión de rodilla entre la pierna dominante y la pierna no-dominante a  $180^{\circ}/s$  en el trabajo promedio, el trabajo total y la potencia promedio.
6. Existe una diferencia significativa en el movimiento de extensión de rodilla entre la pierna dominante y la pierna no-dominante a  $60^{\circ}/s$  en el *peak toque* normalizado por peso.
7. Se necesita seguir investigando en relación con los datos de valores isocinéticos en jugadoras de fútbol femenino profesional.







# **B**ibliografía



## 7. Bibliografía

---

1. Stølen T, Chamari K, Castagna C, Wisl??ff U. Physiology of Soccer: An Update. *Sports Medicine*. 2005;35(6):501-36.
2. Reilly T, Bangsbo J, Franks A. Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer. *Journal of Sports Sciences*. enero de 2000;18(9):669-83.
3. Hulteen RM, Smith JJ, Morgan PJ, Barnett LM, Hallal PC, Colyvas K, et al. Global participation in sport and leisure-time physical activities: A systematic review and meta-analysis. *Preventive Medicine*. febrero de 2017;95:14-25.
4. Documentos | IFAB [Internet]. [citado 13 de enero de 2023]. Disponible en: <https://www.theifab.com/es/laws-of-the-game-documents/?language=all&year=2022%2F23>
5. Sporis G, Jukic I, Ostojic SM, Milanovic D. Fitness Profiling in Soccer: Physical and Physiologic Characteristics of Elite Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. octubre de 2009;23(7):1947-53.
6. Keen R. Nutrition-Related Considerations in Soccer: A Review. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*. diciembre de 2018;47(12).
7. Faude O, Rößler R, Junge A. Football Injuries in Children and Adolescent Players: Are There Clues for Prevention? *Sports Med*. septiembre de 2013;43(9):819-37.
8. Koerte IK, Mayinger M, Muehlmann M, Kaufmann D, Lin AP, Steffinger D, et al. Cortical thinning in former professional soccer players. *Brain Imaging and Behavior*. septiembre de 2016;10(3):792-8.
9. Armstrong G, Giulianotti R. Football in the Making. En: Armstrong G, Giulianotti R, editores. *Football Cultures and Identities* [Internet]. London: Palgrave Macmillan UK; 1999 [citado 13 de enero de 2023]. p. 3-11. Disponible en: [http://link.springer.com/10.1057/9780230378896\\_1](http://link.springer.com/10.1057/9780230378896_1)
10. Origins - Cuju in China [Internet]. 2022 [citado 13 de febrero de 2023]. Disponible en: <https://www.fifamuseum.com/en/blog-stories/editorial/origins-cuju-in-china/>
11. Wrack S. *A Woman's Game: The Rise, Fall, and Rise Again of Women's Football*. Faber & Faber; 2022. 157 p.
12. Yang J. Football Museums: History, Identity, and Connection. *The International Journal of the History of Sport*. 12 de diciembre de 2017;34(17-18):1872-82.
13. FIFA Activity Report 2005 [Internet]. FIFA Activity Report 2005. [citado 10 de enero de 2023]. Disponible en: <https://fifa.com>

## Bibliografía

14. Menayo D. El fútbol femenino en 20 toques: la historia contada a través de las vivencias, anécdotas e impresiones de sus protagonistas. 1ª ed. O Porriño, Pontevedra: Cydonia; 2015.
15. Esteban MU. Breve historia del fútbol. Nowtilus; 2019. 260 p.
16. Origins - Greco-Roman ball games [Internet]. 2022 [citado 13 de febrero de 2023]. Disponible en: <https://www.fifamuseum.com/en/blog-stories/editorial/origins-greco-roman-ball-games/>
17. Kietlinski R. Japanese Women and Sport: Beyond Baseball and Sumo. A&C Black; 2011. 206 p.
18. Origins - Kemari [Internet]. 2022 [citado 13 de febrero de 2023]. Disponible en: <https://www.fifamuseum.com/en/blog-stories/editorial/origins-kemari/>
19. Origins - Meso-American ball games [Internet]. 2022 [citado 13 de febrero de 2023]. Disponible en: <https://www.fifamuseum.com/en/blog-stories/editorial/origins-meso-american-ball-games/>
20. Soto GAS. Prepara, apunta, dispara...fusila al portero. La metáfora bélica en el fútbol. Káñina [Internet]. 2009 [citado 14 de enero de 2023];33(4). Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/kanina/article/view/1577>
21. Burgues PL, Climent SO. MIL JUEGOS Y DEPORTES POPULARES Y TRADICIONALES. Editorial Paidotribo; 2007. 394 p.
22. Fournier LS. Le jeu de « soule » en France aujourd'hui : un revivalisme sans patrimonialisation: Ethnologie française. 5 de junio de 2009;Vol. 39(3):471-81.
23. Yagüe JM, Flaviano. Fútbol. Una propuesta curricular a través del juego. Unidades didácticas para Secundaria VII. INDE; 1997. 138 p.
24. Journal pour tous: magasin hebdomadaire illustré. Lahure; 1864. 852 p.
25. Medina JÁ. Los deportes colectivos: teoría y realidad. Desde la iniciación al rendimiento. Prensas de la Universidad de Zaragoza; 2011. 262 p.
26. Magoun FP. Il Gioco del Calcio Fiorentino. Italice. marzo de 1942;19(1):1.
27. Zollinger M. *Calcio Fiorentino* revisited: a bibliographical puzzle finally solved. The International Journal of the History of Sport. diciembre de 2000;17(4):81-92.
28. Guerrazzi FD. L'assedio di Firenze. Libreria editrice Dante Alighieri; 1869. 824 p.
29. Tavole di riduzione delle misure e pesi toscani alle misure e pesi analoghi del nuovo sistema metrico dell'impero francese calcolate per ordine del governo dalla commissione stabilita con decreto della Giunta imperiale in data del primo di luglio 1808.

- ed approvate con altro decreto de' 6. d'ottobre. presso Molini, Landi e comp.; 1809. 204 p.
30. Comune di Firenze. Calcio storico fiorentino | Cultura [Internet]. Regolamento del Calcio Storico. [citado 15 de febrero de 2023]. Disponible en: <https://cultura.comune.fi.it/calcio-storico-fiorentino>
31. A history of the FA [Internet]. [citado 12 de enero de 2023]. Disponible en: <https://www.thefa.com/about-football-association/what-we-do/history>
32. Williams J. The history of women's football [Internet]. Barnsley, UK: Pen & Sword History; 2021 [citado 9 de enero de 2023]. 1 p. Disponible en: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&db=nlabk&AN=3122850>
33. Bowman WD. The World Cup as World History. Rowman & Littlefield; 2019. 225 p.
34. Magee J, Sugden J. "The World at their Feet": Professional Football and International Labor Migration. *Journal of Sport and Social Issues*. 1 de noviembre de 2002;26(4):421-37.
35. The IFAB Background | IFAB [Internet]. [citado 15 de enero de 2023]. Disponible en: <https://www.theifab.com/es/background/>
36. The IFAB Organisation | IFAB [Internet]. [citado 15 de enero de 2023]. Disponible en: <https://www.theifab.com/es/organisation/>
37. FIFA [Internet]. [citado 10 de enero de 2023]. Disponible en: <https://fifa.com>
38. FIFA [Internet]. [citado 15 de enero de 2023]. Disponible en: <https://www.ussoccer.com/history/organizational-structure/fifa>
39. Association TF. History of women's football [Internet]. [www.thefa.com](http://www.thefa.com). [citado 10 de enero de 2023]. Disponible en: <http://www.thefa.com/womens-girls-football/history>
40. Historia del fútbol femenino en MARCA [Internet]. [Marca.com](https://especiales.marca.com). [citado 10 de enero de 2023]. Disponible en: <https://especiales.marca.com/futbol/historia-futbol-femenino/index.html>
41. Skillen F, Byrne H, Carrier J, James G. 'The game of football is quite unsuitable for females and ought not to be encouraged': a comparative analysis of the 1921 English Football Association ban on women's football in Britain and Ireland. *Sport in History*. 2 de enero de 2022;42(1):49-75.
42. FIFA Women's Football Development – The Story So Far [Internet]. [citado 1 de

## Bibliografía

- diciembre de 2022]. Disponible en: <https://www.fifa.com/womens-football/news/origin1904-p.cxm.fifa.comfifa-womens-football-development-the-story-so-far>
43. Randell RK, Clifford T, Drust B, Moss SL, Unnithan VB, De Ste Croix MBA, et al. Physiological Characteristics of Female Soccer Players and Health and Performance Considerations: A Narrative Review. *Sports Med.* julio de 2021;51(7):1377-99.
44. Griffin J, Horan S, Keogh J, Dodd K, Andreatta M, Minahan C. Contextual factors influencing the characteristics of female football players. *J Sports Med Phys Fitness* [Internet]. febrero de 2021 [citado 1 de diciembre de 2022];61(2). Disponible en: <https://www.minervamedica.it/index2.php?show=R40Y2021N02A0218>
45. FIFA. Strategy Details [Internet]. [citado 1 de diciembre de 2022]. Disponible en: <https://www.fifa.com/womens-football/strategy/origin1904-p.cxm.fifa.com/womens-football/strategy/strategy-details>
46. Tate T. *Secret History Of Womens Football*. Kings Road Publishing; 2013. 259 p.
47. El puntapié inicial para el fútbol femenino [Internet]. [citado 10 de enero de 2023]. Disponible en: <https://www.fifa.com/es/news/origin1904-p.cxm.fifa.comlos-origenes-del-futbol-femenino-2569648>
48. Girod G. The women who make the guns: the munitionettes in Glasgow and Paris and their lack of interaction with the far-left agitators. *Labor History.* 3 de marzo de 2020;61(2):203-12.
49. Moran T. *Walking Football: Improve Your Life*. Book Guild Publishing; 2020. 115 p.
50. Kuhn G. *Soccer vs. the State: Tackling Football and Radical Politics*. PM Press; 2019. 349 p.
51. Club Atlético de Madrid - El Wanda Metropolitano batió el récord mundial de asistencia a un partido femenino de clubes [Internet]. Club Atlético de Madrid. 2019 [citado 12 de febrero de 2023]. Disponible en: <https://www.atleticodemadrid.com/noticias/el-wanda-metropolitano-batio-el-record-mundial-de-asistencia-a-un-partido-femenino-de-clubes>
52. ¡El Camp Nou lo vuelve a hacer y bate un nuevo récord mundial de asistencia con 91.648 asistentes! [Internet]. [citado 17 de enero de 2023]. Disponible en: <https://www.fcbarcelona.es/es/futbol/femenino-a/noticias/2585994/el-camp-nou-lo-vuelve-a-hacer-y-bate-un-nuevo-record-mundial-de-asistencia-con-91648-asistentes>

53. Lee C. Origin Stories. eBook Partnership; 2021. 349 p.
54. Hamilton D. Going to the match: the passion for football. London: Hodder & Stoughton Ltd; 2019. 1 p.
55. Alcalde MDR, Martí XP. Women, Football, and Francoism: Lesbians and the Formation of Social Networks through Women's Football in Barcelona, 1970–1979. *The International Journal of the History of Sport*. 22 de enero de 2020;37(1-2):94-112.
56. Carvalho J, editor. Sports Media History: Culture, Technology, Identity [Internet]. 1.<sup>a</sup> ed. Routledge; 2020 [citado 20 de enero de 2023]. Disponible en: <https://www.taylorfrancis.com/books/9781000206531>
57. Theivam K, Kassouf J. The Making of the Women's World Cup: Defining stories from a sport's coming of age. Hachette UK; 2019. 230 p.
58. Copa Mundial Femenina de la FIFA™ [Internet]. [citado 20 de enero de 2023]. Disponible en: <https://www.fifa.com/es/tournaments/womens/womensworldcup>
59. González IP. Fútbol. Historia y aspectos básicos del juego y del entrenamiento. Universidad Miguel Hernández; 2022. 118 p.
60. Torneos Olimpicos de Futbol Atlanta 1996 [Internet]. [citado 22 de enero de 2023]. Disponible en: <https://www.fifa.com/es/tournaments/womens/womensolympic/origin1904-p.cxm.fifa.com/tournaments/womens/womensolympic/atlanta1996>
61. La oficialización del «Huelva Recreation Club» en 1889: Decano del fútbol español | Cuadernos de Fútbol [Internet]. [citado 16 de enero de 2023]. Disponible en: <https://www.cihefe.es/cuadernosdefutbol/2010/01/la-oficializacion-del-huelva-recreation-club-en-1889-decano-del-futbol-espanol/>
62. Salguero GC, José FGMS, Gosalvez AP, Rebollo JMC, Fernández IB, Rosa LF. ISOKINETIC PROFILES AND REFERENCE VALUES OF PROFESSIONAL SOCCER PLAYERS. *Rev Bras Med Esporte*. diciembre de 2021;27(6):610-5.
63. Torrebadella-Flix X. Fútbol en femenino. Notas para la construcción de una historia social del deporte femenino en España, 1900-1936. *Investigaciones Feministas*. 30 de junio de 2016;7:308-29.
64. Los primeros pasos del futbol femenino en España | Cuadernos de Fútbol [Internet]. [citado 26 de diciembre de 2022]. Disponible en: <https://www.cihefe.es/cuadernosdefutbol/2011/04/los-primeros-pasos-del-futbol-femenino-en-espana/>
65. Edición del jueves 11 junio 1914, Página 4 - Hemeroteca - MundoDeportivo.com

