

Módulo 3. Test de monitorización de capacidad de salto

Introducción

La capacidad de salto hace referencia a la habilidad de un deportista para impulsarse vertical, lateral u horizontalmente desde el suelo, y ha sido descrita como un complejo movimiento humano que requiere un alto grado de coordinación motora entre los segmentos superior e inferior del cuerpo (Markovic et al., 2004).

Se puede evaluar de varias maneras: salto vertical, salto con contramovimiento, salto con una pierna o salto horizontal, entre otros. La altura máxima de salto alcanzada (para los verticales) o el desplazamiento máximo alcanzado (para los horizontales) por un individuo es un indicador de la potencia muscular y de la fuerza explosiva de las piernas. Se trata de un parámetro importante en una gran cantidad de deportes como el fútbol (Stolen et al., 2005), el voleibol (Ziv y Lidor, 2009), el baloncesto (Sheppard et al., 2008) y el balonmano (Kruger et al., 2014), donde la capacidad de saltar alto puede marcar la diferencia en el rendimiento (Alemdaroglu, 2012).

La potencia de salto es una medida de la rapidez con la que se puede generar fuerza para realizar un salto. Se calcula multiplicando la fuerza aplicada al cuerpo durante el salto por la velocidad con la que se aplica esa fuerza. En términos más simples, es una combinación de fuerza y velocidad. Un deportista con una gran potencia de salto es capaz de generar una gran cantidad de fuerza en un corto período de tiempo, lo que da como resultado un salto más alto o más potente (Cavagna, 1997).

La fuerza explosiva es la capacidad del cuerpo para generar una gran cantidad de fuerza en un corto período de tiempo. Se refiere específicamente a la capacidad de producir una acción muscular rápida y poderosa. Este tipo de fuerza es fundamental en muchas actividades deportivas y físicas que requieren movimientos rápidos y explosivos, como saltar, correr, lanzar, golpear o levantar objetos pesados de manera rápida. La fuerza explosiva no solo implica la fuerza muscular pura, sino también la coordinación neuromuscular y la capacidad de reclutar y sincronizar grupos musculares de manera eficiente para realizar movimientos explosivos (Edman et al., 1987).

A continuación, se desarrollarán los procedimientos por los cuales obtendremos las mediciones de la capacidad de salto en cinco pruebas que valoran, a partir de diferentes movimientos, las capacidades de cada deportista.

- *Countermovement jump* (CMJ).
 - *Double leg* (CMJ-DL).
 - *Single leg* (CMJ-SL).

- *Drop jump* (DJ).

- *Single hop for distance test* (SHT) a una pierna.

- *Triple hop for distance test* (THT) a una pierna.

La correcta ejecución de estos, siguiendo de manera estricta el protocolo estandarizado para cada uno de ellos, proporcionará unos resultados precisos, válidos y fiables, esenciales para la evaluación del deportista.

Conocer la validez y fiabilidad de los tests clínicos es fundamental para una correcta interpretación de los resultados, toma de decisiones respaldadas en ellos o para garantizar la calidad de una investigación científica. Por lo que, de las pruebas presentadas, se ofrecerá información con base científica relativa a valores de referencia, validez, fiabilidad, procedimientos de ejecución, parámetros para el análisis de los resultados, así como recomendaciones para la interpretación y visualización de los resultados.

Instrumento

Los saltos CMJ SL/DL y DJ se evaluarán mediante una plataforma de contacto tipo Chronojump Boscosystem® (Barcelona, España) del tamaño Din-A2 (420 x 590 mm). El sistema consiste en un *software* que utiliza el *hardware* abierto Chronopic. Reside en una barra de contacto conductora doble conectada a un skypic (Chronopic) que registra el tiempo a 1000 hz. El skypic también está conectado a un ordenador personal (PC) con el *software* Chronojump para la evaluación de los datos. Su validez y fiabilidad se ha estudiado para poder garantizar unos buenos resultados (Balsalobre-Fernández et al., 2014).

Estas son una alternativa más económica a las plataformas de fuerza, estimando la altura del salto a partir del tiempo de vuelo.

Están conectadas a un sistema electrónico de cronometraje sensible a la compresión que se activa cuando despegan del suelo los pies del deportista y finaliza cuando vuelve a entrar en contacto con el suelo.

Las plataformas de contacto se tratan de sistemas de medición y análisis de saltos que nos permiten lo siguiente.

- Medir el tiempo de vuelo y el tiempo de contacto con alta precisión.
- Calcular la altura del salto, la fuerza y la potencia.
- Facilitar la evaluación de diferentes tipos de saltos, incluyendo el salto vertical, salto con contramovimiento y salto con caída mediante un *software* sencillo de utilizar.

Los saltos THT y SHT se mediarán mediante una cinta métrica fijada en el suelo, de un mínimo de 6 metros de longitud y 15 cm de ancho, con línea de inicio marcada y donde se puedan evidenciar los centímetros para anotar la distancia con precisión.

Countermovement jump (CMJ). Double leg (DL) y single leg (SL)

El CMJ es una prueba de salto vertical ampliamente utilizada para evaluar la fuerza y la potencia de los músculos de las extremidades inferiores. Se caracteriza por un movimiento inicial de contramovimiento antes de la fase de despegue (*toe-off*). Este contramovimiento implica una flexión rápida de las rodillas y las caderas seguida de una extensión explosiva hacia arriba (Claudino et al., 2016; Berton et al., 2018; Petrigna et al., 2019).

El CMJ sirve para evaluar la fuerza reactiva de las extremidades inferiores. Es una herramienta confiable y válida tanto en niños como en adultos, incluidos atletas de élite. La altura del salto resultante está correlacionada con la fuerza muscular y con componentes de rendimiento como la velocidad, agilidad y potencia (Berton et al., 2018; Petrigna et al., 2019).

El CMJ no solo es útil para evaluar la potencia de las extremidades inferiores en contextos deportivos, sino que también tiene aplicaciones significativas en los procesos de rehabilitación de lesiones mediante el trabajo de la fuerza (Berton et al., 2018).

Se utiliza para monitorizar el estado neuromuscular y la recuperación funcional de los pacientes durante y después de la rehabilitación. Esto quiere decir que resulta de gran utilidad para obtener información del estado «agudo» o actual del deportista durante el proceso de rehabilitación si se realiza en un momento de fatiga (aguda o crónica), así como también resulta útil para objetivar el estado del deportista dentro del proceso de rehabilitación (Claudino et al., 2016; Petrigna et al., 2019).

