

Módulo 2. Test de monitorización de fuerza



☰ Test de monitorización de fuerza

☰ Referencias

Test de monitorización de fuerza

Introducción

Tener claro el concepto de fuerza (en todas sus versiones), se convierte en una tarea básica a la hora de planificar un tratamiento o un entrenamiento de los deportistas. Por lo tanto, es importante comenzar por la fuerza mecánica. Esta es una magnitud vectorial que se utiliza para describir la influencia que un objeto ejerce sobre otro al originar un cambio en su movimiento o forma. Es un concepto fundamental en la física y se encuentra en diversas áreas de la ingeniería y las ciencias aplicadas. La fuerza se representa comúnmente con la letra F y su unidad en el Sistema Internacional de Unidades (SI) es el newton (N) (McGinnis, 1999).

Desde el punto de vista fisiológico, la fuerza es la capacidad de los músculos para generar tensión y realizar trabajo, lo cual implica la contracción muscular. Este proceso es complejo y envuelve una serie de mecanismos tanto biológicos como bioquímicos que permiten a las fibras musculares producir fuerza (Luttgens y Wells, 1985).

Cuando hablamos de la medición y valoración de la fuerza, lo único que podemos y tenemos que medir son el pico de fuerza conseguido y el tiempo necesario para llegar a alcanzarlo, es decir, el valor de la fuerza que se mide y se quiere analizar más la relación entre esa fuerza y el tiempo necesario para conseguirla. La relación fuerza-tiempo da lugar a lo que se conoce como curva fuerza-tiempo (C f-t). Cuando la fuerza se mide en acción dinámica, la C f-t tiene un equivalente en la curva fuerza-velocidad (C f-v) (Zatsiorsky, 1993; Zatsiorsky, 1995).

Existen diferentes maneras de clasificar la fuerza. Una de ellas es la que nos proponen Badillo González y Ribas Serna (2002) en el libro *Programación del entrenamiento de fuerza*. Los tipos de fuerzas se desarrollan a continuación.

- **Fuerza isométrica/estática máxima (FIM):** se refiere a la fuerza que se genera en un músculo cuando se contrae sin cambiar su longitud. En otras palabras, durante una contracción isométrica, el músculo produce tensión sin moverse. Este tipo de contracción ocurre cuando se mantiene una posición fija contra una resistencia. Si se cuenta con los instrumentos adecuados, la medición de esta fuerza dará lugar a la C f-t isométrica o estática. Esta fuerza se mide en N.

- **Fuerza dinámica máxima:** si la resistencia que se utiliza para medir la fuerza, se supera, pero solo se puede hacer una vez. La fuerza que medimos es la fuerza dinámica máxima (FDM). Se suele considerar como el valor de una repetición máxima (1RM).
- **Fuerza dinámica máxima relativa:** si medimos la fuerza aplicada con resistencias inferiores a aquella con la que hemos medido la FDM (1RM), nos encontraremos con un conjunto de valores. Cada uno de ellos será una medición de fuerza dinámica máxima relativa (FDMR), debido a que siempre existirá un valor superior de fuerza dinámica que será la FDM. De esta forma, un sujeto tendrá un solo valor de FDM en un movimiento y condiciones concretas, pero múltiples valores (tantos como resistencias distintas utilizemos para medirlos) de FDMR. Esta fuerza solo se puede expresar en N.
- **Fuerza útil:** se refiere a la capacidad de aplicar la fuerza muscular de manera efectiva y eficiente en actividades específicas o situaciones prácticas de la vida diaria. A diferencia de la fuerza máxima o pura, la fuerza útil se enfoca en la funcionalidad y la aplicabilidad de la fuerza en contextos específicos, como deportes, trabajos manuales o tareas cotidianas.

- **Fuerza explosiva (FE):** es el resultado de la relación entre la fuerza producida (manifestada o aplicada) y el tiempo necesario para ello. Por tanto, la FE es la producción de fuerza en la unidad de tiempo y viene expresada en N·s⁻¹.

A CONTINUACIÓN, SE DESARROLLARÁN LOS PROCEDIMIENTOS POR LOS CUALES OBTENDREMOS LAS MEDICIONES DE FUERZA SEGÚN EL GRUPO MUSCULAR ANALIZADO.

INSTRUMENTO

- Test isocinético 60 y 240°/segundo.
- Galga de isquiotibiales, fuerza isométrica unilateral:
 - 90° de flexión de cadera y 90° de flexión de rodilla (decúbito supino);
 - 90° de flexión de cadera y 20° de flexión de rodilla (apoyo monopodal).
- Galga de cuádriceps, fuerza isométrica unilateral:
 - a. 90° de flexión de rodilla (sedestación).
- Galga de abductores y aductores, fuerza isométrica bilateral:
 - a. 45° de flexión de cadera y pies planos en contacto con la camilla (decúbito supino).

La correcta ejecución de estos procedimientos, es decir, siempre que se siga de manera estricta el protocolo estandarizado para cada uno de ellos, proporcionará unos resultados precisos, válidos y fiables, esenciales para la evaluación del deportista. En este sentido, conocer la validez y fiabilidad de los test clínicos es fundamental para contar con una correcta interpretación

de los resultados, tomar decisiones respaldadas en ellos o garantizar la calidad de una investigación científica. De esta manera, a partir de las pruebas presentadas, se ofrecerá información con base científica relativa a valores de referencia, validez, fiabilidad, procedimientos de ejecución y parámetros para el análisis de los resultados, además de recomendaciones para la interpretación y visualización de los resultados.

A CONTINUACIÓN, SE DESARROLLARÁN LOS PROCEDIMIENTOS POR LOS CUALES OBTENDREMOS LAS MEDICIONES DE FUERZA SEGÚN EL GRUPO MUSCULAR ANALIZADO.

INSTRUMENTO

En la actualidad tenemos muchos instrumentos para medir la fuerza. Entre ellos, se encuentran las galgas y los dispositivos isocinéticos.

Las galgas de fuerza son unos dispositivos utilizados en el ámbito del deporte y la investigación del rendimiento físico para medir fuerzas, tiempos y otras variables relacionadas con el ejercicio y la actividad física. Se pueden encontrar muchos dispositivos en el mercado actual, de diferentes precios y prestaciones. Un ejemplo de ellas son las propuestas por Chronojump Boscosystem (www.chronojump.es), que con una capacidad máxima de 500 kg y un peso de 638 g son una muy buena opción tanto por su portabilidad como por su fácil aplicación tanto en el ámbito deportivo como científico. Estos dispositivos se caracterizan por lo siguiente.

- Precisión y fiabilidad: ofrecen mediciones precisas de la fuerza aplicada durante diferentes tipos de ejercicios.
- Facilidad de uso: la integración del hardware y el software permite una configuración y uso relativamente sencillos, incluso para usuarios no especializados.

- Flexibilidad y adaptabilidad: pueden ser utilizados en una amplia variedad de contextos deportivos y de investigación.

El funcionamiento básico de una galga de fuerza muscular implica la conversión de la fuerza aplicada en una señal eléctrica que pueda ser medida y analizada mediante el siguiente proceso.

1. **Aplicación de fuerza.** El usuario aplica fuerza sobre el dinamómetro. Esto puede ser mediante una compresión, tracción o cualquier otra acción muscular específica que el dispositivo esté diseñado para medir.
2. **Deformación del sensor.** Dentro del dinamómetro hay sensores piezoeléctricos que, cuando se aplica fuerza, se deforman.
3. **Cambio en la resistencia eléctrica.** La deformación del sensor provoca un cambio en su resistencia eléctrica. En el caso de galgas extensométricas, este cambio es directamente proporcional a la fuerza aplicada.
4. **Conversión de señal.** El cambio en resistencia se convierte en una señal eléctrica. Esta señal es muy pequeña, por lo que normalmente se amplifica mediante un circuito de acondicionamiento de señal.
5. **Medición y registro.** La señal amplificada se envía a un sistema de medición que puede ser un microprocesador, una computadora o un dispositivo de registro. Este sistema interpreta la señal y la convierte en una lectura de fuerza que puede ser visualizada y analizada.

Los dispositivos isocinéticos son instrumentos que permiten efectuar ejercicios musculares a una velocidad que permanece constante durante todo el arco de movimiento articular. La resistencia producida por las máquinas es «acomodadiza», es decir, siempre es proporcional a la fuerza expresada por el paciente. De esta manera, los músculos involucrados desarrollan siempre la mayor tensión y la máxima activación de las fibras. Esta característica del dispositivo isocinético hace que sea un instrumento muy versátil, que se

presta a un empleo ventajoso en una evaluación funcional, rehabilitación y entrenamiento.

El principal tipo de movimiento que podemos analizar con este instrumento es el siguiente.

- **Movimiento isocinético:** en este caso, el movimiento se realiza a velocidad constante y la resistencia ofrecida por la máquina varía en función de la fuerza ejercitada por el paciente (resistencia «acomodadiza»).

Test isocinético 60 y 240°/segundo

El test isocinético es una evaluación avanzada y específica utilizada para medir la fuerza y el rendimiento muscular. Los test isocinéticos son ampliamente utilizados en el ámbito deportivo, la rehabilitación y la investigación clínica por varias razones. En primer lugar, permiten evaluar la fuerza máxima y la resistencia muscular en diferentes grupos musculares, lo que es esencial para detectar desequilibrios entre músculos agonistas y antagonistas, además de prevenir lesiones. Asimismo, estos test son fundamentales para monitorizar el progreso de los pacientes durante la rehabilitación, especialmente, después de cirugías como la reconstrucción del ligamento cruzado anterior (ACLR). A su vez, proporcionan datos que ayudan a tomar decisiones informadas sobre el retorno seguro a la práctica deportiva (Schindler et al., 2023; Van Melik et al., 2022).

El uso de los dinamómetros isocinéticos presenta algunas limitaciones, como su alto coste y la necesidad de espacio y personal especializado, lo cual acota su uso a centros bien equipados. Además, existen variaciones en los protocolos de prueba entre diferentes estudios y centros, lo que puede afectar la comparabilidad de los resultados. La disponibilidad de valores normativos específicos para diferentes poblaciones aún es limitada, lo que puede complicar la interpretación de los resultados en ciertas circunstancias (Van Melik et al., 2022; Berg et al., 2022).