## Bibliografía

- [Internet]. [citado 26 de diciembre de 2022]. Disponible en: <http://hemeroteca.mundodeportivo.com/preview/1914/06/11/pagina-4/1394123/pdf.html>
66. Arenós CMM, Fuster JMF. La mujer en el olimpismo durante la época franquista = Women in the olympics in the Franco stage. *Materiales para la Historia del Deporte*. 12 de febrero de 2015;(0):207-19.
67. Pastor i Homs MI. La educación femenina en la postguerra (1939-45): el caso de Mallorca. Madrid: Ministerio de Cultura, Instituto de la Mujer; 1984. 174 p.
68. Selección Femenina: 40 años del nacimiento de una pasión | [www.rfef.es](http://www.rfef.es) [Internet]. Web oficial de la Real Federación Española de Fútbol. [citado 12 de febrero de 2023]. Disponible en: <https://rfef.es/es/noticias/seleccion-femenina-40-anos-del-nacimiento-de-una-pasion>
69. La Selección aterriza en Australia para disputar la Copa de Naciones | [www.rfef.es](http://www.rfef.es) [Internet]. Web oficial de la Real Federación Española de Fútbol. [citado 15 de febrero de 2023]. Disponible en: <https://rfef.es/es/noticias/la-seleccion-pone-rumbo-australia-para-disputar-la-copa-de-naciones>
70. Un nuevo gran paso para la profesionalización del fútbol femenino | Cuadernos de Fútbol [Internet]. [citado 12 de febrero de 2023]. Disponible en: <https://www.cihefe.es/cuadernosdefutbol/2021/04/un-nuevo-gran-paso-para-la-profesionalizacion-del-futbol-femenino/>
71. La Comisión Directiva del CSD aprueba los estatutos para profesionalizar la Liga Iberdrola [Internet]. [citado 12 de febrero de 2023]. Disponible en: <https://www.afe-futbol.com/futbol-femenino/aprobacion-estatutos-liga-iberdrola/>
72. Finetwork será el título de la Liga F [Internet]. @OficialLigaF. [citado 12 de febrero de 2023]. Disponible en: <http://ligaf.es/noticia/finetwork-sera-el-titulo-de-la-liga-f>
73. Inscritos los 16 clubes de la Primera División Femenina [Internet]. @OficialLigaF. [citado 12 de febrero de 2023]. Disponible en: <http://ligaf.es/noticia/inscritos-los-16-clubes-de-la-primera-division-femenina>
74. Acuerdo comercial histórico para el fútbol profesional femenino [Internet]. @OficialLigaF. [citado 12 de febrero de 2023]. Disponible en: <http://ligaf.es/noticia/acuerdo-comercial-historico-para-el-futbol-profesional-femenino>
75. Histórica adjudicación de los derechos audiovisuales de la competición profesional femenina [Internet]. @OficialLigaF. [citado 12 de febrero de 2023]. Disponible en: <http://ligaf.es/noticia/historica-adjudicacion-de-los-derechos>

audiovisuales-de-la-competicion-profesional-femenina

76. La FIFA publica su primera Guía para la concesión de licencias de clubes en el fútbol femenino [Internet]. [citado 12 de febrero de 2023]. Disponible en: <https://www.fifa.com/es/womens-football/news/origin1904-p.cxm.fifa.comla-fifa-publica-su-primera-guia-para-la-concesion-de-licencias-de-clubes-en>
77. Castelo JFF. Fútbol: estructura y dinámica del juego. 1. ed. Barcelona: INDE; 1999.
78. FIFA [Internet]. [citado 15 de enero de 2023]. Disponible en: <https://www.fifa.com/es/technical/football-technology/standards>
79. Presentado Oceanz, el balón con el que la Selección Española Femenina quiere hacer historia | www.rfef.es [Internet]. Web oficial de la Real Federación Española de Fútbol. [citado 24 de enero de 2023]. Disponible en: <https://rfef.es/es/noticias/presentado-oceanuz-el-balon-con-el-que-la-seleccion-espanola-femenina-quiere-hacer>
80. Nacach P. ¡Fútbol! Mucho más que un juego. Siruela; 2016. 131 p.
81. Slimani M, Nikolaidis PT. Anthropometric and physiological characteristics of male soccer players according to their competitive level, playing position and age group: a systematic review. J Sports Med Phys Fitness [Internet]. diciembre de 2018 [citado 5 de febrero de 2023];59(1). Disponible en: <https://www.minervamedica.it/index2.php?show=R40Y2019N01A0141>
82. Pérez-Gosalvez A, García-Muro San José F, Carrión-Otero O, Pérez-Fernández T, Fernández-Rosa L. Blood Pressure and Heart Rate Responses to an Isokinetic Testing Protocol in Professional Soccer Players. JCM. 11 de marzo de 2022;11(6):1539.
83. Wiemeyer J. Who should play in which position in soccer? Empirical evidence and unconventional modelling. International Journal of Performance Analysis in Sport. abril de 2003;3(1):1-18.
84. Lingen BV. Coaching Soccer: The Official Coaching Book of the Dutch Soccer Association. Reedswain; 1998. 228 p.
85. Documentos | IFAB [Internet]. [citado 15 de enero de 2023]. Disponible en: <https://www.theifab.com/es/laws-of-the-game-documents/?language=all&year=2022%2F23>
86. Nast C. “Una puede imaginarse este momento, pero nunca sabe lo que es hasta que lo vive”: así afronta la selección española de fútbol femenino la Eurocopa 2022 [Internet]. Vogue España. 2022 [citado 20 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://www.vogue.es/living/articulos/seleccion-espanola-femenina-futbol-alexia->

## Bibliografía

putellas-eurocopa

87. Lola Gallardo [@Lola\_Gallardo1]. ¡Semana de liga! 😊 22-23 allá vamos 🚀🏆  
#SiempreAtleti ❤️ <https://t.co/TKyU44Cy1W> [Internet]. Twitter. 2022 [citado 20 de marzo de 2023]. Disponible en: [https://twitter.com/Lola\\_Gallardo1/status/1567899215224864769](https://twitter.com/Lola_Gallardo1/status/1567899215224864769)
88. Mujika I, Santisteban J, Impellizzeri FM, Castagna C. Fitness determinants of success in men's and women's football. *Journal of Sports Sciences*. enero de 2009;27(2):107-14.
89. Manson SA, Brughelli M, Harris NK. Physiological Characteristics of International Female Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. febrero de 2014;28(2):308-18.
90. Balsom P, Wood K, Olsson P, Ekblom B. Carbohydrate Intake and Multiple Sprint Sports: With Special Reference to Football (Soccer). *Int J Sports Med*. enero de 1999;20(01):48-52.
91. Drust B, Reilly T, Cable NT. Physiological responses to laboratory-based soccer-specific intermittent and continuous exercise. *Journal of Sports Sciences*. enero de 2000;18(11):885-92.
92. Edwards AM, Macfadyen AM, Clark N. Test performance indicators from a single soccer specific fitness test differentiate between highly trained and recreationally active soccer players. *J Sports Med Phys Fitness*. marzo de 2003;43(1):14-20.
93. Di Salvo V, Baron R, Tschan H, Calderon Montero F, Bachl N, Pigozzi F. Performance Characteristics According to Playing Position in Elite Soccer. *Int J Sports Med*. marzo de 2007;28(3):222-7.
94. Bangsbo J, Mohr M, Krstrup P. Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *Journal of Sports Sciences*. julio de 2006;24(7):665-74.
95. Teixeira JE, Forte P, Ferraz R, Leal M, Ribeiro J, Silva AJ, et al. Monitoring Accumulated Training and Match Load in Football: A Systematic Review. *IJERPH*. 8 de abril de 2021;18(8):3906.
96. Sheppard JM, Young WB, Doyle TLA, Sheppard TA, Newton RU. An evaluation of a new test of reactive agility and its relationship to sprint speed and change of direction speed. *Journal of Science and Medicine in Sport*. agosto de 2006;9(4):342-9.
97. Mohr M, Krstrup P, Bangsbo J. Fatigue in soccer: A brief review. *Journal of*

- Sports Sciences. junio de 2005;23(6):593-9.
98. Davis JA, Brewer J. Applied physiology of female soccer players. Sports Med. septiembre de 1993;16(3):180-9.
99. Oberg B, Ekstrand J, Möller M, Gillquist J. Muscle strength and flexibility in different positions of soccer players. Int J Sports Med. agosto de 1984;5(4):213-6.
100. Knapik JJ, Bauman CL, Jones BH, Harris JM, Vaughan L. Preseason strength and flexibility imbalances associated with athletic injuries in female collegiate athletes. Am J Sports Med. 1991;19(1):76-81.
101. Burgess DJ, Naughton G, Norton KI. Profile of movement demands of national football players in Australia. Journal of Science and Medicine in Sport. agosto de 2006;9(4):334-41.
102. Di Mascio M, Bradley PS. Evaluation of the Most Intense High-Intensity Running Period in English FA Premier League Soccer Matches. Journal of Strength and Conditioning Research. abril de 2013;27(4):909-15.
103. Abreu R, Figueiredo P, Beckert P, Marques JP, Amorim S, Caetano C, et al. Portuguese Football Federation consensus statement 2020: nutrition and performance in football. BMJ Open Sport Exerc Med. agosto de 2021;7(3):e001082.
104. Curtis RM, Huggins RA, Looney DP, West CA, Fortunati A, Fontaine GJ, et al. Match Demands of National Collegiate Athletic Association Division I Men's Soccer. Journal of Strength and Conditioning Research. octubre de 2018;32(10):2907-17.
105. Andersson HÅ, Randers MB, Heiner-Møller A, Krstrup P, Mohr M. Elite Female Soccer Players Perform More High-Intensity Running When Playing in International Games Compared With Domestic League Games. Journal of Strength and Conditioning Research. abril de 2010;24(4):912-9.
106. Gabbett TJ, Mulvey MJ. Time-Motion Analysis of Small-Sided Training Games and Competition in Elite Women Soccer Players. Journal of Strength and Conditioning Research. marzo de 2008;22(2):543-52.
107. Mohr M, Krstrup P, Andersson H, Kirkendal D, Bangsbo J. Match Activities of Elite Women Soccer Players at Different Performance Levels. Journal of Strength and Conditioning Research. marzo de 2008;22(2):341-9.
108. Datson N, Hulton A, Andersson H, Lewis T, Weston M, Drust B, et al. Applied physiology of female soccer: an update. Sports Med. septiembre de 2014;44(9):1225-40.
109. Goulart KNO, Coimbra CC, Campos HO, Drummond LR, Ogando PHM, Brown G, et al. Fatigue and Recovery Time Course After Female Soccer Matches: A Systematic

## Bibliografía

Review And Meta-analysis. *Sports Med - Open*. diciembre de 2022;8(1):72.

