

Evaluación y prescripción del salto vertical y horizontal en futbolistas. Revisión narrativa Assessment and prescription of vertical and horizontal jumping in soccer players. Narrative review

*Luis Miguel Fernández-Galván, **Arturo Casado, ***Raúl Domínguez

* Universidad Jaime I (España), ** Universidad Rey Juan Carlos (España), ***Universidad de Sevilla (España)

Resumen. Las acciones balísticas, tales como el salto, son determinantes en el resultado de un partido de fútbol. Por lo tanto, su evaluación, cuantificación y optimización podrían ser concluyentes para el deportista. El objetivo del presente trabajo de revisión narrativa ha sido detallar los tipos de saltos verticales y horizontales más usados y confiables para la evaluación de las acciones balísticas, exponiendo la definición de los protocolos y sugiriendo metodologías de entrenamiento basadas en la evidencia científica. La metodología siguió las recomendaciones PRISMA, para ello se realizó una búsqueda bibliográfica en las bases de datos de Pubmed y Web of Science. Los resultados mostraron que el salto vertical y el salto con contra movimiento, son los saltos más utilizados para la evaluación y optimización del rendimiento, así como el salto horizontal con contra movimiento con las manos fijadas a la cintura y con las manos libres. Se ha observado correlaciones significativas con efectos moderados entre los valores de sprint de 5 m y 15 m con el salto vertical ($r = -0,47$ a $-0,54$; $p < 0,01$) y con el salto horizontal ($r = -0,60$ a $-0,68$; $p < 0,01$). Siendo el salto horizontal, mejor predictor en el sprint de 20 m que el salto vertical ($r = -0,73$ a $-0,86$ vs $-0,52$ a $-0,73$ $p < 0,01$). Por tanto, se concluye que la evaluación de la altura del salto vertical u horizontal puede ayudar a los profesionales del deporte a planificar los estímulos más apropiados para la optimización del rendimiento.

Palabras clave: Acciones balísticas, salto en cuclillas, salto con contra movimiento y fútbol.

Abstract. Ballistic actions, such as jumping, are decisive in the outcome of a soccer match. Therefore, their evaluation, quantification and optimisation could be determinant for the athlete. Thus, the aim of the present narrative review work has been to detail the most used and reliable types of vertical and horizontal jumps for the evaluation of ballistic actions, exposing the definition of the protocols and suggesting training methodologies based on scientific evidence. The methodology followed the PRISMA recommendations for which a bibliographic search was carried out in Pubmed and Web of Science databases. Results showed that vertical jump (SJ) and the countermovement jump (CMJ) are the most commonly used jumps for the evaluation and optimisation of performance, as well as the horizontal jump with countermovement with the hands fixed at the waist and with the hands free. Significant correlations with moderate effects were observed between 5 m and 15 m sprint values and vertical jump ($r = -0.47$ to -0.54 , $p < 0.01$) and horizontal jump ($r = -0.60$ to -0.68 , $p < 0.01$). Horizontal jump being a better predictor of the 20 m sprint than vertical jump ($r = -0.73$ to -0.86 vs -0.52 to -0.73 $p < 0.01$). Therefore, it is concluded that the evaluation of the height of the vertical or horizontal jump can help sports professionals to plan the appropriate stimuli for the optimization of performance.

Keywords: Ballistic actions, squat jump, countermovement jump, soccer and football.

Fecha recepción: 15-09-23. Fecha de aceptación: 16-12-23

Luis Miguel Fernández-Galván

luismiguelfernandezphd@gmail.com

Introducción

El fútbol, es el deporte más popular en todo el mundo, con más de 265 millones de practicantes de todas las edades, géneros y niveles de habilidad (Blatter & Dvorak, 2014). En cuanto al fútbol femenino, según el informe elaborado en 2023 por la Federación Internacional de Fútbol Asociación (FIFA), en la actualidad un total de 16,6 millones de mujeres y niñas participan en el fútbol federado, lo que representa un aumento del 24% con respecto a los datos registrados en 2019 (FIFA, 2023, p. 11).

Desde el punto de vista de la cinemática, el fútbol es un deporte colectivo de cooperación-oposición, y de naturaleza intermitente, en el que los jugadores no solo requieren habilidades técnicas y tácticas, sino que también deben desarrollar un alto nivel atlético para tener éxito (Figueiredo, Dourado, Stanganelli, & Gonçalves, 2020; Turner & Stewart, 2014). En este sentido, la cuantificación de la carga interna y externa son esenciales para determinar los perfiles de rendimiento de

los jugadores, así como los patrones de actividad más solicitados de cara a planificar los estímulos óptimos que optimicen el rendimiento (Datson, et al., 2014).

En esta línea, conocemos que las jugadoras y jugadores de élite recorren una distancia total por partido de entre ~ 8,2 a 11 km y 10 a 13 km, respectivamente, de los cuales las jugadoras realizan ~ 1,7 km y los jugadores ~ 2,5 km a alta velocidad (Stølen, Chamari, Castagna, & Wisløff, 2005; Winther, et al., 2022). Además, durante los 90 minutos, las jugadoras y jugadores realizan entre ~1.350 a ~1.650 acciones técnicas/tácticas como pases, entradas o regates y ~1.000 a ~1.400 acciones balísticas (cada 3-5 segundos) como saltos, cambios de dirección o sprint (Datson, et al., 2014; Stølen, et al., 2005).

Faude, Koch & Meyer, (2012) analizaron los 360 goles de la Liga Alemana en las temporadas 2007/2008, los resultados mostraron que el 83% de los goles fueron precedidos por al menos una acción de fuerza del jugador que marcaba o asistía, siendo el sprint directo (46%) y el salto (16%)

las acciones más comunes. En esta línea, los resultados del estudio de Wisløff, Castagna, Helgerud, Jones, & Hoff (2004), encontraron una fuerte correlación entre la fuerza máxima en media sentadilla y el rendimiento en sprint y la altura de salto vertical y en el estudio de Yanci, García Huerta, Castillo Alvira, Rivero Benito, & Los Arcos Larumbe (2014) encontraron una correlación significativa entre el sprint de 20 m con el salto horizontal.

El salto vertical u horizontal, es una acción balística que comporta la activación muscular a nivel excéntrico-isométrico-concéntrico, siendo la transición entre fases muy corto, lo que da lugar a una acción múltiple denominada ciclo estiramiento-acortamiento (CEA) (Markovic & Mikulic, 2010). Estas acciones son dependientes de la producción de fuerza en un intervalo de tiempo (Rate of Force Development [RFD]) puesto que estas acciones implican tiempos de contracción < 250 milisegundos (ms) y vienen representadas por la curva fuerza-tiempo, pudiendo existir infinidad de valores caracterizados por el gesto deportivo (Maffiuletti, et al., 2016).

En la actualidad, existe cierta controversia sobre cuál es la carga óptima que optimiza el RFD con dos ideas contradictorias: (a) la percepción de que es necesario utilizar cargas pesadas (80-100% de una repetición máxima [1RM]), para inducir el reclutamiento de unidades motoras de contracción rápida (Jiménez-Reyes, Samozino, Brughelli, & Morin, 2017), y (b) utilizar cargas ligeras (30-40% 1RM) que permite al sujeto entrenar a una velocidad más cercana a la velocidad real del juego (Alcaraz, Carlos-Vivas, Oponjuru, & Martínez-Rodríguez, 2018).

Dado que el salto, ha sido asociado con el rendimiento en el sprint (Falces-Prieto, et al., 2021) su evaluación, control de las intervenciones y seguimiento de las mismas, podrían resultar fundamentales para ayudar al profesional a mejorar la eficacia de la prescripción del entrenamiento más adecuado contribuyendo en la mejora del rendimiento de las acciones balísticas (Jiménez-Reyes, et al., 2017). Por todo ello, el objetivo de la presente revisión es detallar los tipos de saltos verticales y horizontales más usados y confiables para la evaluación de las acciones balísticas, exponiendo la definición de los protocolos y sugiriendo metodologías de entrenamiento basadas en la evidencia científica.

