

## Fuerza y simetría muscular en jugadoras profesionales de la liga colombiana monitorizada con tecnología kMeter

Muscle strength and symmetry in professional female players of the Colombian league monitored with kMeter technology

Christian Quiceno<sup>1</sup>, José Iván Alfonso Mantilla<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Médico y cirujano Universidad de Antioquia, Especialista en medicina aplicada a la actividad física y el deporte Universidad de Antioquia. Director médico Club Deportivo La Equidad Seguros. [cristianquiceno@hotmail.com](mailto:cristianquiceno@hotmail.com)

<sup>2</sup> Fisioterapeuta Universidad del Rosario. Fisioterapeuta Club Deportivo La Equidad Seguros. [josealfonso25@hotmail.com](mailto:josealfonso25@hotmail.com)

### Resumen

**Introducción:** en la última década, el trabajo de fuerza excéntrica ha tenido un apogeo desde la práctica y la evidencia científica, demostrando efectos significativos sobre la fisiología muscular con aumento de fuerza a un menor coste energético, adaptaciones morfológicas y funcionales de la fibra muscular, aumento de fuerza y potencia muscular. Adicionalmente, el desarrollo de nuevas tecnologías, como los dispositivos inerciales, han permitido la innovación en el entrenamiento de la fuerza, desbloqueando una nueva metodología de entrenamiento que permite realizar la variación de entrenamientos, adaptación de cargas, versatilidad del entrenamiento, monitorización y entrenamiento de gestos funcionales para el deporte de alto rendimiento.

**Objetivo:** evaluar la fuerza y establecer el porcentaje de asimetría muscular en las extremidades inferiores mediante el sistema kMeter en jóvenes jugadoras de fútbol profesional. **Metodología:** se realizó un estudio descriptivo en 24 jugadoras de fútbol profesional femenino de primera división de Colombia, donde se realizó la medición de la fuerza en newton y el porcentaje de asimetría mediante el dispositivo kMeter a través de la ejecución del ejercicio Split Squat, en la máquina kBox Exxentric. **Resultados:** se encontró un valor medio de fuerza de pierna derecha de  $431N \pm 128N$  y pierna izquierda de  $417N \pm 97N$ , con un porcentaje de asimetría de 4%. **Conclusión:** la monitorización, análisis y sistematización de datos será el futuro en los procesos de entrenamiento, rehabilitación y readaptación deportiva. El sistema kMeter permite realizar una cuantificación de las variables cinéticas y cinemáticas del movimiento, generando datos para el análisis de las cualidades físicas en ejercicios específicos. Sin embargo, se deben realizar más estudios que permitan estandarizar los sistemas de medición, generar reproducibilidad y aplicabilidad de los dispositivos en distintos tipos de población deportista.

**Palabras clave:** entrenamiento inercial, dispositivo de entrenamiento, entrenamiento con volante, monitorización, fuerza excéntrica.

### Abstract

**Introduction:** in the last decade, eccentric strength training has had a boom in practice and scientific evidence, demonstrating significant effects on muscle physiology with increased strength at a lower energy cost, morphological and functional adaptations of muscle fiber, increased muscle strength and power. Additionally, the development of new technologies, such as inertial devices, have allowed innovation in strength training, unlocking a new training methodology that allows training variation, load adaptation, training versatility, monitoring and training of functional gestures for high-performance sport. **Objective:** to evaluate strength and establish the percentage of muscle asymmetry in the lower limbs using the kMeter system in young professional female soccer players. **Methodology:** a descriptive study was conducted in 24 female professional soccer players from the first division of Colombia, where strength in Newton and the percentage of asymmetry were measured using the kMeter device through the execution of the Split Squat exercise, on the kBox Excentric machine. **Results:** the mean strength value for the right leg was  $431N \pm 128N$  and for the left leg  $417N \pm 97N$ , with an asymmetry percentage of 4%. **Conclusion:** monitoring, analysis and systematization of data will be the future in training, rehabilitation and sports readaptation processes. The kMeter system allows quantification of the kinetic and kinematic variables of movement, generating data for the analysis of physical qualities in specific exercises. However, further studies must be carried out to standardize the measurement systems, generate reproducibility and applicability of the devices in different types of sports population.

