

**Revisión narrativa actualizada sobre prevención de lesiones de la musculatura
isquiosural en fútbol con tecnología isoinercial**

Trabajo de grado presentado para optar el título de
Licenciados en Educación física y deporte

Deifan Danilo Mage Samboni
Yimi Alexander Fuertes Quenguan

Directora
MSc Lorena Esquivel Espinosa

Universidad del Valle
Facultad de Educación y Pedagogía
Licenciatura en Educación Física y Deporte

Santiago de Cali, Colombia
2026

Agradecimientos

Quiero comenzar expresando mi gratitud a mi directora de tesis, cuyo acompañamiento, orientación y apoyo constante fueron esenciales para el desarrollo y culminación de esta investigación. Su compromiso y dedicación académica representaron una guía invaluable en cada etapa del proceso.

De igual manera, extendo mi más profundo agradecimiento a mi familia, especialmente a mis padres, por su amor, comprensión y apoyo incondicional. Su confianza y aliento permanente me brindaron la fuerza necesaria para alcanzar esta meta.

Resumen

Las lesiones de la musculatura isquiosural representan una de las afecciones musculares más frecuentes en el fútbol, afectando significativamente el rendimiento deportivo, la disponibilidad competitiva y los costos asociados a la rehabilitación. El presente trabajo tuvo como objetivo realizar una revisión narrativa actualizada sobre la prevención de lesiones isquiosurales en futbolistas mediante el uso de tecnología isoinercial. Metodológicamente, se desarrolló una revisión cualitativa de literatura científica publicada entre 2010 y 2024, consultando bases de datos como PubMed, Scopus, Web of Science, SciELO y Google Académico, aplicando criterios de inclusión orientados a estudios sobre prevención lesional en contexto futbolístico. Los hallazgos evidencian que, aunque métodos tradicionales como el ejercicio nórdico, el entrenamiento de fuerza convencional y programas de calentamiento estructurado como FIFA 11+ presentan beneficios preventivos, el entrenamiento isoinercial destaca por su capacidad para generar sobrecarga excéntrica controlada, mejorar la fuerza excéntrica, aumentar la longitud fascicular y optimizar adaptaciones neuromusculares específicas asociadas con la disminución del riesgo de lesión. Asimismo, la evidencia revisada muestra mejoras en variables de rendimiento como potencia, velocidad y cambio de dirección, consolidando esta metodología como una estrategia innovadora y funcional en la preparación física del futbolista moderno. Se concluye que la tecnología isoinercial constituye una alternativa prometedora para la prevención de lesiones isquiosurales, aunque se requieren más estudios longitudinales que permitan estandarizar protocolos de aplicación en el ámbito futbolístico.

Palabras claves

- Prevención de lesiones
- Musculatura isquiosural
- Fútbol
- Entrenamiento isoinercial
- Sobrecarga excéntrica
- Rendimiento deportivo

Abstract

Hamstring muscle injuries are among the most common muscular disorders in soccer, significantly affecting athletic performance, competitive availability, and rehabilitation-related costs. The aim of this study was to conduct an updated narrative review on hamstring injury prevention in soccer players through the use of iso-inertial technology. Methodologically, a qualitative literature review was carried out, including scientific publications from 2010 to 2024 retrieved from databases such as PubMed, Scopus, Web of Science, SciELO, and Google Scholar, applying inclusion criteria focused on injury prevention studies in soccer settings. Findings indicate that, although traditional methods such as Nordic hamstring exercises, conventional strength training, and structured warm-up programs like FIFA 11+ provide preventive benefits, iso-inertial training stands out due to its ability to generate controlled eccentric overload, improve eccentric strength, increase fascicle length, and optimize specific neuromuscular adaptations associated with reduced injury risk. Furthermore, the reviewed evidence demonstrates improvements in performance variables such as power, speed, and change-of-direction ability, supporting this methodology as an innovative and functional strategy in modern soccer conditioning. It is concluded that iso-inertial technology represents a promising alternative for hamstring injury prevention; however, further longitudinal studies are needed to standardize application protocols within the soccer context.

keywords

- Injury prevention
- Hamstring muscles
- Soccer
- Iso-inertial training
- Eccentric overload
- Athletic performance