Tabla 1.

Métricas de calidad de los estudios incluidos.

Referencia	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	PT
(Centeno-Prada, et al., 2015)	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6/10
(Cometti, et al., 2001)	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6/10
(Chamari, et al., 2004)	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	5/10
(Mujika, et., 2009)	1	0	0	5	0	0	0	1	1	1	1	5/10
(Yanci, et al., 2014)	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6/10
(Yanci, et al., 2014)	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6/10
(Yanci, et al., 2015)	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6/10
(Ascenzi, et al., 2020)	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6/10
(Loturco, et al., 2017)	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6/10
(Deprez, et al., 2015)	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6/10
(Ramos-Campo, et al., 2016)	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	5/10
(Haugen, et al., 2012)	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6/10
(Vescovi, et al., 2008)	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6/10
(McCurdy, et al., 2010)	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6/10
(Lockie, et al., 2018)	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	5/10
(Ozbar, 2015)	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6/10
(Ozbar, et al., 2014)	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6/10
(Roso-Moliner et al., 2023)	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6/10

P1., Criterios de elegibilidad. P2., Distribución aleatorizada. P3., Asignación oculta. P4., Grupos similares al inicio. P5., Sujetos cegados. P6., Terapeutas cegados. P7., Evaluadores cegados. P8., Seguimiento adecuado. P9., Análisis por "intención de tratar". P10., Comparaciones entre grupos. P11., Medidas puntuales y de variabilidad. PT., Puntuación total Escala PEDro.

Material y Métodos

Estrategia de búsqueda

La presente revisión narrativa fue realizada de acuerdo con las recomendaciones de la declaración PRISMA (Page, et al., 2021). Dos autores (LMF-AC) realizaron esta búsqueda. Se utilizaron las bases de datos Web of Science y PubMed, empleando la terminología incluida en el Medical Subjects Headings (Mesh) desarrollado por la U.S National Library of Medicine. La búsqueda se llevó a cabo desde el 10 de abril hasta al 17 de junio de 2023. Se utilizó la siguiente terminología ((“soccer” [Tittle]) OR “football” [Tittle]) AND (jump [Tittle]). Además, se realizó una búsqueda manual en las listas de referencias incluidas en los estudios seleccionados.

Criterios de elegibilidad

En total, se encontraron 629 estudios, tras aplicar los criterios de selección, se incluyeron 18 estudios en esta revisión (Figura 1).

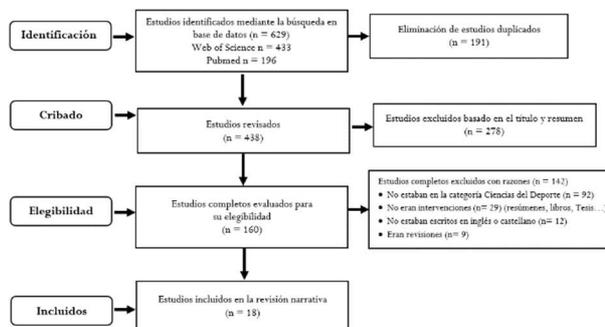


Figura 1. Organigrama de los artículos seleccionados.

Evaluación de la calidad

Se utilizó la puntuación PEDro para evaluar la calidad de los estudios (Maher, Sherrington, Herbert, Moseley, & Elkins, 2003) (ver tabla 1). Se consideró un estudio de alta calidad cuando la puntuación PEDro fue ≥ de 5 sobre 10 puntos. Todos los estudios incluidos en la revisión obtuvieron puntuaciones entre 5 y 6 puntos, lo que indica una "alta calidad" metodológica según los criterios propuestos por Maher, et al., (2003).

Descripción de los estudios incluidos

La tabla 2 muestra los datos referentes a las características de los participantes en cada uno de los estudios

seleccionados. Se observan un total de 699 sujetos analizados de los cuales el 47,07% eran mujeres y el 52,93% hombres.

Tabla 2.

Características descriptivas de los estudios incluidos

Referencia	n	Sexo	Edad (años)	Población	Valoración del salto
(Centeno-Prada, et al., 2015)	90	Hombre	20,38 ± 4,65	1ª división española	SJ/CMJ
(Cometti, et al., 2001)	29	Hombre	26,1 ± 4,3	1ª división francesa	SJ/CMJ
(Cometti, et al., 2001)	34	Hombre	23,2 ± 5,6	2ª división francesa	SJ/CMJ
(Chamari, et al., 2004)	34	Hombre	17,5 ± 1,1	Selección nacional Túnez U19	SJ
(Mujika, et al., 2009)	34	Hombre	23,8 ± 3,4	1ª división española	CMJ
(Yanci, et al., 2014)	18	Hombre	25,6 ± 4,8	2ª división-B española	HCMJ/HCMJAS
(Yanci, et al., 2014)	39	Hombre	22,9 ± 2,8	3ª división Liga Española	HCMJ/HCMJAS
(Yanci, et al., 2015)	28	Hombre	25,4 ± 4,6	3ª división Liga Española	HCMJ/HCMJAS
(Ascenzi, et al., 2020)	27	Hombre	18,5 ± 0,6	Selección nacional U17 y U18 Qatar	HCMJ
(Loturco, et al., 2017)	11	Hombre	22,2 ± 2,4	1ª división brasileña	SJ/HCMJ/HCMJAS
(Deprez, et al., 2015)	26	Hombre	16,9 ± 0,3	1ª división U17 Bélgica	HCMJAS
(Ramos-Campo, et al., 2016)	15	Mujer	21,1 ± 2,3	1ª división española	SJ/CMJ
(Ramos-Campo, et al., 2016)	14	Mujer	21,8 ± 2,5	2ª división española	SJ/CMJ
(Haugen, et al., 2012)	85	Mujer	23,5 ± 3,6	Selección nacional danés	CMJ
(Haugen, et al., 2012)	47	Mujer	21,2 ± 3,6	1ª división danesa	CMJ
(Vescovi, et al., 2008)	51	Mujer	19,9 ± 0,9	Fútbol universitario estadounidense	CMJ
(McCurdy, et al., 2010)	15	Mujer	20,19 ± 0,91	1ª división Americana	HCMJ
(Lockie, et al., 2018)	26	Mujer	20,19 ± 1,20	1ª división universitario	HCMJAS
(Ozbar, 2015)	20	Mujer	19,3 ± 1,6	1ª división universitario	HCMJAS
(Ozbar, et al., 2014)	18	Mujer	18,4 ± 2,7	2ª división universitario	HCMJAS
(Roso-Moliner, et al., 2023)	38	Mujer	22,1 ± 1,9	2ª división española	HCMJAS

SJ, salto en cullillas; CMJ, salto con contra movimiento, HCMJ, salto horizontal con contra movimiento, HCMJAS, salto horizontal con contra movimiento con manos libres.

Salto

Según Maulder y Cronin (2005), el salto es un movimiento humano complejo, que requiere un alto grado de coordinación motora entre los segmentos de la parte superior e inferior del cuerpo. Además, es dependiente del tipo de fibra muscular y la rigidez, así como de la fuerza máxima generada por el sujeto. Siendo la altura o la longitud máxima alcanzada, un indicador de la potencia muscular de las piernas.

Los resultados de diferentes estudios han mostrado correlaciones significativas con efectos moderados entre el salto vertical y el sprint de 5 m ($r = -0,54$; $p < 0,01$) sprint de 15 m ($r = -0,47$ a $-0,65$; $p < 0,01$) (Yanci & Los Arcos, 2015). Así como, con el salto horizontal el sprint de 5 m ($r = -0,60$ a $-0,66$; $p < 0,01$) sprint de 15 m ($r = -0,62$ a $-0,68$; $p < 0,01$) (Yanci, García Huerta, et al., 2014). En esta línea, Maulder & Cronin (2005) mostraron que los saltos horizontales son mejores predictores del rendimiento en el sprint de 20 m que los saltos verticales ($r = -0,73$ a $-0,86$ vs $r = -0,52$ a $-0,73$; $p < 0,01$).