110. Krstrup P, Mohr M, Ellingsgaard H, Bangsbo J. Physical Demands during an Elite Female Soccer Game: Importance of Training Status. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. julio de 2005;37(7):1242-8.

111. FIFA. PHYSICAL ANALYSIS OF THE FIFA WOMEN'S WORLD CUP FRANCE 2019TM [Internet]. Disponible en: <https://digitalhub.fifa.com/m/4f40a98140d305e2/original/zijqly4oednqa5gffgaz-pdf.pdf>

112. Andersson H, Ekblom B, Krstrup P. Elite football on artificial turf versus natural grass: Movement patterns, technical standards, and player impressions. *Journal of Sports Sciences*. 15 de enero de 2008;26(2):113-22.

113. Martínez-Lagunas V, Niessen M, Hartmann U. Women's football: Player characteristics and demands of the game. *Journal of Sport and Health Science*. diciembre de 2014;3(4):258-72.

114. Milanović Z, Sporiš G, James N, Trajković N, Ignjatović A, Sarmiento H, et al. Physiological Demands, Morphological Characteristics, Physical Abilities and Injuries of Female Soccer Players. *Journal of Human Kinetics*. 28 de diciembre de 2017;60(1):77-83.

115. G. Hoare D, Warr CR. Talent identification and women's soccer: An Australian experience. *Journal of Sports Sciences*. enero de 2000;18(9):751-8.

116. Vescovi JD, Brown TD, Murray TM. Positional characteristics of physical performance in Division I college female soccer players. *J Sports Med Phys Fitness*. junio de 2006;46(2):221-6.

117. Vescovi JD, Rupf R, Brown TD, Marques MC. Physical performance characteristics of high-level female soccer players 12-21 years of age: Performance characteristics of female soccer players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. octubre de 2011;21(5):670-8.

118. Samantha L Clark KAB. Isokinetic Strength and Performance in Collegiate Women's Soccer. *J Nov Physiother* [Internet]. 2013 [citado 10 de febrero de 2023];s3(01). Disponible en: <https://www.omicsonline.org/open-access/isokinetic-strength-and-performance-in-collegiate-womens-soccer-2165-7025.S3-001.php?aid=11718>

119. dos Santos Andrade M, Mascarín NC, Foster R, de Jármy di Bella ZI, Vancini RL, Barbosa de Lira CA. Is muscular strength balance influenced by menstrual cycle in female soccer players? *J Sports Med Phys Fitness* [Internet]. mayo de 2017 [citado 10 de febrero

- de 2023];57(6). Disponible en:  
<https://www.minervamedica.it/index2.php?show=R40Y2017N06A0859>
120. Vargas VZ, Motta C, Peres B, Vancini RL, Andre Barbosa De Lira C, Andrade MS. Knee isokinetic muscle strength and balance ratio in female soccer players of different age groups: a cross-sectional study. *The Physician and Sportsmedicine*. 2 de enero de 2020;48(1):105-9.
  121. Croisier JL, Ganteaume S, Binet J, Genty M, Ferret JM. Strength Imbalances and Prevention of Hamstring Injury in Professional Soccer Players: A Prospective Study. *Am J Sports Med*. agosto de 2008;36(8):1469-75.
  122. Croisier JL, Forthomme B, Namurois MH, Vanderthommen M, Crielaard JM. Hamstring Muscle Strain Recurrence and Strength Performance Disorders. *Am J Sports Med*. marzo de 2002;30(2):199-203.
  123. Ruas CV, Minozzo F, Pinto MD, Brown LE, Pinto RS. Lower-Extremity Strength Ratios of Professional Soccer Players According to Field Position. *Journal of Strength and Conditioning Research*. mayo de 2015;29(5):1220-6.
  124. Greig M. The Influence of Soccer-Specific Fatigue on Peak Isokinetic Torque Production of the Knee Flexors and Extensors. *Am J Sports Med*. julio de 2008;36(7):1403-9.
  125. Risberg MA, Steffen K, Nilstad A, Myklebust G, Kristianslund E, Moltubakk MM, et al. Normative Quadriceps and Hamstring Muscle Strength Values for Female, Healthy, Elite Handball and Football Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. agosto de 2018;32(8):2314-23.
  126. Coombs R, Garbutt G. Developments in the use of the hamstring/quadriceps ratio for the assessment of muscle balance. *J Sports Sci Med*. septiembre de 2002;1(3):56-62.
  127. Mascarin NC, Vancini RL, Lira CAB, Andrade MS. Stretch-Induced Reductions in Throwing Performance Are Attenuated by Warm-up Before Exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*. mayo de 2015;29(5):1393-8.
  128. The female ACL: Why is it more prone to injury? *Journal of Orthopaedics*. junio de 2016;13(2):A1-4.
  129. Hewett TE, Myer GD, Ford KR. Anterior Cruciate Ligament Injuries in Female Athletes: Part 1, Mechanisms and Risk Factors. *Am J Sports Med*. febrero de 2006;34(2):299-311.
  130. Waldén M, Hägglund M, Magnusson H, Ekstrand J. Anterior cruciate ligament injury in elite football: a prospective three-cohort study. *Knee Surg Sports Traumatol*

## Bibliografía

Arthrosc. enero de 2011;19(1):11-9.

131. Hannon JP, Wang-Price S, Garrison JC, Goto S, Bothwell JM, Bush CA. Normalized Hip and Knee Strength in Two Age Groups of Adolescent Female Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. enero de 2022;36(1):207-11.

132. Andrade MDS, De Lira CAB, Koffes FDC, Mascarín NC, Benedito-Silva AA, Da Silva AC. Isokinetic hamstrings-to-quadriceps peak torque ratio: The influence of sport modality, gender, and angular velocity. *Journal of Sports Sciences*. marzo de 2012;30(6):547-53.

133. Altamirano KM, Coburn JW, Brown LE, Judelson DA. Effects of Warm-up on Peak Torque, Rate of Torque Development, and Electromyographic and Mechanomyographic Signals. *Journal of Strength and Conditioning Research*. mayo de 2012;26(5):1296-301.

134. Lehnert M, Xaverová Z, Croix MDS. Changes in Muscle Strength in U19 Soccer Players During an Annual Training Cycle. *Journal of Human Kinetics*. 1 de octubre de 2014;42(1):175-85.

135. Kapandji AI. Fisiología articular / miembros inferiores / lower limb. Place of publication not identified: Editorial Medica Panameri; 2010.

136. Rouvière H, Delmas A, Götzens García V. Anatomía humana: descripción, topográfica y funcional. 10a ed. Barcelona: Masson; 1999.

137. Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Voll M, Wesker K. Prometheus: texto y atlas de Anatomía. vol. 1. / Anatomía general y aparato locomotor. 5ª ed., mejorada y ampliada. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2022.

138. Sobotta J. Atlas de anatomía humana. 24a edición. Paulsen F, Waschke J, editores. Barcelona: Elsevier; 2019.

139. Moore KL, Dalley AF, Agur AMR. Anatomía con orientación clínica. 8ª edición. Barcelona, España: Wolters Kluwer; 2018.

140. ASALE R, RAE. dinamometría | Diccionario de la lengua española [Internet]. «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. [citado 30 de enero de 2023]. Disponible en: <https://dle.rae.es/dinamometría>

141. Dvir Z, Müller S. Multiple-Joint Isokinetic Dynamometry: A Critical Review. *Journal of Strength and Conditioning Research*. febrero de 2020;34(2):587-601.

142. Dvir Z. Isokinetics: Muscle Testing, Interpretation, and Clinical Applications. Churchill Livingstone; 1995. 216 p.

143. Zapparoli FY, Riberto M. Isokinetic Evaluation of the Hip Flexor and Extensor

Muscles: A Systematic Review. *Journal of Sport Rehabilitation*. noviembre de 2017;26(6):556-66.

144. Kambič T, Lainščak M, Hadžić V. Reproducibility of isokinetic knee testing using the novel isokinetic SMM iMoment dynamometer. Li Y, editor. *PLoS ONE*. 31 de agosto de 2020;15(8):e0237842.

145. Brown R, Greig M. The influence of isokinetic dynamometer configuration on eccentric hamstring strength metrics: implications for testing and training. *Research in Sports Medicine*. 31 de mayo de 2022;1-9.

146. Parraca JA, Adsuar JC, Domínguez-Muñoz FJ, Barrios-Fernandez S, Tomas-Carus P. Test-Retest Reliability of Isokinetic Strength Measurements in Lower Limbs in Elderly. *Biology*. 24 de mayo de 2022;11(6):802.

147. Bishop C, Coratella G, Beato M. Intra- and Inter-Limb Strength Asymmetry in Soccer: A Comparison of Professional and Under-18 Players. *Sports*. 13 de septiembre de 2021;9(9):129.

148. A ZBM, S Z, Fz BS, Dg B, A C. ISOKINETIC TRUNK STRENGTH, VALIDITY, RELIABILITY, NORMATIVE DATA AND RELATION TO PHYSICAL PERFORMANCE AND LOW BACK PAIN: A REVIEW OF THE LITERATURE. *Int J Sports Phys Ther*. febrero de 2020;15(1):160-74.

149. Muscle Strength - MeSH - NCBI [Internet]. [citado 28 de enero de 2023]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh/68053580>

150. Baltzopoulos V, Brodie DA. Isokinetic Dynamometry: Applications and Limitations. *Sports Medicine*. agosto de 1989;8(2):101-16.

151. Higgins M, editor. *Therapeutic exercise: from theory to practice*. Philadelphia: F. A. Davis Company; 2011. 807 p.

152. Lunnen JD, Yack J, LeVeau BF. Relationship Between Muscle Length, Muscle Activity, and Torque of the Hamstring Muscles. *Physical Therapy*. 1 de febrero de 1981;61(2):190-5.

153. Becker R, Awiszus F. Physiological alterations of maximal voluntary quadriceps activation by changes of knee joint angle. *Muscle Nerve*. mayo de 2001;24(5):667-72.

154. Hill AV. The heat of shortening and the dynamic constants of muscle | *Proceedings of the Royal Society of London. Series B - Biological Sciences* [Internet]. [citado 6 de febrero de 2023]. Disponible en: <https://royalsocietypublishing.org/doi/abs/10.1098/rspb.1938.0050>

155. Perrin DH. *Isokinetic Exercise and Assessment*. Human Kinetics Publishers;

## Bibliografía

1993. 232 p.

156. Brown LE, editor. *Isokinetics in human performance*. Champaign, Ill: Human Kinetics; 2000. 456 p.

157. Hall SJ. *Basic biomechanics*. 4th ed. Boston: McGraw-Hill; 2003. 539 p.

158. Torque - MeSH - NCBI [Internet]. [citado 1 de diciembre de 2022]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh/68019415>

159. Albert M. *Eccentric muscle training in sports and orthopaedics*. New York: Churchill Livingstone; 1991. 157 p.

160. Ardern CL, Pizzari T, Wollin MR, Webster KE. Hamstrings Strength Imbalance in Professional Football (Soccer) Players in Australia. *Journal of Strength and Conditioning Research*. abril de 2015;29(4):997-1002.

161. Śliwowski R, Marynowicz J, Grygorowicz M, Wieczorek A, Jadczyk Ł. Are There Differences in Concentric Isokinetic Strength Performance Profiles between International and Non-International Elite Soccer Players? *IJERPH*. 23 de diciembre de 2020;18(1):35.

162. Correia P, Santos P, Mil-Homens P, Gomes M, Dias A, Valamatos MJ. Rapid hamstrings to quadriceps ratio at long muscle lengths in professional football players with previous hamstring strain injury. *European Journal of Sport Science*. 25 de noviembre de 2020;20(10):1405-13.

163. Holcomb WR, Rubley MD, Lee HJ, Guadagnoli MA. Effect of Hamstring-Emphasized Resistance Training on Hamstring:Quadriceps Strength Ratios. *J Strength Cond Res*. 2007;21(1):41.

164. Zebis MK, Andersen LL, Ellingsgaard H, Aagaard P. Rapid Hamstring/Quadriceps Force Capacity in Male vs. Female Elite Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. julio de 2011;25(7):1989-93.