En conclusión, el test isocinético es una herramienta valiosa y precisa para evaluar la fuerza y el rendimiento muscular, detectar desequilibrios y guiar tanto la rehabilitación como el retorno al deporte. Su aplicación requiere de equipamiento especializado y protocolos estandarizados para garantizar resultados fiables y comparables. Los valores de referencia son cruciales para interpretar los resultados y establecer metas de recuperación en diferentes poblaciones deportivas y clínicas (Schindler et al., 2023; Berg et al., 2022).

Procedimiento

Para la realización del test, previamente se debe cumplimentar los datos personales del deportista a valorar, lo cual debe incluir el peso (importante para normalizar los resultados). La posición del sujeto va a ser sentado en la silla que proporciona el dispositivo isocinético, con

el respaldo a 85°. Se debe facilitar una posición cómoda al sujeto. Hay que tener en cuenta que se debe dejar una distancia de unos dos dedos entre el final del asiento de la silla y la zona del hueco poplíteo. Es importante que el eje del brazo que evalúa la fuerza de la extremidad coincida con el centro del cóndilo femoral externo.

El evaluador debe fijar al deportista a la silla con todas las sujeciones proporcionadas (cintura, hombros, cuádriceps y tobillo). El agarre de la zona de la tibia se va a situar tres dedos por encima del maleolo externo. La extremidad que no se evalúa permanece fijada también con un soporte debajo de la silla. Una vez completado el proceso, se le pide al deportista que realice una flexión y extensión máximas para comprobar que pueda realizar el movimiento que se va a valorar sin ninguna restricción.

Figura 1: Posición inicial y posición final

Posición inicial



Posición final



Fuente: elaboración propia.

Los test, que se realizan a velocidades de 60 y 240°/segundo, se llevan a cabo efectuando 5 repeticiones de cada velocidad con un descanso de un minuto y un minuto y medio entre series. A continuación, se muestran en la tabla 1 los resultados que se extraen de un test isocinético.

Tabla 1: Resultados de un test isocinético

TEST:RODILLA - ISOCINÉTICO			
Número Ejercicio.	97	94	Diff. %
Fecha/Tiempo	14/05/2024 - 11:06	14/05/2024 - 11:01	
Tipo	CONCÉNTRICO	CONCÉNTRICO	
Series	TEST_60.240_CON	TEST_60.240_CON	
"	C_D - 2	C_E - 2	
Lado	DÉRECHO	IZQUIERDO	
Velocidad Ext/Flx	60/60	60/60	
# Rep. Ajuste/Ejerc.	5/5	5/5	
Ajuste límite ROM Ext/Flx	*/*	*/*	
Max ROM Ext/Flx	0/90	0/90	*/0
Media Torsión de Pico [Nm] Ext/Flx	211/174	231/170	-9/2
Torsión de Pico [Nm] Ext/Flx	219/179	246/177	-11/1
Torsión de Pico [Nm] Ext/Flx / Peso	3,17/2,59	3,57/2,57	-11/1
Ángulo @PT Ext/Flx	50/25	51/32	
Potencia Max Ext/Flx	260/235	291/232	-11/1
Ángulo Potencia @Max Ext/Flx	69/8	74/18	
Tot. trabajo Ext/Flx	957/785	1100/801	-13/-2
% Índice resisten. Ext/Flx	*/*	*/*	
% Rango Flex/Ext % :	81	71	14

Tabla con los resultados obtenidos en un test isocinético a velocidad de 60º/segundo en un deportista del FCB.

Fuente: elaboración propia.

Todos los datos son importantes para la valoración del deportista, pero hay algunos que son más indicativos de su estado

Entre ellos, se destacan los siguientes.

- Torsión de pico [Nm] Ext/Flx: expresa los valores de fuerza obtenidos en cuádriceps (Ext) e isquiotibiales (Flx) de cada pierna.
- Torsión de pico [Nm] Ext/Flx/Peso: permite normalizar la fuerza realizada en función del peso del individuo, importante para comparar diferentes

sujetos.

- Diff. %: en la misma línea, indica la asimetría entre las dos piernas tanto en cuádriceps (Ext) como en isquiotibiales (Flx).
- Porcentaje de rango Flx/Ext %: nos informa de la ratio H/Q de cada pierna.

Análisis, interpretación y visualización de los resultados —

Para la prevención de lesiones, se requiere la identificación y comprensión de los factores que conducen a la lesión, lo que permite el desarrollo de la estrategia más adecuada para reducir su riesgo. A pesar de la existencia de un gran número de posibles causas descritas en los fundamentos teóricos, solo unos pocos factores han sido asociados científicamente con la lesión. Estos factores, al ser los intrínsecos relacionados con las características individuales (como el desequilibrio de fuerzas), son los que mejor la predicen (Croisier et al., 2008).

La evaluación de estos desequilibrios musculares, concretamente los de la musculatura del cuádriceps y la musculatura isquiotibial, son importantes también para evaluar la progresión de la rehabilitación y la toma de decisiones en un *return to sport* (RTS), sobre todo después de un proceso de recuperación de media o larga duración, por ejemplo, una reconstrucción del ligamento cruzado anterior (LCA). También sabemos que los deportistas que superan estos test de fuerza como parte de un test de RTS tienen un riesgo menor de sufrir una segunda lesión del LCA, lo que subraya su importancia (Van Melik et al., 2022).

Se establece que la evaluación de estos desequilibrios musculares en cuanto a índices isocinéticos ha sido aceptada con base en conocimientos teóricos y empíricos (Hopkins, 2000). A ello, posteriormente Croisier (2004) añade una

agrupación de estos índices de fuerza de la articulación de la rodilla en dos tendencias. Por un lado, los índices de fuerza bilateral (desequilibrio muscular entre la fuerza de un segmento corporal y su homónimo opuesto, es decir, un desequilibrio bilateral) y, por otro lado, los índices de fuerza unilateral (alteración entre la fuerza de la musculatura agonista y antagonista al movimiento articular, es decir, un desequilibrio unilateral). Estos índices de fuerza isocinética proporcionan información relevante sobre la función articular de la rodilla, el riesgo de lesión tanto del ligamento cruzado anterior (LCA) como de la musculatura principal del muslo (cuádriceps/isquiotibial) y la estabilidad dinámica de la rodilla (Croiser, 2004).

El índice de fuerza bilateral tradicionalmente ha sido utilizado de acuerdo con la relación entre la fuerza máxima de la pierna lesionada respecto de la no lesionada o la pierna dominante respecto de la no dominante, pero hoy no existe un consenso claro sobre la relación de referencia más apropiada. En cuanto a la fuerza unilateral, la relación entre la fuerza máxima de la musculatura extensora y la flexora de la articulación de la rodilla es expresada cuantitativamente como el cociente entre el momento/torque pico de fuerza máxima isocinético de la musculatura flexora (H) y la musculatura extensora (Q) de la rodilla, medido durante contracciones concéntricas (Ayala et al., 2012). Esto se conoce como la relación convencional H/Q. No obstante, posteriormente, esta relación convencional ha dejado su lugar a la denominada relación funcional, que calcula la relación del torque pico isquiotibial en excéntrico y el torque pico de cuádriceps concéntrico, puesto que los grupos musculares que realizan acciones opuestas no actúan simultáneamente de forma concéntrica (Aagaard, 1995).

Si existe en la teoría científica un artículo que marcó las bases de la metodología isocinética en relación con el trabajo de fuerza de la musculatura cuádriceps e isquiotibial, este fue el publicado en 2008 por Croisier et al. Durante las pretemporadas del 2000 al 2005, los autores valoraron un total de 462 futbolistas profesionales belgas, brasileños y franceses, de 26 ± 6 años de edad. Estos autores emplearon el protocolo de test que posteriormente se ha seguido utilizando como referencia de muchos

otros estudios. De esta forma, sentaron las bases del trabajo isocinético a seguir. En el artículo se incluyeron esfuerzos concéntricos de la musculatura isquiotibial y el cuádriceps a velocidades angulares de 60°/segundo y 240°/segundo, además de esfuerzos excéntricos para los isquiotibiales a velocidades de 30°/segundo y 120°/segundo.

No obstante, recientemente, Van Melick et al. (2022) han publicado lo que se conoce como un *scoping review*. Esta es una forma de síntesis de la evidencia científica novedosa, donde se comparten valores de referencia de fuerza máxima en concéntrico y excéntrico a 60°/segundo, 180°/segundo y 300°/segundo tanto de cuádriceps como de isquiotibiales, en deportistas que practican fútbol, baloncesto y balonmano.

Debido a que consideramos que la población en cuestión tratada son deportistas profesionales y actualmente en el Fútbol Club Barcelona (FCB) no se dispone de valores de referencia trabajados para poder exponer, se comparten los de esta publicación (Van Melick et al., 2022).

Fútbol masculino —

Adolescentes: 17.1 ± 0.8 años (n=58).

60°/s cuádriceps: *peak* torque, 182 ± 28 Nm.

ECC *peak* torque, -.

Isquiotibiales: *peak* torque, 97 ± 18 Nm.

ECC *peak* torque, 151 ± 29 Nm.

Ratio: HQR: -/DCR: 84 %.

180°/s cuádriceps: *peak* torque, 145 ± 13 Nm.

ECC *peak* torque, 244 ± 42 Nm.

Isquiotibiales: *peak* torque, 87 ± 15 Nm.

ECC *peak* torque, 138 ± 21 Nm.

Ratio: HQR: 61 % ± 9 %/DCR: 96 % ± 20 %.

300°/s cuádriceps: *peak* torque, 122 ± 14 Nm.
ECC *peak* torque, 249 ± 41 Nm.
Isquiotibiales: *peak* torque, 72 ± 9 Nm.
ECC *Peak* Torque, 141 ± 23 Nm.
Ratio: HQR: 61 % ± 7 %/DCR: 117 % ± 23 %.

Adultos: 24.9 ± 1.2 años (n=1499).

60°/s cuádriceps: *peak* torque, 239 ± 16 Nm.
ECC *peak* torque, 244 ± 42 Nm.
Isquiotibiales: *peak* torque, 138 ± 4 Nm.
ECC *peak* torque, 187 ± 19 Nm.
Ratio: HQR: 60 % ± 3 %/DCR: 75 % ± 3 %.