Además, la evaluación de la altura del salto podría ser un indicador muy sensible para evaluar la fatiga neuromuscular (Moreno, 2020) o discriminar jugadores de diferente niveles. Así, se ha detectado una altura del salto +13,9% mayor en futbolistas masculinos de la primera, comparada con la segunda división de la Liga Francesa (Cometti, Maffiuletti, Pousson, Chatard, & Maffulli, 2001) y +7,9% en futbolistas femeninas de la primera vs segunda división de la Liga Española (Ramos-Campo, Rubio-Arias, Carrasco-Poyatos, & Alcaraz, 2016).

Dado que existe una amplia variedad de saltos, la cuestión es cuál de ellos puede tener un mejor valor diagnóstico de las acciones determinantes en el fútbol (es decir, el

sprint), siendo necesario abordar las cuestiones de fiabilidad y validez que deben guiar la selección de la evaluación de los saltos (Maulder & Cronin, 2005).

Salto vertical

El salto vertical se ha utilizado como indicador de la potencia muscular de los miembros inferiores a nivel concéntrico (Markovic, Dizdar, Jukic, & Cardinale, 2004). Su rendimiento está determinado por la capacidad del sistema neuromuscular y osteoarticular para generar altos niveles de fuerza, asegurar la aplicación efectiva de esta fuerza sobre el entorno y producir fuerza efectiva a altas velocidades de contracción muscular (Morin & Samozino, 2016).

Samozino, et al. (2010) propone que la altura máxima de salto varía en función de tres características mecánicas del tren inferior: (i) fuerza máxima teórica de las extremidades inferiores a velocidad nula (F_0), (ii) la velocidad de extensión máxima teórica de los miembros inferiores ante una carga nula (V_0), y (iii) la distancia de producción de fuerza determinada por su rango de extensión habitual (h_{po}). Estas variables representan las capacidades mecánicas de los miembros inferiores para generar fuerza externa, potencia y velocidad de extensión, la cual es representada mediante la pendiente de la relación fuerza-velocidad (S_{fv}) es decir, el índice del equilibrio individual del atleta entre las capacidades de fuerza y velocidad.

Evaluación del salto vertical

Durante el salto que incluye exclusivamente una dirección vertical, la única fuerza externa es la aceleración gravitacional ($9,81 \text{ m/s}^2$), actuando como una fuerza con aplicación en el centro de gravedad y una dirección al suelo (Moir, 2008). Evaluando la velocidad de despegue

del salto, se podría determinar la altura máxima alcanzada (momento temporal en el que la velocidad vertical es nula). En esta línea, la plataforma de fuerza registra muestras de hasta 1.000 Hz, permitiendo evaluar la velocidad del centro de masa del atleta con mucha precisión. Por ello, la evaluación del salto de altura vertical en una plataforma de fuerza se considera el “Gold estándar” aplicando la siguiente ecuación (Moir, 2008):

$$\text{Altura del salto} = \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

v = velocidad de despegue; g = aceleración gravitacional ($9,81 \text{ m/s}^2$)

Sin embargo, desde el punto de vista biomecánico, a través de la relación de la velocidad con el desplazamiento y el tiempo, se podría estimar indirectamente la altura del salto utilizando el tiempo total de vuelo (el tiempo entendido entre el despegue y el contacto con tierra) utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Altura del salto} = \frac{g \cdot t^2}{8}$$

t = tiempo comprendido entre el despegue y el contacto con la tierra; g = aceleración gravitacional ($9,81 \text{ m/s}^2$)

Los métodos más utilizados para medir el tiempo de vuelo son: (a) las plataformas de contacto (Dias, et al., 2011), (b) plataformas de infrarrojo (Glatthorn, et al., 2011), (c) métodos basados en vídeo (Dias, et al., 2011) mostrando una alta correlación con el “Gold estándar” (Glatthorn, et al., 2011).

Sin embargo, debemos tener en consideración que la altura de salto lograda contra una sola carga, sólo proporciona una representación parcial de las verdaderas capacidades mecánicas máximas del atleta (Cronin, & Sleivert, 2005) en comparación con todo el espectro de fuerza-velocidad-potencia (Morin & Samozino, 2016). Por ello, se sugiere el control y monitorización de la fuerza en torno a las relaciones fuerza-tiempo y fuerza-velocidad-potencia, de cara a programar los estímulos adecuados para modificar las zonas que son susceptibles de mejora (Jiménez-Reyes, et al., 2017).

Como decíamos anteriormente, el “Gold estándar” para la evaluación del salto vertical es la plataforma de fuerzas, sin embargo, presentan una serie de inconvenientes. En primer lugar, son costosos y su uso se limita a laboratorios o clubs deportivos de élite. En segundo lugar, son voluminosos, lo que dificulta su transporte, además, suelen utilizar programas informáticos específicos para analizar los datos y por último, necesitan de tomas de corriente eléctrica cercanas para funcionar, lo que también limita su uso a determinados contextos (Balsalobre-Fernández, Tejero-González, Campo-Vecino, & Bavaresco, 2014). Todo ello apunta a la necesidad de métodos alternativos, de bajo coste y fáciles de usar para medir los tiempos de vuelo en salto vertical. En esta línea, el avance tecnológico de los teléfonos inteligentes y, en concreto, de las aplicaciones móviles han pasado a ser una parte consolidada de la medicina deportiva y del ejercicio, y han ayudado al desarrollo de nuevos métodos de cuantificación (Ahmed, Lee, Marchant, Jones, & Hall, 2018).

MyJump2 ha sido desarrollada para monitorizar, a través del análisis del vídeo, la capacidad de la altura del salto vertical del deportista de forma válida, fiable y económica (Balsalobre-Fernández, Glaister, & Lockey, 2015; Jiménez-Reyes et al., 2017) a través del método de Morin & Samozino (2015). Este método está basado en las leyes fundamentales de la mecánica, siendo preciso y reproducible para evaluar la potencia de salida de los miembros inferiores, con una precisión similar a la obtenida con técnicas específicas de laboratorio, donde se ha comprobado una alta correlación ($r = 0,995$) en los saltos con contra movimiento en comparación con las plataformas de fuerza (Balsalobre-Fernández, et al., 2015).

Si bien, no está exenta de ciertas desventajas. Una de las más importantes es que la aplicación requiere que el investigador seleccione visualmente los fotogramas de los momentos de despegue y aterrizaje, lo que puede dar lugar a un desacuerdo entre los evaluadores y, por tanto, a resultados potencialmente inexactos. Sin embargo, un estudio reciente mostró una buena concordancia entre calificadores entrenados y no entrenados para la evaluación de la altura del salto, lo que indica que la aplicación de vídeo tiene una buena fiabilidad entre calificadores (Pueo, Jimenez-Olmedo, Penichet-Tomas, & Bernal-Soriano, 2018). Otra desventaja, es el riesgo de que el sujeto prolongue de forma artificial el tiempo de vuelo debido a la flexión (dorsiflexión) de rodilla y tobillo justo antes del aterrizaje, lo que le daría un mayor tiempo de vuelo y por consiguiente una mayor altura del salto alcanzada (Gençoğlu, et al., 2023).

Tipos de salto vertical

Existen diferentes tipos de salto vertical utilizados como medidas indirectas de la fuerza y la potencia anaeróbica de los músculos extensores de los miembros inferiores (Cronin & Sleivert, 2005), como pueden ser el Squat Jump (SJ) y el Countermovement Jump (CMJ), siendo este último el más utilizado (Canavan & Vescovi, 2004).

SJ

El SJ es un salto vertical en el que se procura obtener la máxima altura del centro de gravedad desde una flexión de rodillas sin contra movimiento y por lo tanto, en ausencia del componente elástico, por lo que su evaluación es puramente concéntrica, siendo la duración del CMJ (medida desde el inicio de la fase ascendente hasta el despegue) entre 300 y 400 ms (González-Badillo, Jiménez-Reyes, & Ramírez-Lechuga, 2017).

