

Sport Performance

Fuerza y simetría muscular en jugadores de fútbol profesional colombiano monitorizado con tecnología Smartcoach

Muscle strength and symmetry in Colombian professional soccer players monitored with Smartcoach technology

Quiceno, Christian.¹, Alfonso Mantilla, Jose Iván.², Samudio, María Alejandra.³

¹Club deportivo la Equidad Seguros. Universidad de Antioquia

²Universidad del Rosario. Club deportivo la Equidad Seguros

³Universidad del Rosario. Club del Deportivo la Equidad Seguros. Escuela Universitaria Real Madrid

Dirección de contacto: josealfonso25@hotmail.com

Jose Iván Alfonso Mantilla

Fecha de recepción: 17 de septiembre de 2024

Fecha de aceptación: 14 de octubre de 2024

RESUMEN

Introducción: en equipos de fútbol de alto rendimiento se ha convertido de vital importancia el entrenamiento de fuerza en todas sus expresiones. Esta cualidad es fundamental para desarrollar equipos competitivos que puedan ser resistentes a la carga y desarrollar picos de rendimiento más altos basados en este pilar como principal eje de desarrollo del rendimiento deportivo. Metodología: se llevó a cabo un estudio descriptivo donde se realizó la evaluación de la potencia excéntrica a 29 jugadores masculinos del fútbol profesional colombiano con el dispositivo Smartcoach en combinación con la máquina inercial kBox Exxentric. Resultados: se obtuvieron resultados generales de potencia de pierna izquierda $717W \pm 200W$ (rango=325W-1200W); potencia pierna derecha $747W \pm 222W$ (rango=293W-1200W) índice de asimetría un valor de $11\% \pm 10\%$ (rango=0%-33%). Conclusiones: el sistema Smartcoach permite realizar un análisis cuantitativo del movimiento en diferentes tipos de máquinas arrojando datos estadísticos que permiten analizar el rendimiento de un deportista, las variables físicas como potencia y fuerza son determinantes en el rendimiento de deportistas profesionales. Sin embargo, se deben realizar evaluaciones objetivas aisladas de forma unilateral generando el análisis de asimetrías entre diferentes grupos musculares y movimientos funcionales en situaciones específicas del deporte de forma que se generen perfiles estadísticos que adapten protocolos de intervención optimizadores y coadyuvantes para los deportistas.

Palabras Clave: entrenamiento inercial, dispositivo de entrenamiento, entrenamiento con volante, monitorización, fuerza excéntrica, encoder

ABSTRACT

Introduction: in high-performance soccer teams, strength training in all its forms has become vitally important. This quality is essential to develop competitive teams that can be resistant to loads and develop higher performance peaks based on this pillar as the main axis of development of sports performance. **Methodology:** a descriptive study was carried out in which the eccentric power of 29 male Colombian professional soccer players was evaluated using the Smartcoach device in combination with the kBox Excentric inertial machine. **Results:** general results for left leg power were $717W \pm 200W$ (range=325W-1200W); right leg power $747W \pm 222W$ (range=293W-1200W) asymmetry index a value of $11\% \pm 10\%$ (range=0%-33%). **Conclusions:** the Smartcoach system allows a quantitative analysis of movement in different types of machines, providing statistical data that allow the analysis of an athlete's performance, physical variables such as power and strength are decisive in the performance of professional athletes. However, isolated objective evaluations must be carried out unilaterally, generating the analysis of asymmetries between different muscle groups and functional movements in specific situations of the sport in order to generate statistical profiles that adapt optimizing and adjuvant intervention protocols for athletes.

Keywords: inertial training, training device, flywheel training, monitorization, eccentric strength, encoder

INTRODUCCIÓN

El fútbol de rendimiento en la última década ha evolucionado en todas las áreas a nivel deportivo, científico, social, económico (Mesoudi, 2020; Sandbakk et al., 2023). Por ejemplo, a nivel científico se han desarrollado diferentes tipos de tecnología que son utilizadas para incrementar el rendimiento físico en futbolistas desde las cualidades físicas como capacidad aeróbica, fuerza, velocidad, resistencia, potencia o estabilidad que se trabajan desde diferentes tipos de metodologías de entrenamiento enfocadas en sistemas de juego específicos (Campbell et al., 2021; Wang et al., 2022; Windt et al., 2020).