180°/s cuádriceps: *peak* torque, 168 ± 14 Nm.
ECC *peak* torque, 249 ± 40 Nm.
Isquiotibiales: *peak* torque, 106 ± 7 Nm.
ECC *peak* torque, 154 ± 1 Nm.
Ratio: HQR: 62 % ± 6 %/DCR: 101 % ± 3 %.

300°/s cuádriceps: *peak* torque, 134 ± 6 Nm.
ECC *peak* torque, 256 ± 15 Nm.
Isquiotibiales: *peak* torque, 93 ± 7 Nm.
ECC *peak* torque, 162 ± 4 Nm.
Ratio: HQR: 68% ± 6%/DCR: 126% ± 5%.

Fútbol femenino —

Adultas: 21.3 ± 0.6 años (n=213).

60°/s cuádriceps: *peak* torque, 149 ± 3 Nm.
ECC *peak* torque, -.

Isquiotibiales: *peak* torque, 87 ± 1 Nm.

ECC *peak* torque, -.

Ratio: HQR: $59\% \pm 1\%$ /DCR: -.

180°/s: -.

300°/s cuádriceps: *peak* torque, 83 ± 12 Nm.

ECC *peak* torque, -.

Isquiotibiales: *peak* torque, 60 ± 9 Nm.

ECC *peak* torque, -.

Ratio: HQR: $72\% \pm 11\%$ /DCR: -.

Básquet masculino —

Adultos: 22.7 ± 0.6 años (n=73).

60°/s cuádriceps: *peak* torque, 299 ± 3 Nm.

ECC *peak* torque, -.

Isquiotibiales: *peak* torque, 157 ± 8 Nm.

ECC *peak* torque, -.

Ratio: HQR: $55\% \pm 3\%$ /DCR: -.

180°/s cuádriceps: *peak* torque, 190 ± 12 Nm.

ECC *peak* torque, -

Isquiotibiales: *peak* torque, 107 ± 7 Nm.

ECC *peak* torque, -.

Ratio: HQR: $58\% \pm 9\%$ /DCR: -.

300°/s cuádriceps: *peak* torque, 147 ± 27 Nm.

ECC *peak* torque, -.

Isquiotibiales: *peak* torque, 82 ± 19 Nm.

ECC *peak* torque, -.

Ratio: HQR: 65 % ± 10 %/DCR: -.

Básquet femenino —

Adultas: 24.4 ± 2.6 años (n=14).

60°/s cuádriceps: *peak* torque, 185 ± 15 Nm.

ECC *peak* torque, -.

Isquiotibiales: *peak* torque, 100 ± 10 Nm.

ECC *peak* torque, -.

Ratio: HQR: 57 % ± 9 %/DCR: -.

180°/s cuádriceps: *peak* torque, 120 ± 10 Nm.

ECC *peak* Torque, -.

Isquiotibiales: *peak* torque, 55 ± 5 Nm.

ECC *peak* torque, -.

Ratio: HQR: 55% ± 10%/DCR: -.

300°/s cuádriceps: *peak* torque, 75 ± 10 Nm.

ECC *peak* torque, -.

Isquiotibiales: *peak* torque, 30 ± 4 Nm.

ECC *peak* torque, -.

Ratio: HQR: 51 % ± 10 %/DCR: -.

Balonmano masculino —

Adultos: 25.9 ± 4.1 años (n=17).

60°/s cuádriceps: *peak* torque, 266 ± 51 Nm.

ECC *peak* torque, -.

Isquiotibiales: *peak* torque, 163 ± 18 Nm.

ECC *peak* torque, -.

Ratio: HQR: $63 \% \pm 12 \%$ /DCR: -.

180°/s -.

300°/s cuádriceps: *peak* torque, 181 ± 36 Nm.

ECC *peak* torque, -.

Isquiotibiales: *peak* torque, 113 ± 22 Nm.

ECC *peak* torque, -.

Ratio: HQR: $63 \% \pm 9 \%$ /DCR: -.

Balonmano femenino —

Adultas: 21.1 ± 0.9 años (n=293).

60°/s cuádriceps: *peak* torque, 169 ± 5 Nm.

ECC *peak* torque, -.

Isquiotibiales: *peak* torque, 95 ± 2 Nm.

ECC *peak* torque, -.

Ratio: HQR: $57 \% \pm 1 \%$ /DCR: -.

180°/s cuádriceps: *peak* torque, 110 ± 7 Nm.

ECC *peak* torque, -.

Isquiotibiales: *peak* torque, 40 ± 7 Nm.

ECC *peak* torque, -.

Ratio: HQR: $55 \% \pm 10 \%$ /DCR: -.

300°/s cuádriceps: *peak* torque, 91 ± 16 Nm.

ECC *peak* torque, -.

Isquiotibiales: *peak* torque, 53 ± 18 Nm.

ECC *peak* torque, -.

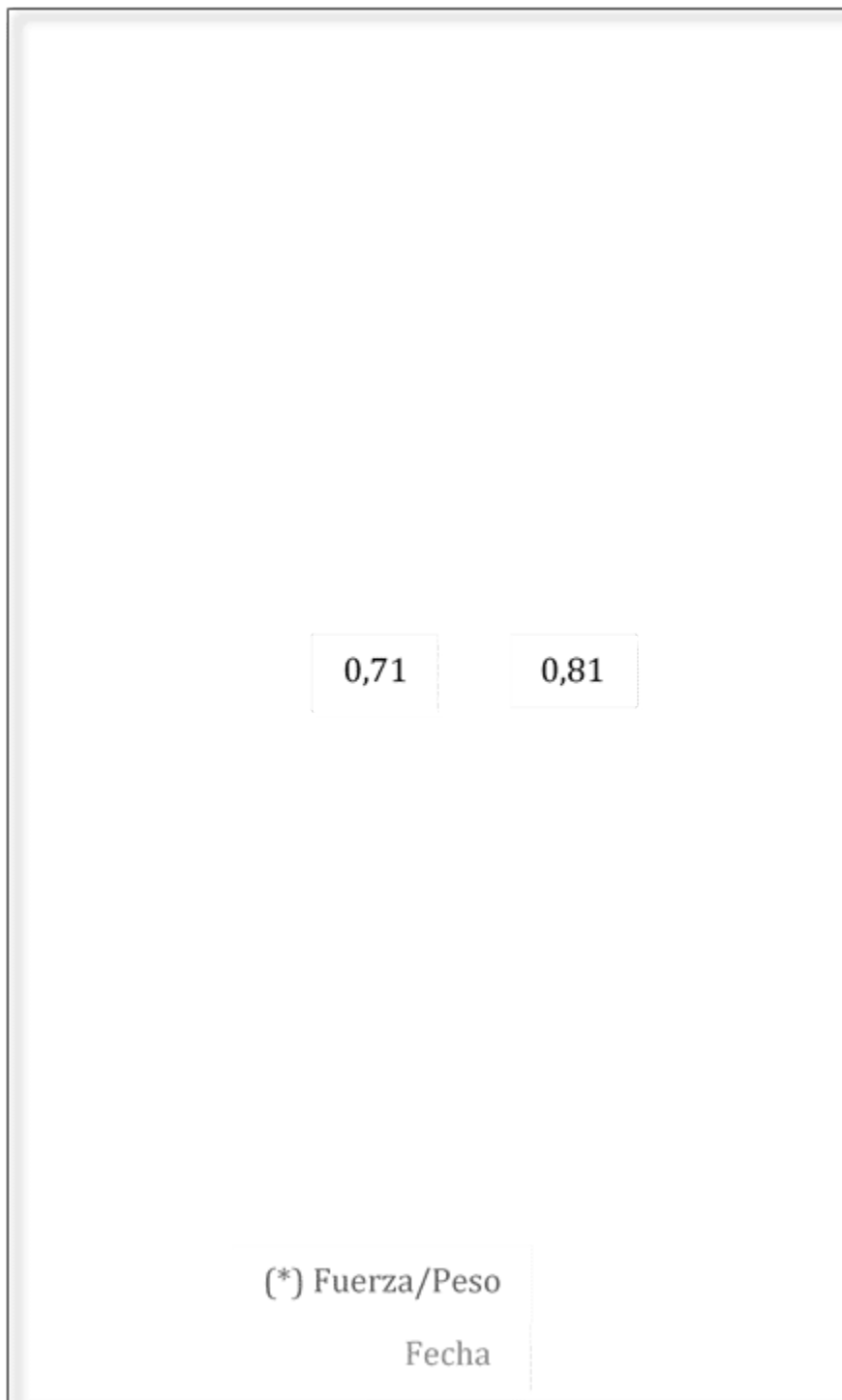
Ratio: HQR: 61 % \pm 5 %/DCR: -.

El hamstrings-quadriceps ratio se calcula de la siguiente manera. HQR: *hamstrings-quadriceps ratio* (rel.convencional)/DCR: dynamic control ratio (rel.funcional).

Estos valores son una muestra de la variabilidad en cuanto a los resultados, de acuerdo con el género, edad y el tipo de deporte que se practique.

En esta propuesta de interpretación gráfica (figura 2) para el resultado de un test isocinético, se muestra el *peak* torque de fuerza que realiza cada grupo muscular (Q: cuádriceps; H: isquiotibiales), la asimetría (cuadro naranja) para el mismo grupo muscular entre las dos piernas, la normalización de la fuerza con el peso del individuo (*) y la ratio H/Q para cada extremidad. Se busca mostrar toda la información que se considera necesaria a la hora de interpretar los resultados obtenidos en el test y que sea fácil de situar al evaluador sobre el estado del individuo en función de dichos resultados.

Figura 2: Resultados de un test isocinético de un deportista del FCB



Visualización de los resultados de un test isocinético a un deportista del FCB.

Fuente: elaboración propia.

Test isocinético de 60 y 240°/segundo

Material: dispositivo isocinético.

Posición del sujeto: sedestación con la postura correcta y las fijaciones para realizar el movimiento a valorar.

Ejecución: se realiza el movimiento de flexión y extensión de rodilla en toda su amplitud con la máxima fuerza posible.