Calentamiento: los atletas deben incluir un calentamiento general de una duración de 10-15 minutos que incluya ejercicios cardiovasculares, sentadillas y estiramientos dinámicos. A continuación, el calentamiento específico debe incluir tres SJ a una intensidad creciente intercalados de 45 segundos (s) entre cada salto. Si existe algún mínimo contra movimiento durante el salto deben incluirse 45 s de recuperación (Markovic, et al., 2004). Por último,

debido a que el salto depende principalmente del metabolismo energético anaeróbico y más concretamente, del sistema del fosfágeno (ATP y fosfocreatina), se debe incluir un periodo de 2-3 minutos antes de comenzar la prueba ya que es considerado el tiempo necesario para una recuperación completa de las reservas de fosfocreatina (Nicol, Avela, & Komi, 2006).

Preparación: antes de cada SJ se debe instruir a los participantes para que se mantengan quietos en el centro de la zona de salto. Además, se debe colocar un goniómetro manual o una cuerda elástica para asegurar la ausencia de movimiento durante los 2 a 4 s previos al inicio del salto (Nicol, et al., 2006).

Ejecución: los participantes se agachan hasta un ángulo de $\sim 90^\circ$ (rango: 80-100°) y mantiene esta posición unos segundos antes del despegue. Desde esta posición, los atletas realizan una extensión explosiva del miembro inferior mientras mantienen las manos en las caderas. En cuanto a esta técnica, se pide a los atletas que salten lo más alto posible, manteniendo las manos en las caderas y evitando cualquier tipo de movimiento del antebrazo al inicio del salto. Si no se cumplen estos requisitos, debe repetirse el salto. La prueba finaliza después de tres intentos correctos y debe seleccionarse la mayor altura del salto (Van Hooren & Zolotarjova, 2017).

Fiabilidad: las características de la ejecución del SJ lo han convertido en un test de salto de gran fiabilidad $\sim 1,3\%$ (Venier, Grgic, & Mikulic, 2019).

Valores normativos: en un estudio realizado con 34 futbolistas masculinos de la primera división de la liga tunecina se reportaron valores normativos de ~ 51 cm (Chamari, et al., 2004). En 90 y 95 futbolistas de la primera división de la liga española y francesa, se han reportado valores normativos de $\sim 37-38$ cm, respectivamente (Centeno-Prada, López, & Naranjo-Orellana, 2015; Cometti, et al., 2001) mientras que en futbolistas femeninas de la liga española de primera y segunda división se reportaron alturas de $\sim 26-24$ cm, respectivamente (Ramos-Campo, et al., 2016) (ver Tabla 3).

CMJ

El CMJ es un salto vertical en el que a través de una contracción muscular concéntrica se pretende alcanzar la máxima elevación del centro de gravedad ejecutando una flexión-extensión rápida de piernas con la mínima parada entre ambas fases, siendo la duración del SJ (medida desde el inicio de la fase ascendente hasta el despegue) entre 500 y 1000 ms (González-Badillo, et al., 2017). Cabe destacar que la diferencia entre la altura alcanzada en el CMJ – SJ se debe al efecto del almacenamiento y utilización de la energía elástica durante el contra movimiento, por lo que una mayor diferencia entre el CMJ - SJ sugiere una mejor capacidad para almacenar y utilizar la energía elástica (Maulder & Cronin, 2005; Morin & Samozino, 2016).

Calentamiento: antes de una prueba de CMJ se deben incluir unos 10-15 minutos de ejercicio cardiovascular, sentadillas y estiramientos dinámicos previos a una serie

de 3-5 CMJ con una intensidad creciente y con 45 s de descanso entre serie (Van Hooren & Zolotarjova, 2017). A continuación, tras un periodo de tres minutos de descanso para asegurar una recuperación completa, se puede iniciar la prueba (Nicol, et al., 2006).

Preparación: antes de cada CMJ se debe instruir a los participantes para que se mantengan quietos en el centro de la zona de salto. Además, los participantes inician el salto con los brazos en la cadera y las piernas extendidas.

Ejecución: los participantes se agachan hasta un ángulo de $\sim 90^\circ$ (rango: 80-100°) para iniciar rápidamente una extensión sincronizada de rodillas (acción concéntrica) en una acción explosiva para alcanzar la máxima altura posible. Durante la fase de vuelo, las rodillas continúan extendiéndose con las manos en la cadera, evitando cualquier movimiento lateral o hacia atrás/adelante mientras que el contacto con el suelo se realiza primero con los dedos de los pies.

Fiabilidad: los CMJ han reportado una fiabilidad muy alta (ICC $>0,989$) (Rodríguez-Rosell, Mora-Custodio, Franco-Márquez, Yáñez-García, & González-Badillo, 2017) y un coeficiente de variaciones en futbolistas superior al 3% (Haugen, Tønnessen, & Seiler, 2012).

Valores normativos: se ha estimado que la altura del CMJ es superior en un 25% al SJ en atletas (Armada-Cortés, Peláez Barrajon, Benítez-Muñoz, Navarro, & San Juan, 2020). En futbolistas profesionales masculinos de la Liga Española se ha reportado que la altura del salto CMJ es $\sim 25\%$ mayor que en SJ (Centeno-Prada, et al., 2015) mientras que en jugadores de la Liga Francesa oscila entre $\sim 8\%$ en primera división y $\sim 17\%$ en segunda división (Cometti, et al., 2001).

Saltos horizontales

El salto horizontal es utilizado para medir la fuerza explosiva de las extremidades inferiores en la aplicación de fuerza horizontal (Maulder & Cronin, 2005). Se divide en tres fases: (1) despegue; momento en el que los pies dejan de tocar el suelo: (2) fase de vuelo; desde el instante en que los pies dejan el suelo hasta que los pies aterrizan en el suelo: (3) aterrizaje; el instante en que los pies aterrizan en el suelo (Chen & Wu, 2022)

La mayor optimización del rendimiento se obtiene cuando los participantes coordinan la fuerza de los músculos de las extremidades inferiores y de la cadera junto con un movimiento de balanceo de las extremidades superiores (Chen & Wu, 2022). Existiendo una interrelación entre el ángulo de la articulación, el centro de gravedad y la velocidad del centro de gravedad en el despegue y durante la fase de vuelo (Mackala, Stodoka, Siemienski, & Coh, 2013).

Evaluación del salto horizontal

La evaluación del salto horizontal puede realizarse con una cinta métrica orientada perpendicularmente a la línea de salida y fijada al suelo (Loturco, et al., 2015).

Tipos de salto horizontales

Existen diferentes tipos de salto horizontal utilizados

para evaluar la Potencia máxima de las extremidades inferiores, entre los que destacan el salto horizontal con contra movimiento a dos piernas (HCMJ) y con contra

movimiento a dos piernas con manos libres (HCMJAS) (Maulder & Cronin, 2005).

Tabla 3.

Valor normativo de la altura de salto en cuchillas (SJ) y salto con contra movimiento (CMJ) alcanzada en jugadores/as de fútbol.

Sexo	Referencia	Población	SJ	CMJ
Hombre	(Centeno-Prada, et al., 2015)	1ª división española	37,16	46,50
	(Cometti, et al., 2001)	1ª división francesa	38,5 ± 3,8	41,6 ± 4,2
	(Cometti, et al., 2001)	2ª división francesa	33,8 ± 7,5	39,7 ± 5,2
	(Loturco, et al., 2017)	1ª división brasileña	40,6 ± 2,8	-
	(Chamari, et al., 2004)	Selección nacional Túnez U19	51,3 ± 6,7	-
	(Mujika, et al., 2009)	1ª división española	-	43,7 ± 2,2
Mujer	(Ramos-Campo, et al., 2016)	1ª división española	26,1 ± 0,4	26,7 ± 0,3
	(Ramos-Campo, et al., 2016)	2ª división española	24,2 ± 0,3	24,3 ± 0,3
	(Haugen, et al., 2012)	Selección nacional danés	-	30,7 ± 4,1
	(Haugen, et al., 2012)	1ª división danesa	-	28,1 ± 4,1
	(Vescovi, et al., 2008)	Fútbol universitario EEUU	-	40,9 ± 5,5
	(Mujika, et al., 2009)	1ª división española	-	32,6 ± 3,7

SJ, Salto en cuchillas; CMJ, Salto con contra movimiento.