**Keywords:** inertial training, training device, flywheel training, monitoring, eccentric strength.

### Introducción

El fútbol femenino ha desarrollado grandes expectativas a nivel nacional e internacional, visibilizándose cada vez más su desarrollo potencial de crecimiento a nivel social, económico y deportivo del sector (Choi & Joo, 2022; Ruiz et al., 2020). En el área de la medicina deportiva, el fútbol femenino es aún un mundo por explorar, donde se deben tener en cuenta distintas consideraciones, como las adaptaciones fisiológicas, las variables físicas, las adaptaciones físicas y hormonales (Choi & Joo, 2022; Datson et al., 2014; Harkness et al., 2022). Para ejemplificar, las variables físicas en el fútbol femenino disminuyen con respecto al masculino, debido a calendarios deportivos, competencias, intensidad del juego, cambios hormonales y regulados por periodos fisiológicos, capacidades físicas como fuerza, potencia, velocidad y agilidad (González et al., 2022; Gonçalves et al., 2021; Ramos et al., 2019). Adicionalmente, las características físicas en las mujeres condicionan diferentes respuestas a nivel biomecánico, donde se producen alteraciones a nivel del complejo cadera, rodilla y tobillo, las cuales deben ser evaluadas e intervenidas para

corregir patrones de movimiento a nivel funcional (Crossley et al., 2020; Sansonio et al., 2018; Thompson et al., 2017).

La base del desarrollo de las habilidades físicas en el alto rendimiento es la fuerza muscular, categorizada en todas sus expresiones traducidas a movimientos funcionales del deporte (Brígido et al., 2022; De la Fuente et al., 2022; Farley et al., 2022; Manson et al., 2021). Para ejemplificar, desarrollar la fuerza para el deporte de alto rendimiento se basa en la interacción de distintos factores como metodología de entrenamiento, perfil de activación y tipos de ejercicios efectuados (Collins et al., 2021; Tarragó et al., 2019). El entrenamiento de fuerza se vuelve fundamental en el desarrollo de atletas de élite, debido a que generan adaptaciones morfofuncionales enfocadas en las acciones en tiempo real de la disciplina deportiva; en fútbol de alto rendimiento, se deben entrenar patrones funcionales como lucha, salto, forcejeos, tracciones, empujes, aceleraciones, frenos, desaceleraciones, en combinación con metodologías que desarrollen la fuerza máxima, la resistencia y la potencia, como expresiones de esta cualidad en el fútbol de alto rendimiento (Gómez et al., 2019; Gonzalo et al., 2017a; Nuñez et al., 2022; Whiteley et al., 2012).

En la última década, el trabajo de fuerza excéntrica ha tenido un apogeo desde la práctica y evidencia científica, demostrando efectos significativos sobre la fisiología muscular, con aumento de fuerza a un menor coste energético, adaptaciones morfológicas y funcionales de la fibra muscular, aumento de fuerza y potencia muscular (Beato & Dello Iacono, 2020; Chaabene et al., 2022). Adicionalmente, el desarrollo de nuevas tecnologías, como los dispositivos inerciales, han permitido la innovación en el entrenamiento de la fuerza, posibilitando una nueva metodología de entrenamiento que permite realizar la variación de entrenamientos, la adaptación de cargas, la versatilidad del entrenamiento, y la monitorización y entrenamiento de gestos funcionales para el deporte de alto rendimiento (Beato et al., 2021, 2024). El objetivo del presente artículo fue realizar un estudio descriptivo de la fuerza y la simetría en jugadoras de fútbol profesional colombiano, con la tecnología kMeter.

## Material y métodos

*Participantes:* se realizó el estudio en veinticuatro (N=24) jugadoras femeninas de fútbol profesional colombiano, divididas por posición: arqueras n=2, defensas centrales n=4, defensas laterales n=4, volantes n=8, delanteras n=6. Las jugadoras cumplieron los siguientes criterios:

*Criterios de inclusión:* futbolistas profesionales femeninas con contrato activo que pudieran realizar las pruebas; jugadoras sin antecedentes de lesiones osteomusculares que se hayan podido presentar 2 meses antes. *Criterios de exclusión:* jugadoras con lesiones presentes y otras afecciones de salud que no le permitieran participar dentro del estudio; jugadoras de otras categorías del club.