Las cualidades físicas son un punto primordial en el trabajo dentro de la búsqueda del rendimiento deportivo (Gabbett, 2020a; Gabbett et al., 2017; Issurin, 2016). Para ejemplificar, la fuerza es la principal cualidad física en el fútbol de alto rendimiento debido a que es la unidad funcional de la cual se pueden desarrollar diferentes habilidades específicas del juego como salto, potencia, tracciones y empujes (Gómez et al., 2019; Tarragó et al., 2019). Adicionalmente, se ha evidenciado que la fuerza es una capacidad esencial en los jugadores debido a que les permite estar en óptimas condiciones para aumentar el rendimiento relacionado con cargas de entrenamiento lo cual se traduce a un aumento de las variables físicas monitorizadas mediante tecnología de posicionamiento global (Akenhead & Nassis, 2016; Blanch & Gabbett, 2016; Garrett et al., 2019), prevención de lesiones osteomusculares, articulares y ligamentosas (Armitage et al., 2022; Emery & Pasanen, 2019), adaptaciones anatómicas, funcionales y fisiológicas de la fibra muscular (Beato, Maroto-Izquierdo, Turner, et al., 2021; Gonzalo-Skok, Tous-Fajardo, Valero-Campo, et al., 2017).

En equipos de fútbol de alto rendimiento se ha convertido de vital importancia el entrenamiento de fuerza en todas sus expresiones (Hoff & Helgerud, 2004; Kirkby Shaw et al., 2020; Lauersen et al., 2014). Esta cualidad es fundamental para desarrollar equipos competitivos que puedan ser resistentes a la carga y desarrollar picos de rendimiento más altos basados en este pilar como principal eje de desarrollo del rendimiento deportivo (Gabbett, 2020b; Lorenz & Morrison, 2015; Neupert et al., 2022). El entrenamiento de fuerza se puede realizar con diferentes tipos de metodologías donde se desarrollen las diferentes expresiones de la misma adaptando al futbolista de alto rendimiento a diferentes estímulos con distintos tipos de elementos (Alcalá et al., 2020; Lorenz & Morrison, 2015). Se utilizan diferentes metodologías para el entrenamiento de esta cualidad (Beato, Maroto-Izquierdo, Turner, et al., 2021), pero siempre se ha generado un debate en el fútbol de alto rendimiento de cuál es el mejor estímulo para este tipo de deportistas (Fousekis et al., 2010; Mendiguchia et al., 2017). Dentro de las metodologías más utilizadas para el desarrollo de la fuerza se utilizan estímulos con máquinas de peso libre, estímulos de tracción y empuje con pesos libres, elásticos combinados con metodologías de entrenamiento de hipertrofia y resistencia (Nuñez et al., 2022; Weldon et al., 2022; Weldon et al., 2021). En la última década han aparecido nuevas metodologías de entrenamiento de fuerza mediante el uso de tecnología específica que estimulan la facilidad de trabajo funcional en futbolistas de alto rendimiento. Tal es el caso del uso de la tecnología isoinercial la cual se traduce en el entrenamiento de fuerza de forma funcional mediante volantes de inercia que permite el trabajo sin necesidad de cargas axiales, pesos libres que trae múltiples beneficios a nivel anatómico, fisiológico y funcional (Beato et al., 2024; Gonzalo-Skok, Tous-Fajardo, Suarez-Arrones, et al., 2017).

La tecnología isoinercial se caracteriza por ser única en el desarrollo de fuerza que no aísla los grupos musculares de forma singular, esto se traduce en que se pueden trabajar cualidades específicas articuladas a gestos deportivos como pateo, cambio de dirección, freno, aceleración, salto sin necesidad de manejar cargas adicionales sino solo las de la máquina con una variación específica mediante los volantes de inercia (Beato, Maroto-Izquierdo, Turner, et al., 2021; Chaabene et al., 2022). Al tener un sistema de variación de carga flexible permite desarrollar metodologías de entrenamiento de forma más rápida y en un menor tiempo de ejecución que tiene efectos en el aumento de masa y fuerza muscular, adaptaciones de las unidades de las fibras musculares haciéndolas más resistentes a la fatiga, menor gasto energético durante el entrenamiento y aplicación de cargas, monitorización y adaptación a softwares de control de variables de entrenamiento, versatilidad y adaptabilidad a diferentes tipos de ejercicios enfocados en entrenamiento optimizadores y coadyuvantes que mejoran la condición física y el rendimiento deportivo en futbolistas adaptándose a las características funcionales del deporte (Alcalá et al., 2020; Beato, Maroto-Izquierdo, Hernández-Davó, et al., 2021; Gonzalo-Skok, Tous-Fajardo, Valero-Campo, et al., 2017; Gómez et al., 2019; Tous-Fajardo et al., 2016).