HCMJ

Siguiendo el protocolo descrito por Maulder y Cronin (2005):

Calentamiento: los participantes realizarán un calentamiento de 5 minutos de carrera continua a una intensidad aproximada del 60% de la frecuencia cardiaca máxima, seguido de 3 minutos de estiramientos de la musculatura del tren inferior. Cada estiramiento se mantendrá durante 20 s.

Preparación: antes de cada HCMJ se debe instruir a los participantes para que se mantengan quietos en el inicio de la cinta. Antes de la evaluación, cada participante realizará 3 ensayos de práctica con un descanso de 30 s entre salto.

Ejecución: los participantes se colocarán con los pies separados a la altura de los hombros detrás de la línea de salida. Comenzarán el salto en posición de pie, con los brazos en la cadera y doblando las rodillas hasta un ángulo de ~120°. Se pedirá al participante que realice un salto horizontal con una caída controlada sobre las dos piernas y permaneciendo en esa postura 2-3 s. Se considerará la distancia más larga midiéndose la distancia alcanzada desde el punto de inicio hasta el apoyo del talón de la pierna más retrasada. Se utilizará una cinta métrica orientada perpendicularmente a la línea de salida y fijada al suelo, para medir la distancia saltada. El tiempo de recuperación entre salto será de 2-3 minutos para favorecer la recuperación completa de las reservas de fosfocreatina (Nicol, et al., 2006).

Fiabilidad: han reportado una fiabilidad muy alta en hombres (ICC=0,97) y en mujeres (ICC=0,95) y un coeficiente de variación inferior al 2,4% (Markovic, et al., 2004; Meylan, et al., 2009).

Valores normativos: se ha estimado que la longitud del salto horizontal es superior en un 16% a favor de los futbolistas de una categoría superior (Yanci, García Huerta, et al., 2014; Yanci, Los Arcos, Mendiguchia, & Brughelli, 2014). Hasta donde conocemos, solo un estudio ha analizado el salto horizontal en futbolistas femeninas (Mccurdy, et al., 2010), los resultados del estudio muestran un decrecimiento en el rendimiento del salto horizontal de un ~26% en comparación con los resultados de otros estudios en jugadores masculinos (Yanci, García Huerta, et al., 2014;

Yanci & Los Arcos, 2015; Yanci, Los Arcos, et al., 2014) (ver tabla 4).

HCMJAS

Siguiendo el protocolo descrito por Maulder y Cronin (2005):

Calentamiento: los participantes realizarán un calentamiento de 5 minutos de carrera continua a una intensidad aproximada del 60% de la frecuencia cardiaca máxima, seguido de 3 minutos de estiramientos de la musculatura del tren inferior. Cada estiramiento se mantendrá durante 20 s.

Preparación: antes de cada HCMJAS se debe instruir a los participantes para que se mantengan quietos en el inicio de la cinta. Antes de la evaluación, cada participante realizará 3 ensayos de práctica con un descanso de 30 s entre salto.

Ejecución: los participantes se colocarán con los pies separados a la altura de los hombros detrás de la línea de salida. Comenzarán el salto en posición de pie, balanceando los brazos y doblando las rodillas hasta un ángulo de ~120°. Se pedirá al participante que realice un salto horizontal con una caída controlada sobre las dos piernas y permaneciendo en esa postura 2-3 s. Se considerará la distancia más larga midiéndose la distancia alcanzada desde el punto de inicio hasta el apoyo del talón de la pierna más retrasada. Se utilizará una cinta métrica orientada perpendicularmente a la línea de salida y fijada al suelo, para medir la distancia saltada. El tiempo de recuperación entre saltos será de 2-3 min para favorecer la recuperación completa de las reservas de fosfocreatina (Nicol, et al., 2006).

Fiabilidad: Han reportado una fiabilidad muy alta en hombres (ICC=0,97) y en mujeres (ICC=0,95) y un coeficiente de variación inferior al 3,1% (Meylan, et al., 2009).

Valores normativos: Se ha estimado que la longitud del salto horizontal con manos libres es superior en un 19% a favor de los futbolistas de una categoría superior (Loturco, et al., 2017) y de un 21% respecto a las mujeres futbolistas (Lockie, et al., 2018). Entre futbolistas femeninas existe hasta un 13% de diferencia entre categorías de nivel (Rosso-Moliner, et al., 2023) (ver tabla 4).

Tabla 4.

Valor normativo de la longitud de salto horizontal alcanzada con manos fijas (HCMJ) y manos libres (HCMJAS) en jugadores/as de fútbol.

Sexo	Referencia	Población	HCMJ	HCMJAS
Hombre	(Yanci, et al., 2014)	2ª división-B española	1,97 ± 0,15	2,37 ± 0,16
	(Yanci, et al., 2014)	3ª división Liga Española	1,99 ± 0,15	2,39 ± 0,14
	(Yanci, et al., 2015)	3ª división Liga Española	1,68 ± 0,15	1,99 ± 0,17
	(Ascenzi, et al., 2020)	Selección nacional U17 y U18 Qatar	2,35 ± 0,13	-
	(Loturco, et al., 2017)	1ª división brasileña	-	2,46 ± 0,22
	(Deprez, et al., 2015)	1ª división U17 belga	-	2,25 ± 0,15
Mujer	(Mccurdy, et al., 2010)	1ª división Americana	1,47 ± 0,11	-
	(Lockie, et al., 2018)	1ª división universitario	-	1,94 ± 0,22
	(Ozbar, 2015)	1ª división universitario	-	1,83 ± 0,12
	(Ozbar, et al., 2014)	2ª división universitario	-	1,73 ± 0,05
	(Roso-Moliner, et al., 2023)	2ª división española	-	1,68 ± 0,10

HCMJ, salto horizontal con contra movimiento; HCMJAS, salto horizontal con contra movimiento con manos libres.

Planificación del entrenamiento para la optimización del salto

Antes de entrar en los diferentes programas de entrenamiento para la optimización del salto, debemos tener en consideración una serie de cuestiones. Por un lado, la especificidad del entrenamiento viene a representar la similitud de la lógica interna del deporte con respecto a la tarea o actividades con las que se compare, partiendo de la base que el entrenamiento específico conlleva mejores adaptaciones en el rendimiento (Jiménez-Reyes, et al., 2017). Además, hay que considerar otras variables: como el grado de experiencia, nivel deportivo, sexo y estado madurativo de los jugadores, ya que es un factor determinante en las adaptaciones al entrenamiento (Jiménez-Reyes, et al., 2017).

Otra cuestión importante es la teoría del vector de fuerza que muestra que la clasificación de los ejercicios basándose en la dirección de la expresión de la fuerza con respecto al marco de coordenadas global, es errónea y que la dirección de la fuerza con respecto al atleta es más importante (Fitzpatrick, Cimadoro, & Cleather, 2019). Así, los ejercicios en el vector de fuerza anteroposterior (por ejemplo, el hip-thrust) podría mejorar el sprint y sus variantes. Y los ejercicios en el vector de fuerza axial (por ejemplo, SJ o CMJ) tendrían una mayor transferencia a mejorar la altura o longitud del salto (Fitzpatrick, et al., 2019).

Es por ello, que la elección de uno u otro método de entrenamiento se ha mostrado como fundamental para la optimización del rendimiento neuromuscular durante las habilidades complejas como el salto (Jiménez-Reyes, et al., 2017). Por lo que, la selección de ejercicios juega un papel fundamental en la determinación de la magnitud y dirección de las adaptaciones esperadas.