*Diseño:* se realizó un estudio descriptivo en jugadoras de fútbol profesional femenino de primera división de Colombia, donde se realizó la medición de la fuerza mediante el dispositivo kMeter a

través de su ejecución en la máquina kBox Exxentric. La evaluación se realizó de manera voluntaria. Se definió como variable de medición la fuerza con la unidad de medición en newton.

*Procedimiento y herramientas de medición:* las jugadoras realizaron un calentamiento funcional con elongaciones musculares dinámicas de recto femoral, isquiosurales, gemelos y glúteos. En primera instancia, a cada participante se le enseñó el gesto que iba a realizar, consistente en realizar una Split Squat con adecuada postura y calidad de movimiento, previniendo la inestabilidad de rodilla, haciendo énfasis en una adecuada flexión de cadera y rodilla de 90° en combinación con el chaleco, conectando un anclaje que sujetaba la cinta de transmisión al volante de inercia, donde se debía mantener una tensión constante de la cinta de transmisión al volante para que el gesto fuera correcto y tomarlo como válido para la ejecución del ejercicio. Cada jugadora realizó una serie de 8 repeticiones con pierna derecha e izquierda, donde se tomó como base la mejor repetición obtenida. En la imagen 1 se evidencia la posición de la ejecución y los dispositivos utilizados.

- *Máquina kBox Exxentric:* dispositivo que realiza contracciones concéntricas y excéntricas. Está compuesto por una plataforma metálica, la cual puede manejar carga de inercia desde 0,010 Kg/m<sup>2</sup> hasta 0.070 Kg/m<sup>2</sup>; la máquina está diseñada para generar sobrecarga excéntrica y aumentar la fuerza y potencia muscular en un menor tiempo. Para el estudio, se utilizó el disco de 0,025 Kg/m<sup>2</sup> para las evaluaciones (Gonzalo et al., 2017b; Nunez et al., 2018).
- *Sistema kMeter:* dispositivo para la monitorización de rotaciones de transmisión a nivel cinético, evaluando la fuerza en Newton como principal variable, potencia en watts, potencia concéntrica en watts y potencia excéntrica en watts, y cinemático evaluando el desplazamiento como el rango de movimiento en gestos específicos por tecnología bluetooth (Bollinger et al., 2020; Weakley et al., 2019).

**Imagen 1:** Split Squat en combinación con el sistema kMeter y Kbox Exxentric.



**Fuente:** elaboración propia.

*Análisis estadístico:* debido al carácter cuantitativo del tipo de datos registrados, se analizaron los valores descriptivos a nivel general y por posición de juego, como media, mediana, máximo, mínimo y desviación estándar en el programa XLSTAT versión 2020.5.

## Resultados

A nivel general, se evaluaron 24 jugadoras. En la tabla 1 se evidencia la estadística descriptiva para el total de la plantilla; en la tabla 2, arqueras; tabla 3, defensas centrales; en la tabla 4, defensas laterales; en la tabla 5, volantes y en la tabla 6, delanteras.

**Tabla 1.** Estadística descriptiva general.

Estadístico	Pierna Derecha (Newton)	Pierna Izquierda (Newton)	Índice de asimetría (%)
Mínimo	220	210	26%
Máximo	782	601	55%
Mediana	415	416	3%
Media	431	417	4%
Varianza (n-1)	16276	9327	469
Desviación típica (n-1)	128	97	22

Fuente: elaboración propia.

A nivel general, se encontró un valor medio de fuerza de pierna derecha de  $431N \pm 128N$ , y pierna izquierda de  $417N \pm 97N$ , con un porcentaje de asimetría de 4%, lo cual se traduce en una plantilla con una adecuada simetría entre valores de fuerza.

**Tabla 2.** Estadística descriptiva para arqueras.

Estadístico	Pierna Derecha (Newton)	Pierna Izquierda (Newton)	Índice de asimetría (%)
Mínimo	320,0	314,0	1,9%
Máximo	471,0	447,0	5,4%
Mediana	395,5	380,5	3,6%
Media	395,5	380,5	3,6%
Varianza (n-1)	11400,5	8844,5	6,0
Desviación típica (n-1)	106,8	94,0	2,4

Fuente: elaboración propia.