Con los dispositivos isoinerciales se abre un camino a innumerables trabajos de fuerza de fácil manejo y con múltiples beneficios para los deportistas de alto rendimiento donde con diferentes tipos de metodologías funcionales se podrán obtener los beneficios de esta tecnología en la productividad a nivel de cualidades físicas, acciones de juego en tiempo real, variables físicas de desarrollo, picos de fuerza máxima en ambiente real, reducción de lesiones musculares, monitorización del rendimiento y facilidad de aplicación en periodos de competencia (Beato & Dello Iacono, 2020; Beato, Maroto-Izquierdo, Hernández-Davó, et al., 2021; Weakley et al., 2019). Por tal motivo el objetivo de este artículo es realizar un estudio descriptivo de la potencia excéntrica-concéntrica y la simetría en jugadores de fútbol profesional colombiano.

METODO

Diseño y Participantes

Se realizó el estudio con veintinueve (N=29) jugadores masculinos de fútbol profesional colombiano divididos por posición: arqueros n=3, defensas centrales n=4, defensas laterales n=5, volantes n=10, delanteros n=3 y extremos n=4. Los cuales cumplieron los siguientes criterios de inclusión y exclusión

Criterios de inclusión

1. Futbolistas profesionales masculinos con contrato activo que pudieran realizar las pruebas.
2. Jugadores sin antecedentes de lesiones osteomusculares que se hayan podido presentar 2 meses antes.

Criterios de exclusión

1. Jugadores con lesiones presentes y otras afecciones de salud que no le permitieran participar dentro del estudio.
2. Jugadores de otras categorías del club.

Se realizó un estudio descriptivo en jugadores de fútbol profesional masculino de primera división de Colombia donde se les realizó la medición de potencia media excéntrica mediante el dispositivo Smart Coach PRO a través de su ejecución en la máquina kBox Exxentric. La evaluación se realizó de manera voluntaria con el consentimiento informado y respetando las normas éticas de investigación basadas en la declaración de Helsinki. Se definió como variable de medición la potencia media excéntrica medida en watts.

Procedimiento y herramientas de medición

Los jugadores realizaron un calentamiento funcional con elongaciones musculares dinámicas de recto femoral, isquiosurales, gemelos y glúteo. En primera instancia, a cada participante se le enseñó el gesto que iba a realizar el cual constaba de realizar una tijera 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 participante 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.

- **Maquina 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/m² hasta 0.070 Kg/m² esta 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 0,020 Kg/m² para las evaluaciones (Gonzalo-Skok, Tous-Fajardo, Valero-Campo et al., 2017; Nunez et al., 2018).

- **Sistema SmartCoach:** es un sistema de evaluación de fuerza objetivo mediante un encoder que permite la medición de la velocidad y la potencia en una fase concéntrica y excéntrica en tiempo real durante un ejercicio y permite la evaluación constante y la detección de alteraciones en la fuerza muscular durante gestos funcionales, este sistema utiliza la variable watts (Beato et al., 2024; Nunez et al., 2018; Suarez-Arrones et al., 2018).



Imagen 1. Tijera en combinación con el sistema Smartcoach 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, XLSTAT by addinsoft).

RESULTADOS

El total de la plantilla fue de 29 jugadores con un valor de peso promedio de 69,8Kg, Talla 1,83Cm, IMC 21,3 kg/m² demostrando una población homogénea para la evaluación. Se pudieron determinar los perfiles de potencia excéntrica-concéntrica. Adicionalmente, se pudo determinar la asimetría por hemicuerpo en cada jugador y por posiciones permitiendo tener valores de relación que son utilizados para prevención de lesiones y aumento de rendimiento deportivo. En la Tabla 1 se dan los valores descriptivos generales, en la Tabla 2 los valores descriptivos para arqueros, Tabla 3 defensas centrales, Tabla 4 defensas laterales, Tabla 5 volantes, Tabla 5 delanteros y en la Tabla 6 extremos.