En base a lo anterior, alguna de las metodologías de entrenamiento basadas en la evidencia científica para la mejora del salto podría ser las siguientes.

Individualización del entrenamiento basado en el perfil fuerza-velocidad-potencia

Si hemos evaluado el perfil del sujeto, tendremos una información más detallada del espectro completo de la relación fuerza-velocidad-potencia, lo que nos aportará una información más integral de las capacidades de fuerza (Jiménez-Reyes, Samozino, & Morin, 2019). El perfil nos

muestra el desequilibrio del deportista, sin embargo, es importante aclarar que al hablar de desequilibrio, en ningún momento se menciona un déficit de fuerza o velocidad, sino que hay que considerar la aplicación de fuerza a determinadas velocidades, por lo que se podrían encontrar sujetos que no aplican una correcta tasa de fuerza a baja velocidad o por el contrario sujetos que necesitan aumentar sus niveles de fuerza a alta velocidad (Jiménez-Reyes, et al., 2019).

En este sentido, Jiménez-Reyes, et al., (2017) sentó las bases de estudios posteriores en cuanto a la individualización del entrenamiento para la mejora del desequilibrio. Los resultados de la investigación mostraron que después de la intervención de 9 semanas, los participantes que entrenaron en base a su desequilibrio mejoraron el rendimiento de salto con un efecto moderado ($ES = 0,93$).

Entrenamiento de pliometría para la optimización del salto

La pliometría es un entrenamiento de resistencia por lo que debe seguir los principios de sobrecarga progresiva, incrementando de forma sistemática la frecuencia, volumen e intensidad del entrenamiento en función de la temporada (Haff & Triplett, 2017, p. 1029). Este entrenamiento es un método muy popular de acondicionamiento físico en adultos (Markovic & Mikulic, 2010) y jóvenes (Fonseca, et al., 2020). Básicamente, consiste en realizar ejercicios de salto con el peso del cuerpo utilizando la acción muscular que mejora la capacidad de los sistemas neural y musculo-tendinoso para producir la máxima fuerza en el menor tiempo posible (Markovic & Mikulic, 2010).

Los ejercicios de pliometría se componen de tres fases: (1) preactivación (excéntrica), (2) amortiguación (isométrica) (3) acortamiento (concéntrica) (Markovic, 2007; Stojanović, Ristić, McMaster, & Milanović, 2017). Los cambios adaptativos que produce el entrenamiento de pliometría en la función neuromuscular podrían deberse al resultado de un aumento del impulso neuronal hacia los músculos agonistas, cambios en las estrategias de activación muscular, debido a una mejora en la coordinación intermuscular, así como cambios en la mecánica del músculo-tendinoso de los flexores plantares y cambios en la arquitectura del músculo, además de poseer un efecto protector contra las lesiones en las extremidades inferiores del deportista (Markovic & Mikulic, 2010).

En una reciente revisión con metaanálisis en 431 deportistas femeninas, se analizó los efectos del entrenamiento de pliometría en 16 estudios. Los resultados muestran que el entrenamiento de pliometría tenía un efecto estadísticamente significativo moderado en el SJ ($ES = 0,44$, $95\% IC = -0,09$ a $0,97$, $p < 0,05$) y grande en el CMJ ($ES = 1,09$, $95\% IC = 0,57$ a $1,61$, $p < 0,05$) (Stojanović, et al., 2017).

Por su parte, Markovic (2007) realizó una revisión con metaanálisis en 1024 sujetos (849 hombres y 175 mujeres) donde se incluían 26 estudios. Los resultados muestran que el entrenamiento de pliometría tenía un efecto estadísticamente significativo moderado en el SJ ($ES = 0,44$, $95\% IC = 0,15$ a $0,72$, $p < 0,05$) y en el CMJ ($ES = 0,88$, $95\% IC = 0,64$ a $1,10$, $p < 0,05$). Con relación al salto horizontal, la revisión de Moran (2021) analizó los efectos del entrenamiento de pliometría horizontal y vertical en un total de 9 estudios con 90 deportistas varones. Los resultados muestran que el entrenamiento de pliometría horizontal se mostró superior en la longitud del salto que el

entrenamiento de pliometría vertical ($ES = 1,05$, $95\% IC = 0,38$ a $1,72$ vs $ES = 0,84$, $95\% IC = 0,37$ a $1,31$) y en la altura del CMJ ($ES = 0,74$, $95\% IC = 0,08$ a $1,40$ vs $ES = 0,72$, $95\% IC = 0,02$ a $1,43$). Concluyendo que el entrenamiento de pliometría horizontal es al menos tan eficaz como el vertical para mejorar el rendimiento vertical, mostrándose superior para mejorar el rendimiento horizontal.

En base a las revisiones anteriores y teniendo en cuenta la práctica basada en la evidencia científica, se recomienda (tanto en mujeres como en hombres): intervenciones > de 10 semanas y de 2 a 3 sesiones por semana. Con 3 a 4 series de 8 a 12 repeticiones y > de 50 saltos por sesión, con un total de 960 a 1200 saltos. Donde se minimice el tiempo de contacto con el suelo y se maximice la altura o longitud del salto (salto del cajón, SJ o CMJ) (Markovic, 2007; Moran, et al., 2021; Stojanović, et al., 2017). Un ejemplo de programa de entrenamiento con dos sesiones semanales podría ser el siguiente:

Tabla 5.
Programa de entrenamiento de pliometría.

	Ejercicio	Series/rep.		Ejercicio	Series x rep.
Semana 1	Foot fire	3 x 30 s	Semana 6	One-foot lateral hops	3 x 30 s
	Tuck Jump	3 x 10-12		Hurdle hop	3 x 10-12
	Pogo Tuck Jump	3 x 8-10		Lateral Hurdle hop	3 x 10-12
Semana 2	Two-foot lateral hops	3 x 30 s	Semana 7	Pogo jump	3 x 30 s
	Heidens	3 x 12-15		Leg pogo jump (right)	3 x 12-15
	Reactive broad jump	3 x 10-12		Leg pogo jump (left)	3 x 12-15
Semana 3	One-foot lateral hops	3 x 30 s	Semana 8	Lateral hurdle hop in place	3 x 30 s
	Kneeling jump	3 x 10-12		Seated broad jump	3 x 10-12
	Kneeling jump + SJ	3 x 8-10		Hurdle hop to box jump	3 x 8-10
Semana 4	Foot Fire	3 x 30 s	Semana 9	Plyo split up	3 x 30 s
	Kneeling	3 x 10-12		Box jump	3 x 10-12
	Kneeling to broad jump	3 x 8-10		Depth jump + SJ	3 x 8-10
Semana 5	Two-foot lateral hops	3 x 30 s	Semana 10	Plyo split up	3 x 30 s
	Lunge jump	3 x 10-12		Box jump	3 x 10-12
	Alternating jumping lunge	3 x 8-10		Depth jump + broad jump	3 x 8-10

Conclusiones

La evaluación y monitorización de la altura de salto vertical u horizontal son importantes tanto en el rendimiento deportivo, como en la identificación de talentos. En base a los resultados de esta revisión narrativa, es posible que los programas de entrenamiento pliométricos optimicen la capacidad de salto, pudiendo ser los basados en el perfil horizontal más efectivos en las pruebas de rendimiento de sprint. Además, el análisis del perfil fuerza-velocidad-potencia podría ofrecer una información más individualizada del atleta. Estas conclusiones de resultados podrían ayudar a entrenadores y preparadores físicos a programar el estímulo más adecuado en base a las necesidades del deportista. Finalmente, se concluye mostrando la necesidad de realizar intervenciones sobre los efectos del entrenamiento en el salto horizontal tanto en hombres como en mujeres.

Referencias

Ahmed, O. H., Lee, H., Marchant, H., Jones, R., & Hall, E. E. (2018). Navigating the new landscape of apps:

Overcoming the challenge of poor quality apps in sport and exercise medicine. *British Journal of Sports Medicine*, 52(20), 1283–1284.