Para las arqueras, se encontró un valor medio de fuerza de pierna derecha de  $395,5N \pm 106,8N$  y pierna izquierda de  $380,5N \pm 94N$ , con un porcentaje de asimetría de 3,6%, lo cual se traduce en adecuada simetría entre valores de fuerza.

**Tabla 3.** Estadística descriptiva defensas centrales.

Estadístico	Pierna Derecha (Newton)	Pierna Izquierda (Newton)	Índice de asimetría (%)
Mínimo	310,0	290,0	25,6%
Máximo	415,0	558,0	17,2%
Mediana	330,0	362,0	11,4%
Media	346,3	393,0	7,8%
Varianza (n-1)	2256,3	14602,0	426,1
Desviación típica (n-1)	47,5	120,8	20,6

Fuente: elaboración propia.

Para las defensas centrales, se encontró un valor medio de fuerza de pierna derecha de  $346,3N \pm 47,5N$  y pierna izquierda de  $393N \pm 120,8N$ , con un porcentaje de asimetría de 7,8%, lo cual se traduce en una adecuada simetría entre valores de fuerza.

**Tabla 4.** Estadística descriptiva defensas laterales.

Estadístico	Pierna Derecha (Newton)	Pierna Izquierda (Newton)	Índice de asimetría (%)
Mínimo	310,0	290,0	1,0%
Máximo	782,0	577,0	55,5%
Mediana	461,0	415,5	5,1%
Media	503,5	424,5	16,7%
Varianza (n-1)	49461,7	18940,3	674,1
Desviación típica (n-1)	222,4	137,6	26,0

Fuente: elaboración propia.

Para las defensas laterales, se encontró un valor medio de fuerza de pierna derecha de  $503,5N \pm 222,4N$  y pierna izquierda de  $424,5N \pm 137,6N$ , con un porcentaje de asimetría de 16,7%, lo cual se traduce en una alteración en la simetría entre valores de fuerza.

**Tabla 5.** Estadística descriptiva volantes.

Estadístico	Pierna Derecha (Newton)	Pierna Izquierda (Newton)	Índice de asimetría (%)
Mínimo	328,0	331,0	22,5%
Máximo	782,0	601,0	55,5%
Mediana	486,5	447,0	0,9%
Media	487,5	458,0	6,5%
Varianza (n-1)	20084,9	6060,3	613,0
Desviación típica (n-1)	141,7	77,8	24,8

Fuente: elaboración propia.

Para las volantes, se encontró un valor medio de fuerza de pierna derecha de  $487,5N \pm 141,7N$  y pierna izquierda de  $458N \pm 77,8N$ , con un porcentaje de asimetría de 6,5%, lo cual se traduce en una adecuada simetría entre valores de fuerza.

**Tabla 5.** Estadística descriptiva delanteras.

Estadístico	Pierna Derecha (Newton)	Pierna Izquierda (Newton)	Índice de asimetría (%)
Mínimo	220,0	210,0	18,9%
Máximo	622,0	502,0	52,1%
Mediana	378,0	404,5	0,5%
Media	396,8	383,7	4,3%
Varianza (n-1)	18206,2	9201,1	703,1
Desviación típica (n-1)	134,9	95,9	26,5

Fuente: elaboración propia.

Para las delanteras, se encontró un valor medio de fuerza de pierna derecha de  $396,8N \pm 134,9N$  y pierna izquierda de  $383,7N \pm 95,9N$ , con un porcentaje de asimetría de 4,3%, lo cual se traduce en una adecuada simetría entre valores de fuerza.