Al proporcionar datos precisos sobre la capacidad de generar fuerza y potencia de las extremidades inferiores, el CMJ ayuda a los profesionales de la salud a diseñar y ajustar programas de rehabilitación de manera efectiva, lo cual es crucial para evitar el sobreentrenamiento o la insuficiente recuperación de los valores de fuerza, aspectos fundamentales en la rehabilitación (Claudino et al., 2016).

El CMJ realizado a una pierna, también conocido como *single-leg countermovement jump* (SLCMJ), es una variante del CMJ tradicional que se utiliza para evaluar la fuerza y la potencia de las extremidades inferiores de forma unilateral. Esta prueba es especialmente útil para identificar desequilibrios musculares entre las piernas, lo cual es muy importante en la prevención de lesiones y en la rehabilitación. El SLCMJ implica una mayor demanda de estabilidad y control neuromuscular, ya que el individuo debe mantener el equilibrio y coordinar el movimiento en una sola pierna durante el salto. Este tipo de evaluación proporciona información detallada sobre la estabilidad y la potencia de cada extremidad por separado, lo que permite a los fisioterapeutas diseñar programas de rehabilitación más específicos y efectivos. Además, el SLCMJ es relevante en deportes y actividades que requieren movimientos unilaterales explosivos, como el fútbol, el baloncesto y el atletismo, ayudando a mejorar el rendimiento y reducir el riesgo de lesiones en estas disciplinas (Gonzalo-Skok et al., 2019).

Procedimiento (*double leg*)

Para la realización del test, se utiliza un equipo para la medición del tiempo de vuelo (plataforma de contacto) y un ordenador con el *software* Chronojump Boscosystem®.

Posición del sujeto en bipedestación con las manos en la cintura, dentro de la plataforma de contacto. Para la ejecución, desde la posición inicial se ejecuta un salto vertical lo más alto posible, para el que se permite un contramovimiento de las extremidades inferiores. Se aterriza en el lugar del despegue con las rodillas extendidas. Se efectúa un salto de prueba y tres para evaluar, realizando un descanso entre repeticiones en caso de necesidad (<30 s). La referencia será el valor máximo de salto, expresado en centímetros.

El test se realiza con calzado deportivo.

Figura 1. Test *double leg*



Fuente: elaboración propia

Procedimiento (*single leg*)

Para la realización del test, se utiliza un equipo para la medición del tiempo de vuelo (plataforma de contacto) y un ordenador con el software Chronojump Boscosystem®.

Posición del sujeto en apoyo monopodal con las manos en la cintura, dentro de la plataforma de contacto. Para la ejecución, desde la posición inicial se realiza un salto vertical lo más alto posible, para el que se permite un contramovimiento de las extremidades inferiores. Se aterriza en el lugar del despegue con las rodillas extendidas y sin saltos de estabilización. Se efectúa un salto de prueba y tres para evaluar realizando un descanso entre repeticiones en caso de necesidad (<30 s). La referencia será el valor máximo de salto, expresado en centímetros.

El test se realiza con calzado deportivo.

Figura 2. Test *single leg*



Fuente: elaboración propia

Análisis, interpretación y visualización de los resultados

Un salto con contramovimiento (CMJ) es una medida sencilla, práctica, válida y fiable que se utiliza para medir principalmente la potencia del tren inferior de un deportista (Markovic et al., 2004; Rago et al., 2018) con el fin de identificar sus fortalezas y debilidades, pudiendo monitorizar tanto el progreso del entrenamiento (Claudino et al., 2016) como el de un proceso de recuperación luego de la lesión hasta el *return to play* [retorno a la competición].

Este test, que puede realizarse tanto a dos piernas (CMJ *double leg*) como a una sola (CMJ *single leg*), se relaciona con lo siguiente.

- ✓ La fuerza explosiva – CMJ *double leg* como *gold-standard* [patrón oro] en el tren inferior (Markovic et al., 2004).
- ✓ La potencia del tren inferior.
- ✓ La fatiga y la supercompensación (datos individuales) (Markovic et al., 2004).
- ✓ La fuerza máxima, la capacidad de *sprint* [aceleración final] y el cambio de dirección (Rodríguez-Rosell et al., 2017).
- ✓ La estabilidad/propiocepción del tren inferior.
- ✓ CMJ Single Leg Test fiable para evaluar la función de la rodilla después de la reconstrucción del LCA (Markovic et al., 2004).

Para realizar el análisis correspondiente al rendimiento del CMJ, se utiliza la altura alcanzada (en cm) de cada uno de los tres saltos realizados en el momento de monitorización con el fin de obtener la media para el análisis de correlación (Balsalobre-Fernández et al., 2014). En términos de rendimiento del salto vertical, el tiempo de vuelo, es decir, el tiempo total que el atleta pasa en el aire sin contacto con el suelo, se considera el método más válido y confiable para calcular la altura alcanzada (Dias et al., 2011; Balsalobre-Fernández et al., 2014).

Una vez los resultados obtenidos, a nivel cuantitativo haremos la comparativa entre lo siguiente.

- El mismo jugador en momentos diferentes (pretemporada y durante la temporada en curso, pre/post-lesión, diferentes fases de la recuperación)
- La pierna derecha y la izquierda en caso de realizar el CMJ *single leg*.
- Los deportistas de la misma modalidad deportiva.
- Los deportistas de la misma posición o de características similares del mismo equipo.

A nivel cualitativo, será importante realizar el análisis acompañado de un vídeo 2D, donde principalmente valoraremos la existencia o no del valgo de rodilla, teniendo en cuenta una posible oscilación o movimiento de las rodillas hacia dentro, o un choque entre rodillas.

Considerando que la población en cuestión son deportistas, los valores de referencia que se han obtenido en el FC Barcelona en la temporada 2022-23 para este test son los siguientes (expresados en cm).

Double leg (DL):

Fútbol sala: $33,3 \pm 3,9$.

Fútbol femenino: $28,1 \pm 5,3$.

Jóquei patines: $32,4 \pm 4,9$.

Single leg (SL):

Fútbol sala: $19,7 \pm 3,8$.

Fútbol femenino: $15,2 \pm 2,6$.

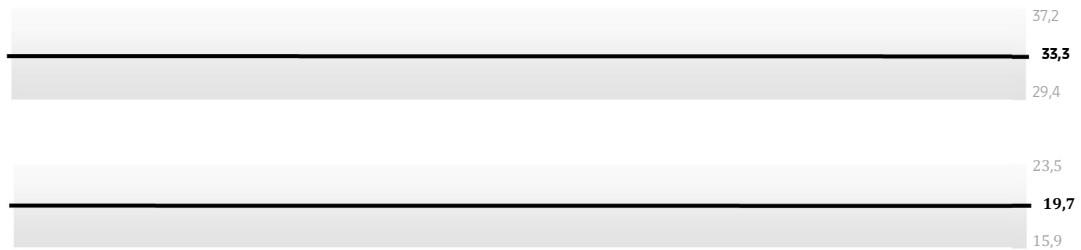
Básquet: $18,4 \pm 2,9$.