165. Aagaard P, Simonsen EB, Trolle M, Bangsbo J, Klausen K. Isokinetic hamstring/quadriceps strength ratio: influence from joint angular velocity, gravity correction and contraction mode. *Acta Physiologica Scandinavica*. agosto de 1995;154(4):421-7.

166. Aagaard P, Simonsen EB, Magnusson SP, Larsson B, Dyhre-Poulsen P. A New Concept For Isokinetic Hamstring: Quadriceps Muscle Strength Ratio. *Am J Sports Med*. marzo de 1998;26(2):231-7.

167. Aagaard P, Simonsen E, Beyer N, Larsson B, Magnusson P, Kjaer M. Isokinetic Muscle Strength and Capacity for Muscular Knee Joint Stabilization in Elite Sailors. *Int*

J Sports Med. octubre de 1997;18(07):521-5.

168. Holmes JR, Alderink GJ. Isokinetic Strength Characteristics of the Quadriceps Femoris and Hamstring Muscles in High School Students. *Physical Therapy*. 1 de junio de 1984;64(6):914-8.

169. Grace TG, Sweetser ER, Nelson MA, Ydens LR, Skipper BJ. Isokinetic muscle imbalance and knee-joint injuries. A prospective blind study. *J Bone Joint Surg Am*. junio de 1984;66(5):734-40.

170. Rosene JM, Fogarty TD, Mahaffey BL. Isokinetic Hamstrings:Quadriceps Ratios in Intercollegiate Athletes. *J Athl Train*. diciembre de 2001;36(4):378-83.

171. Eustace SJ, Page RM, Greig M. Isokinetic strength differences between elite senior and youth female soccer players identifies training requirements. *Physical Therapy in Sport*. septiembre de 2019;39:45-51.

172. Fousekis K, Tsepis E, Poulmedis P, Athanasopoulos S, Vagenas G. Intrinsic risk factors of non-contact quadriceps and hamstring strains in soccer: a prospective study of 100 professional players. *British Journal of Sports Medicine*. 1 de julio de 2011;45(9):709-14.

173. Söderman K, Alfredson H, Pietilä T, Werner S. Risk factors for leg injuries in female soccer players: a prospective investigation during one out-door season. *Knee Surg Sports Traumatol Art*. septiembre de 2001;9(5):313-21.

174. Grygorowicz M, Michałowska M, Walczak T, Owen A, Grabski JK, Pyda A, et al. Discussion about different cut-off values of conventional hamstring-to-quadriceps ratio used in hamstring injury prediction among professional male football players. Lucía A, editor. *PLoS ONE*. 7 de diciembre de 2017;12(12):e0188974.

175. THE RELATIONSHIP BETWEEN THE H:Q RATIO AND HAMSTRING INJURIES [Internet]. Barça Innovation Hub. 2019 [citado 9 de febrero de 2023]. Disponible en: <https://barcainnovationhub.com/the-relationship-between-the-hq-ratio-and-hamstring-injuries/>

176. Lund-Hanssen H, Gannon J, Engebretsen L, Holen K, Hammer S. Isokinetic muscle performance in healthy female handball players and players with a unilateral anterior cruciate ligament reconstruction. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 30 de enero de 2007;6(3):172-5.

177. Evangelidis PE, Pain MTG, Folland J. Angle-specific hamstring-to-quadriceps ratio: A comparison of football players and recreationally active males. *Journal of Sports Sciences*. 7 de febrero de 2015;33(3):309-19.

## Bibliografia

178. Le-Ngoc L, Janssen J. Validity and Reliability of a Hand-Held Dynamometer for Dynamic Muscle Strength Assessment. En 2012. p. 53-66.
179. Goulart L, Ritti-Dias R, Altimari L. Isokinetic force of under-twenties soccer players: Comparison of players in different field positions. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*. 1 de junio de 2007;9.
180. Subaşı F, kayserilioğlu A, Yergin Ç. Isokinetic strength and body composition of elite male soccer players during pre-season. *Fizyoterapi Rehabilitasyon*. 1 de agosto de 2004;15:61-7.
181. Bašćevan S, Knjaz D, Bašćevan A. DIFFERENCES IN VARIOUS ISOKINETIC INDICATORS IN ELITE SOCCER PLAYERS. *Hrvatski športskomedicinski vjesnik*. 28 de diciembre de 2007;22(2):86-90.
182. Almosnino S, Stevenson JM, Day AG, Bardana DD, Diaconescu ED, Dvir Z. Differentiating between types and levels of isokinetic knee musculature efforts. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. diciembre de 2011;21(6):974-81.
183. Benjuya N, Plotqin D, Melzer I. Isokinetic profile of patient with anterior cruciate ligament tear. *IES*. 1 de octubre de 2000;8(4):229-32.
184. Tracy BL, Enoka RM. Older adults are less steady during submaximal isometric contractions with the knee extensor muscles. *Journal of Applied Physiology*. 1 de marzo de 2002;92(3):1004-12.
185. Solomonow M, Baratta R, Zhou BH, Shoji H, Bose W, Beck C, et al. The synergistic action of the anterior cruciate ligament and thigh muscles in maintaining joint stability. *Am J Sports Med*. mayo de 1987;15(3):207-13.
186. Sjölander P, Johansson H, Djupsjöbacka M. Spinal and supraspinal effects of activity in ligament afferents. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. junio de 2002;12(3):167-76.
187. Iacono AD, Buksbaum C, Padulo J, Hetsroni I, Ben-Sira D, Ayalon M. Isokinetic moment curve abnormalities are associated with articular knee lesions. bs [Internet]. 2018 [citado 2 de febrero de 2023]; Disponible en: <https://www.termedia.pl/doi/10.5114/biolsport.2018.71486>
188. Jaric S. Muscle Strength Testing: Use of Normalisation for Body Size. *Sports Medicine*. 2002;32(10):615-31.
189. Valovich-mcLeod TC, Shultz SJ, Gansneder BM, Perrin DH, Drouin JM. Reliability and validity of the Biodex system 3 pro isokinetic dynamometer velocity, torque and position measurements. *European Journal of Applied Physiology*. 1 de enero

de 2004;91(1):22-9.

190. Kisner C, Colby LA, Borstad J. Therapeutic exercise: foundations and techniques. Seventh edition. Philadelphia: F.A. Davis Company; 2018. 1081 p.

191. Hislop HJ, Perrine JJ. The isokinetic concept of exercise. *Phys Ther.* febrero de 1967;47(2):114-7.

192. Thompson NN, Gould JA, Davies GJ, Ross DE, Price S. Descriptive Measures of Isokinetic Trunk Testing. *J Orthop Sports Phys Ther.* septiembre de 1985;7(2):43-9.

193. Burdett RG, van Swearingen J. Reliability of Isokinetic Muscle Endurance Tests. *J Orthop Sports Phys Ther.* abril de 1987;8(10):484-8.

194. Ellenbecker TS, Davies GJ, Rowinski MJ. Concentric versus eccentric isokinetic strengthening of the rotator cuff: Objective data versus functional test. *Am J Sports Med.* enero de 1988;16(1):64-9.

195. Nicholas JJ, Robinson LR, Logan A, Robertson R. Isokinetic testing in young nonathletic able-bodied subjects. *Arch Phys Med Rehabil.* marzo de 1989;70(3):210-3.

196. Keating JL, Matyas TA. The influence of subject and test design on dynamometric measurements of extremity muscles. *Phys Ther.* agosto de 1996;76(8):866-89.

197. Chan KM, Korkia P, editores. Principles and practice of isokinetics in sports medicine and rehabilitation. Hong Kong: Williams & Wilkins Asia-Pacific Ltd; 1996. 214 p.

198. Davies GJ. A compendium of isokinetics in clinical usage:(workshop and clinical notes). S&S Publishers; 1985.

199. Davies G, Heiderscheid B, Clark M. Open and Closed Kinetic Chain Rehabilitation. En 2000. p. 291-300.

200. Goslin BR, Charteris J. Isokinetic dynamometry: normative data for clinical use in lower extremity (knee) cases. *Scand J Rehabil Med.* 1979;11(3):105-9.

201. Kannus P. Isokinetic Evaluation of Muscular Performance. *Int J Sports Med.* enero de 1994;15(S 1):S11-8.

202. Timm KE. Postsurgical knee rehabilitation: A five year study of four methods and 5,381 patients. *Am J Sports Med.* septiembre de 1988;16(5):463-8.

203. Mjolsnes R, Arnason A, osthagen T, Raastad T, Bahr R. A 10-week randomized trial comparing eccentric vs. concentric hamstring strength training in well-trained soccer players. *Scand J Med Sci Sports.* octubre de 2004;14(5):311-7.

204. Fried T, Lloyd GJ. An Overview of Common Soccer Injuries: Management and Prevention. *Sports Medicine.* octubre de 1992;14(4):269-75.

## Bibliografía

205. Kellis E, Katis A. The relationship between isokinetic knee extension and flexion strength with soccer kick kinematics: an electromyographic evaluation. *J Sports Med Phys Fitness*. diciembre de 2007;47(4):385-94.
206. Ellenbecker TS, Roetert EP. Testing Isokinetic Muscular Fatigue of Shoulder Internal and External Rotation in Elite Junior Tennis Players. *J Orthop Sports Phys Ther*. mayo de 1999;29(5):275-81.
207. Griffin LY, Agel J, Albohm MJ, Arendt EA, Dick RW, Garrett WE, et al. Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injuries: Risk Factors and Prevention Strategies: *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. mayo de 2000;8(3):141-50.
208. Kannus P. Ratio of Hamstring to Quadriceps Femoris Muscles' Strength in the Anterior Cruciate Ligament Insufficient Knee. *Physical Therapy*. 1 de junio de 1988;68(6):961-5.
209. Croisier JL, Crielaard JM. Hamstring muscle tear with recurrent complaints: An isokinetic profile. *Isokinetics and Exercise Science*. 1 de enero de 2000;8(3):175-80.
210. Eustace SJ, Morris R, Tallis J, Page RM, Greig M. The influence of angle-specific torque of the knee flexors and extensors on the angle-specific dynamic control ratio in professional female soccer players. *Journal of Sports Sciences*. 3 de junio de 2022;40(11):1235-42.
211. Paul DJ, Nassis GP. Testing Strength and Power in Soccer Players: The Application of Conventional and Traditional Methods of Assessment. *Journal of Strength and Conditioning Research*. junio de 2015;29(6):1748-58.
212. Ayala F, Sainz de Baranda P, de Ste Croix M, Santonja F. Validez y fiabilidad de los ratios de fuerza isocinética para la estimación de desequilibrios musculares. *Apunts Medicina de l'Esport*. octubre de 2012;47(176):131-42.
213. Hannon J, Wang-Price S, Goto S, Garrison JC, Bothwell JM. Do Muscle Strength Deficits of the Uninvolved Hip and Knee Exist in Young Athletes Before Anterior Cruciate Ligament Reconstruction? *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. 1 de enero de 2017;5(1):232596711668394.
214. östenberg A, Roos E, Ekdah C, Roos H. Isokinetic knee extensor strength and functional performance in healthy female soccer players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. octubre de 1998;8(5):257-64.
215. Recommendations for Clinical Exercise Laboratories | *Circulation* [Internet]. [citado 12 de diciembre de 2022]. Disponible en: <https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/CIRCULATIONAHA.109.192520>