Tabla 1. Valores descriptivos generales

<i>Variables</i>	<i>Potencia pierna Izquierda (W)</i>	<i>Potencia pierna Derecha (W)</i>	<i>Índice de Asimetría (%)</i>
<i>Media</i>	717	747	11
<i>Mediana</i>	700	730	10
<i>Desviación estándar</i>	200	222	10
<i>Mínimo</i>	325	293	0
<i>Máximo</i>	1200	1200	33

Fuente: Elaboración propia 2024

A nivel general, se evidencia en la variable *potencia de pierna izquierda* un valor $717W \pm 200W$ (rango=325W-1200W); *potencia pierna derecha* $747W \pm 222W$ (rango=293W-1200W) *índice de asimetría* un valor de $11\% \pm 10\%$ (rango=0%-33%); evidenciando un porcentaje de asimetría por debajo del promedio para riesgo de lesión osteomuscular.

Tabla 2. Valores descriptivos para arqueros

<i>Variables</i>	<i>Potencia pierna Izquierda (W)</i>	<i>Potencia pierna Derecha (W)</i>	<i>Índice de Asimetría (%)</i>
<i>Media</i>	840	793	6
<i>Mediana</i>	800	800	6
<i>Desviación estándar</i>	144	110	6
<i>Mínimo</i>	720	680	0
<i>Máximo</i>	1000	900	11

Fuente: Elaboración propia 2024

Para los arqueros, se evidencia en la variable *potencia de pierna izquierda* un valor $840W \pm 144W$ (rango=720W-1000W); *potencia pierna derecha* $797W \pm 110W$ (rango=680W-900W) *índice de asimetría* un valor de 6% (rango=0%-11%); evidenciando un porcentaje de asimetría por debajo del promedio para riesgo de lesión osteomuscular.

Tabla 3. Valores descriptivos defensas centrales

<i>Variables</i>	<i>Potencia pierna Izquierda (W)</i>	<i>Potencia pierna Derecha (W)</i>	<i>Índice de Asimetría (%)</i>
<i>Media</i>	850	1020	21
<i>Mediana</i>	800	1050	22
<i>Desviación estándar</i>	252	180	10
<i>Mínimo</i>	600	780	9
<i>Máximo</i>	1200	1200	33

Fuente: Elaboración propia 2024

Para los defensas centrales, se evidencia en la variable *potencia de pierna izquierda* un valor $850W \pm 252W$ (rango=600W-1200W); *potencia pierna derecha* $1020W \pm 180W$ (rango=780W-1200W) *índice de asimetría* un valor de $21\% \pm 10\%$ (rango=9%-33%); evidenciando un porcentaje de asimetría por encima del promedio para riesgo de lesión osteomuscular.

Tabla 4. Valores descriptivos defensas laterales

<i>Variables</i>	<i>Fuerza Izquierda (W)</i>	<i>Fuerza Derecha (W)</i>	<i>Índice de Asimetría (%)</i>
<i>Media</i>	712	806	12
<i>Mediana</i>	720	780	8
<i>Desviación estándar</i>	272	253	14
<i>Mínimo</i>	400	500	0
<i>Máximo</i>	1100	1200	33

Fuente: Elaboración propia 2024

Para los defensas laterales, se evidencia en la variable *potencia de pierna izquierda* un valor $712W \pm 272W$ (rango=400W-1100W); *potencia pierna derecha* $806W \pm 253W$ (rango=500W-1200W) *índice de asimetría* un valor de $12\% \pm 14\%$ (rango=0%-33%); evidenciando un porcentaje de asimetría por debajo del promedio para riesgo de lesión osteomuscular.

Tabla 5. Valores descriptivos volantes

<i>Variables</i>	<i>Fuerza Izquierda (W)</i>	<i>Fuerza Derecha (W)</i>	<i>Índice de Asimetría (%)</i>
<i>Media</i>	663	656	8
<i>Mediana</i>	665	610	10
<i>Desviación estándar</i>	172	192	6
<i>Mínimo</i>	325	293	0
<i>Máximo</i>	920	1000	17

Fuente: Elaboración propia 2024

Para los volantes, se evidencia en la variable *potencia de pierna izquierda* un valor $663W \pm 172W$ (rango=325W-920W); *potencia pierna derecha* $656W \pm 192W$ (rango=293W-1000W) *índice de asimetría* un valor de $8\% \pm 6\%$ (rango=0%-17%); evidenciando un porcentaje de asimetría por debajo del promedio para riesgo de lesión osteomuscular.