## Discusión

Con la globalización actual, el desarrollo de la tecnología en el deporte de alto rendimiento ha facilitado la obtención de datos objetivos de variables de las cualidades físicas, que permiten tener un control estadístico del desarrollo atlético (Gabbett et al., 2017; Windt et al., 2020). Diversa evidencia científica ha destacado la importancia de la fuerza y la simetría en jugadores de fútbol de alto rendimiento, donde establecer cuadrantes entre la relación de estas dos variables estimula el desarrollo de habilidades deportivas, la disminución del riesgo de lesiones y la adaptación a cargas específicas (Beato et al., 2024; Mendiguchia et al., 2017; Ogborn et al., 2021; Opar et al., 2012; van Melick et al., 2022). En la evidencia científica se reporta que asimetrías por encima del 15% de relación se convierte en un factor de riesgo de lesión (Bourne et al., 2017b, 2018; Opar et al., 2012) y alteración en el rendimiento deportivo (Bourne et al., 2017a; Opar et al., 2015). En el presente estudio, se realizó la evaluación de la fuerza de pierna derecha e izquierda mediante un encoder rotatorio (Bardella et al., 2017; de Hoyo et al., 2015), evaluando los patrones cinéticos y cinemáticos de movimiento mediante el dispositivo kMeter, conectado a la máquina kBox Exxentric, tomando como referencia el valor de fuerza expresado en Newton, estableciendo un *ratio* a nivel general y por posición de juego, donde se estableció como base un valor de asimetría mayor al 15% como factor de riesgo de lesión (Ekstrand et al., 2023; Guan et al., 2022; Jiang et al., 2023; Opar et al., 2013, 2015; Tatlıcioğlu et al., 2019).

A nivel general, la plantilla tuvo un promedio de fuerza óptima y un promedio de asimetría de 4%, por debajo del valor establecido; arqueras, valores de fuerza óptimos y promedio de asimetría de 3,6%; defensas centrales, valores de fuerza óptimos y promedio de asimetría de 7,8%; defensas laterales, valores de fuerza óptimos y promedio de asimetría de 16,7%; volantes, valores de fuerza óptimos y promedio de asimetría de 6,5%; delanteras, valores de fuerza óptimos y promedio de asimetría de 4,3%, donde se evidencia que, para toda la plantilla, las defensas laterales presentaron

niveles de asimetría mayores a lo establecido, lo cual es un factor negativo para el riesgo de lesiones y disminución del rendimiento deportivo.

Con los resultados del presente estudio, se pudo concluir que no existe una relación directamente proporcional entre la fuerza por posición, debido a ser un valor único y dependiente del tipo de entrenamiento, características antropométricas y perfil neuromuscular. Adicionalmente, se pudo establecer el índice de asimetría del total de la plantilla y por posición, evidenciando una necesidad de intervención en las defensas laterales por presentar una asimetría mayor al promedio establecido. Sin embargo, aunque en las otras posiciones no se presentaron asimetrías por encima del promedio, se deben continuar realizando intervenciones para disminuir los valores de tendencia central a nivel estadístico.

La tecnología combinada con el razonamiento clínico permite realizar una monitorización del rendimiento deportivo mediante la evaluación sistematizada de las cualidades físicas donde la investigación será el principal factor a desarrollar estudios que permiten comparar la efectividad de diferentes tipos de intervención y desarrollar perfiles de rendimiento específicos.

## Conclusión

La monitorización, análisis y sistematización de datos será el futuro en los procesos de entrenamiento, rehabilitación y readaptación deportiva. El sistema kMeter permite realizar una cuantificación de las variables cinéticas y cinemáticas del movimiento, generando datos para el análisis de las cualidades físicas en ejercicios específicos. Sin embargo, se deben realizar más estudios que permitan estandarizar los sistemas de medición, generar reproducibilidad y aplicabilidad de los dispositivos en distintos tipos de población deportista.

## Referencias

- Bardella, P., Carrasquilla García, I., Pozzo, M., Tous-Fajardo, J., Saez de Villareal, E., & Suarez-Arrones, L. (2017). Optimal sampling frequency in recording of resistance training exercises. *Sports Biomechanics*, 16(1), 102-114. <https://doi.org/10.1080/14763141.2016.1205652>
- Beato, M., de Keijzer, K. L., Muñoz-Lopez, A., Raya-González, J., Pozzo, M., Alkner, B. A.,...Norrbrand, L. (2024). Current guidelines for the implementation of flywheel resistance training technology in sports: a consensus statement. *Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1007/s40279-023-01979-x>
- Beato, M., & Dello Iacono, A. (2020). Implementing flywheel (isoinertial) exercise in strength training: current evidence, practical recommendations, and future directions. *Frontiers in Physiology*, 11, 569. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00569>
- Beato, M., Maroto-Izquierdo, S., Turner, A. N., & Bishop, C. (2021). Implementing strength training strategies for injury prevention in soccer: scientific rationale and methodological



recommendations. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 16(3), 456-461. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2020-0862>