216. Martin-Alguacil JL, Arroyo-Morales M, Martín-Gomez JL, Monje-Cabrera IM, Abellán-Guillén JF, Esparza-Ros F, et al. Strength recovery after anterior cruciate ligament reconstruction with quadriceps tendon versus hamstring tendon autografts in soccer players: A randomized controlled trial. *The Knee*. agosto de 2018;25(4):704-14.
217. El-Ashker S, Allardyce JM, Carson BP. Sex-related differences in joint-angle-specific hamstring-to-quadriceps function following fatigue. *European Journal of Sport Science*. 14 de septiembre de 2019;19(8):1053-61.
218. Dirnberger J, Wiesinger HP, Wiemer N, Kösters A, Müller E. Explosive Strength of the Knee Extensors: The Influence of Criterion Trial Detection Methodology on Measurement Reproducibility. *J Hum Kinet*. 1 de abril de 2016;50:15-25.
219. Kraemer WJ, Ratamess NA. Fundamentals of Resistance Training: Progression and Exercise Prescription: *Medicine & Science in Sports & Exercise*. abril de 2004;36(4):674-88.
220. Perrin DH. Reliability of isokinetic measures. *Athletic training*. 1986;21(4):319-21.
221. Davies GJ, McCarty E, Provencher M, Manske RC. ACL Return to Sport Guidelines and Criteria. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 12 de julio de 2017;10(3):307-14.
222. Zakas A. Bilateral isokinetic peak torque of quadriceps and hamstring muscles in professional soccer players with dominance on one or both two sides. *J Sports Med Phys Fitness*. marzo de 2006;46(1):28-35.
223. Bonetti LV, Floriano LL, dos Santos TA, Segalla FM, Biondo S, Tadiello GS. Isokinetic performance of knee extensors and flexors in adolescent male soccer athletes. *Sport Sci Health*. agosto de 2017;13(2):315-21.
224. Fousekis K, Tsepis E, Vagenas G. Multivariate isokinetic strength asymmetries of the knee and ankle in professional soccer players. *J Sports Med Phys Fitness*. diciembre de 2010;50(4):465-74.
225. Iga J, George K, Lees A, Reilly T. Cross-sectional investigation of indices of isokinetic leg strength in youth soccer players and untrained individuals. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. octubre de 2009;19(5):714-9.
226. Gouveia JN, França C, Martins F, Henriques R, Nascimento M de M, Ihle A, et al. Characterization of Static Strength, Vertical Jumping, and Isokinetic Strength in Soccer Players According to Age, Competitive Level, and Field Position. *IJERPH*. 18 de enero de 2023;20(3):1799.
227. Iossifidou A, Baltzopoulos V, Giakas G. Isokinetic knee extension and vertical

## Bibliografía

- jumping: Are they related? *Journal of Sports Sciences*. octubre de 2005;23(10):1121-7.
228. Lockie RG, Schultz AB, Jeffriess MD, Callaghan SJ. The relationship between bilateral differences of knee flexor and extensor isokinetic strength and multi-directional speed. *IES*. 3 de septiembre de 2012;20(3):211-9.
229. Impellizzeri FM, Rampinini E, Maffiuletti N, Marcora SM. A Vertical Jump Force Test for Assessing Bilateral Strength Asymmetry in Athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. noviembre de 2007;39(11):2044-50.
230. Hageman PA, Gillaspie DM, Hill LD. Effects of Speed and Limb Dominance on Eccentric and Concentric Isokinetic Testing of the Knee. *J Orthop Sports Phys Ther*. agosto de 1988;10(2):59-65.
231. Sapega AA. Muscle performance evaluation in orthopaedic practice. *J Bone Joint Surg Am*. diciembre de 1990;72(10):1562-74.
232. Noonan TJ, Garrett WE. Muscle Strain Injury: Diagnosis and Treatment: *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. julio de 1999;7(4):262-9.
233. Gordon D, Hughes F, Young K, Scruton A, Keiller D, Caddy O, et al. The effects of menstrual cycle phase on the development of peak torque under isokinetic conditions. *IES*. 12 de septiembre de 2013;21(4):285-91.
234. Gür H, Akova B, Pündük Z, Küçükoğlu S. Effects of age on the reciprocal peak torque ratios during knee muscle contractions in elite soccer players. *Scand J Med Sci Sports*. abril de 1999;9(2):81-7.
235. Hägglund M, Waldén M. Risk factors for acute knee injury in female youth football. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 1 de marzo de 2016;24(3):737-46.
236. Le Gall F, Carling C, Reilly T. Injuries in young elite female soccer players: an 8-season prospective study. *Am J Sports Med*. febrero de 2008;36(2):276-84.
237. Davies GJ, Ellenbecker TS. Application of Isokinetics in Testing and Rehabilitation. En: *Physical Rehabilitation of the Injured Athlete* [Internet]. Elsevier; 2012 [citado 8 de marzo de 2023]. p. 548-70. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9781437724110000253>
238. Fillyaw M, Bevins T, Fernandez L. Importance of Correcting Isokinetic Peak Torque for the Effect of Gravity when Calculating Knee Flexor to Extensor Muscle Ratios. *Physical Therapy*. 1 de enero de 1986;66(1):23-9.
239. Moffroid MT, Kusiak ET. The power struggle: definition and evaluation of power of muscular performance. *Phys Ther*. octubre de 1975;55(10):1098-104.
240. Bandy WD, Lovelace-Chandler V. Relationship of Peak Torque to Peak Work

and Peak Power of the Quadriceps and Hamstring Muscles in a Normal Sample Using an Accommodating Resistance Measurement Device. *Isokinetics and Exercise Science*. 1 de enero de 1991;1(2):87-91.

241. Morrissey MC. The Relationship Between Peak Torque and Work of the Quadriceps and Hamstrings After Meniscectomy. *J Orthop Sports Phys Ther*. febrero de 1987;8(8):405-8.

242. Bandy WD, Timm KE. Relationship between Peak Torque, Work, and Power for Knee Flexion and Extension in Clients with Grade I Medial Compartment Sprains of the Knee. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1992;16(6):288-92.

243. Kannus P, Järvinen M. Prediction of torque acceleration energy and power of thigh muscles from peak torque. *Med Sci Sports Exerc*. junio de 1989;21(3):304-7.

244. Perrin DH, Robertson RJ, Ray RL. Bilateral Isokinetic Peak Torque, Torque Acceleration Energy, Power, and Work Relationships in Athletes and Nonathletes. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1987;9(5):184-9.

245. Burnie J, Brodie D. Isokinetic Measurement in Preadolescent Males. *Int J Sports Med*. agosto de 1986;07(04):205-9.

246. Rothstein JM, Delitto A, Sinacore DR, Rose SJ. Electromyographic, peak torque, and power relationships during isokinetic movement. *Phys Ther*. junio de 1983;63(6):926-33.

247. Probst MM, Fletcher R, Seelig DS. A Comparison of Lower-Body Flexibility, Strength, and Knee Stability Between Karate Athletes and Active Controls. *J Strength Cond Res*. 2007;21(2):451.

248. Pereira de Carvalho Froufe Andrade AC, Caserotti P, Pereira de Carvalho CM, André de Azevedo Abade E, Jaime da Eira Sampaio A. Reliability of Concentric, Eccentric and Isometric Knee Extension and Flexion when using the REV9000 Isokinetic Dynamometer. *Journal of Human Kinetics*. 1 de junio de 2013;37(1):47-53.

249. Chan KM, Korkia P, editores. Principles and practice of isokinetics in sports medicine and rehabilitation. Hong Kong: Williams & Wilkins Asia-Pacific Ltd; 1996. 214 p.

250. Cheung R, Smith A, Wong D. H:Q Ratios and Bilateral Leg Strength in College Field and Court Sports Players. *Journal of Human Kinetics*. 1 de junio de 2012;33(2012):63-71.

251. Aginsky K, Neophytou N, Charalambous T. Isokinetic hamstring and quadriceps muscle strength profiles of elite South African football players. *African Journal for*

## Bibliografía

- Physical Health Education, Recreation and Dance. 1 de octubre de 2014;203:1225-36.
252. Lanshammar K, Ribom EL. Differences in muscle strength in dominant and non-dominant leg in females aged 20–39 years – A population-based study. *Physical Therapy in Sport*. mayo de 2011;12(2):76-9.
253. McLean BD, Tumilty DM. Left-right asymmetry in two types of soccer kick. *British Journal of Sports Medicine*. 1 de diciembre de 1993;27(4):260-2.
254. Ergün M, İşlegen Ç, Taşkıran E. A Cross-Sectional Analysis of Sagittal Knee Laxity and Isokinetic Muscle Strength in Soccer Players. *Int J Sports Med*. septiembre de 2004;25(8):594-8.
255. Capranica L, Cama G, Fanton F, Tessitore A, Figura F. Force and power of preferred and non-preferred leg in young soccer players. *J Sports Med Phys Fitness*. diciembre de 1992;32(4):358-63.
256. Andrade MS, Junqueira MS, Andre Barbosa De Lira C, Vancini RL, Seffrin A, Nikolaidis PT, et al. Age-related differences in torque in angle-specific and peak torque hamstring to quadriceps ratios in female soccer players from 11 to 18 years old: A Cross-sectional study. *Research in Sports Medicine*. 2 de enero de 2021;29(1):77-89.
257. Brophy R, Silvers HJ, Gonzales T, Mandelbaum BR. Gender influences: the role of leg dominance in ACL injury among soccer players. *British Journal of Sports Medicine*. 1 de agosto de 2010;44(10):694-7.
258. Witvrouw E, Danneels L, Asselman P, D'Have T, Cambier D. Muscle Flexibility as a Risk Factor for Developing Muscle Injuries in Male Professional Soccer Players: A Prospective Study. *Am J Sports Med*. enero de 2003;31(1):41-6.
259. Fitts RH. Muscle fatigue: the cellular aspects. *Am J Sports Med*. 1996;24(6 Suppl):S9-13.
260. De Ruyter CJ, De Haan A. Similar effects of cooling and fatigue on eccentric and concentric force-velocity relationships in human muscle. *Journal of Applied Physiology*. 1 de junio de 2001;90(6):2109-16.
261. Hautier CA, Linossier MT, Belli A, Lacour JR, Arsac LM. Optimal velocity for maximal power production in non-isokinetic cycling is related to muscle fibre type composition. *Europ J Appl Physiol*. 1 de agosto de 1996;74(1):114-8.
262. Montalvo AM, Schneider DK, Yut L, Webster KE, Beynon B, Kocher MS, et al. “What’s my risk of sustaining an ACL injury while playing sports?” A systematic review with meta-analysis. *Br J Sports Med*. 1 de agosto de 2019;53(16):1003-12.
263. Grindem H, Snyder-Mackler L, Moksnes H, Engebretsen L, Risberg MA. Simple

- decision rules can reduce reinjury risk by 84% after ACL reconstruction: the Delaware-Oslo ACL cohort study. *Br J Sports Med.* julio de 2016;50(13):804-8.
264. Palmieri-Smith RM, Lepley LK. Quadriceps Strength Asymmetry After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Alters Knee Joint Biomechanics and Functional Performance at Time of Return to Activity. *Am J Sports Med.* julio de 2015;43(7):1662-9.
265. Cometti G, Maffiuletti NA, Pousson M, Chatard JC, Maffulli N. Isokinetic Strength and Anaerobic Power of Elite, Subelite and Amateur French Soccer Players. *Int J Sports Med.* enero de 2001;22(1):45-51.
266. Calmels PM, Nellen M, van der Borne I, Jourdin P, Minaire P. Concentric and eccentric isokinetic assessment of flexorextensor torque ratios at the hip, knee, and ankle in a sample population of healthy subjects. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation.* noviembre de 1997;78(11):1224-30.
267. Chena DR, Kurth AL, Thomas M, Mayhew J. Torque Characteristics of the Quadriceps and Hamstring Muscles during Concentric and Eccentric Loading. *J Orthop Sports Phys Ther.* octubre de 1991;14(4):149-54.
268. Bosquet L, Maquet D, Forthomme B, Nowak N, Lehance C, Croisier JL. Effect of the Lengthening of the Protocol on the Reliability of Muscle Fatigue Indicators. *Int J Sports Med.* febrero de 2010;31(02):82-8.
269. Gould JA. Computerized Cybex testing of ACL reconstruction assessig hamstrings peak torque, TAE, total work and average power. *Med Sci Sports.* 1984;16:204.
270. Zabka FF, Valente HG, Pacheco AM. Avaliação isocinética dos músculos extensores e flexores de joelho em jogadores de futebol profissional. *Rev Bras Med Esporte.* junio de 2011;17(3):189-92.
271. Gautrey C, Watson T, Mitchell A. The Effect of Isokinetic Testing Speed on the Reliability of Muscle Fatigue Indicators During a Hip Abductor-Adductor Fatigue Protocol. *Int J Sports Med.* 2 de abril de 2013;34(07):646-53.
272. Greenberger HB, Paterno MV. Relationship of knee extensor strength and hopping test performance in the assessment of lower extremity function. *J Orthop Sports Phys Ther.* noviembre de 1995;22(5):202-6.
273. Pincivero DM, Lephart SM, Karunakara RG. Relation between open and closed kinematic chain assessment of knee strength and functional performance. *Clin J Sport Med.* enero de 1997;7(1):11-6.