Mediciones: se realizan 5 repeticiones de cada velocidad y se extraen los resultados del programa.

**GALGA DE ISQUIOTIBIALES, FUERZA ISOMÉTRICA
UNILATERAL: 90° DE FLEXIÓN DE CADERA Y 90° DE
FLEXIÓN DE RODILLA (DECÚBITO SUPINO)**

PROCEDIMIENTO

El test de fuerza isométrico de la musculatura isquiotibial a 90° de rodilla es una herramienta utilizada para evaluar la fuerza de los músculos isquiotibiales en una posición específica que implica la flexión de la cadera y rodilla a 90 grados. Este test es crucial para identificar el riesgo de lesiones y evaluar la recuperación funcional poslesión (Ogborn et al., 2021).

La fiabilidad interevaluador de esta prueba ha demostrado ser alta, independientemente de la capacidad física del evaluador, lo cual es esencial en entornos clínicos. La posición del cuerpo y el pie del participante puede influir significativamente en los resultados del torque de flexión de la rodilla. La flexión de rodilla genera mayor torque en posición sentada con dorsiflexión del pie en comparación con posiciones supinas o el pie en flexión plantar.

Aunque la dinamometría manual muestra una buena correlación con los dinamómetros isocinéticos, los valores obtenidos no son directamente intercambiables. Los dispositivos isocinéticos, aunque más fiables y válidos, son más costosos y menos prácticos en ciertos entornos clínicos (Ogborn et al., 2021; Van Der Made, 2019).

El test isométrico a 90° de rodilla es valioso para la evaluación de la fuerza muscular, pero requiere la estandarización de la posición del participante y métodos de fijación adecuados para asegurar resultados fiables. La variabilidad entre métodos y la influencia de la posición deben considerarse para maximizar la precisión de las mediciones (Ogborn et al., 2021; Van Der Made, 2019).

**GALGA DE ISQUIOTIBIALES, FUERZA ISOMÉTRICA
UNILATERAL: 90° DE FLEXIÓN DE CADERA Y 90° DE
FLEXIÓN DE RODILLA (DECÚBITO SUPINO)**

PROCEDIMIENTO

Para la realización del test, la posición del sujeto será en decúbito supino en el suelo, con los brazos a lo largo del cuerpo. La pierna a valorar en posición de 90° de flexión de cadera y rodilla, con el pie suspendido en el *foot strap*. La pierna no valorada se mantendrá estirada en el suelo.

La posición del evaluador será ubicarse lateralmente al sujeto, para inmovilizar la cadera con sus manos a la altura de las espinas ilíacas anterosuperiores. Debe evitar que se despegue del suelo al realizar el test.

Para su ejecución, el sujeto debe de empujar con el talón de la pierna a valorar en dirección al suelo lo más fuerte posible, sin despegar los brazos ni la cabeza del suelo. Se debe efectuar una fuerza progresiva en busca de la máxima contracción y mantenerla de 3 a 5 segundos. El test vendrá acompañado por

estímulos verbales del evaluador: un «3, 2, 1, vamos», previo al inicio de la contracción.

Se realizan dos contracciones para cada pierna, con un descanso mínimo de 30 segundos entre cada una de ellas. La referencia será el valor de contracción máximo obtenido en cada pierna.

Figura 3: Posición de valoración

Posición de valoración



Galga de isquiotibiales, fuerza isométrica unilateral: 90° de flexión de cadera y 20° flexión de rodilla (apoyo monopodal)

El test isométrico de fuerza de la musculatura isquiotibial 90/20 (90° de cadera/20° de rodilla) es una herramienta utilizada para evaluar la

fuerza de los isquiotibiales en una posición de mayor extensión de la rodilla. Su objetivo principal es medir el pico de fuerza isométrica (IPF) en una posición que refleja una mayor extensión de la rodilla y donde la cadera se encuentre en 90° de flexión, lo cual es relevante para evaluar la fuerza de la musculatura isquiotibial en situaciones que demandan una alta activación muscular (Matinlauri et al., 2019).

El test 90/20 ha demostrado tener una fiabilidad de moderada a alta, con coeficientes de variación (CV) entre un 7.3 % y un 11.0 %. La posición de las manos durante el test influye en la fiabilidad. El CV es menor cuando se mantienen las manos en la pared que en la posición de manos en el pecho para la pierna dominante (7.3 % vs. 11.0 %), pero mayor en la posición con manos en la pared que en la de manos en el pecho para la pierna no dominante (9.7 % vs. 7.3 %) (Matinlauri et al., 2019).

En términos de aplicaciones prácticas, los test isométricos como el 90/20 son útiles para monitorizar la fuerza de la musculatura isquiotibial en entornos deportivos y clínicos. La posición 90/20 puede ser más sensible para detectar cambios en la fuerza muscular después de actividades intensas, lo cual es imprescindible para ajustar programas de entrenamiento y recuperación. Además, implementar el test 90/20 puede ayudar a identificar déficits de fuerza y asimetrías musculares, factores de riesgo importantes para lesiones de isquiotibiales (Matinlauri et al., 2019).

La teoría indica que los déficits en la fuerza excéntrica de los isquiotibiales han sido identificados como un factor de riesgo para las lesiones recurrentes de isquiotibiales en el fútbol. En particular, el test nórdico de isquiotibiales se utiliza ampliamente para detectar debilidades musculares y asimetrías entre extremidades. Sin embargo, los resultados de un estudio reciente revelan que no existe una relación significativa entre los resultados del test nórdico y los de las pruebas isométricas, como el 90/20 y la flexión de rodilla a 15°. Esto sugiere que cada prueba mide diferentes aspectos de la fuerza muscular y no son intercambiables (Moreno-Pérez et al., 2020).

Específicamente, el test nórdico identificó asimetrías mayores al 15 % en el 30 % de los jugadores, mientras que el test de flexión de rodilla a 15° lo hizo en el 25 % y el 90/20 en solo el 5 % de los jugadores. Este hallazgo es crítico, ya que las asimetrías en la fuerza de los isquiotibiales se consideran un elemento clave para anticipar la recurrencia de lesiones (Moreno-Pérez et al., 2020).

En conclusión, el test 90/20 es una herramienta útil y fiable para evaluar la fuerza de la musculatura isquiotibial. Su uso regular puede proporcionar información valiosa sobre el estado físico de los atletas, ayudar a optimizar los programas tanto de entrenamiento como recuperación, contribuir a la prevención de lesiones y mejorar el rendimiento deportivo. Además, los test isométricos pueden ser más adecuados durante las fases iniciales del proceso de recuperación de una lesión de isquiotibiales, mientras que los test excéntricos, como el

nórdico, pueden ser más útiles en las últimas etapas de la recuperación para detectar debilidades musculares y asimetrías (Matinlauri et al., 2019; Moreno-Pérez et al., 2020).

Procedimiento

Para su realización, la posición del sujeto será en bipedestación, con la espalda pegada a la pared y los brazos cruzados a la altura del pecho. La pierna a valorar se ubica en posición de 90° de flexión de cadera y 20° de flexión de rodilla, con el pie suspendido en el *foot strap*. La pierna no valorada se mantendrá estirada con el talón cerca de la pared.

Para su ejecución, el sujeto debe de empujar con el talón de la pierna a valorar en dirección al suelo lo más fuerte posible, sin separar los brazos ni despegar la cabeza de la pared. Tampoco se permite que doble la rodilla. Se debe efectuar una fuerza progresiva en busca de la máxima contracción, tiene que llegar a mantenerla de 3 a 5 segundos. El test vendrá acompañado por estímulos verbales del evaluador: un «3, 2, 1, vamos» previo al inicio de la contracción.

Se realizan dos contracciones para cada pierna, con un descanso mínimo de 30 segundos entre cada una de ellas. La referencia será el valor de contracción máximo obtenido en cada pierna.

Figura 4: Posición de valoración



Fuente: elaboración propia.

Análisis, interpretación y visualización de los resultados

La distensión de los isquiotibiales es la lesión más común que sufren los jugadores de fútbol profesional de élite y representan la mayor carga de lesiones. Una encuesta realizada a equipos de fútbol profesionales de alto nivel de todo el mundo en el campo de la medicina y la ciencia del deporte identificó la «fatiga» y el «desequilibrio muscular» como los dos factores de riesgo modificables más importantes para las lesiones sin contacto en los futbolistas profesionales (McCall et al., 2015).

Se sugiere que la fatiga puede ser un factor de riesgo para las lesiones por distensión de los isquiotibiales en el fútbol profesional, según estudios que muestran que las lesiones son más frecuentes al final de las mitades de los partidos de fútbol profesional, además de aquellos estudios que informan una reducción en la producción de fuerza de los músculos isquiotibiales al final de los partidos. Por esta razón, pruebas rutinarias de análisis de la fuerza de los isquiotibiales de los jugadores después de los partidos y durante el período posterior a un partido pueden proporcionar un método útil para rastrear la magnitud de la reducción de la fuerza y su recuperación para estos músculos considerados de «alto riesgo» (McCall et al., 2015).

En relación con el desequilibrio muscular, primero debemos aclarar que puede referirse tanto a diferencias entre extremidades como músculos agonistas/antagonistas de la misma extremidad. Por su parte, aunque la ciencia aún no ha validado o refutado por completo el desequilibrio muscular como factor de riesgo, esta información es importante para los profesionales. De esta forma, cualquier prueba lo suficientemente sensible que pueda permitir la detección del desequilibrio muscular de un jugador puede ser un marcador útil para que los profesionales tomen decisiones informadas con respecto a la magnitud de las reducciones de fuerza y la recuperación en los isquiotibiales dominantes y no dominantes de sus jugadores (McCall et al., 2015).