- Bollinger, L. M., Brantley, J. T., Tarlton, J. K., Baker, P. A., Seay, R. F., & Abel, M. G. (2020). Construct validity, test-retest reliability, and repeatability of performance variables using a flywheel resistance training device. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(11), 3149-3156. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000002647>
- Bourne, M. N., Duhig, S. J., Timmins, R. G., Williams, M. D., Opar, D. A., Al Najjar, A.,...Shield, A. J. (2017a). Impact of the Nordic hamstring and hip extension exercises on hamstring architecture and morphology: implications for injury prevention. *British Journal of Sports Medicine*, 51(5), 469-477. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096130>
- Bourne, M. N., Williams, M. D., Opar, D. A., Al Najjar, A., Kerr, G. K., & Shield, A. J. (2017b). Impact of exercise selection on hamstring muscle activation. *British Journal of Sports Medicine*, 51(13), 1021-1028. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095739>
- Bourne, M. N., Timmins, R. G., Opar, D. A., Pizzari, T., Ruddy, J. D., Sims, C.,...Shield, A. J. (2018). An evidence-based framework for strengthening exercises to prevent hamstring injury. *Sports Medicine*, 48(2), 251-267. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0796-x>
- Brígido-Fernández, I., García-Muro San José, F., Charneco-Salguero, G., Cárdenas-Rebollo, J. M., Ortega-Latorre, Y., Carrión-Otero, O., & Fernández-Rosa, L. (2022). Knee isokinetic profiles and reference values of professional female soccer players. *Sports (Basel)*, 10(12). <https://doi.org/10.3390/sports10120204>
- Chaabene, H., Markov, A., Prieske, O., Moran, J., Behrens, M., Negra, Y.,...Mkaouer, B. (2022). Effect of Flywheel versus traditional resistance training on change of direction performance in male athletes: a systematic review with meta-analysis. *International Journal of Environmental and Research in Public Health*, 19(12). <https://doi.org/10.3390/ijerph19127061>
- Choi, J. H., & Joo, C. H. (2022). Match activity profile of professional female soccer players during a season. *Journal of Exercise and Rehabilitation*, 18(5), 324-329. <https://doi.org/10.12965/jer.2244354.177>
- Collins, J., Maughan, R. J., Gleeson, M., Bilsborough, J., Jeukendrup, A., Morton, J. P.,...McCall, A. (2021). UEFA expert group statement on nutrition in elite football. Current evidence to inform practical recommendations and guide future research. *British Journal of Sports Medicine*, 55(8), 416. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2019-101961>
- Crossley, K. M., Patterson, B. E., Culvenor, A. G., Bruder, A. M., Mosler, A. B., & Mentiplay, B. F. (2020). Making football safer for women: a systematic review and meta-analysis of injury prevention programmes in 11 773 female football (soccer) players. *British Journal of Sports Medicine*, 54(18), 1089-1098. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2019-101587>