## Bibliografía

274. Perry MC, Morrissey MC, King JB, Morrissey D, Earnshaw P. Effects of closed versus open kinetic chain knee extensor resistance training on knee laxity and leg function in patients during the 8- to 14-week post-operative period after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* julio de 2005;13(5):357-69.
275. Davies GJ, Halbach JW, Ross DE, Gould JA. II. Torque acceleration energy and average power changes in quadriceps and hamstrings through the selected velocity spectrum as determined by computerized cybex testing. *Medicine & Science in Sports & Exercise.* 1983;15(2):144.
276. Mirkov DM, Knezevic OM, Maffiuletti NA, Kadija M, Nedeljkovic A, Jaric S. Contralateral limb deficit after ACL-reconstruction: an analysis of early and late phase of rate of force development. *J Sports Sci.* marzo de 2017;35(5):435-40.
277. Śliwowski R, Grygorowicz M, Hojszyk R, Jadczyk Ł. The isokinetic strength profile of elite soccer players according to playing position. Nordez A, editor. *PLoS ONE.* 31 de julio de 2017;12(7):e0182177.
278. Kannus P. Peak Torque and Total Work Relationship in the Thigh Muscles After Anterior Cruciate Ligament Injury. *J Orthop Sports Phys Ther.* septiembre de 1988;10(3):97-101.
279. Knapik JJ, Jones BH, Bauman C, Harris J, Wright J. RELATIONSHIP BETWEEN PEAK TORQUE, AVERAGE TORQUE AND TOTAL WORK IN AN ISOKINETIC CONTRACTION. *Medicine & Science in Sports & Exercise.* 1982;14(2):178.
280. Zarins B, Rowe CR. Combined anterior cruciate-ligament reconstruction using semitendinosus tendon and iliotibial tract. *J Bone Joint Surg Am.* febrero de 1986;68(2):160-77.
281. Orchard J, Marsden J, Lord S, Garlick D. Preseason Hamstring Muscle Weakness Associated with Hamstring Muscle Injury in Australian Footballers. *Am J Sports Med.* enero de 1997;25(1):81-5.
282. Minett M, Binkley TB, Weidauer L, Specker B. Changes in body composition and bone of female collegiate soccer players through the competitive season and off-season. *Journal of Musculoskeletal & Neuronal Interactions.* 1 de marzo de 2017;17:386-98.
283. Choice E, Tufano J, Jagger K, Hooker K, Cochrane-Snyman KC. Differences across Playing Levels for Match-Play Physical Demands in Women's Professional and Collegiate Soccer: A Narrative Review. *Sports.* 22 de septiembre de 2022;10(10):141.
284. Marotta N, Demeco A, Moggio L, Isabello L, Iona T, Ammendolia A. Correlation

between dynamic knee valgus and quadriceps activation time in female athletes. *Journal of Physical Education and Sport*. 30 de septiembre de 2020;20:2508-12.

285. Ascenzi G, Filetti C, Di Salvo V, Nuñez FJ, Suarez-Arrones L, Ruscello B, et al. Inter-limb asymmetry in youth elite soccer players: Effect of loading conditions. Di Giminiani R, editor. *PLoS ONE*. 24 de junio de 2022;17(6):e0269695.

286. Haizlip KM, Harrison BC, Leinwand LA. Sex-based differences in skeletal muscle kinetics and fiber-type composition. *Physiology (Bethesda)*. enero de 2015;30(1):30-9.



**A**nexos







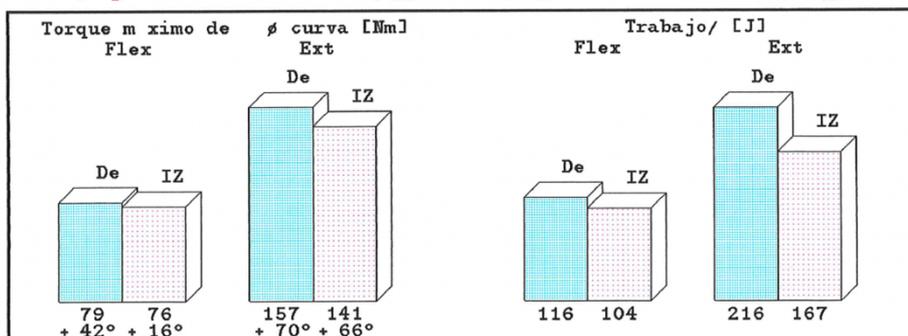
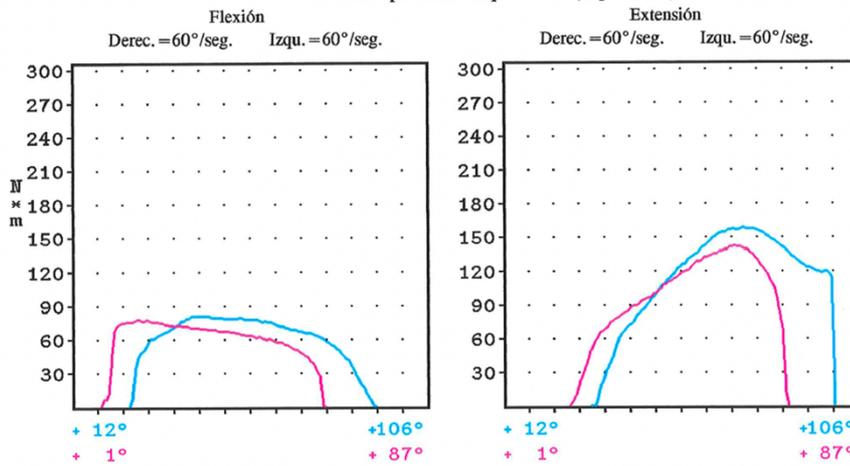
## 8. Anexos

## 8.1. Anexo I: Informe isocinético

Instituto		Sistema	
Unidad de Investigación en Terapias Físicas Facultad de Medicina Universidad CEU San Pablo		IsoMed 2000  Fabricante D&R FERSTL GmbH Deporte y medicina	
<b>Comp. Izquierda/derecha</b>			
Veloc.(T1) : 60°/60°/seg. Flex/Ext Veloc.(T1) : 60°/60°/seg. Flex/Ext Tiempo : 13:38			
Movim. :	Derech.(T1)	Izqui. (T2)	T1/T2 % (T2/T1) %
Rodilla Flexión/Extensión			
Torque máx. Flex (Rep): en áng. :	+ 96 Nm ( 4 ) + 34 °	+ 84 Nm ( 2 ) + 16 °	114.1 ( 87.6 ) %
Trabajo máx Flex (Rep):	129 J ( 4 )	121 J ( 1 )	106.6 ( 93.8 ) %
Torque máx. Ext (Rep): en áng. :	+ 184 Nm ( 3 ) + 61 °	+ 154 Nm ( 3 ) + 61 °	119.7 ( 83.5 ) %
Trabajo máx Ext (Rep):	252 J ( 1 )	174 J ( 3 )	144.8 ( 69.0 ) %
Torque máx. de la curva promedio Flex	80 Nm	77 Nm	104.3 ( 95.9 ) %
Torque máx. de la curva promedio Ext	158 Nm	142 Nm	111.2 ( 89.9 ) %
Torque máx. Flex/Ext (Ext /Flex):	52.4 (191.0) %	54.9 (182.2) %	95.4 (104.8) %
Trabajo máx Flex/Ext (Ext /Flex):	51.2 (195.3) %	69.8 (143.2) %	73.4 (136.3) %
Torque máx. Flex /peso :	1.41 Nm/kg	1.24 Nm/kg	114.1 ( 87.6 ) %
Torque máx. Ext /peso :	2.71 Nm/kg	2.26 Nm/kg	119.7 ( 83.5 ) %
Trabajo máx Flex /peso :	1.90 J/kg	1.78 J/kg	106.2 ( 94.2 ) %
Trabajo máx Ext /peso :	3.71 J/kg	2.56 J/kg	144.8 ( 69.0 ) %
trabajo promedio Flex	116.1 J	103.8 J	111.8 ( 89.4 ) %
trabajo promedio Ext	216.1 J	166.5 J	129.8 ( 77.0 ) %
trabajo máx. Flex:	1161 J	1038 J	111.8 ( 89.4 ) %
trabajo máx. Ext :	2158 J	1663 J	129.8 ( 77.1 ) %
Potencia máx. Flex (Rep):	64 W ( 4 )	64 W ( 1 )	100.0 (100.0) %
Potencia máx. Ext (Rep):	111 W ( 1 )	100 W ( 3 )	110.4 ( 90.5 ) %
Potencia promedio Flex:	58 W	57 W	102.6 ( 97.4 ) %
Potencia promedio Ext :	100 W	91 W	109.8 ( 91.0 ) %
Fin de Mov. 1:	+ 12 °	+ 1 °	
Fin de Mov. 2: (Rango Mov. )	+ 106 ° ( 94 ° )	+ 87 ° ( 86 ° )	109.3 ( 91.5 ) %
Número de repeticiones del set:	10 Rep.	10 Rep.	
Repet. calculad. del set:	1 - 10	1 - 10	

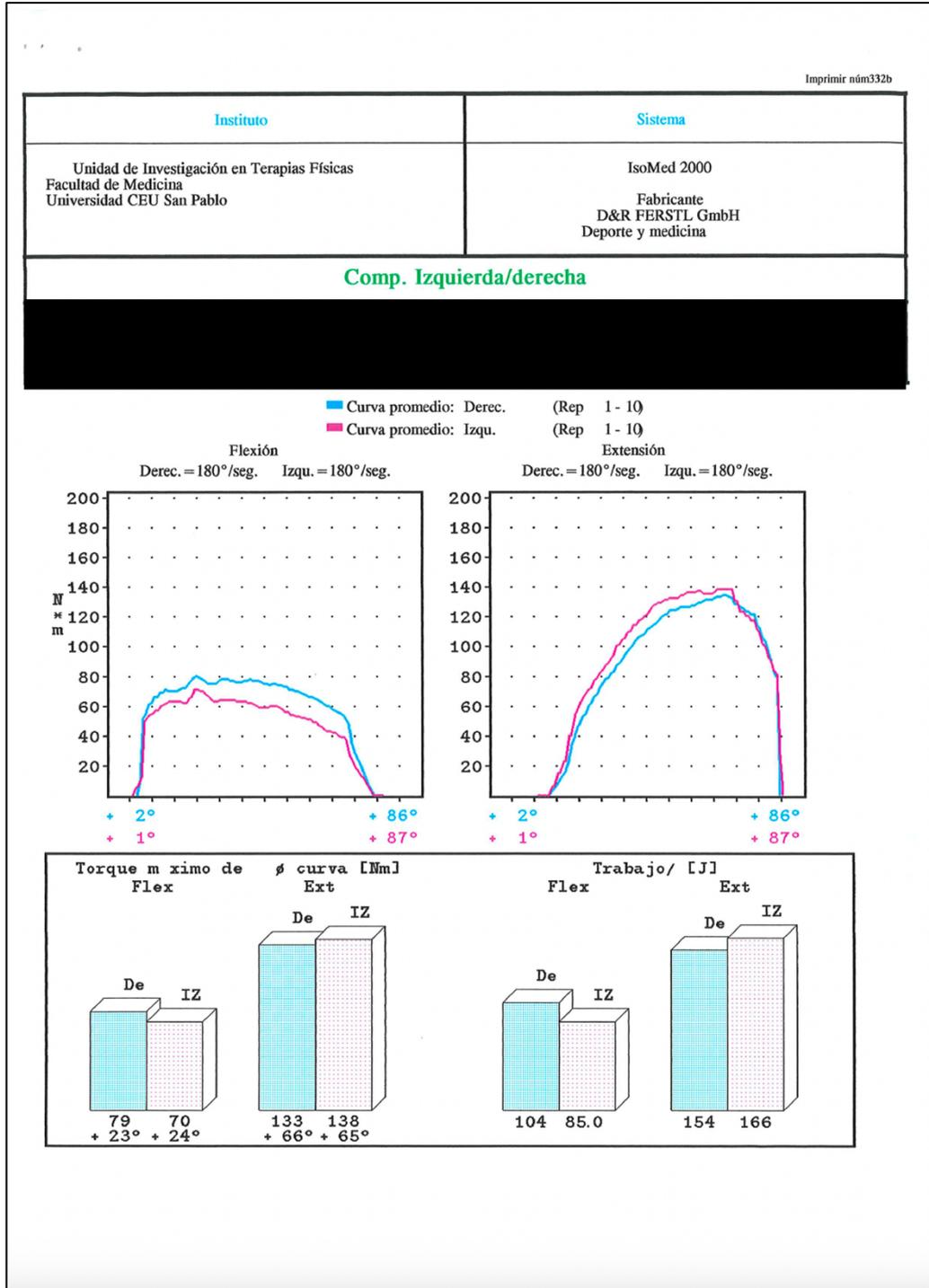
Instituto	Sistema
Unidad de Investigación en Terapias Físicas Facultad de Medicina Universidad CEU San Pablo	IsoMed 2000  Fabricante D&R FERSTL GmbH Deporte y medicina
<b>Comp. Izquierda/derecha</b>	