Tabla 6. Valores descriptivos delanteros

Variables	Fuerza Izquierda (W)	Fuerza Derecha (W)	Índice de Asimetría (%)
Media	727	667	12
Mediana	700	600	17
Desviación estándar	241	286	10
Mínimo	500	420	0
Máximo	980	980	19

Fuente: Elaboración propia 2024

Para los delanteros, se evidencia en la variable *potencia de pierna izquierda* un valor $727W \pm 241W$ (rango=500W-980W); *potencia pierna derecha* $667W \pm 286W$ (rango=420W-980W) *índice de asimetría* un valor de $12\% \pm 10\%$ (rango=0%-19%); evidenciando un porcentaje de asimetría por debajo del promedio para riesgo de lesión osteomuscular.

Tabla 7. Valores descriptivos Extremos

Variables	Fuerza Izquierda (W)	Fuerza Derecha (W)	Índice de Asimetría (%)
Media	625	654	12
Mediana	650	660	11
Desviación estándar	91	134	10
Mínimo	498	496	0
Máximo	700	800	23

Fuente: Elaboración propia 2024

Para los extremos, se evidencia en la variable *potencia de pierna izquierda* un valor $625W \pm 91W$ (rango=498W-700W); *potencia pierna derecha* $654W \pm 134W$ (rango=496W-800W) *índice de asimetría* un valor de $12\% \pm 10\%$ (rango=0%-23%); evidenciando un porcentaje de asimetría por debajo del promedio para riesgo de lesión osteomuscular.

DISCUSIÓN

La tecnología se ha convertido en una de las mejores herramientas dentro del deporte de alto rendimiento (Gabbett et al., 2017; Windt et al., 2020). Al tener diferentes tipos de herramientas se pueden obtener datos objetivos y crear perfiles de deportistas a nivel físico desglosando cada cualidad física de forma específica donde a partir de un dato se puedan obtener mejores variables de comparación y determinar la necesidad de trabajo en un área específica (González-Fernández et al., 2022). Para ejemplificar, diversos estudios han revelado la importancia de la fuerza y la simetría en jugadores de fútbol profesional donde a través de diferentes tipos de tecnología establecen la asociación entre las asimetrías musculares y el riesgo de lesión, bajo rendimiento deportivo, inadecuada adaptación a la carga de entrenamiento lo cual es un factor de

riesgo dentro de un equipo deportivo (Beato et al., 2024; Mendiguchia et al., 2017; Ogborn et al., 2021; Opar et al., 2013; van Melick et al., 2022). Se ha referenciado que asimetrías por encima del 15% de relación son un factor de riesgo para la presentación de lesiones osteomusculares en deportistas profesionales (Bourne et al., 2018; Bourne, Williams, et al., 2017; Opar et al., 2012). Asimismo, las asimetrías combinadas con una deficiencia en la fuerza desencadenan factores de riesgo potenciales para los deportistas y su rendimiento (Bourne, Duhig, et al., 2017; Opar et al., 2015). Se han desarrollado diferentes tipos de tecnología para realizar mediciones más objetivas de la fuerza como lo son los encoder lineales y rotatorios especializados en evaluar los patrones cinéticos y cinemáticos del movimiento y darles un valor cuantitativo específico (Bardella et al., 2017; de Hoyo et al., 2015). En el presente estudio, se realizó la evaluación de la potencia excéntrica en jugadores masculinos del fútbol profesional colombiano mediante el dispositivo Smartcoach vinculado al dispositivo kBox Exxentric donde se realiza la evaluación de forma aislada entre hemicuerpo derecho e izquierdo con el gesto de tijera donde se determinó el nivel de potencia y de asimetría durante el gesto estableciendo la ratio a nivel general y por posición específica.