Esto nos indica la variabilidad en cuanto a los resultados dependiendo del tipo de deporte que se practique.

A continuación, se muestra una posible interpretación gráfica (Figura 3) de los resultados obtenidos en un salto CMJ DL y SL en un deportista del FC Barcelona, durante un proceso de rehabilitación de una lesión en la extremidad inferior.

Figura 3. Visualización de los resultados del CMJ DL y SL, con el sumatorio de los dos saltos a una pierna, de un deportista del FCB en un proceso de rehabilitación, en dos fechas diferentes.

Figura 3. CMJ DL y SL



Fuente: elaboración propia.

En él, se observan los resultados de los dos tests en un mismo gráfico, en dos fechas distintas, marcando la pierna lesionada con un asterisco (*).

Se considera oportuno visualizar los dos CMJ (DL y SL) en un mismo gráfico para poder obtener las referencias de la distancia de salto (en cm) tanto en los valores del salto con dos piernas como a una pierna, pudiendo prestar atención a la diferencia entre ambas piernas y al resultado alcanzado en el sumatorio de las dos piernas por separado.

De la misma manera, es de utilidad poder situar estos saltos en referencia con el grupo, evidenciando el lugar en el que se encuentra respecto al promedio del grupo (línea negra) y en una desviación estándar (cuadro gris).

CMJ (DL)

Material: plataforma de contacto Chronojump Boscosystem® + PC con *software*.

Posición del sujeto: en bipedestación con las manos en la cintura, dentro de la plataforma de contacto.

Ejecución: realizar un salto vertical lo más alto posible, para el que se permite un contramovimiento de las extremidades inferiores.

Mediciones: un salto de prueba y tres para evaluar, realizando un descanso entre repeticiones en caso de necesidad (<30 s). Se elige el de mayor distancia (en cm).

>> Drop Jump (DJ)

El *drop jump* (DJ) es una prueba ampliamente utilizada para evaluar la capacidad reactiva y la capacidad del ciclo de estiramiento-acortamiento de los músculos de las extremidades inferiores. Consiste en dejarse caer desde una plataforma y, al tocar el suelo, realizar un salto explosivo tratando de minimizar el tiempo de contacto con el suelo y maximizar la altura del salto. Este test es crucial para medir la potencia reactiva y la fuerza explosiva de los músculos de las piernas, aspectos fundamentales en

CMJ (SL)

Material: plataforma de contacto Chronojump Boscosystem® + PC con *software*.

Posición del sujeto: apoyo monopodal con las manos en la cintura, dentro de la plataforma de contacto.

Ejecución: realizar un salto vertical lo más alto posible, para el que se permite un contra-movimiento de las extremidades inferiores.

Mediciones: un salto de prueba y tres para evaluar, realizando un descanso entre repeticiones en caso de necesidad (<30"). Se elige el de mayor distancia (en cm).

deportes que requieren cambios rápidos de dirección y saltos repetitivos (Gashi et al., 2023; Labban et al., 2024).

El DJ puede ser realizado tanto bilateralmente como unilateralmente para identificar asimetrías entre las extremidades. Las asimetrías detectadas mediante el DJ pueden indicar desequilibrios musculares que podrían predisponer a los atletas a lesiones. Por ejemplo, la evaluación con el DJ ha demostrado ser efectiva en identificar diferencias significativas en la fuerza y estabilidad entre las extremidades, lo cual es transcendental para diseñar programas de entrenamiento personalizados que aborden estas desigualdades y reduzcan el riesgo de lesiones (Labban et al., 2024).

El DJ y el *single-leg drop jump* (SLDJ) son particularmente útiles en la rehabilitación, ya que ayudan a medir la capacidad de los músculos para realizar contracciones rápidas y potentes después de un estiramiento, lo que se conoce como capacidad reactiva. Esto es especialmente relevante para los atletas que se están recuperando de lesiones, ya que una buena capacidad reactiva puede prevenir la re-lesión y mejorar el rendimiento deportivo general (Labban et al., 2024).

La evaluación regular con DJ permite a los fisioterapeutas monitorear los progresos en la capacidad de reacción y ajustar los programas de entrenamiento en consecuencia. Este test es utilizado para cuantificar los cambios en la función neuromuscular durante la rehabilitación post-ACLR (reconstrucción del ligamento cruzado anterior), permitiendo una mejor toma de decisiones respecto al retorno a la actividad deportiva (Labban et al., 2024).

El DJ es una herramienta eficaz para identificar debilidades que pueden predisponer a los atletas a lesiones. La evaluación regular con DJ ayuda a detectar estas deficiencias y permite a los fisioterapeutas diseñar programas de entrenamiento específicos para abordar y corregir estos desequilibrios. Esto es particularmente relevante en la rehabilitación de lesiones y en la prevención de re-lesiones, asegurando una recuperación completa y segura para el retorno al deporte (Tong et al., 2022).

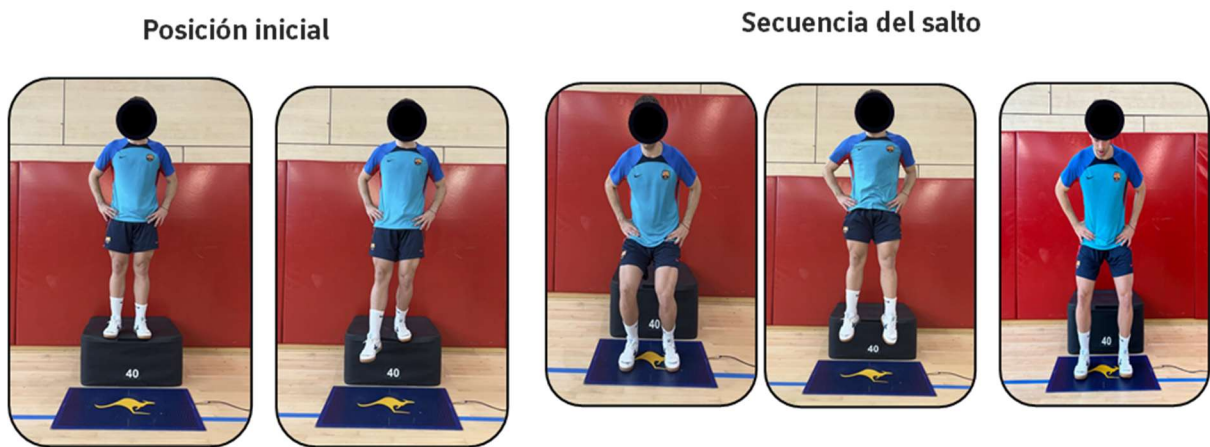
Procedimiento (*double leg*)

Para la realización del test, se utiliza un equipo para la medición del tiempo de vuelo (plataforma de contacto), un ordenador con el *software* Chronojump Boscosystem® y un cajón de 40 cm de altura.