■ Curva promedio: Derec. (Rep 1-10)  
■ Curva promedio: Izqu. (Rep 1-10)



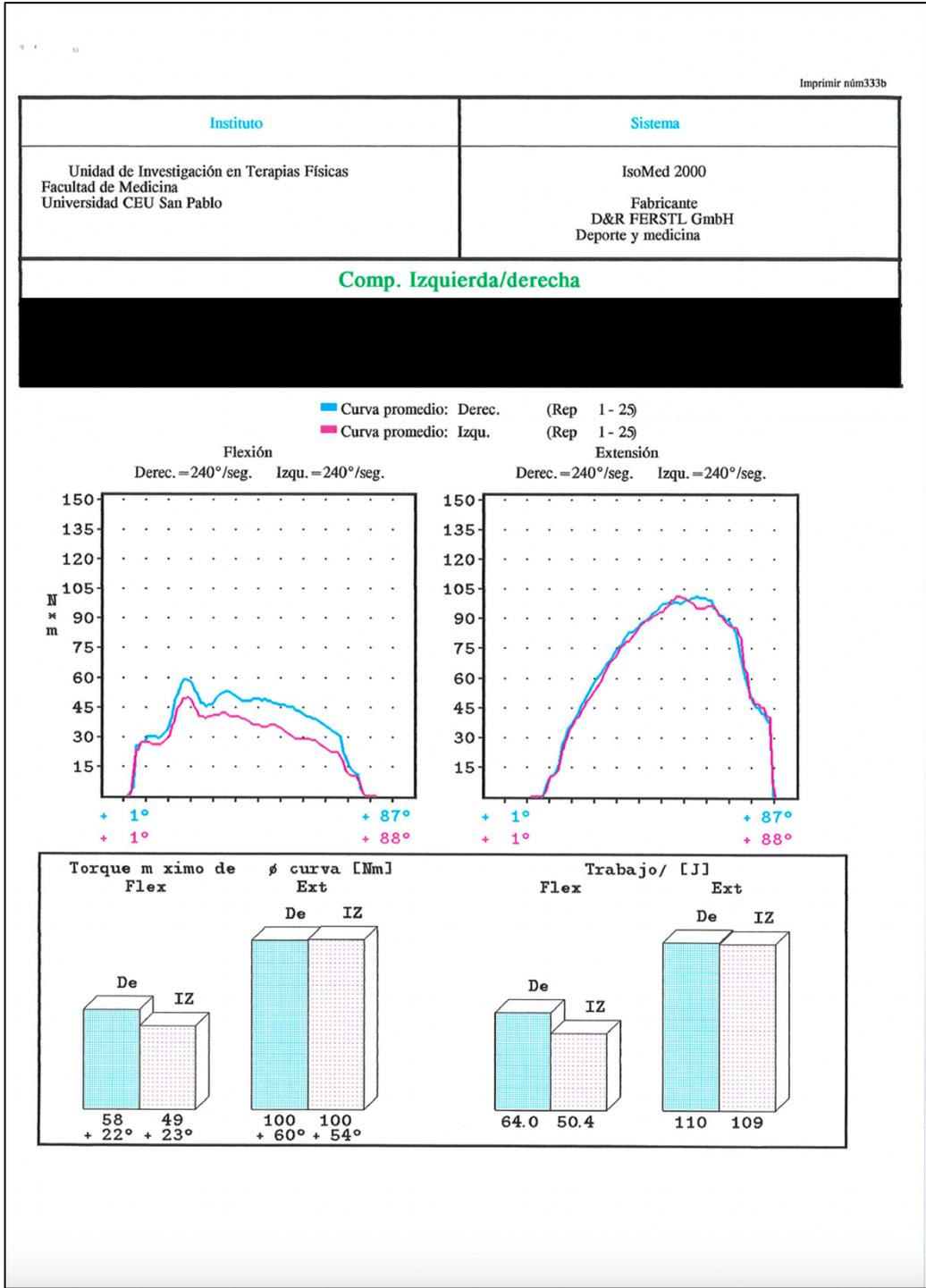
Imprimir nóm332a

Instituto		Sistema	
Unidad de Investigación en Terapias Físicas Facultad de Medicina Universidad CEU San Pablo		IsoMed 2000  Fabricante D&R FERSTL GmbH Deporte y medicina	
<b>Comp. Izquierda/derecha</b>			
Veloc.(T1) : 180°/180°/seg. Flex/Ext Veloc.(T1) : 180°/180°/seg. Flex/Ext Tiempo : 13:38			
Movim. :		T1/T2 % (T2/T1) %	
Rodilla Flexión/Extensión		Cal.Set : 1	Cal.Set : 1
Torque máx. Flex (Rep):		88 Nm ( 3 )	79 Nm ( 1 )
en áng. :		+ 24 °	+ 24 °
Trabajo máx Flex (Rep):		117 J ( 2 )	103 J ( 1 )
Torque máx. Ext (Rep):		148 Nm ( 3 )	153 Nm ( 2 )
en áng. :		+ 64 °	+ 53 °
Trabajo máx Ext (Rep):		174 J ( 3 )	183 J ( 2 )
Torque máx. de la curva promedio Flex		80 Nm	71 Nm
Torque máx. de la curva promedio Ext		134 Nm	138 Nm
Torque máx. Flex/Ext (Ext /Flex):		59.8 (167.1) %	52.0 (192.3) %
Trabajo máx Flex/Ext (Ext /Flex):		67.2 (148.7) %	56.6 (176.8) %
Torque máx. Flex /peso :		1.29 Nm/kg	1.16 Nm/kg
Torque máx. Ext /peso :		2.18 Nm/kg	2.25 Nm/kg
Trabajo máx Flex /peso :		1.72 J/kg	1.51 J/kg
Trabajo máx Ext /peso :		2.56 J/kg	2.69 J/kg
trabajo promedio Flex		103.9 J	85.0 J
trabajo promedio Ext		154.3 J	165.7 J
trabajo máx. Flex:		1041 J	849 J
trabajo máx. Ext :		1545 J	1656 J
Potencia máx. Flex (Rep):		162 W ( 3 )	138 W ( 1 )
Potencia máx. Ext (Rep):		255 W ( 3 )	259 W ( 2 )
Potencia promedio Flex:		142 W	115 W
Potencia promedio Ext :		219 W	229 W
Fin de Mov. 1:	(Rango Mov. )	+ 2 ° ( 84 ° )	+ 1 ° ( 86 ° )
Fin de Mov. 2:		+ 86 °	+ 87 °
Número de repeticiones del set:		10 Rep.	10 Rep.
Repet. calculad. del set:		1 - 10	1 - 10



Imprimir núm333a

Instituto	Sistema		
Unidad de Investigación en Terapias Físicas Facultad de Medicina Universidad CEU San Pablo	IsoMed 2000  Fabricante D&R FERSTL GmbH Deporte y medicina		
Comp. gravedad : Sé Terapeuta : Veloc.(T1) : 240°/240°/seg. Flex/Ext Veloc.(T1) : 240°/240°/seg. Flex/Ext Tiempo : 13:39			
Movim. :	Derech.(T1)	Izqui. (T2)	T1/T2 % (T2/T1) %
Rodilla Flexión/Extensión			
Torque máx. Flex (Rep): en áng. :	81 Nm ( 3 ) + 20 °	64 Nm ( 2 ) + 22 °	123.2 ( 81.1 ) %
Trabajo máx Flex (Rep):	91 J ( 3 )	66 J ( 1 )	137.9 ( 72.5 ) %
Torque máx. Ext (Rep): en áng. :	130 Nm ( 2 ) + 58 °	123 Nm ( 1 ) + 52 °	106.3 ( 94.1 ) %
Trabajo máx Ext (Rep):	144 J ( 2 )	133 J ( 1 )	108.3 ( 92.4 ) %
Torque máx. de la curva promedio Flex	59 Nm	50 Nm	118.8 ( 84.2 ) %
Torque máx. de la curva promedio Ext	101 Nm	101 Nm	99.4 (100.6) %
Torque máx. Flex/Ext (Ext /Flex):	61.8 (161.9) %	53.3 (187.7) %	115.9 ( 86.2 ) %
Trabajo máx Flex/Ext (Ext /Flex):	63.5 (157.4) %	49.4 (202.3) %	128.5 ( 77.8 ) %
Torque máx. Flex /peso :	1.19 Nm/kg	0.94 Nm/kg	123.2 ( 81.1 ) %
Torque máx. Ext /peso :	1.91 Nm/kg	1.81 Nm/kg	106.3 ( 94.1 ) %
Trabajo máx Flex /peso :	1.34 J/kg	0.97 J/kg	138.6 ( 72.1 ) %
Trabajo máx Ext /peso :	2.12 J/kg	1.96 J/kg	107.9 ( 92.7 ) %
trabajo promedio Flex	64.0 J	50.4 J	127.1 ( 78.7 ) %
trabajo promedio Ext	110.2 J	109.0 J	101.1 ( 98.9 ) %
trabajo máx. Flex:	1608 J	1263 J	127.3 ( 78.5 ) %
trabajo máx. Ext :	2758 J	2728 J	101.1 ( 98.9 ) %
Potencia máx. Flex (Rep):	175 W ( 3 )	112 W ( 2 )	156.0 ( 64.1 ) %
Potencia máx. Ext (Rep):	282 W ( 2 )	247 W ( 5 )	113.9 ( 87.8 ) %
Potencia promedio Flex:	112 W	87 W	129.3 ( 77.3 ) %
Potencia promedio Ext :	205 W	204 W	100.7 ( 99.3 ) %
Fin de Mov. 1: (Rango Mov. )	+ 1 °	+ 1 °	98.9 (101.2) %
Fin de Mov. 2:	+ 87 ° ( 86 ° )	+ 88 ° ( 87 ° )	
Número de repeticiones del set: Repet. calculad. del set:	25 Rep. 1 - 25	25 Rep. 1 - 25	



## 8.2. Anexo II: Documento informativo de la valoración isocinética



**CEU**  
Universidad  
San Pablo

Unidad de investigación en  
terapias físicas.

Dña. Isabel Brígido Fernández

D. Guillermo Charneco Salguero

Dr. D. Luis Fernández Rosa

Dr. D. Francisco García-Muro San José

Dr. D. Arturo Pérez Gosalvez

# Valoración isocinética en fútbol femenino.

**Relación de parámetros isocinéticos con  
perfil de riesgo lesional de musculatura isquiosural  
en futbolistas femeninas profesionales.**

### Antecedentes:

- >1/3 de las lesiones en fútbol son lesiones musculares. Dentro de ellas, las lesiones a nivel de la musculatura isquiosural son las más frecuentes y además tienen una elevada tasa de reincidencia.
- Dichas lesiones, se relacionarían con los desequilibrios musculares de flexores y extensores de rodilla, uni y bilaterales.
- Se precisan datos, objetivos obtenidos mediante una herramienta de medición válida: dinamómetro isocinético.
- Existen parámetros, criterios de normalización y rangos de confianza para la vuelta a la competición en futbolistas masculinos.
- No hay bibliografía suficiente en futbolistas femeninas, donde también hay una gran incidencia lesional.