- 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>
- de Hoyo, M., Pozzo, M., Sañudo, B., Carrasco, L., Gonzalo-Skok, O., Domínguez-Cobo, S., & Morán-Camacho, E. (2015). Effects of a 10-week in-season eccentric-overload training program on muscle-injury prevention and performance in junior elite soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(1), 46-52. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0547>
- de la Fuente, C., Silvestre, R., Yañez, R., Roby, M., Soldán, M., Ferrada, W., & Carpes, F. P. (2022). Preseason multiple biomechanics testing and dimension reduction for injury risk surveillance in elite female soccer athletes: short-communication. *Science in Medicine and Footb*, 7(2), 1-6. <https://doi.org/10.1080/24733938.2022.2075558>
- Ekstrand, J., Uebalcker, P., Van Zoest, W., Verheijen, R., Vanhecke, B., van Wijk, M., & Bengtsson, H. (2023). Risk factors for hamstring muscle injury in male elite football: medical expert experience and conclusions from 15 European Champions League clubs. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 9(1), e001461. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2022-001461>
- Farley, J. B., Keogh, J. W. L., Woods, C. T., & Milne, N. (2022). Injury profiles of Australian football players across five, women's and girls' competition levels. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 25(1), 58-63. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2021.08.016>
- Gabbett, T. J., Nassis, G. P., Oetter, E., Pretorius, J., Johnston, N., Medina, D.,...Ryan, A. (2017). The athlete monitoring cycle: a practical guide to interpreting and applying training monitoring data. *British Journal of Sports Medicine*, 51(1451-1452). <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097298>
- Gómez, A., Roqueta, E., Tarragó, J. R., Seirul, F., & Cos, F. (2019). Entrenament en esports d'equip: l'entrenament coadjuvant en el FCB. *Apunts. Educació Física i Esports*, 4(138), 13-25. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2019/4\).138.01](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2019/4).138.01)
- Gonzalo-Skok, O., Tous-Fajardo, J., Suarez-Arrones, L., Arjol-Serrano, J. L., Casajús, J. A., & Mendez-Villanueva, A. (2017a). Single-leg power output and between-limbs imbalances in team-sport players: unilateral versus bilateral combined resistance training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(1), 106-114. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0743>
- Gonzalo-Skok, O., Tous-Fajardo, J., Valero-Campo, C., Berzosa, C., Bataller, A. V., Arjol-Serrano, J. L.,...Mendez-Villanueva, A. (2017b). Eccentric-overload training in team-sport functional performance: constant bilateral vertical versus variable unilateral multidirectional movements. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(7), 951-958. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0251>

- González-Fernández, F. T., Castillo-Rodríguez, A., Rodríguez-García, L., Clemente, F. M., & Silva, A. F. (2022). A Data analytics approach to assess the functional and physical performance of female soccer players: a cohort design. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(15). <https://doi.org/10.3390/ijerph19158941>
- Gonçalves, L., Clemente, F. M., Barrera, J. I., Sarmiento, H., Praça, G. M., Andrade, A. G. P.,...Carral, J. M. C. (2021). Associations between physical status and training load in women soccer players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(19). <https://doi.org/10.3390/ijerph181910015>
- Guan, Y., Bredin, S. S. D., Taunton, J., Jiang, Q., Wu, N., & Warburton, D. E. R. (2022). Association between inter-limb asymmetries in lower-limb functional performance and sport injury: a systematic review of prospective cohort studies. *Journal of Clinical Medicine*, 11(2). <https://doi.org/10.3390/jcm11020360>
- Harkness-Armstrong, A., Till, K., Datson, N., Myhill, N., & Emmonds, S. (2022). A systematic review of match-play characteristics in women's soccer. *PLoS One*, 17(6), e0268334. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0268334>
- Jiang, D., Liu, Z., Ling, X., Dai, J., Long, L., Lu, Y., & Zhou, S. (2023). Investigating the impact of inter-limb asymmetry in hamstring strength on jump, sprint, and strength performance in young athletes: comparing the role of gross force. *Frontiers in Physiology*, 14, 1185397. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1185397>
- Manson, S. A., Low, C., Legg, H., Patterson, S. D., & Meylan, C. (2021). Vertical force-velocity profiling and relationship to sprinting in elite female soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, 42(10), 911-916. <https://doi.org/10.1055/a-1345-8917>
- Mendiguchia, J., Martínez-Ruiz, E., Edouard, P., Morin, J. B., Martínez-Martínez, F., Idoate, F., & Mendez-Villanueva, A. (2017). A multifactorial, criteria-based progressive algorithm for hamstring injury treatment. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 49(7), 1482-1492. <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000001241>
- Núñez, F. J., Santalla, A., Carrasquilla, I., Asian, J. A., Reina, J. I., & Suarez-Arrones, L. J. (2018). The effects of unilateral and bilateral eccentric overload training on hypertrophy, muscle power and COD performance, and its determinants, in team sport players. *PLoS One*, 13(3), e0193841. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0193841>
- Núñez, J., Suarez-Arrones, L., de Hoyo, M., & Loturco, I. (2022). Strength training in professional soccer: effects on short-sprint and jump performance. *International Journal of Sports Medicine*, 43(6), 485-495. <https://doi.org/10.1055/a-1653-7350>
- Ogborn, D., McRae, S., Larose, G., Leiter, J., Brown, H., & MacDonald, P. (2021). Knee flexor strength and symmetry vary by device, body position and angle of assessment following ACL reconstruction with hamstring grafts at long-term follow-up. *Knee Surgery, Sports*

*Traumatology, Arthroscopy*, 31(1658–1664).