La evaluación de la fuerza de los isquiotibiales, del mismo modo que sucede con la del cuádriceps, tradicionalmente se ha realizado con la dinamometría isocinética (Rahnama et al., 2003; Small et al., 2010). Estas pruebas tienen una utilidad limitada como herramienta de monitorización de los jugadores que posteriormente sufren una lesión de los isquiotibiales (Van Dyk et al., 2016), entonces, son poco viables en la práctica para la detección de un gran número de deportistas por la ineficiencia del tiempo y la necesidad de un costoso equipo de laboratorio. Un enfoque alternativo es examinar la fuerza de los isquiotibiales mediante protocolos isométricos que implican un daño muscular estructural mínimo (Faulkner et al., 1993) y, por lo tanto, se pueden utilizar con regularidad durante la temporada o en un proceso de recuperación. Además, la tasa de producción de fuerza se puede cuantificar con más facilidad (McCall et al., 2015), lo cual tiene connotaciones positivas para los deportistas que tienen restricciones en cuanto a la disponibilidad de tiempo para la producción de fuerza.

En el FCB, como test de isometría de la musculatura isquiotibial, se utilizan dos posiciones diferentes: en primer lugar, una en decúbito supino con la cadera y la rodilla a 90° de flexión y, en segundo lugar, una donde el deportista está de pie con la cadera a 90° y la rodilla a 20° de flexión. Las diferencias significativas entre ambas posiciones son cambios en el reclutamiento de los músculos isquiotibiales (Read et al., 2019; Hermens et al., 2000). Allí, existe una mayor activación tanto del músculo bíceps femoral como de la misma cadena posterior

en general (incluidos los isquiotibiales mediales y el glúteo mayor) con la rodilla en posición de flexión de 20° (Read et al., 2019).

Las deficiencias medidas en ambas pruebas isométricas se podrán utilizar

PARA LO SIGUIENTE (READ ET AL., 2019).

SE PODRÁ HACER UNA COMPARATIVA ENTRE LO DESARROLLADO A CONTINUACIÓN.

- Identificar los factores de riesgo de lesiones de referencia de los isquiotibiales y los ligamentos de la rodilla.
- Monitorizar un proceso de recuperación donde la musculatura isquiotibial esté implicada directa o indirectamente.
- Tomar decisiones en la vuelta a la práctica deportiva y la vuelta a la competición.
- Hacer un seguimiento de la efectividad de los programas específicos de fuerza y acondicionamiento.

Una vez que los resultados del test de isometría son obtenidos cuantitativamente

PARA LO SIGUIENTE (READ ET AL., 2019).

SE PODRÁ HACER UNA COMPARATIVA ENTRE LO DESARROLLADO A CONTINUACIÓN.

- El mismo jugador: en momentos diferentes de la pretemporada/temporada, pre- y poslesión o diferentes fases de la recuperación, donde tendremos en cuenta lo siguiente (Harput et al., 2015).
 - Una simetría de fuerza del isquiotibial de menos del 80 % es similar a la de los jugadores lesionados, con lo que se recomienda que los deportistas muestren un índice de isquiotibiales (HI) de al menos el 80 % antes de que se les autorice a correr.

El cálculo del índice de isquiotibiales es $(HI) = (\text{el resultado de la extremidad afectada} / \text{resultado de la extremidad no afectada}) \times 100 \%$.

- Debido al riesgo de volver a lesionarse al regresar a los deportes después de un proceso de recuperación, como puede ser el del LCA, es necesario que el índice de isquiotibiales (HI) sea al menos el 90 % antes de que se autorice a volver al deporte.
- Los deportistas de la misma modalidad deportiva.
- Los deportistas de la misma posición o características similares del mismo equipo.

Debido a que consideramos que la población de interés son deportistas, se exponen los valores de referencia que se han obtenido en el FCB durante la temporada 2022-2023 para este test (los resultados están expresados en newtons). Atenderemos a la modalidad del deporte concreto.

Fuerza isométrica unilateral, DS 90/90°

Fútbol femenino: $243.4 \pm 43,4$.

Fuerza isométrica unilateral, BP 90/20°

Fútbol sala: 379.9 ± 122.7 .

Fútbol femenino: 349.6 ± 254.4 .

La interpretación gráfica que se propone para la fuerza isométrica unilateral en los isquiotibiales tanto para la visualización de los resultados del test de 90/90 (figura 5) como el de 90/20 (figura 6) corresponde a un gráfico de columnas. En cada una de ellas, se observan los resultados obtenidos en el test para cada pierna. Asimismo, en la zona central aparece un cuadro naranja que marca la asimetría entre ambas. La línea negra marca el promedio del grupo/equipo y el rectángulo gris, el área que abarca una desviación estándar.

Figura 5: Resultados de un test isométrico unilateral a 90° de flexión de cadera y 90° de flexión de rodilla en decúbito supino



346

Gráfico 2. Visualización de los resultados de un test isométrico unilateral a 90° de flexión de cadera y 90° de flexión de rodilla en decúbito supino, en un deportista del FCB.

Fuente: elaboración propia

Galga de isquiotibiales de 90/90

Material: galga de fuerza más computadora personal (PC) con el *software*.

Posición del sujeto: en decúbito supino en el suelo, brazos a lo largo del cuerpo y pierna a valorar a 90° de flexión de cadera y rodilla.

Ejecución: empujar con el talón de la pierna a valorar en dirección al suelo lo más fuerte posible, de forma progresiva y manteniéndola entre 3 y 5 segundos.

Mediciones: realizan dos contracciones para cada pierna. La referencia será el valor de contracción máximo obtenido en cada pierna.

Figura 6: Resultados de un test isométrico unilateral a 90° de flexión de cadera y 20° de flexión de rodilla en bipedestación

Visualización de los resultados de un test isométrico unilateral a 90° de flexión de cadera y 20° de flexión de rodilla en bipedestación, en un deportista del FCB.

Fuente: elaboración propia

Galga de cuádriceps, fuerza isométrica unilateral: 90° de flexión de rodilla (sedestación)

El test de fuerza isométrica del cuádriceps a 90° de rodilla es fundamental en la rehabilitación tras una reconstrucción del ligamento cruzado anterior (ACLR). Este test mide la fuerza y la simetría del cuádriceps, aspectos clave para evaluar el progreso y la

efectividad de la rehabilitación. La medición de la fuerza isométrica, que no implica cambios en la longitud del músculo ni el ángulo de la articulación, es segura y útil en las primeras etapas de recuperación posoperatoria (Schwery et al., 2022).

El paciente se sienta con la rodilla flexionada a 90° y alinea el cóndilo lateral del fémur con el eje de rotación del dinamómetro. Se mide el torque máximo voluntario isométrico (MVIC) en newtons por metro (Nm) y se normaliza según el peso corporal del paciente. Además, se calcula el índice de simetría de los miembros para evaluar la fuerza entre las extremidades quirúrgica y no quirúrgica (Urhausen et al., 2022).

Este test proporciona datos valiosos sobre la fuerza del cuádriceps, ya que permite ajustar las estrategias de rehabilitación. Según el consenso OPTIKNEE, evaluar la fuerza muscular de los extensores de la rodilla es crucial para prevenir la osteoartritis postraumática y optimizar la salud musculoesquelética tras una lesión de ACL o menisco. Las pruebas isométricas de fuerza son recomendadas por su confiabilidad y validez en la evaluación después de ACLR. Emplear estos test de manera consistente y con protocolos estandarizados asegura resultados precisos y útiles en la práctica clínica (Schwery et al., 2022; Urhausen et al., 2022).

Galga de cuádriceps, fuerza isométrica unilateral: 90° de flexión de rodilla (sedestación)

El test de fuerza isométrica del cuádriceps a 90° de rodilla es fundamental en la rehabilitación tras una reconstrucción del ligamento cruzado anterior (ACLR). Este test mide la fuerza y la simetría del cuádriceps, aspectos clave para evaluar el progreso y la efectividad de la rehabilitación. La medición de la fuerza isométrica, que no implica cambios en la longitud del músculo ni el ángulo de la articulación, es segura y útil en las primeras etapas de recuperación posoperatoria (Schwery et al., 2022).

El paciente se sienta con la rodilla flexionada a 90° y alinea el cóndilo lateral del fémur con el eje de rotación del dinamómetro. Se mide el torque máximo voluntario isométrico (MVIC) en newtons por metro (Nm) y se normaliza según el peso corporal del paciente. Además, se calcula el índice de simetría de los miembros para evaluar la fuerza entre las extremidades quirúrgica y no quirúrgica (Urhausen et al., 2022).

Este test proporciona datos valiosos sobre la fuerza del cuádriceps, ya que permite ajustar las estrategias de rehabilitación. Según el consenso OPTIKNEE, evaluar la fuerza muscular de los extensores de la rodilla es crucial para prevenir la osteoartritis postraumática y optimizar la salud musculoesquelética tras una lesión de ACL o menisco. Las pruebas isométricas de fuerza son recomendadas por su confiabilidad y validez en la evaluación después de ACLR. Emplear

estos test de manera consistente y con protocolos estandarizados asegura resultados precisos y útiles en la práctica clínica (Schwery et al., 2022; Urhausen et al., 2022).

Procedimiento

Para su realización, la posición del sujeto será en sedestación al final de la camilla, con las rodillas y las caderas a 90° de flexión, la espalda recta y los brazos cruzados a la altura del pecho.

Para su ejecución, el sujeto está fijado a la camilla con una cincha en la zona de las caderas. Intenta realizar una extensión de rodilla de la pierna a valorar lo más fuerte posible, sin separar los brazos e intentando mantener la espalda erguida. Se debe efectuar una fuerza progresiva en busca de la máxima contracción y llegar a mantenerla de 3 a 5 segundos. El test vendrá acompañado por estímulos verbales del evaluador: un «3, 2, 1, vamos» previo al inicio de la contracción.

Se realizan dos contracciones para cada pierna, con un descanso mínimo de 30 segundos entre cada una de ellas. La referencia será el valor de contracción máximo obtenido en cada pierna.

Figura 7: Posición de valoración

Posición de valoración



Fuente: elaboración propia

Análisis, interpretación y visualización de los resultados

Tal y como la teoría científica viene demostrando, una fuerza muscular adecuada no solo actúa como factor protector ante el padecimiento de una lesión, sino que contar con unos valores óptimos de fuerza es crucial para el rendimiento deportivo (Padulo et al., 2020). En relación con la fuerza isométrica, se ha visto que es beneficiosa en varias modalidades deportivas, como el fútbol, la lucha libre, el ciclismo en pista y el atletismo, entre otras (McGuigan y Winchester, 2008; Stone et al., 2003; Stone et al., 2004). Sin embargo, McGuigan et al. (2010) fueron más allá, puesto que afirman que concretamente la

contracción muscular isométrica del cuádriceps está directamente relacionada con el rendimiento de otras demandas específicas, como el salto vertical y la repetición máxima (1RM) (Padulo et al., 2015).