### Proyecto:

- Los datos obtenidos de esta valoración biomecánica han llevado a la optimización de rendimiento y prevención en fútbol masculino.
- Nuestra investigación tiene como objetivo obtener los datos biomecánicos de futbolistas femeninas.
- Contando con las herramientas necesarias y los profesionales requeridos para tal fin, ofrecemos gratuitamente estos datos, para contribuir al crecimiento de este sector deportivo femenino.
- Por lo tanto, pretendemos establecer valores objetivos de desequilibrio isquiosural que se relacionen con el riesgo de padecer una lesión en dicha musculatura.
  - Establecer un rango de valores normativos seguros para vuelta a competición.
  - Contribuir a la creación de programas de prevención lesional.

## Medición

### ¿A quién vamos a medir?:

- El estudio se ofrece a futbolistas femeninas profesionales o semiprofesionales (segunda división y futura 1ªB).

### ¿Qué vamos a medir?:

- El Peak torque (momento máximo de fuerza), el trabajo promedio y la potencia promedio de la musculatura isquiosural (cuádriceps e isquiotibiales) en ambas piernas a distintas velocidades angulares mediante unas mediciones inocuas.

### ¿Con qué lo vamos a medir?:

- Herramienta que se utiliza: Sistema isocinético modelo IsoMed 2000 fabricado por D&R FERSTL GmbH.

### ¿Dónde lo vamos a medir?:

- Las mediciones se llevarán a cabo en el laboratorio de la Unidad de Investigación en Terapias Físicas (UITF), de la Facultad de Medicina de la Universidad CEU San Pablo de Madrid.

## Muestra de mediciones previas

Rayo Majadahonda



Atlético de Madrid



Atlético de Madrid Femenino



Dinamómetro isocinético



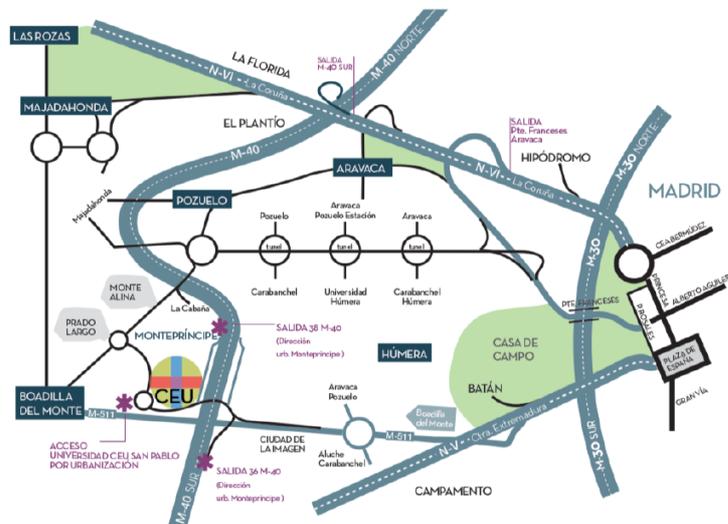
## Datos de Contacto

Institución: CEU San Pablo

Dirección: Campus Montepríncipe • Urb. Montepríncipe 28925 Alcorcón (Madrid)

Teléfono: 625-999-790

Correo: isabel.brigidofeman@ceu.es



**EN COCHE**  
GRAN EXPLANADA DE APARCAMIENTO

**EN TRANSPORTE PÚBLICO**

**METRO** 

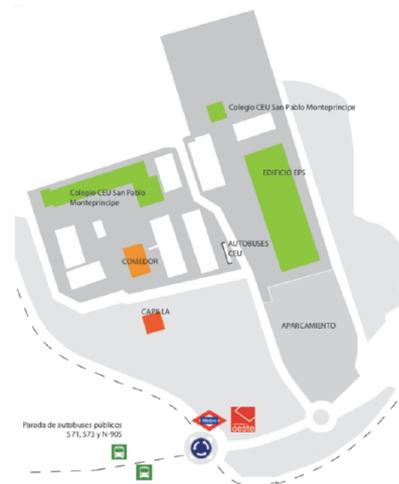
METRO LIGERO desde COLONIA JARDÍN

→ L3 parada "MONTEPRÍNCIPE"

**AUTOBUSES INTERURBANOS** 

→ 571 desde ALUCHE

→ 573 desde MONCLOA



### 8.3. Anexo III: Consentimiento informado para participación voluntaria

#### CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPACIÓN VOLUNTARIA

a.- Isabel Brígido Fernández, Graduada en Fisioterapia, ha solicitado mi participación en el estudio de investigación "Relación de parámetros isocinéticos con perfil de riesgo lesional de musculatura isquiosural en futbolistas femeninas profesionales". Este estudio se lleva a cabo dentro del programa de doctorado en Medicina Traslacional, en la línea de investigación de "Intervención multidisciplinaria en la prevención y terapéutica clínica", incluido dentro del Departamento de Fisioterapia de la Facultad de Medicina de la Universidad CEU San-Pablo.

b.- He sido informado de que el objetivo de la investigación trata de medir el peak torque, fuerza máxima y potencia durante los movimientos de flexión y extensión de rodilla mediante dinamometría isocinética.

c.- Mi actuación en el estudio consiste en la realización de una prueba de valoración isocinética bilateral de contracción continua en extensión y flexión de rodilla, concéntrico/concéntrico a baja, media, y alta velocidad angular. He sido informado a su vez que se me realizarán mediciones antropométricas (peso y altura) previas a la prueba de valoración.

d.- Soy consciente que la prueba planificada no implica apenas ningún riesgo, o es mínimo, y que, si en algún momento de la misma sintiese cualquier molestia en el desarrollo de las contracciones, lo comentaría y se suspendería el test inmediatamente.

e.- Soy consciente que la participación en este estudio será voluntaria y sin compensación alguna por mi colaboración.

f.- Conozco el derecho que me ampara basado en la ley orgánica 15/1999 de Protección de Datos para acceder, rectificar, cancelar y oponerme al tratamiento de mis datos personales. Para lo cual deberé dirigir un correo electrónico a la dirección Isabel.brigidofernan@ceu.es señalando mi solicitud.

g.- He leído la información anterior y se me han explicado las características de la prueba de valoración a realizar. Por lo que acepto participar en el estudio, pudiendo retirar el consentimiento sin penalización.

Nombre y Apellidos:

NIF:

Fecha: Firma del sujeto.

## 8.4. Anexo IV: Cuestionario de jugadoras

Cuestionario jugadoras fútbol. Isocinéticos. | 2019

**CUESTIONARIO DE JUGADORAS**

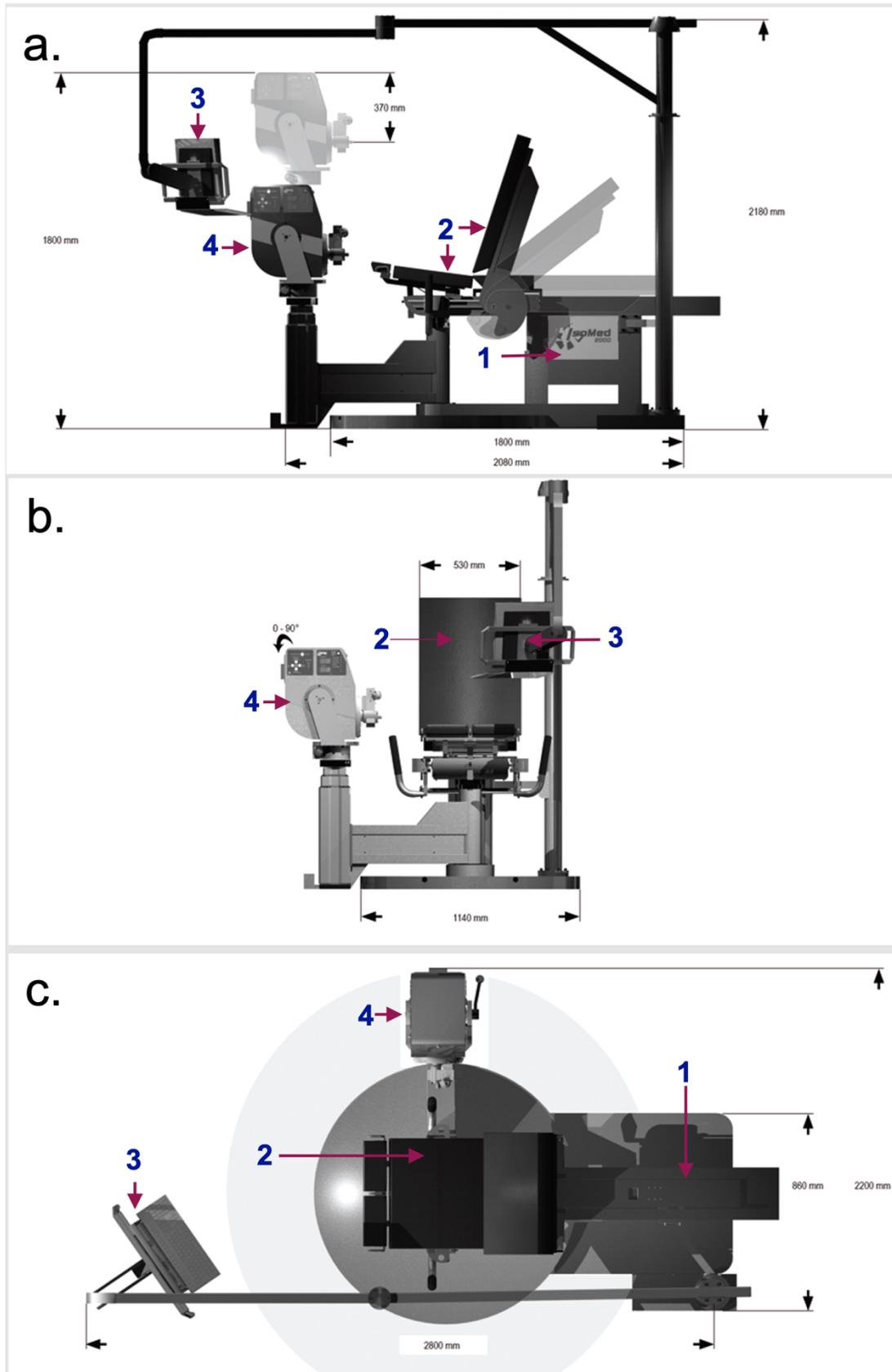
Nombre y apellidos: _____		
DNI: _____	Fecha nacimiento: ___ - ___ - ____	Fecha test: ___ - ___ - ____
Equipo: _____	Posición: _____	Dominancia: _____

DATOS ANTROPOMÉTRICOS	
Talla (en metros)	
Peso (en kilogramos)	
IMC (peso/talla <sup>2</sup> )	

DATOS GINECOLÓGICOS	
¿Ha tenido su primera regla?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
¿Cuántos días tiene su ciclo menstrual normal?	
¿Se encuentra con la regla el día <u>del test isocinético</u> ?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
¿En qué día del ciclo está?	
¿Está embarazada actualmente?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
Comentarios:	

DATOS COMPLEMENTARIOS	
¿Se ha sometido a alguna operación?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
Comentarios:	
¿Tiene usted alguna alergia?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
Comentarios:	
¿Toma usted alguna medicación?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
Comentarios:	

**8.5. Anexo V: Extracto del informe técnico del dinamómetro IsoMed 2000**



(a) Vista lateral sistema isocinético modelo IsoMed 2000; (b) Vista frontal sistema isocinético modelo IsoMed 2000; (c) Vista superior sistema isocinético modelo IsoMed 2000. 1: unidad informática integrada en el sistema; 2: asiento/banco ajustable; 3: monitor para operación, visualización, biorretroalimentación y seguimiento; 4: unidad de dinamómetro rotacional ajustable y de articulación variable. Modificado desde © D. & R. Ferstl GmbH.