<https://doi.org/10.1007/s00167-021-06712-7>

Opar, D. A., Piatkowski, T., Williams, M. D., & Shield, A. J. (2013). A novel device using the Nordic hamstring exercise to assess eccentric knee flexor strength: a reliability and retrospective injury study. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 43(9), 636-640.

<https://doi.org/10.2519/jospt.2013.4837>

Opar, D. A., Williams, M. D., & Shield, A. J. (2012). Hamstring strain injuries: factors that lead to injury and re-injury. *Sports Medicine*, 42(3), 209-226.

<https://doi.org/10.2165/11594800-000000000-00000>

Opar, D. A., Williams, M. D., Timmins, R. G., Hickey, J., Duhig, S. J., & Shield, A. J. (2015). Eccentric hamstring strength and hamstring injury risk in Australian footballers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 47(4), 857-865. <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000000465>

Ramos, G. P., Nakamura, F. Y., Penna, E. M., Wilke, C. F., Pereira, L. A., Loturco, I.,...Coimbra, C. C. (2019). Activity profiles in U17, U20, and Senior women's Brazilian National Soccer teams during international competitions: are there meaningful differences? *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(12), 3414-3422.

<https://doi.org/10.1519/jsc.00000000000002170>

Ruiz-Esteban, C., Olmedilla, A., Méndez, I., & Tobal, J. J. (2020). Female Soccer Players' Psychological profile: differences between professional and amateur players. *International Journal of Environmental Research an Public Health*, 17(12).

<https://doi.org/10.3390/ijerph17124357>

Sansonio de Moraes, A., Ferreira, G. A., Lima-Silva, A. E., & Gomes Filho, A. (2018). Gender-related cardiac dimension differences between female and male professional soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 58(9), 1354-1359.

<https://doi.org/10.23736/s0022-4707.17.07422-9>

Tarragó, J., Seirul-lo, F., & Cos, F. (2019). Training in team sports: structured training in the FCB. *Apunts. Educació Física i Esports*(137), 103-114.

[https://dx.doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2019/3\).137.08](https://dx.doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2019/3).137.08)

Tatlícioğlu, E., Atalağ, O., Kirmızıgil, B., Kurt, C., & Acar, M. F. (2019). Side-to-side asymmetry in lower limb strength and hamstring-quadriceps strength ratio among collegiate American football players. *Journal of Physical Therapy Science*, 31(11), 884-888.

<https://doi.org/10.1589/jpts.31.884>

Thompson, J. A., Tran, A. A., Gatewood, C. T., Shultz, R., Silder, A., Delp, S. L., & Dragoo, J. L. (2017). Biomechanical effects of an injury prevention program in preadolescent female soccer athletes. *American Journal of Sports Medicine*, 45(2), 294-301.

<https://doi.org/10.1177/0363546516669326>

- van Melick, N., van der Weegen, W., & van der Horst, N. (2022). Quadriceps and hamstrings strength reference values for athletes with and without anterior cruciate ligament reconstruction who play popular pivoting sports, including soccer, basketball, and handball: a scoping review. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 52(3), 142-155. <https://doi.org/10.2519/jospt.2022.10693>
- Weakley, J., Fernández-Valdés, B., Thomas, L., Ramirez-Lopez, C., & Jones, B. (2019). Criterion Validity of force and power outputs for a commonly used flywheel resistance training device and bluetooth app. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(5), 1180-1184. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000003132>
- Whiteley, R., Jacobsen, P., Prior, S., Skazalski, C., Otten, R., & Johnson, A. (2012). Correlation of isokinetic and novel hand-held dynamometry measures of knee flexion and extension strength testing. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 15(5), 444-450. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2012.01.003>
- Windt, J., MacDonald, K., Taylor, D., Zumbo, B. D., Sporer, B. C., & Martin, D. T. (2020). "To tech or not to tech?" A critical decision-making framework for implementing technology in sport. *Journal of Athletic Training*, 55(9), 902-910. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-0540.19>