Con el respaldo de estos hallazgos, se utiliza la evaluación de la fuerza isométrica máxima tanto para determinar los efectos conseguidos por el entrenamiento como para realizar un seguimiento del progreso de la rehabilitación y poder diseñar intervenciones de ejercicios en consecuencia a las necesidades/debilidades obtenidas (Byrne y Eston, 2002; Knudson y Nofral, 2005).

Las asimetrías de fuerza del cuádriceps son comunes en lo siguiente (Sinacore et al., 2017).

- Lesiones de la musculatura del mismo cuádriceps.
- En el dolor patelofemoral (PFP).
- Después de una lesión o cirugía de la rodilla (lesiones del LCA).
- Deportistas con alguna afectación o deterioro de la articulación de rodilla, como puede ser la osteoartritis.

Estas asimetrías, independientemente del diagnóstico médico que pueda venir asociado, pueden afectar negativamente a la técnica de la marcha/carrera del jugador, la vuelta a la práctica deportiva, la vuelta a la competición y el rendimiento que pueda alcanzar en ella.

En relación con los dispositivos de medición utilizados, aunque son varios los que existen comercialmente para evaluar la fuerza muscular, para las extremidades inferiores la dinamometría isocinética representa el *gold standard* para la musculatura flexora o extensora de la rodilla (Padulo et al., 2020; Sinacore et al., 2017). Es capaz de detectar déficits de fuerza sutiles, pero importantes entre extremidades, así como el evolutivo de una de ellas. Sin embargo, normalmente este dispositivo solo se utiliza en entornos de investigación, debido a que su utilidad es limitada por el gran espacio que requiere el equipo y su coste elevado para la mayoría (Bland y Altman, 1986). Por lo tanto, se necesita de un método alternativo para cuantificar estas asimetrías de fuerza del cuádriceps. Así pues, apoyados con el respaldo teórico que demuestra la posibilidad de su evaluación a través de la fuerza muscular isométrica máxima con galgas de carga (Smith et al., 2012; Culvenor et al., 2016), en el FCB se utilizan ambos dispositivos, tanto la dinamometría isocinética (ya descrita con anterioridad) como las celdas/galgas de carga.

<p>ISOMETRÍA, A NIVEL CUANTITATIVO SE PODRÁ HACER UNA COMPARATIVA</p>	<p>GALGA DE CUÁDRICEPS DE 90°</p>	<p>ISOMÉTRICA BILATERAL: 45° DE FLEXIÓN DE CADERA Y PIES PLANOS EN</p>	<p>PROCEDIMIENTO</p>	<p>INTERVISU LOS</p>
--	--	---	-----------------------------	---------------------------------

- El mismo jugador: en momentos diferentes de la pretemporada/temporada, pre- y poslesión o diferentes fases de la recuperación, donde tendremos en cuenta lo siguiente.
 - Una simetría de fuerza del cuádriceps de menos del 80 % es similar a la de los jugadores lesionados, con lo que muchos autores recomiendan que los individuos demuestren un índice de cuádriceps (IC) de al menos el 80 % antes de que se les autorice a correr (Lewek et al., 2002).
 - El cálculo del índice de cuádriceps es $(IC) = (\text{el resultado de la extremidad afectada} / \text{resultado de la extremidad no afectada}) \times 100 \%$.
 - Debido al riesgo de volver a lesionarse al regresar a los deportes después de un proceso de recuperación, principalmente del LCA, es necesario que el índice de cuádriceps (IC) sea al menos el 90 % antes de que se les autorice a volver al deporte (Sinacore et al., 2017).
- Los deportistas de la misma modalidad deportiva.
- Los deportistas de la misma posición o características similares del mismo equipo.

La población de interés son deportistas, por tanto, se exponen los valores de referencia que se han obtenido en el FCB durante la temporada 2022-2023 para este test (resultados expresados en newtons). Se puede observar la variabilidad de acuerdo con el tipo de deporte que se practique.

Fútbol femenino: 451.3 ± 55.1 .

Básquet: 405.8 ± 106.5 .

Fútbol sala: 619.4 ± 150.7 .

La interpretación gráfica que se propone para la fuerza isométrica unilateral del cuádriceps a 90° (figura 8) corresponde a un gráfico de columnas. En cada

una de ellas, se observan los resultados obtenidos en el test para cada pierna y en la zona central aparece un cuadro naranja que marca la asimetría entre ambas. La línea negra marca el promedio del grupo/equipo y el rectángulo gris el área que abarca una desviación estándar.

Figura 8: Visualización de los resultados de un test isométrico unilateral a 90° de flexión de rodilla en sedestación



Visualización de los resultados de un test isométrico unilateral a 90° de flexión de rodilla en sedestación, en un deportista del FCB.

<p>ISOMETRÍA, A NIVEL CUANTITATIVO SE PODRÁ HACER UNA COMPARATIVA</p>	<p>GALGA DE CUÁDRICEPS DE 90°</p>	<p>ISOMÉTRICA BILATERAL: 45° DE FLEXIÓN DE CADERA Y PIES PLANOS EN</p>	<p>PROCEDIMIENTO</p>	<p>INTERVISU LOS</p>
---	-----------------------------------	--	----------------------	--------------------------

Material: galga de fuerza más PC con el *software*.

Posición del sujeto: en sedestación con las rodillas y las caderas a 90° de flexión, la espalda recta y los brazos cruzados a la altura del pecho.

Ejecución: se debe intentar realizar una extensión de rodilla de la pierna a valorar lo más fuerte posible, sin separar los brazos e intentando mantener la espalda erguida.

Mediciones: realizan dos contracciones para cada pierna. La referencia será el valor de contracción máximo obtenido en cada pierna.

ISOMETRÍA, A NIVEL CUANTITATIVO SE PODRÁ HACER UNA COMPARATIVA	GALGA DE CUÁDRICEPS DE 90°	ISOMÉTRICA BILATERAL: 45° DE FLEXIÓN DE CADERA Y PIES PLANOS EN	PROCEDIMIENTO	INTERVENCIÓN VISUALIZANDO LOS
--	----------------------------	---	---------------	-------------------------------

El test isométrico de fuerza de la musculatura aductora y abductora de cadera es crucial para la evaluación y monitorización de la salud y rendimiento de los atletas, especialmente en deportes que implican movimientos intensos de cadera como el fútbol, fútbol sala o el hockey. Este test permite cuantificar la fuerza máxima isométrica de los músculos aductores y abductores de la cadera. De esta manera, logra proporcionar datos importantes para prevenir lesiones, diseñar programas de rehabilitación y mejorar el rendimiento deportivo (Olson et al., 2022; Moreno-Pérez et al., 2022).

Los datos derivados de este test ofrecen información sobre la simetría de fuerza entre el equilibrio de fuerza entre extremidades, los músculos aductores/abductores y la variabilidad en la fuerza a lo largo de una temporada deportiva. Existen estudios que han demostrado que las debilidades en los músculos aductores y los desequilibrios en la proporción de fuerza aductor/abductor están asociados con un mayor riesgo de lesiones en la ingle. Por ejemplo, en un estudio con jugadores de hockey, se encontró que

aquellos con una relación de fuerza aductora a abductora inferior al 80 % eran significativamente más propensos a sufrir lesiones en la ingle. Similarmente, investigaciones en jugadores de fútbol han mostrado que la fuerza del músculo abductor tiende a aumentar durante la temporada, mientras que la fuerza del músculo aductor permanece constante, lo cual da como resultado un déficit en la relación de fuerza aductor/abductor a mediados y finales de la temporada (Olson et al., 2022; Moreno-Pérez et al., 2022).

El test isométrico de fuerza de la cadera se utiliza no solo para la evaluación inicial de la fuerza muscular, sino también para la monitorización continua a lo largo de la temporada deportiva. Esto permite a los entrenadores y profesionales de la salud identificar debilidades y desequilibrios musculares que podrían predisponer a los atletas a lesiones. Intervenciones específicas, como programas de fortalecimiento de aductores, pueden implementarse para corregir estos desequilibrios y mejorar la estabilidad de la cadera. La implementación de este test como parte de un programa de evaluación regular puede ayudar a reducir la incidencia de lesiones en la ingle, optimizar el rendimiento deportivo y facilitar el retorno seguro al deporte después de una lesión. En diferentes estudios, se ha observado que los programas de fortalecimiento y monitorización pueden prevenir el deterioro de la fuerza muscular durante la temporada y mantener un equilibrio adecuado entre la fuerza de los músculos aductores y abductores (Thorborg, et al., 2013; Wollin et al., 2018; Malliaras et al., 2004).

En resumen, el test isométrico de fuerza de la musculatura aductora y abductora de cadera es una herramienta valiosa en la medicina deportiva y la fisioterapia. Proporciona datos a tener en cuenta para la prevención y rehabilitación de lesiones, así como para la optimización del rendimiento deportivo. La identificación temprana de debilidades musculares y desequilibrios de fuerza permite la implementación de estrategias de intervención eficaces, lo cual contribuye a la salud y el éxito de los atletas (Olson et al., 2022).

ISOMETRÍA, A NIVEL CUANTITATIVO SE PODRÁ HACER UNA COMPARATIVA	GALGA DE CUÁDRICEPS DE 90°	ISOMÉTRICA BILATERAL: 45° DE FLEXIÓN DE CADERA Y PIES PLANOS EN	PROCEDIMIENTO	INTERVENCIÓN VISUAL DE LOS
--	----------------------------	---	---------------	----------------------------

Para su realización, la posición del sujeto será en decúbito supino, con los brazos a lo largo del cuerpo y la cabeza apoyada en la camilla. La cadera debe estar a 45° de flexión y los pies planos en contacto con la camilla. Con el adaptador aductor/abductor, se cinchan las dos piernas en el primer tercio distal del muslo.