En el presente estudio, se estableció como base una asimetría mayor a 15% como factor de riesgo osteomuscular (Ekstrand et al., 2023; Guan et al., 2022; Jiang et al., 2023; Opar et al., 2013; Opar et al., 2015; Tatlıcioğlu et al., 2019) y un valor de potencia único de seguimiento de forma unilateral. A nivel general la plantilla tuvo un promedio de potencia óptimo y un promedio de asimetría de 11% por debajo del valor establecido, arqueros valores de potencia óptimos y promedio de asimetría de 6%, defensas centrales valores de potencia óptimos y promedio de asimetría de 21%, defensas laterales valores de potencia óptimos y promedio de asimetría de 12%, volantes valores de potencia óptimos y promedio de asimetría de 8%, delanteros valores de potencia óptimos y promedio de asimetría de 12% y finalmente extremos valores de potencia óptimos y promedio de asimetría del 12% donde se evidencia que para toda la plantilla los defensas centrales fueron los que 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 potencia excéntrica por posición debido a ser un valor categorizado de forma aislada y que no existen muchos estudios que puedan determinar valores de referencia o perfiles específicos por posición de juego. Adicionalmente, se pudo establecer el índice de asimetría del total de la plantilla y por posición evidenciando una necesidad de intervención en los defensas centrales por presentar una asimetría mayor al promedio establecido. Sin embargo, aunque en las otras posiciones no se presentaron asimetrías por encima del promedio se debe continuar realizando intervenciones para disminuir a nivel estadístico los valores de tendencia central.

Se pudo establecer la efectividad de los encoder como sistema de medición y monitorización de la fuerza y potencia muscular en el alto rendimiento deportivo siendo estos una necesidad para el área de rendimiento y medicina deportiva. Se deben realizar más esfuerzos para establecer investigaciones que permitan desarrollar perfiles a nivel nacional e internacional que permitan validar la utilización, aplicabilidad y reproducción de herramientas de investigación en el alto rendimiento deportivo y producir más evidencia científica en el fútbol de alto rendimiento colombiano.

CONCLUSIONES

La monitorización es un factor esencial en el rendimiento deportivo, es así como el sistema Smartcoach permite realizar el análisis cuantitativo del movimiento en diferentes tipos de máquinas arrojando datos estadísticos que permiten analizar el rendimiento de un deportista. Las variables físicas como potencia y fuerza son determinantes en el rendimiento de deportistas profesionales. Sin embargo, se deben realizar evaluaciones objetivas aisladas de forma unilateral generando el análisis de asimetrías entre diferentes grupos musculares y movimientos funcionales en situaciones específicas del deporte de forma que se generen perfiles estadísticos que generen protocolos de intervención optimizadores y coadyuvantes para los deportistas.

REFERENCIAS

- Akenhead, R., & Nassis, G. P. (2016). Training Load and Player Monitoring in High-Level Football: Current Practice and Perceptions. *Int J Sports Physiol Perform*, 11(5), 587-593. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0331>
- Alcalá, E. P., García, A. M., Trench, M. G., Hernández, I. G., i Costa, J. R. T., Seirul, F., & Morera, F. C. (2020). Entrenamiento en deportes de equipo: El entrenamiento optimizador en el Fútbol Club Barcelona. *Apunts. Educación física y deportes*,