Desde la posición inicial (encima del cajón), el sujeto se deja caer avanzando un pie. En el momento del contacto con la superficie debe frenar lo más rápido posible para inmediatamente realizar un salto vertical máximo con las dos piernas.

Se realiza un salto de prueba y dos para evaluar, realizando un descanso entre repeticiones en caso de necesidad (<30 s). La referencia será el valor máximo de salto.

Figura 4. *Double leg*



Fuente: elaboración propia.

El test se realiza con calzado deportivo.

Análisis, interpretación y visualización de los resultados

El *drop jump* (DJ) o salto con caída (Walsh et al., 2004; Ball et al., 2010) es un test que se utiliza comúnmente para medir la capacidad del salto reactivo (Flanagan et al., 2008) o, lo que es lo mismo, la capacidad del ciclo de estiramiento y acortamiento. Evaluar cómo los deportistas son capaces de realizar una transición rápida y eficaz de una contracción excéntrica a una concéntrica, expresión de su capacidad dinámica explosiva de salto vertical (índice de fuerza reactiva o RSI), nos permite entender cómo sus cuerpos se adaptan al estrés impuesto como consecuencia a acciones pliométricas. Y, de igual modo que otros test de salto, este permite la monitorización tanto del entrenamiento realizado, de la fatiga del jugador, como del proceso de recuperación post-lesión hasta su *return to play*.

El drop jump puede realizarse tanto a dos piernas (DJ *double leg*) como a una sola (DJ *single leg*), con lo que, en este módulo, nos centraremos con el ejecutado a dos piernas, relacionándose con lo siguiente.

- El *sprint*, la velocidad y la fatiga neuromuscular (Bosco, 1994).
- Lesión del LCA (ligamento cruzado anterior) (Ekegren et al., 2009; Beyer et al., 2020).

Para el análisis cuantitativo correspondiente al DJ, se utiliza la altura de salida (HJ), el tiempo de vuelo (FT), el tiempo de contacto (CT), el índice de fuerza reactiva (RSI) y la

potencia media. Con lo que, una vez los resultados obtenidos, haremos la comparativa entre lo siguiente.

- El mismo jugador en momentos diferentes (pretemporada y durante la temporada en curso, pre/post-lesión, diferentes fases de la recuperación).
- La pierna derecha y la izquierda, en caso de realizar el DJ *single leg*.
- Los deportistas de la misma modalidad deportiva.
- Los deportistas de la misma posición o de características similares del mismo equipo.

A nivel cualitativo, se realiza el análisis mediante un vídeo 2D, donde se valora el índice de riesgo lesional (Beyer et al., 2020), teniendo en cuenta el ángulo de valgo como factor de riesgo (Ekegren et al., 2009; Beyer et al., 2020), y utilizando el sistema de puntuación de 3 niveles, en 4 momentos de la ejecución del salto.

- 1.er momento: contacto inicial.
- 2.do momento: primer aterrizaje en valgo máximo.
- 3.er momento: segundo aterrizaje en valgo máximo
- 4.to momento: punto de valgo máximo de ambos saltos.

Puntuación:

- ✓ 1 punto: la no presencia de valgo de rodilla – ángulo inferior a $10,83^\circ$ (Ekegren et al., 2009).
- ✓ 2 puntos: una ligera oscilación o movimiento de las rodillas hacia dentro.
- ✓ 3 puntos: choque entre rodillas o una excursión frontal grande.

A diferencia de otros test del módulo, no disponemos de valores de referencia (promedios) registrados en ninguna de las secciones profesionales del FC Barcelona.

DJ - Double Leg

Material: plataforma de contacto Chronojump Boscosystem® + PC con *software* + cajón de 40 cm.

Posición del sujeto: encima del cajón de 40 cm.

Ejecución: el sujeto se deja caer del cajón avanzando un pie. En el momento del

contacto con la superficie debe frenar lo más rápido posible para inmediatamente realizar un salto vertical máximo con las dos piernas.

Mediciones: Se realiza un salto de prueba y dos para evaluar, realizando un descanso entre repeticiones en caso de necesidad (<30 s). La referencia será el valor máximo de salto.

Single Hop for distance Test (SHT) a una pierna

El SHT es una prueba de salto comúnmente utilizada en la evaluación de la recuperación después de una lesión con rehabilitación de duración media/larga. Su principal objetivo es medir la capacidad funcional de la extremidad lesionada comparándola con la extremidad sana, proporcionando una métrica cuantitativa a través del índice de simetría de las extremidades (LSI). Esta prueba es útil para evaluar la fuerza, la potencia y el control neuromuscular de la extremidad inferior, elementos cruciales para la toma de decisiones en el retorno al deporte (RTS) (Measson et al., 2022, Rambaud et al., 2020).

DJ - Double Leg

Material: plataforma de contacto Chronojump Boscosystem® + PC con software + cajón de 40 cm.

Posición del sujeto: encima del cajón de 40 cm.

Ejecución: el sujeto se deja caer del cajón avanzando un pie. En el momento del contacto con la superficie debe frenar lo más rápido posible para inmediatamente realizar un salto vertical máximo con las dos piernas.

Mediciones: Se realiza un salto de prueba y dos para evaluar, realizando un descanso entre repeticiones en caso de necesidad (<30"). La referencia será el valor máximo de salto.

El SHT se realiza generalmente en múltiples momentos durante la fase de rehabilitación para monitorizar la evolución funcional del paciente. Esto incluye desde las etapas tempranas hasta las más avanzadas, que dependerán de la lesión en la que nos encontremos. Por ejemplo, en un proceso de rehabilitación de ligamento cruzado anterior, podríamos realizarlo desde, aproximadamente, 12 semanas postoperatorias hasta 52 semanas postoperatorias (Rambaud et al., 2020).

Será un test relevante en el proceso debido a su capacidad para proporcionar información objetiva sobre la recuperación funcional de la extremidad inferior. Este test es seguro y adecuado para evaluar la evolución de la fuerza y la capacidad funcional durante el proceso de rehabilitación. Su simplicidad y la necesidad mínima de equipamiento hacen que sea una herramienta accesible y efectiva para los fisioterapeutas en la evaluación continua del progreso del paciente (Measson et al., 2022).