Para su ejecución, el sujeto realiza la acción de separar (ABD) o juntar (ADD) las rodillas, manteniendo la posición inicial (sin levantar los pies, los brazos, el glúteo ni la cabeza de la camilla). Se debe efectuar una fuerza progresiva en busca de la máxima contracción y tiene que llegar a mantenerla de 3 a 5 segundos. El test vendrá acompañado por estímulos verbales del evaluador: un «3, 2, 1, vamos», previo al inicio de la contracción.

Se realizan dos contracciones consecutivas para cada movimiento, con un descanso mínimo de 30 segundos entre cada una de ellas. La referencia será el valor de contracción máximo obtenido de cada movimiento.

Figura 9: Posición de valoración

Posición de valoración



ISOMETRÍA, A NIVEL CUANTITATIVO SE PODRÁ HACER UNA COMPARATIVA	GALGA DE CUÁDRICEPS DE 90°	ISOMÉTRICA BILATERAL: 45° DE FLEXIÓN DE CADERA Y PIES PLANOS EN	PROCEDIMIENTO	INTE VISU LOS
--	----------------------------	---	---------------	---------------

En la literatura científica se relaciona el déficit sustancial en el rendimiento de los músculos de la cadera, concretamente por una disminución de la fuerza de la musculatura abductora o aductora, con ciertas afectaciones comunes de las extremidades inferiores en deportistas (Van Cant et al., 2020; Markovic et al., 2020). Algunas de las más citadas son las siguientes.

- El dolor patelofemoral (PFP).
- El síndrome de la banda iliotibial (BIT).
- Lesiones del ligamento cruzado anterior.
- Patologías de la región lumbo-pélvica: a destacar, el *groin pain* (Markovic et al., 2020; Radzak y Stickley, 2020).

- La osteoartritis de cadera.
- Lesiones de la musculatura del muslo (Radzak y Stickley, 2020).
- Alteraciones de la biomecánica de las extremidades inferiores en el plano frontal, que aumentan el estrés articular durante movimientos dinámicos prolongados como la carrera (Radzak y Stickley, 2020; Bolgla et al., 2008; Jacobs et al., 2005).

Aunque comúnmente se utilizan numerosos test para evaluar la capacidad de aplicar fuerza de los músculos específicos, tanto en sujetos sanos como lesionados, son pocos los que se han desarrollado para objetivar la fuerza/resistencia de los abductores y aductores de la cadera. No obstante, el test de isometría se desarrolla para proporcionar una evaluación estandarizada y fácil de usar (Olson et al., 2022). Informa, principalmente, la fuerza máxima de la musculatura aductora, la fuerza máxima de la musculatura abductora y la ratio de fuerza agonista-antagonista conocida como ratio ADD/ABD, todo ello expresado en newtons (N).

Dentro de la valoración de la fuerza muscular, en este caso la fuerza isométrica, cobra gran importancia la medición y cuantificación tanto de los desequilibrios que puedan existir como de la asimetría de fuerzas entre miembros, a modo de factor predictor de riesgo de lesiones tanto ligamentosas como musculares. De esta manera, una vez que los resultados son obtenidos, a nivel cuantitativo se podrá hacer una comparativa entre lo desarrollado a continuación.

- El mismo jugador: en momentos diferentes de la pretemporada/temporada, pre- y poslesión o diferentes fases de la recuperación. Debemos tener en cuenta que una reducción del 15 % de la fuerza de la musculatura aductora se considera un factor de riesgo lesional (Wollin et al., 2018), del mismo modo que una ratio ADD/ABD igual o superior a 0.9 se entiende como una barrera entre los deportistas sanos y los que muestran tener un déficit (Lonie et al., 2020).

- Los deportistas de la misma modalidad deportiva.
- Los deportistas de la misma posición o características similares en el mismo equipo.

La población de interés está conformada por deportistas, por lo tanto, se exponen los valores de referencia que se han obtenido en el FCB durante la temporada 2022-2023 para este test (los resultados están expresados en newtons).

Tabla 2: Valores de referencia de la temporada 2022-2023

Fútbol masculino

-

Básquet

ABD 429 ± 77.4/ADD 359.9 ± 102.1.

Fútbol sala

ABD 441.2 ± 61.7/ADD 398.9 ± 83.5.

Fútbol femenino

ABD 362.1 ± 63.4/ADD 348.4 ± 58.3.

Balonmano

ABD 516.3 ± 65.1/ADD 450.6 ± 83.6.

Hockey en patines

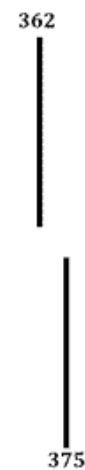
ABD 440.8 ± 78.5/ADD 416.6 ± 99.4.

Fuente: elaboración propia.

Aunque los resultados promedio de las diferentes 6 secciones se sitúan en una horquilla cercana, se puede observar la existencia de cierta variabilidad de acuerdo con el tipo de deporte que se practique.

En la figura 10, correspondiente a la visualización de los resultados del test isométrico de galga bilateral con las caderas flexionadas a 45°, se muestran los valores obtenidos tanto en ADD como en ABD. En el cuadro naranja, se puede observar la ratio ADD/ABD mencionada anteriormente. La línea negra informa del valor promedio del equipo en cada uno de los grupos musculares.

Figura 10: Visualización de los resultados de un test isométrico bilateral a 45° de flexión de cadera en decúbito supino con los pies planos en la camilla



Visualización de los resultados de un test isométrico bilateral a 45° de flexión de cadera en decúbito supino con los pies planos en la camilla, en un deportista del FCB.

Galga de abductores/aductores a 45°

Material: galga de fuerza con adaptador más el PC con el *software*.

Posición del sujeto: en decúbito supino con los brazos a lo largo del cuerpo y la cabeza apoyada en la camilla. La cadera debe estar a 45° de flexión y los pies planos en contacto con la camilla.

Ejecución: realiza la acción de separar (ABD) o juntar (ADD) las rodillas, manteniendo la posición inicial (sin levantar los pies, los brazos, el glúteo ni la cabeza de la camilla).

Mediciones: se realizan dos contracciones para cada movimiento. La referencia será el valor de contracción máximo obtenido en cada uno.

CONTINUAR

Referencias

Aagaard, P., Simonsen, E. B., Trolle, M., Bangsbo, J. y Klausen, K. (1995). Isokinetic hamstring/quadriceps strength ratio: influence from joint angular velocity, gravity correction and contraction mode. *Acta Physiol Scand*, 154(4), 421-427. doi:10.1111/j.1748-1716.1995.tb09927.

Ayala, F., Sainz de Baranda, P., De Ste Croix, M. y Santonja, F. (2012). Validez y fiabilidad de los ratios de fuerza isocinética para la estimación de desequilibrios musculares. *Apunts Medicina de l'Esport*, 47(176), 131-142. doi:10.1016/j.apunts.2011.11.003.

Berg, H. E., Nilsson, J., Sunnerhagen, K. S., Hedberg, M. y Svantesson, U. (2022). Functional Outcomes of Quadriceps and Hamstrings Strength Testing Using Isokinetic Dynamometry in Different Age Groups. *J Orthop Sports Phys Ther*, 15(3):328-332.

Bland, J. M. y Altman, D. G. (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*, 1(8476):307-310. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2868172/>

Bolgia, L. A., Malone, T. R., Umberger, B. R. y Uhl, T. L. (2008). Hip strength and hip and knee kinematics during stair descent in females with and without patellofemoral pain syndrome. *J Orthop Sports Phys Ther*, 38(1), 12-18. doi:10.2519/jospt.2008.2462.

Byrne, C. y Eston, R. (2002). Maximal-intensity isometric and dynamic exercise performance after eccentric muscle actions. *J Sports Sci*, 20(12), 951-959. doi:10.1080/026404102321011706.

Croisier, J. L. (2004). Strength imbalances and prevention of hamstring injury in professional soccer players: a prospective study. *Am J Sports Med*, 34(10), 681-695. doi:10.2165/00007256-200434100-00005.

Croisier, J. L., Ganteaume, S., Binet, J., Genty, M. y Ferret, J. M. (2008). Strength imbalances and prevention of hamstring injury in professional soccer players: a prospective study. *Am J Sports Med*, 36(8), 1469-1475. doi:10.1177/0363546508316764.

Culvenor, A. G., Wirth, W., Ruhdorfer, A. y Eckstein, F. (2016). Thigh Muscle Strength Predicts Knee Replacement Risk Independent of Radiographic Disease and Pain in Women: Data From the Osteoarthritis Initiative. *Arthritis Rheumatol*, 68(5), 1145-1155. doi:10.1002/art.39540.

Faulkner, J. A., Brooks, S. V. y Opiteck, J. A. (1993). Injury to skeletal muscle fibers during contractions: conditions of occurrence and prevention. *Phys Ther*, 73(12), 911-921. doi:10.1093/ptj/73.12.911.

González Badillo, J. J. y Ribas Serna, J. (2002). Programación del entrenamiento de fuerza. Inde Publicaciones.

Harput, G., Kilinc, H. E., Ozer, H., Baltaci, G. y Mattacola, C. G. (2015). Quadriceps and Hamstring Strength Recovery During Early Neuromuscular Rehabilitation After ACL Hamstring-Tendon Autograft Reconstruction. *J Sport Rehabil*, 24(4), 398-404. doi:10.1123/jsr.2014-0224.

Hermens, H. J., Freriks, B., Disselhorst-Klug, C. y Rau, G. (2000). Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *J Electromyogr Kinesiol*, 10(5), 361-374. doi:10.1016/s1050-6411(00)00027-4.

Hopkins, W. G. (2000). Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Med*, 30(1),1-15. doi:10.2165/00007256-200030010-00001.

Jacobs, C., Uhl, T. L., Seeley, M., Sterling, W. y Goodrich, L. (2005). Strength and fatigability of the dominant and nondominant hip abductors. *J Athl Train*, 40(3), 203-206. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16284642/>

Knudson, D. y Noffal, G. (2005). Time course of stretch-induced isometric strength deficits. *Eur J Appl Physiol*, 94(3), 348-351. doi:10.1007/s00421-004-1309-9.

Lewek, M., Rudolph, K., Axe, M. y Snyder-Mackler, L. (2002). The effect of insufficient quadriceps strength on gait after anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 17(1), 56-63. doi:10.1016/s0268-0033(01)00097-3.