<https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-097911>

Alcaraz, P. E., Carlos-Vivas, J., Oponjuru, B. O., & Martínez-Rodríguez, A. (2018). The Effectiveness of Resisted Sled Training (RST) for Sprint Performance: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 48(9), 2143–2165. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0947-8>

Armada-Cortés, E., Peláez Barraón, J., Benítez-Muñoz, J. A., Navarro, E., & San Juan, A. F. (2020). Can We Rely on Flight Time to Measure Jumping Performance or Neuromuscular Fatigue-Overload in Professional Female Soccer Players? *Applied Sciences*, 10(13), 4424. <https://doi.org/10.3390/app10134424>

Ascenzi, G., Ruscello, B., Filetti, C., Bonanno, D., Di Salvo, V., Nuñez, F. J., ... Suarez-Arrones, L. (2020). Bilateral deficit and bilateral performance: relationship with sprinting and change of direction in elite youth soccer players. *Sports*, 8(6), 82. <https://doi.org/10.3390/sports8060082>

- Balsalobre-Fernández, C., Glaister, M., & Lockey, R. A. (2015). The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance. *Journal of Sports Sciences*, 33(15), 1574–1579. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.996184>
- Balsalobre-Fernández, Carlos, Tejero-González, C. M., Campo-Vecino, J. Del, & 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. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(2), 528–533. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318299a52e>
- Blatter, J. S., & Dvorak, J. (2014). Football for Health - Science proves that playing football on a regular basis contributes to the improvement of public health. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 24(Suppl 1), 2–3. <https://doi.org/10.1111/sms.12270>
- Canavan, P. K., & Vescovi, J. D. (2004). Evaluation of power prediction equations: Peak vertical jumping power in women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(9), 1589–1593. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000139802.96395.AC>
- Centeno-Prada, R. A., López, C., & Naranjo-Orellana, J. (2015). Jump percentile: A proposal for evaluation of high level sportsmen. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 55(5), 464–470.
- Chamari, K., Hachana, Y., Ahmed, Y. B., Galy, O., Sghaier, F., Chatard, J. C., ... Wisløff, U. (2004). Field and laboratory testing in young elite soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 38(2), 191–196. <https://doi.org/10.1136/bjism.2002.004374>
- Chen, C. F., & Wu, H. J. (2022). The Effect of an 8-Week Rope Skipping Intervention on Standing Long Jump Performance. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(14), 8472. <https://doi.org/10.3390/ijerph19148472>
- Cometti, G., Maffiuletti, N. A., Pousson, M., Chatard, J. C., & Maffulli, N. (2001). Isokinetic strength and anaerobic power of elite, subelite and amateur French soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, 22(1). <https://doi.org/10.1055/s-2001-11331>
- Cronin, J., & Sleivert, G. G. (2005). Challenges in understanding the influence of maximal power training on improving athletic performance. *Sports Medicine*, 35(3), 213–234. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535030-00003>
- Datson, N., Hulton, A., Andersson, H., Lewis, T., Weston, M., Drust, B., & Gregson, W. (2014). Applied physiology of female soccer: An update. *Sports Medicine*, 44(9), 1225–1240. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0199-1>
- Deprez, D., Valente-Dos-Santos, J., Coelho-E-Silva, M. J., Lenoir, M., Philippaerts, R., & Vaeyens, R. (2015). Longitudinal Development of Explosive Leg Power from Childhood to Adulthood in Soccer Players. *International Journal of Sports Medicine*, 36(8), 672–679. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1398577>
- Dias, J. A., Pupo, J. D., Reis, D. C., Borges, L., Santos, S. G., Moro, A. R. P., & Borges, N. G. (2011). Validity of two methods for estimation of vertical jump height. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(7), 2034–2039. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e73f6e>
- Faude, O., Koch, T., & Meyer, T. (2012). Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. *Journal of Sports Sciences*, 30(7), 625–631. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.665940>
- FIFA, F. I. de F. A. (2023). *Fútbol femenino (Encuesta a las Federaciones Miembro 2023)*.
- Figueiredo, D. H., Dourado, A. C., Stanganelli, L. C. R., & Gonçalves, H. R. (2020). Evaluation of body composition and its relationship with physical fitness in professional soccer players at the beginning of pre-season. *Retos*, (40), 117–125. <https://doi.org/10.47197/RETOS.V1140.82863>
- Fitzpatrick, D., Cimadoro, G., & Cleather, D. (2019). The Magical Horizontal Force Muscle? A Preliminary Study Examining the “Force-Vector” Theory. *Sports*. <https://doi.org/10.3390/sports7020030>
- Fonseca, R. T., de Castro, J. B. P., dos Santos, A. O. B., Lopes, G. C., de Alkmim Moreira Nunes, R., & de Souza Vale, R. G. (2020). Effects of plyometric training on vertical jump in soccer players between 15 and 18 years old: A systematic review. *Retos*, (40), 981–987. <https://doi.org/10.47197/RETOS.V0139.82254>
- Gençoğlu, C., Ulupinar, S., Özbay, S., Turan, M., Savaş, B. Ç., Asan, S., & İnce, İ. (2023). Validity and reliability of “My Jump app” to assess vertical jump performance: a meta-analytic review. *Scientific Reports*, 13(1), 20137. <https://doi.org/10.1038/S41598-023-46935-X>
- Glatthorn, J. F., Gouge, S., Nussbaumer, S., Stauffacher, S., Impellizzeri, F. M., & Maffiuletti, N. A. (2011). Validity and reliability of optojump photoelectric cells for estimating vertical jump height. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(2). <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181ccb18d>
- González-Badillo, J. J., Jiménez-Reyes, P., & Ramírez-Lechuga, J. (2017). Determinant Factors of the Squat Jump in Sprinting and Jumping Athletes. *Journal of Human Kinetics*, 58(1), 15–22. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0067>
- Haff, G. G., & Triplett, N. T. (2017). Principios del entrenamiento de la fuerza y del acondicionamiento físico, NSCA. In *Principios del entrenamiento de la fuerza y del acondicionamiento físico, NSCA*.
- Haugen, T. A., Tønnessen, E., & Seiler, S. (2012). Speed and countermovement-jump characteristics of elite female soccer players, 1995-2010. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 7(4), 340–349. <https://doi.org/10.1123/ijsp.7.4.340>