Es una herramienta esencial en la rehabilitación de deportistas de élite tras diversas lesiones en la extremidad inferior. Su uso permite a los fisioterapeutas monitorizar objetivamente la recuperación funcional, adaptar los programas de rehabilitación según las necesidades específicas del paciente y tomar decisiones informadas sobre el retorno a la actividad deportiva, minimizando el riesgo de nuevas lesiones y certificando una recuperación completa y segura (Rambaud et al., 2020).

Procedimiento

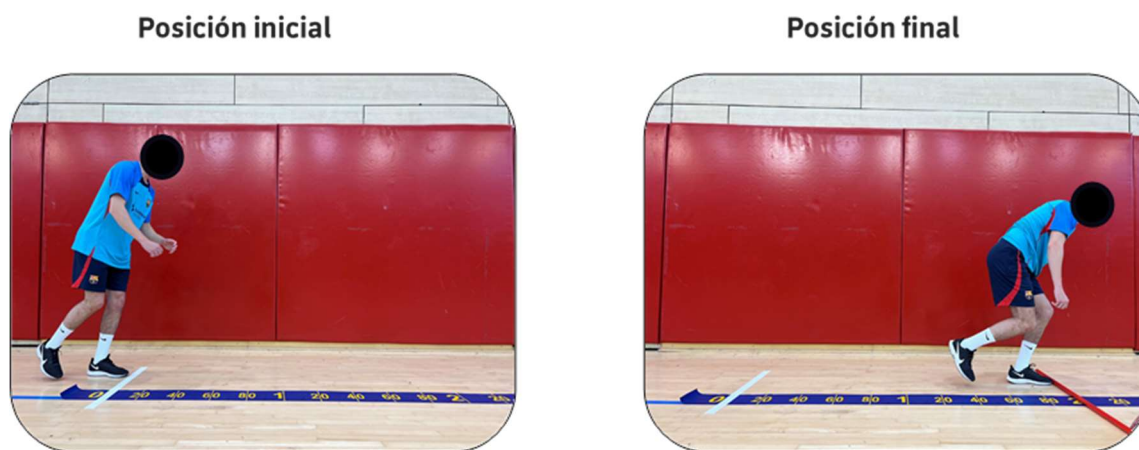
Para la realización del test, se necesita una cinta métrica con una línea de inicio marcada. La posición inicial del sujeto será en apoyo monopodal por detrás de la línea de inicio. Para su ejecución, desde la posición inicial se realiza un salto horizontal máximo, aterrizando sobre la extremidad evaluada. Para el salto, se permite el balanceo de los brazos. Se considera nulo si la extremidad contralateral o alguna de las extremidades superiores contacta con el suelo, o si se realizan saltos de estabilización o pérdida de estabilidad antes de dos segundos.

Se mide la distancia desde la posición inicial hasta la parte anterior del calzado redondeando al centímetro más cercano. Se realiza un salto de prueba por cada extremidad y dos para evaluar, realizando un descanso entre repeticiones en caso de necesidad (<30 s). La referencia será la distancia máxima alcanzada.

El test se realiza con calzado deportivo.

Se debe respetar un descanso de dos minutos entre diferentes modalidades de test de saltos horizontales.

Figura 6. Procedimiento



Fuente: elaboración propia

Análisis, interpretación y visualización de los resultados

Uno de los test funcionales comúnmente utilizados después de la reconstrucción de un LCA es el single hop for distance test o test de salto único (SHT). La realización de este test requiere un mínimo de fuerza, potencia y control neuromuscular, con lo que se puede considerar una herramienta que puede mejorar la sensibilidad para detectar la existencia de una asimetría entre las extremidades inferiores, del mismo modo que una realización exitosa proporciona una tranquilidad psicológica al deportista, convirtiéndose en una medida objetiva a tener en cuenta para un progreso de recuperación concreto que ayuda en la toma de decisión necesaria para dar el paso a una siguiente fase (Judd y Sharp, 2022).

El single hop for distance test (SHT) se relaciona con lo siguiente.

- La función de las extremidades inferiores en un proceso de recuperación del LCA (Measson et al., 2022).
- Criterios de toma de decisión en el return to sport [vuelta al deporte] y return to play en el proceso de una lesión en la extremidad inferior, principalmente articular en la rodilla (Rambaud et al., 2020; Kotsifaki et al., 2020)
- Lesión del ligamento cruzado anterior (Kotsifaki et al., 2020).

Este test generalmente se informa mediante el índice de simetría de la extremidad (LSI): relación entre la distancia de la extremidad lesionada dividida por la distancia de la extremidad sana x 100 (Rambaud et al., 2020; Judd y Sharp, 2022). Para que el test

se considere normal, el LSI debe ser $>85\%$, o lo que es lo mismo, tener una asimetría igual o superior al 15% entre extremidades (Kotsifaki et al., 2020). Para que sea de utilidad a la toma de decisiones en un proceso de recuperación del LCA, se recomienda alcanzar un LSI $\rightarrow 85\%$ para pasar al *return to sport-1*, un LSI $>90\%$ para hacer lo propio a una siguiente fase, el *return to sport-2*, y un LSI $>100\%$ en deportes de pivote/contacto a la hora de volver a la competición (return to competition) (Judd y Sharp, 2022).

Sin embargo, se encuentra descrito en la literatura que la sensibilidad del índice de simetría de extremidades a la hora de detectar anomalías funcionales es cuestionable, debido a las inconsistencias metodológicas de la misma literatura. A tener en cuenta que los métodos más comunes utilizan pocas repeticiones de saltos, sin considerar el rendimiento máximo repetido, o el efecto de la fatiga (o intentos fallidos) sobre el rendimiento máximo repetido, importante y requerido para el deporte de alta competición (Judd y Sharp, 2022).

Una vez se obtengan los resultados, a nivel cuantitativo se hará de nuevo una comparativa entre lo siguiente.

- El mismo jugador en momentos diferentes (pretemporada y durante la temporada en curso, pre/post-lesión, diferentes fases de la recuperación).
- Los deportistas de la misma modalidad deportiva.
- Los deportistas de la misma posición o de características similares del mismo equipo.

A nivel cualitativo, será importante realizar el análisis acompañado de un vídeo 2D, debido a que en el SHT se pueden observar déficits cinemáticos y cinéticos entre las extremidades después de una reconstrucción del LCA, a pesar del rendimiento adecuado, con lo que medir únicamente la distancia del salto (incluso utilizando la pierna sana como referencia) es insuficiente para evaluar completamente la función de la rodilla (Kotsifaki et al., 2020).