Lonie, T. A., Brade, C. J., Finucane, M. E., Jacques, A. y Grisbrook, T. L. (2020). Hip adduction and abduction strength and adduction-to-abduction ratio changes across an Australian Football League season. *J Sci Med Sport*, 23(1), 2-6. doi:10.1016/j.jsams.2019.08.002.

Luttgens, K. y Wells, K. (1985). *Kinesiología. Bases científicas del movimiento humano*. Pila Teleña.

Malliaras, P., Hogan, A., Nawrocki, A., Crossley, K. y Schache, A. (2004). Hip flexibility and strength measures: reliability and association with athletic groin pain. *Br J Sports Med*, 43(10), 739-744. doi:10.1136/bjism.2008.055749.

Markovic, G., Šarabon, N., Pausic, J. y Hadžić, V. (2020). Adductor Muscles Strength and Strength Asymmetry as Risk Factors for Groin Injuries among Professional Soccer Players: A Prospective Study. *Int J Environ Res Public Health*, 17(14), 4946. doi:10.3390/ijerph17144946

Matinlauri, A., Alcaraz, P. E., Freitas, T. T., Mensiguchia, J., Abedin-Maghanaki, A., Castillo, A., Martínez-Ruiz, E., Carlos-Vivas, J. y Cohen, D. D. (2019). A comparison of the isometric force fatigue-recovery profile in two posterior chain lower limb tests following simulated soccer competition. *PLoS One*, 14(5). doi:10.1371/journal.pone.0206561.

McCall, A., Nedelec, M., Carling, C., Le Gall, F., Berthoin, S. y Dupont, G. (2015). Reliability and sensitivity of a simple isometric posterior lower limb muscle test in professional football players. *J Sports Sci*, 33(12), 1298-1304. doi:10.1080/02640414.2015.1022579.

McGinnis, P. M. (1999). *Biomechanics of sport and exercise*. Human Kinetics.

McGuigan, M. R. y Winchester, J. B. (2008) The relationship between isometric and dynamic strength in college football players. *J Sports Sci Med*, 7(1), 101-105. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3763333/>

McGuigan, M. R., Newton, M. J., Winchester, J. B. y Nelson, A. G. (2010). Relationship Between Isometric and Dynamic Strength in Recreationally Trained Men. *J Strength Cond Res*, 24(9), 2570–2573. doi:10.1519/JSC.0b013e3181ecd381.

Moreno-Pérez, V., Méndez-Villanueva, A., Soler, A., Del Coso, J. y Courel-Ibáñez, J. (2020). No relationship between the Nordic

hamstring and two different isometric strength tests to assess hamstring muscle strength in professional soccer players. *Phys Ther Sport*, 46, 97-103. doi:10.1016/j.ptsp.2020.08.009.

Moreno-Pérez, V., Peñaranda, M., Soler, A., López-Samanes, Á., Aagaard, P. y Del Coso, J. (2022). Effects of Whole-Season Training and Match-Play on Hip Adductor and Abductor Muscle Strength in Soccer Players: A Pilot Study. *Sports Health*, 14(6), 912-920. doi:10.1177/19417381211053783.

Ogborn, D. I., Bellemare, A., Bruinooge, B., Brown, H., MCrae, S. y Leiter, J. (2021). Comparison of Common Methodologies for the Determination of Knee Flexor Muscle Strength. *Int J Sports Phys Ther*, 16(2), 350-359. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8016447/>

Olson, M. L. y Schindler, G. (2022). Hip Adduction and Abduction Strength Profiles Among Bantam, High School, Juniors, and Collegiate American Ice Hockey Players. *IJSPT*, 17(4), 605-612. doi:10.26603/001c.34444.

Padulo, J., Laffaye, G., Chaouachi, A. y Chamari, K. (2015). Bench press exercise: the key points. *J Sports Med Phys Fitness*, 55(6):604-608. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24823345/>

Padulo, J., Trajković, N., Cular, D., Grgantov, Z., Madć, D. M., Di Vico, R., Traficante, A., Alin, L., Ardigò, L. P. y Russo, L. (2020). Validity and Reliability of Isometric-Bench for Knee Isometric Assessment. *Int J Environ Res Public Health*, 17(12), 4326. doi:10.3390/ijerph17124326.

Radzak, K. N. y Stickley, C. D. (2020). Fatigue-Induced Hip-Abductor Weakness and Changes in Biomechanical Risk Factors for Running-Related Injuries. *J Athl Train*, 55(12), 1270-1276. doi:10.4085/1062-6050-531-19.

Rahnama, N., Reilly, T., Lees, A. y Graham-Smith, P. (2003). Muscle fatigue induced by exercise simulating the work rate of competitive soccer. *J Sports Sci*, 21(11), 933-942. doi:10.1080/0264041031000140428.

Read, P. J., Turner, A. N., Clarke, R., Applebee, S. y Hughes, J. (2019). Knee Angle Affects Posterior Chain Muscle Activation During an Isometric Test Used in Soccer Players. *Sports (Basel)*, 7(1), 13. doi:10.3390/sports7010013.

Schindler, I. F. R. S., Pontes, S. S., Bertoni, M. B. M., Junior, G. F., Júnior, B. R. N., De Jesus, F. L. A. y Neto, M. G. (2023). A Systematic Review of Isokinetic Muscle Strength in a Healthy Population With Special Reference to Age and Gender. *Sports Health*, 15(3), 328-332. doi:10.1177/19417381221146258.

Schwery, N. A., Kiely, M. T., Larson, C. M., Wulf, C. A., Heikes, C. S., Hess, R. W., Giveans, M. R., Solie, B. S. y Doney, C. P. (2022). Quadriceps strength following anterior cruciate ligament reconstruction: Normative values based on sex, graft type, and meniscal status at 3, 6, & 9 months. *Int J Sports Phys Ther*, 17(3), 434-444. doi:10.26603/001c.32378.

Sinacore, J. A., Evans, A. M., Lynch, B. N., Joreitz, R. E., Irrgang, J. J. y Lynch, A . D. (2017). Diagnostic Accuracy of Handheld Dynamometry and 1-Repetition-Maximum Tests for Identifying Meaningful Quadriceps Strength Asymmetries. *J Orthop Sports Phys Ther*, 47(2), 97-107. doi:10.2519/jospt.2017.6651.

Small, K., McNaughton, L., Greig, M. y Lovell, R. (2010). The effects of multidirectional soccer-specific fatigue on markers of hamstring injury risk. *J Sci Med Sport*, 13(1), 120-125. doi:10.1016/j.jsams.2008.08.005.

Smith, B. I., Docherty, C. L., Simon, J., Klossner, J. y Schrader, J. (2012). Ankle strength and force sense after a progressive, 6-week strength-training program in people with functional ankle instability. *J Athl Train*, 47(3), 282-288. doi:10.4085/1062-6050-47.3.06.

Stone, M. H., Sanborn, K., O'Bryant, H. S., Hartman, M., Stone, M. E., Proulx, C., Ward, B. y Hruby, J. (2003). Maximum strength-power-performance relationships in collegiate throwers. *J Strength Cond Res*, 17(4), 739-745. doi:10.1519/1533-4287(2003)017<0739:msrict>2.0.co;2.

Stone, M. H., Sands, W. A., Carlock, J. Callan, S., Dickie, D., Daigle, K., Cotton, J. y Hartman, M. (2004). The importance of isometric maximum strength and peak rate-of-force development in sprint cycling. *J Strength Cond Res*, 18(4), 878-884. doi:10.1519/14874.1.

Thorborg, K., Bandholm, T. y Hölmich, P. (2013). Hip- and knee-strength assessments using a hand-held dynamometer with external belt-fixation are inter-tester reliable. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 21(3), 550-555. doi:10.1007/s00167-012-2115-2.

Urhausen, A. P., Berg, B., Øiestad, B. E. Whittaker, J. L., Culvenor, A. G., Crossley, K. M, Julh, C . B. y Risberg, M. A. (2022). Measurement properties for muscle strength tests following anterior cruciate ligament and/or meniscus injury: What tests to use and where do we need to go? A systematic review with meta-analyses for the OPTIKNEE consensus. *Br J Sports Med*, 56(24), 1422-1431. doi:10.1136/bjsports-2022-105498.

Van Cant, J., Detrembleur, C., Mahaudens, P. y Feipel, V. (2020). Reliability and validity of the hip abductor isometric endurance test: A new method to assess the endurance of the hip abductors. *Int J Sports Phys Ther*, 15(2), 238-245. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7134344/>

Van Der Made, A. D., Paget, L. D. A., Altink, J. N., Reurink, G., Willem, R. S, Johannes, L. T. y Kerkhoffs, G. M. (2019). Assessment of Isometric

Knee Flexor Strength Using Hand-Held Dynamometry in High-Level Rugby Players Is Intertester Reliable. Clin J Sport Med, 31(5), 1-6. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31842051/>

Van Dyk, N., Bahr, R., Whiteley, R., Johannes, L. T., Bhavesh, D. K., Hamilton, B., Farooq, A. y Witvrouw, E. (2016). Hamstring and Quadriceps Isokinetic Strength Deficits Are Weak Risk Factors for Hamstring Strain Injuries: A 4-Year Cohort Study. Am J Sports Med, 44(7), 1789-1795. doi:10.1177/0363546516632526.

Van Melick, N., Van Der Weegen, W. y Van Der Horst, N. (2022). Quadriceps and Hamstrings Strength Reference Values for Athletes With and Without Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Who Play Popular Pivoting Sports, Including Soccer, Basketball, and Handball: A Scoping Review. J Orthop Sports Phys Ther, 52(3), 142-155. doi:10.2519/jospt.2022.10693.

Wollin, M., Thorborg, K., Welvaert, M. y Pizzari, T. (2018). In-season monitoring of hip and groin strength, health and function in elite youth soccer: Implementing an early detection and management strategy over two consecutive seasons. Sports Health, 11(6), 547-554. doi:10.1177/1941738119871042.

Zatsiorsky, V. M. (1993). Biomechanical basis of strength training. Congreso Mundial de la Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Universidad de Granada, España.

Zatsiorsky, V. M. (1995). Science and practice of strength training.
Human Kinetics.

CONTINUAR