- Armitage, M., McErlain-Naylor, S. A., Devereux, G., Beato, M., & Buckthorpe, M. (2022). On-field rehabilitation in football: Current knowledge, applications and future directions. *Front Sports Act Living*, 4, 970152. <https://doi.org/10.3389/fspor.2022.970152>
- 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 Biomech*, 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 Med*. <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. *Front Physiol*, 11, 569. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00569>
- Beato, M., Maroto-Izquierdo, S., Hernández-Davó, J. L., & Raya-González, J. (2021). Flywheel Training Periodization in Team Sports. *Front Physiol*, 12, 732802. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.732802>
- 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. *Int J Sports Physiol Perform*, 16(3), 456-461. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2020-0862>
- Blanch, P., & Gabbett, T. J. (2016). Has the athlete trained enough to return to play safely? The acute:chronic workload ratio permits clinicians to quantify a player's risk of subsequent injury. *Br J Sports Med*, 50(8), 471-475. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095445>
- Bourne, M. N., Duhig, S. J., Timmins, R. G., Williams, M. D., Opar, D. A., Al Najjar, A.,...Shield, A. J. (2017). Impact of the Nordic hamstring and hip extension exercises on hamstring architecture and morphology: implications for injury prevention. *Br J Sports Med*, 51(5), 469-477. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096130>
- 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 Med*, 48(2), 251-267. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0796-x>
- Bourne, M. N., Williams, M. D., Opar, D. A., Al Najjar, A., Kerr, G. K., & Shield, A. J. (2017). Impact of exercise selection on hamstring muscle activation. *Br J Sports Med*, 51(13), 1021-1028. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095739>
- Campbell, P. G., Stewart, I. B., Sirotic, A. C., Drovandi, C., Foy, B. H., & Minett, G. M. (2021). Analysing the predictive capacity and dose-response of wellness in load monitoring. *J Sports Sci*, 39(12), 1339-1347. <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1870303>
- 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. *Int J Environ Res Public Health*, 19(12). <https://doi.org/10.3390/ijerph19127061>
- 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. *Int J Sports Physiol Perform*, 10(1), 46-52. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2013-0547>
- Ekstrand, J., Uebliacker, 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 Exerc Med*, 9(1), e001461. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2022-001461>
- Emery, C. A., & Pasanen, K. (2019). Current trends in sport injury prevention. *Best Pract Res Clin Rheumatol*, 33(1), 3-15. <https://doi.org/10.1016/j.berh.2019.02.009>
- Fousekis, K., Tsepis, E., & Vagenas, G. (2010). Multivariate isokinetic strength asymmetries of the knee and ankle in professional soccer players. *J Sports Med Phys Fitness*, 50(4), 465-474.
- Gabbett, T. J. (2020a). Debunking the myths about training load, injury and performance: empirical evidence, hot topics and recommendations for practitioners. *Br J Sports Med*, 54(1), 58-66. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099784>
- Gabbett, T. J. (2020b). How Much? How Fast? How Soon? Three Simple Concepts for Progressing Training Loads to Minimize Injury Risk and Enhance Performance. *J Orthop Sports Phys Ther*, 50(10), 570-573. <https://doi.org/10.2519/jospt.2020.9256>
- 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. In *Br J Sports Med* (Vol. 51, pp. 1451-1452). <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097298>
- Garrett, J., Graham, S. R., Eston, R. G., Burgess, D. J., Garrett, L. J., Jakeman, J., & Norton, K. (2019). A Novel Method of Assessment for Monitoring Neuromuscular Fatigue in Australian Rules Football Players. *Int J Sports Physiol Perform*, 14(5), 598-605. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2018-0253>
- Gonzalo-Skok, O., Tous-Fajardo, J., Suarez-Arrones, L., Arjol-Serrano, J. L., Casajús, J. A., & Mendez-Villanueva, A. (2017). Single-Leg Power Output and Between-Limbs Imbalances in Team-Sport Players: Unilateral Versus Bilateral Combined Resistance Training. *Int J Sports Physiol Perform*, 12(1), 106-114. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2015-0743>
- Gonzalo-Skok, O., Tous-Fajardo, J., Valero-Campo, C., Berzosa, C., Bataller, A. V., Arjol-Serrano, J. L.,...Mendez-Villanueva, A. (2017). Eccentric-Overload Training in Team-Sport Functional Performance: Constant Bilateral Vertical Versus Variable Unilateral Multidirectional Movements. *Int J Sports Physiol Perform*, 12(7), 951-958. <https://doi.org/10.1123/ijspp.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. *Int J Environ Res Public Health*, 19(15). <https://doi.org/10.3390/ijerph19158941>
- 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. *J Clin Med*, 11(2). <https://doi.org/10.3390/jcm11020360>