Considerando que la población en cuestión son deportistas, los valores de referencia que se han obtenido en el FC Barcelona en la temporada 2022-23 para este test son los siguientes (expresados en cm).

Básquet: $192,8 \pm 22,5$.

Fútbol femenino: $157,1 \pm 18,3$.

Fútbol sala: $212,4 \pm 19,1$.

Jóquey patines: $156,8 \pm 17,1$.

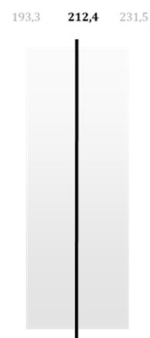
Esto nos indica la variabilidad en cuanto a los resultados dependiendo del tipo de deporte que se practique.

A continuación, se muestra una posible interpretación gráfica (Figura 7) de los resultados obtenidos en un SHT en un deportista del FC Barcelona, en donde se observa la distancia conseguida para cada extremidad, comprobando la diferencia que existe entre ambas y sobre todo en qué posición situar estos resultados en referencia al grupo, con la línea negra que marca el promedio y el cuadro gris una desviación estándar.

Poder tener todos estos datos en un mismo gráfico permiten generar una imagen rápida de la situación del deportista, lo cual es básico para influir en la toma de decisiones en procesos de rehabilitación de lesiones o para detectar posibles déficits a trabajar en deportistas sanos.

Figura 7. Visualización de los cm de alcance de cada pierna en el SHT, indicando la diferencia entre ambas y mostrando el lugar donde se encuentra el sujeto respecto al promedio del grupo y una desviación estándar para este test.

Figura 7. Alcance de cada pierna en el SHT



Fuente elaboración propia

Single hop for distance test

Single Hop for distance Test

Material: cinta métrica con una línea de inicio marcada.

Posición del sujeto: en apoyo monopodal por detrás de la línea de inicio.

Ejecución: se realiza un salto horizontal máximo, aterrizando sobre la extremidad evaluada.

Mediciones: un salto de prueba por cada extremidad y dos para evaluar realizando un descanso entre repeticiones en caso de necesidad (<30 s). La referencia será la distancia máxima alcanzada.

Triple hop for distance test (THT) a una pierna

El THT es una prueba funcional ampliamente utilizada para evaluar la fuerza, la potencia y la estabilidad del miembro inferior, especialmente en el contexto de la rehabilitación y la readaptación deportiva. Esta prueba consiste en realizar tres saltos consecutivos en una sola pierna, midiendo la distancia total alcanzada. Se ha demostrado que el THT es una herramienta confiable y válida para valorar la capacidad funcional de los atletas (Alvim et al., 2017; Farraye et al., 2022).

El THT es utilizado para medir la fuerza y la potencia del miembro inferior, proporcionando una evaluación cuantitativa del rendimiento del atleta. Esto es crucial para determinar el estado de recuperación del atleta después de una lesión, especialmente en la rodilla y el tobillo (Alvim et al., 2017).

El THT también es utilizado para identificar posibles asimetrías en la función de la rodilla, incluso cuando las distancias de salto parecen simétricas. Esta información es muy valiosa para los fisioterapeutas, ya que las asimetrías pueden indicar desequilibrios musculares o debilidades residuales que podrían predisponer al atleta a nuevas lesiones (Farraye et al., 2022).

Los resultados del THT pueden orientar a los fisioterapeutas en la planificación de programas de rehabilitación personalizados. Al identificar las áreas de debilidad o déficit funcional, se pueden diseñar ejercicios específicos para mejorar la estabilidad, la fuerza y la coordinación del miembro afectado (Alvim et al., 2017).

De este modo, el THT se utiliza comúnmente en las evaluaciones de retorno al deporte para determinar si un atleta está listo para volver a la competición. Un rendimiento satisfactorio en esta prueba, junto con otros criterios clínicos, puede ayudar a los profesionales de la salud a tomar decisiones positivas sobre el retorno seguro del atleta a su deporte (Alvim et al., 2017; Farraye et al., 2022).

Procedimiento

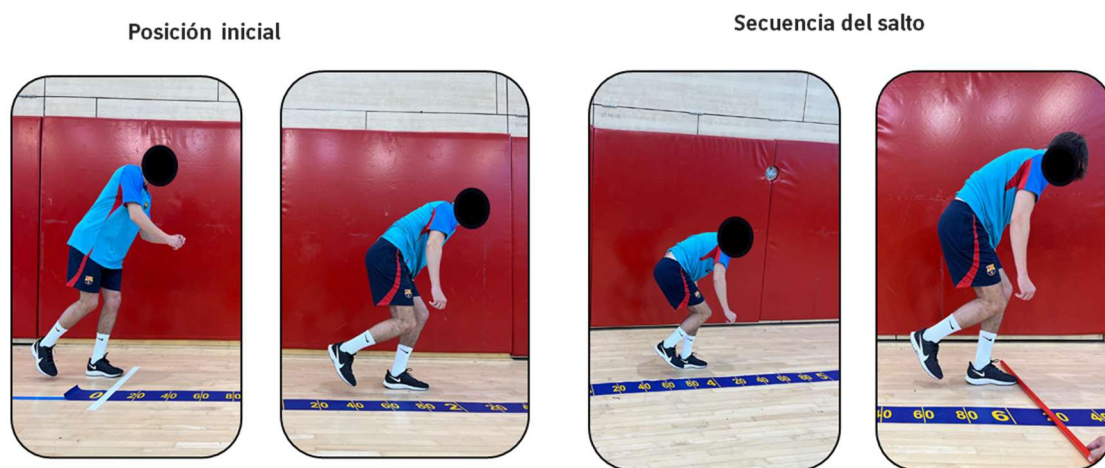
Para la realización del test, se necesita una cinta métrica con una línea de inicio marcada. La posición inicial del sujeto será en apoyo monopodal por detrás de la línea de inicio. Desde la posición inicial, se realizan tres saltos horizontales máximos consecutivos, aterrizando siempre sobre la extremidad evaluada. Para los saltos, se permite el balanceo de brazos. Se considera nulo si la extremidad contralateral o alguna de las extremidades superiores contacta con el suelo, o si se realizan saltos de estabilización o pérdida de estabilidad antes de dos segundos.

Se mide la distancia desde la posición inicial hasta la parte anterior del calzado redondeando al centímetro más cercano. Se realiza un salto de prueba por cada extremidad y dos para evaluar, realizando un descanso entre repeticiones en caso de necesidad (<30 s). La referencia será la distancia máxima alcanzada.