- Jiménez-Reyes, P., Samozino, P., Brughelli, M., & Morin, J. B. (2017). Effectiveness of an individualized training based on force-velocity profiling during jumping. *Frontiers in Physiology*, 7, 677. <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00677>
- Jiménez-Reyes, P., Samozino, P., & Morin, J. B. (2019). Optimized training for jumping performance using the force-velocity imbalance: Individual adaptation kinetics. *PLoS ONE*, 14(5), e0216681. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216681>
- Lockie, R. G., Moreno, M. R., Lazar, A., Orjalo, A. J., Giuliano, D. V., Risso, F. G., ... Jalilvand, F. (2018). The physical and athletic performance characteristics of division I collegiate female soccer players by position. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(2), 334–343. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001561>
- Loturco, I., Kobal, R., Kitamura, K., C., C. A. C., Faust, B., Almeida, L., & Pereira, L. (2017). Mixed training methods: Effects of combining resisted sprints or plyometrics with optimum power loads on sprint and agility performance in professional soccer players. *Frontiers in Physiology*, 12(8), 1034. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.01034>
- Loturco, I., Pereira, L. A., Kobal, R., Zanetti, V., Kitamura, K., Abad, C. C. C., & Nakamura, F. Y. (2015). Transference effect of vertical and horizontal plyometrics on sprint performance of high-level U-20 soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 33(20), 2182–2191. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1081394>
- Mackala, K., Stodoka, J., Siemienski, A., & Coh, M. (2013). Biomechanical analysis of standing long jump from varying starting positions. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(10), 2674–2684. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31825fce65>
- Maffiuletti, N. A., Aagaard, P., Blazevich, A. J., Folland, J., Tillin, N., & Duchateau, J. (2016). Rate of force development: physiological and methodological considerations. *European Journal of Applied Physiology*, 116(6), 1091–1116. <https://doi.org/10.1007/s00421-016-3346-6>
- Maher, C. G., Sherrington, C., Herbert, R. D., Moseley, A. M., & Elkins, M. (2003). Reliability of the PEDro scale for rating quality of randomized controlled trials. *Physical Therapy*. <https://doi.org/10.1093/ptj/83.8.713>
- Markovic, G. (2007). Does plyometric training improve vertical jump height? A meta-analytical review. *British Journal of Sports Medicine*, 41(6), 349–355. <https://doi.org/10.1136/bjism.2007.035113>
- Markovic, G., Dizdar, D., Jukic, I., & Cardinale, M. (2004). Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(3), 551–555. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2004\)18<551:RAVOS>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2004)18<551:RAVOS>2.0.CO;2)
- Markovic, G., & Mikulic, P. (2010). Neuromusculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. *Sports Medicine*, 40(10), 859–895. <https://doi.org/10.2165/11318370-000000000-00000>
- Maulder, P., & Cronin, J. (2005). Horizontal and vertical jump assessment: Reliability, symmetry, discriminative and predictive ability. *Physical Therapy in Sport*, 6(2), 74–82. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2005.01.001>
- Mccurdy, K. W., Walker, J. L., Langford, G. A., Kutz, M. R., Guerrero, J. M., & Mcmillan, J. (2010). The relationship between kinematic determinants of jump and sprint performance in division I women soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(12), 3200–3208. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181fb3f94>
- Meylan, C., McMaster, T., Cronin, J., Mohammad, N. I., Rogers, C., & Deklerk, M. (2009). Single-leg lateral, horizontal, and vertical jump assessment: Reliability, interrelationships, and ability to predict sprint and change-of-direction performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(4), 1140–1147. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318190f9c2>
- Moir, G. L. (2008). Three different methods of calculating vertical jump height from force platform data in men and women. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 12(4), 207–218. <https://doi.org/10.1080/10913670802349766>
- Moran, J., Ramirez-Campillo, R., Liew, B., Chaabene, H., Behm, D. G., García-Hermoso, A., ... Granacher, U. (2021). Effects of Vertically and Horizontally Orientated Plyometric Training on Physical Performance: A Meta-analytical Comparison. *Sports Medicine*, 51(1), 65–79. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01340-6>
- Moreno, S. M. (2020). Counter-movement Jump height as a means to monitor neuromuscular fatigue. Systematic review. *Retos*, 37, 820–826.
- Morin, J. B., & Samozino, P. (2015). Interpreting Power-Force-Velocity Profiles for Individualized and Specific Training Vertical Profiling for Ballistic Push-Off Performance Interpreting Power-Force-Velocity Profiles for Individualized and Specific Training. *Article in International Journal of Sports Physiology and Performance International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(2), 267–272. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0638>
- Morin, J. B., & Samozino, P. (2016). Interpreting power-force-velocity profiles for individualized and specific training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(2), 267–272. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0638>
- Mujika, I., Santisteban, J., Impellizzeri, F. M., & Castagna, C. (2009). Fitness determinants of success in men's and women's football. *Journal of Sports Sciences*, 27(2), 107–114. <https://doi.org/10.1080/02640410802428071>
- Nicol, C., Avela, J., & Komi, P. V. (2006). The stretch-shortening cycle: A model to study naturally occurring neuromuscular fatigue. *Sports Medicine*, 36(11), 977–999.

- <https://doi.org/10.2165/00007256-200636110-00004>
- Ozbar, N. (2015). Effects of plyometric training on explosive strength, speed and kicking speed in female soccer players. *Anthropologist*, 19(2), 333–339. <https://doi.org/10.1080/09720073.2015.11891666>
- Ozbar, N., Ates, S., & Agopyan, A. (2014). The effect of 8-week plyometric training on leg power, jump and sprint performance in female soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(10), 2888–2894. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000541>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *The BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Pueo, B., Jimenez-Olmedo, J. M., Penichet-Tomas, A., & Bernal-Soriano, M. C. (2018). Inter-rater reliability of trained and untrained raters for measuring jump height with the myjump app. *Journal of Physical Education and Sport*, 18(2), 821–824. <https://doi.org/10.7752/jpes.2018.02121>
- Ramos-Campo, D. J., Rubio-Arias, J. A., Carrasco-Poyatos, M., & Alcaraz, P. E. (2016). Physical performance of elite and subelite Spanish female futsal players. *Biology of Sport*, 33(3), 297–304. <https://doi.org/10.5604/20831862.1212633>
- Rodríguez-Rosell, D., Mora-Custodio, R., Franco-Márquez, F., Yáñez-García, J. M., & González-Badillo, J. 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. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(1), 196–206. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001476>
- Roso-Moliner, A., Mainer-Pardos, E., Cartón-Llorente, A., Nobari, H., Pettersen, S. A., & Lozano, D. (2023). Effects of a neuromuscular training program on physical performance and asymmetries in female soccer. *Frontiers in Physiology*, 14(1171636). <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1171636>
- Samozino, P., Morin, J. B., Hintzy, F., & Belli, A. (2010). Jumping ability: A theoretical integrative approach. *Journal of Theoretical Biology*, 264(1), 11–18. <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2010.01.021>
- Stojanović, E., Ristić, V., McMaster, D. T., & Milanović, Z. (2017). Effect of Plyometric Training on Vertical Jump Performance in Female Athletes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 47(5), 975–986. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0634-6>
- Stolen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisløff, U. (2005). Physiology of soccer: An update. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 35(6), 501–536. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535060-00004>
- Turner, A. N., & Stewart, P. F. (2014). Strength and conditioning for soccer players. *Strength and Conditioning Journal*, 36(4), 1–13. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000054>
- Van Hooren, B., & Zolotarjova, J. (2017). The Difference between Countermovement and Squat Jump Performances: A Review of Underlying Mechanisms with Practical Applications. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(7), 2011–2020. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001913>
- Venier, S., Grgic, J., & Mikulic, P. (2019). Caffeinated gel ingestion enhances jump performance, muscle strength, and power in trained men. *Nutrients*, 11(4), 937. <https://doi.org/10.3390/NU11040937>
- Vescovi, J. D., & McGuigan, M. R. (2008). Relationships between sprinting, agility, and jump ability in female athletes. *Journal of Sports Sciences*, 26(1), 97–107. <https://doi.org/10.1080/02640410701348644>
- Winther, A. K., Baptista, I., Pedersen, S., Randers, M. B., Johansen, D., Krstrup, P., & Pettersen, S. A. (2022). Position specific physical performance and running intensity fluctuations in elite women's football. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 32(1), 105–114. <https://doi.org/10.1111/sms.14105>
- Wisløff, U., Castagna, C., Helgerud, J., Jones, R., & Hoff, J. (2004). Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 38(3), 285–288. <https://doi.org/10.1136/bjism.2002.002071>
- Yanci, J., García Huerta, A., Castillo Alvira, D., Rivero Benito, L. A., & Los Arcos Larumbe, A. (2014). Evaluación y relación entre distintos parámetros de condición física en futbolistas semi profesionales (Evaluation and relationship among different fitness parameters in semi professional soccer players). *Retos*, (26), 114–117. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i26.34411>
- Yanci, J., & Los Arcos, A. (2015). Relación Entre Distintos Test De Campo De Condición Física En Jugadores De Fútbol Amateur. / Relationships Between Different Fitness Field Tests in Amateur Soccer Players. *Revista Iberoamericana de Ciencias de La Actividad Física y El Deporte*, 4(1), 42–52.
- Yanci, J., Los Arcos, A., Mendiguchia, J., & Brughelli, M. (2014). Relationships between sprinting, agility, one- and two-leg vertical and horizontal jump in soccer players. *Kinesiology*, 46(2), 194–201.