- 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.
- Hoff, J., & Helgerud, J. (2004). Endurance and strength training for soccer players: physiological considerations. *Sports Med*, 34(3), 165-180. <https://doi.org/10.2165/00007256-200434030-00003>
- Issurin, V. B. (2016). Benefits and Limitations of Block Periodized Training Approaches to Athletes' Preparation: A Review. *Sports Med*, 46(3), 329-338. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0425-5>
- 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. *Front Physiol*, 14, 1185397. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1185397>
- Kirkby Shaw, K., Alvarez, L., Foster, S. A., Tomlinson, J. E., Shaw, A. J., & Pozzi, A. (2020). Fundamental principles of rehabilitation and musculoskeletal tissue healing. *Vet Surg*, 49(1), 22-32. <https://doi.org/10.1111/vsu.13270>
- Lauersen, J. B., Bertelsen, D. M., & Andersen, L. B. (2014). The effectiveness of exercise interventions to prevent sports injuries: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Br J Sports Med*, 48(11), 871-877. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092538>
- Lorenz, D., & Morrison, S. (2015). Current concepts in periodization of strength and conditioning for the sports physical therapist. *International journal of sports physical therapy*, 10(6), 734.
- Mendiguchia, J., Martinez-Ruiz, E., Edouard, P., Morin, J. B., Martinez-Martinez, F., Idoate, F., & Mendez-Villanueva, A. (2017). A Multifactorial, Criteria-based Progressive Algorithm for Hamstring Injury Treatment. *Med Sci Sports Exerc*, 49(7), 1482-1492. <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000001241>
- Mesoudi, A. (2020). Cultural evolution of football tactics: strategic social learning in managers' choice of formation. *Evol Hum Sci*, 2, e25. <https://doi.org/10.1017/ehs.2020.27>
- Neupert, E., Gupta, L., Holder, T., & Jobson, S. A. (2022). Athlete monitoring practices in elite sport in the United Kingdom. *J Sports Sci*, 40(13), 1450-1457. <https://doi.org/10.1080/02640414.2022.2085435>
- Nunez, 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. *Int J Sports Med*, 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 Surg Sports Traumatol Arthrosc*. <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. *J Orthop Sports Phys Ther*, 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 Med*, 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. *Med Sci Sports Exerc*, 47(4), 857-865. <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000000465>
- Sandbakk, Ø., Pyne, D. B., McGawley, K., Foster, C., Talsnes, R. K., Solli, G. S.,...Bucher Sandbakk, S. (2023). The Evolution of World-Class Endurance Training: The Scientist's View on Current and Future Trends. *Int J Sports Physiol Perform*, 18(8), 885-889. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2023-0131>
- Suarez-Arrones, L., de Villarreal, E. S., Núñez, F. J., Di Salvo, V., Petri, C., Buccolini, A.,...Mendez-Villanueva, A. (2018). In-season eccentric-overload training in elite soccer players: Effects on body composition, strength and sprint performance. *PLoS one*, 13(10), e0205332.
- Tarragó, J., Seirul-lo, F., & Cos, F. (2019). Training in team sports: structured training in the FCB. *Apunts. Educació Física i Esports*, 4(137), 103-114.
- Tathcioğlu, E., Atalağ, O., Kırmızıgöl, 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. *J Phys Ther Sci*, 31(11), 884-888. <https://doi.org/10.1589/jpts.31.884>
- Tous-Fajardo, J., Gonzalo-Skok, O., Arjol-Serrano, J. L., & Tesch, P. (2016). Enhancing Change-of-Direction Speed in Soccer Players by Functional Inertial Eccentric Overload and Vibration Training. *Int J Sports Physiol Perform*, 11(1), 66-73. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0010>
- 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. *J Orthop Sports Phys Ther*, 52(3), 142-155. <https://doi.org/10.2519/jospt.2022.10693>
- Wang, L., Jiang, J., Lin, H., Zhu, T., Cai, J., Su, W.,...Zhao, J. (2022). Advances in Regenerative Sports Medicine Research. *Front Bioeng Biotechnol*, 10, 908751. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2022.908751>
- 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. *J Strength Cond Res*, 33(5), 1180-1184. <https://doi.org/10.1519/jsc.00000000000003132>
- Weldon, A., Duncan, M. J., Turner, A., LaPlaca, D., Sampaio, J., & Christie, C. J. (2022). Practices of Strength and Conditioning Coaches: A Snapshot From Different Sports, Countries, and Expertise Levels. *J Strength Cond Res*, 36(5), 1335-1344. <https://doi.org/10.1519/jsc.00000000000003773>
- Weldon, A., Duncan, M. J., Turner, A., Sampaio, J., Noon, M., Wong, D. P., & Lai, V. W. (2021). Contemporary practices of strength and

conditioning coaches in professional soccer. *Biol Sport*, 38(3), 377-390. [https:// doi.org/10.5114/biolsport.2021.99328](https://doi.org/10.5114/biolsport.2021.99328)
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. *J Athl Train*, 55(9), 902-910. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-0540.19>