El test se realiza con calzado deportivo.

Se debe respetar un descanso de dos minutos entre diferentes modalidades de test de saltos horizontales.

Figura 8. Triple hop for distance test



Fuente: elaboración propia

Análisis, interpretación y visualización de los resultados

Del mismo modo que el single hop for distance test (SHT), el triple hop for distance test o test de triple salto (THT) es uno de los test funcionales más utilizados después de la reconstrucción de un LCA. Y como sucede en el SHT, la realización del THT requiere un mínimo de fuerza, potencia y control neuromuscular, lo que lo convierte en una medida objetiva a tener en cuenta durante el proceso de recuperación, importante en la toma de decisiones necesarias para el paso a una siguiente fase (Judd y Sharp, 2022).

El triple hop for distance test o test de triple salto (THT) se relaciona con lo siguiente.

- La función de las extremidades inferiores en un proceso de recuperación del LCA (Kotsifaki et al., 2020).

- Criterios de toma de decisión en el return to sport y return to play en el proceso de una lesión en la extremidad inferior, principalmente articular en la rodilla (Kotsifaki et al., 2020; Rambaud et al., 2020).
- Lesión del ligamento cruzado anterior (Kotsifaki et al., 2020).

Este test, y como suele suceder también con el SHT, se informa mediante el índice de simetría de la extremidad (LSI): relación entre la distancia de la extremidad lesionada dividida por la distancia de la extremidad sana x 100 (Rambaud et al., 2020; Judd y Sharp, 2022), considerándose normal un LSI >85 %, o lo que es lo mismo, una asimetría igual o superior al 15 % entre extremidades (Kotsifaki et al., 2020). De cara a la toma de decisiones en un proceso de recuperación del LCA, para pasar al *return to sport-1* se recomienda alcanzar un LSI →85 %, un LSI >90 % para hacer lo propio al *return to sport-2*, y un LSI >100 % en deportes de pivote/contacto a la hora de volver a la competición (return to competition) (Judd y Sharp, 2022).

Una vez los resultados obtenidos, a nivel cuantitativo se hará de nuevo una comparativa entre lo siguiente.

- El mismo jugador en momentos diferentes (pretemporada y durante la temporada en curso, pre/post-lesión, diferentes fases de la recuperación).
- Los deportistas de la misma modalidad deportiva.
- Los deportistas de la misma posición o de características similares del mismo equipo.

A nivel cualitativo, será importante realizar el análisis acompañado de un vídeo 2D, debido a que en el THT, y como sucede también en el SHT, se pueden observar déficits cinemáticos y cinéticos entre las extremidades después de una reconstrucción del LCA, a pesar del rendimiento adecuado de SLHD, con lo que medir únicamente la distancia del salto, incluso utilizando la pierna sana como referencia, es insuficiente para evaluar completamente la función de la rodilla (Kotsifaki et al., 2020).

Considerando que la población hace referencia a deportistas, los valores de referencia que se han obtenido en el FC Barcelona en la temporada 2022-23 para este test son los siguientes (expresados en centímetros).

Fútbol femenino: 490,8 ± 47,1.

Fútbol sala: 642,9 ± 47,2

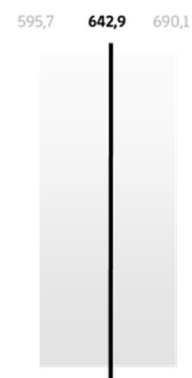
Esto nos indica la variabilidad en cuanto a los resultados dependiendo del tipo de deporte que se practique.

A continuación, se muestra una posible interpretación gráfica (Figura 9) de los resultados obtenidos en un THT en un deportista del FC Barcelona, en donde se observa la distancia conseguida para cada extremidad, comprobando la diferencia que existe entre ambas y sobre todo en qué posición situar estos resultados en referencia al grupo, con la línea negra que marca el promedio y el cuadro gris una desviación estándar.

El hecho de poder combinar los resultados de este test con el anteriormente descrito (SHT) puede mejorar la capacidad para detectar la existencia de una asimetría entre las extremidades inferiores que ayude al profesional a ser más preciso en la toma de decisiones en un proceso de rehabilitación como puede ser el del ligamento cruzado anterior.

Figura 9. Visualización de los cm de alcance de cada pierna en el THT, indicando la diferencia entre ambas y mostrando el lugar donde se encuentra el sujeto respecto al promedio del grupo y una desviación estándar para este test.

Figura 9. Resultados de un THT



Fuente: elaboración propia

Triple hop for distance test

Material: cinta métrica con una línea de inicio marcada.

Posición del sujeto: en apoyo monopodal por detrás de la línea de inicio.

Ejecución: se realizan tres saltos horizontales máximos consecutivos, aterrizando

siempre sobre la extremidad evaluada.

Mediciones: un salto de prueba por cada extremidad y dos para evaluar realizando un descanso entre repeticiones en caso de necesidad (<30 s). La referencia será la distancia máxima alcanzada.

Referencias

- Alemdaroglu, U.** (2012). The relationship between muscle strength, anaerobic performance, agility, sprint ability and vertical jump performance in professional basketball players. *J Hum Kinet*, 31, 149–158.
- Alvim, F., Lucareli, P. y Menegaldo, L.** (2017). Predicting muscle forces during the propulsion phase of single leg triple hop test. *Gait and Posture*, 57, 182-188. doi:10.1016/j.gaitpost.2017.07.038
- Ball, N., Stock, C. y Scurr, J.** (2010). Bilateral contact ground reaction forces and contact times during plyometric drop jumping. *J Strength Cond Res.*, 24(10), 2762-2769. doi:10.1519/JSC.0b013e3181cc2408
- Balsalobre Fernández C., Tejero González, C.M, del Campo Vecino, J. y Bavaresco, N.** (2014). The concurrent validity and reliability of a low-cost, high-speed camera-based method for measuring the flight time of vertical jumps. *J Strength Cond Res.*, 28(2), 528-533. doi:10.1519/JSC.0b013e318299a52e
- Berton, R, Lixandrão, M., Pinto e Silva, C. y Tricoli, V.** (2018). Effects of weightlifting exercise, traditional resistance and plyometric training on countermovement jump performance: a meta-analysis. *J Sports Sci.*, 36(18), 038-2044. doi:10.1080/02640414.2018.1434746.
- Beyer, E., Hale, R., Hellem, A., Mumbleau, A., Schilaty, N. y Hewet, T.** (2020). INTER AND INTRA-RATER RELIABILITY OF THE DROP VERTICAL JUMP (DVJ) ASSESSMENT. *Int J Sports Phys Ther.*, 15(5), 770-775. doi:10.26603/ijsp20200770
- Bosco C.** (1994). *La valoración de la fuerza con el test de Bosco*. Paidotribo.
- Cavagna, G.** (1997). Storage and utilization of elastic energy in skeletal muscle. *Exerc Sport Sci Rev.*, 5, 89-495.
- Claudino, J., Cronin, J. y Mezêncio, B.** (2016). The countermovement jump to monitor neuromuscular status: a meta-analysis. *J Sci Med Sport*, 19(3), 396-402. doi:10.1016/j.jsams.2016.08.011.
- Dias, J., Dal Pupo, J. y Reis, D.** (2011). Validity of two methods for estimation of vertical jump height. *J Strength Cond Res.*, 25(7), 2034-2039. doi:10.1519/JSC.0b013e3181e73f6e
- Edman, K., Elzinga, G. y Noble, M.** (1982). Residual force enhancement after stretch of contracting frog 518 single muscle fibers. *J Gen Physiol*, 80, 769-784.



- Ekegren, C., Miller, W., Celebrini, R., Eng, J. y Macintyre, D.** (2009). Reliability and validity of observational risk screening in evaluating dynamic knee valgus. *J Orthop Sports Phys Ther.*, 39(9), 665-674. doi:10.2519/jospt.2009.3004
- Farraye, B., Simon, J., Chaput, M., Kim, H., Monfort, S. y Grooms, D.** (2022). Development and reliability of a visual-cognitive reactive triple hop test. *J Sport Rehabil*, 32(3), 1-8. doi:10.1123/jsr.2022-0398
- Flanagan, E., Ebben, W. y Jensen, R.** (2008). Reliability of the reactive strength index and time to stabilization during depth jumps. *J Strength Cond Res.*, 22(5), 1677-1682. doi:10.1519/JSC.0b013e318182034b
- Gashi, F., Kovacic, T., Gashi, A., Boshnjaku, A. y Shalaj, I.** (2023). Predicting Risk Factors of Lower Extremity Injuries in Elite Women's Football: Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports (Basel)*, 11(9), 187. doi:10.3390/sports11090187
- Gonzalo Skok, O., Moreno Azze, A., Arjol Serrano, J., Tous Fajardo, J. y Bishop, C.** (2019). A Comparison of 3 Different Unilateral Strength Training Strategies to Enhance Jumping Performance and Decrease Interlimb Asymmetries in Soccer Players. *Int J Sports Physiol Perform*, 14(9), 1256-1264. doi:10.1123/ijsp.2018-0920
- Labban, W., Manaseer, T. y Golberg, E.** (2024). Jumping into recovery: A systematic review and meta-analysis of discriminatory and responsive force plate parameters in individuals following anterior cruciate ligament reconstruction during countermovement and drop jumps. *J Exp Orthop.*, 11. doi:10.1002/jeo2.12018.
- Markovic, G., Dizdar, D., Jukic, I. y Cardinale, M.** (2004). Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. *J Strength Cond Res.*, 18(3), 551-555. doi:10.1519/1533-4287(2004)18<551:RAFVOS>2.0.CO;2
- Measson, M., Ithurburn, M. y Rambaud, A.** (2022). Intra-rater reliability of a qualitative landing scale for the single-hop test: A pilot study. *Int J Sports Phys Ther.*, 17(3), 493-500. doi:10.26603/001c.33066
- Judd, A. y Sharp, T.** (2022). The Single Hop for Distance Test: Reviewing the Methodology to Measure Maximum and Repeated Performance [published correction appears in *J Sport Rehabil*. 2022 Aug 04;31(8):1075]. *J Sport Rehabil.*, 31(5), 657-663. doi:10.1123/jsr.2021-0242
- Kotsifaki, A., Korakakis, V., Whiteley, R., Van Rossom, S. y Jonkers, I.** (2020). Measuring only hop distance during single leg hop testing is insufficient to detect deficits in knee function after ACL reconstruction: a systematic review



and meta-analysis. *Br J Sports Med*, 54(3), 139-153. doi:10.1136/bjsports-2018-0999

- Kruger, K., Pilat, C., Uckert, K., Frech, T., y Mooren, F.** (2014). Physical performance profile of handball players is related to playing position and playing class. *J Strength Cond Res*, 28, 117–125.
- Petrigna, L., Karsten, B. y Marcolin, G.** (2019). A review of countermovement and squat jump testing methods in the context of public health examination in adolescence: reliability and feasibility of current testing procedures. *Front Physiol.*, 10, 1384. doi:10.3389/fphys.2019.01384
- Rago, V., Brito, J. y Figueiredo, P.** (2018). Countermovement Jump Analysis Using Different Portable Devices: Implications for Field Testing. *Sports (Basel)*, 6(3), 91. doi:10.3390/sports6030091
- Rambaud, A., Rossi, J., Neri, T., Samozino, P. y Edouard, P.** (2020). Evolution of functional recovery using hop test assessment after ACL reconstruction. *Int J Sports Med.*, 41(10), 696-704. doi:10.1055/a-1122-8995
- Rodríguez Rosell, D., Mora Custodio, R., Franco Márquez, F., Yáñez García, J. y González Badillo, J.** (2017). Traditional vs. Sport-Specific Vertical Jump Tests: Reliability, Validity, and Relationship With the Legs Strength and Sprint Performance in Adult and Teen Soccer and Basketball Players. *J Strength Cond Res.*, 31(1), 196-206. doi:10.1519/JSC.0000000000001476
- Sheppard, J., Cronin, J., Gabbett, T., McGuigan, M., Etxebarria, N. y Newton, R.** (2008). Relative importance of strength, power, and anthropometric measures to jump performance of elite volleyball players. *J Strength Cond Res*, 22: 758–765.
- Stolen, T., Chamari, K., Castagna, C., y Wisloff, U.** (2005). Physiology of soccer: An update. *Sports Med*, 35: 501–536.
- Tong, Z., Chen, W., Xu, H. y Zhai, F.** (2022). Optimal Loading Height: A Practical Research of Drop Jump from Biomechanics. *J Healthc Eng.* doi:10.1155/2022/4173639.
- Walsh, M., Arampatzis, A., Schade, F. y Brüggemann, G.** (2004). The effect of drop jump starting height and contact time on power, work performed, and moment of force. *J Strength Cond Res.*, 18(3), 561-566. doi:10.1519/1533-4287(2004)18<561:TEODJS>2.0.CO;2



Ziv, G y Lidor, R. (2009). Physical attributes, physiological characteristics, on-court performances and nutritional strategies of female and male basketball players. *Sports Med*, 39, 547–568.