Tabla de contenido

Presentación.....	7
Objetivos.....	9
Objetivo General	9
Objetivos Específicos	9
Capítulo I: Características y factores asociados a las lesiones de la musculatura isquiosural en el fútbol	10
1.1. Características de la musculatura isquiosural.....	10
1.2. Factores asociados a las lesiones de la musculatura isquiosural en el fútbol	10
1.3. Implicación funcional de la musculatura isquiosural en los gestos técnicos del fútbol.....	11
Capítulo II: Métodos tradicionales para prevención de lesiones en la musculatura isquiosural en el ámbito del fútbol.....	13
2.1. Ejercicios nórdicos.....	13
2.2. Entrenamiento de fuerza convencional	15
2.3. El calentamiento (estiramiento y movilidad articular) en la prevención de lesiones de isquiosurales	17
Capítulo III: Método isoinercial para prevención de lesiones en la musculatura isquiosural en el ámbito del fútbol.....	21
3.1. Método isoinercial.....	21
3.2. Prevención de lesiones en la musculatura isquiosural mediante método isoinercial	21
Capítulo IV: Efectividad del método isoinercial en el contexto futbolístico	23
Capítulo V: Metodología.....	25
5.1. Metodología.....	25
5.2. Diseño y enfoque metodológico.....	25
5.3. Fuentes de información y selección de bases de datos	25
5.4. Estrategia de búsqueda y código de combinación	26
5.5. Criterios de inclusión y exclusión	26
5.5.1. Criterios de inclusión	27
5.5.2. Criterios de exclusión	27
5.6. Proceso de selección.....	27
5.7. Resultados descriptivos de las variables analizadas	29
Capítulo VI: Resultados	37
Capítulo VII: Discusión.....	41
Conclusiones	48
Referencias.....	50

Lista de figuras y tablas

Figura 1 Diagrama de flujo del proceso de selección de estudios (PRISMA).	29
Tabla 1 Calidad Metodológica de los estudios incluidos	30
Tabla 2 Matriz de análisis	31

Presentación

Según la FIFA, el fútbol es actualmente el deporte más popular del mundo, con más de 200,000 futbolistas profesionales y más de 265 millones de jugadores amateur, de los cuales aproximadamente el 80% son hombres y el 20% son mujeres (Arlani, Belangero & Cohen, 2011). Su evolución histórica ha sido notable: desde sus orígenes en juegos de pelota jugados en civilizaciones antiguas, pasando por su formalización en Inglaterra durante el siglo XIX, hasta su estado actual como disciplina global que trasciende divisiones culturales, económicas y sociales. En Colombia, el fútbol no ha sido solo un deporte, sino que se ha asociado con fenómenos sociales y políticos, demostrado por su asociación con eventos históricos como El Bogotazo o la influencia de narcotraficantes en el fútbol profesional colombiano en los años ochenta y noventa (Gonzalez & Camilo, 2019). Esta historia ha arraigado fuertemente el fútbol como un componente identitario de la sociedad colombiana, destacando los logros tangibles del deporte junto con sus desafíos estructurales.

La razón exacta por la cual hay una alta prevalencia de lesiones en jugadores de deportes de contacto se debe a la naturaleza del deporte junto con el hecho de que es popular. Las lesiones musculares que afectan a los músculos isquiosurales ocupan la primera posición. Su prevalencia oscila entre el 12% y el 16% del total de lesiones sufridas por los jugadores, y hasta el 47% de todas las lesiones musculares (Van Dyk, Farooq & Witvrouw 2018; Waldén, Hagglund & Ekstrand 2005). Estas lesiones deportivas no solo obstaculizan el rendimiento atlético, sino que también tienen considerables consecuencias económicas para los clubes y degradan los niveles de vida de los futbolistas, ya sean profesionales o amateurs.

Este trabajo tiene como objetivo realizar una revisión narrativa actualizada que busque determinar las razones y evaluar el efecto del método isoinercial en la prevención de lesiones en la musculatura isquiosural. Esto se logra en los capítulos posteriores donde se abordan algunos temas centrales: en primer lugar, hay un estudio de la anatomía y de los factores que rodean este tipo de lesiones, que pueden estar influenciadas por variables intrínsecas como la biología y biomecánica del atleta, así como también por factores extrínsecos como el tipo de entrenamiento, fatiga o ausencia de calentamiento. Se ha llegado a plantear la hipótesis de que algunas predisposiciones genéticas podrían aumentar el riesgo de sufrir lesiones musculares, ya que la herencia de las características de los músculos como el tipo de fibra, la densidad del tejido conectivo y la longitud del fascículo, condicionan la respuesta al esfuerzo físico y la capacidad de recuperación (Silvers, et al., 2021).

Luego, se aborda y analiza la efectividad de los métodos tradicionales de prevención, que si bien son útiles, en muchos casos no logran minimizar la alta prevalencia de estas lesiones. En este sentido, se propone el método isoinercial como una alternativa por el aprovechamiento de tecnologías tales como el volante de inercia y la polea cónica excéntrica, las cuales brindan ventajas mecánicas al control de la contracción excéntrica. Finalmente, se revisan estudios recientes que analizan la efectividad del entrenamiento isoinercial en futbolistas, aportando evidencia favorable en el aumento de la fuerza muscular, el rendimiento físico y la reducción de la incidencia lesional.

De esta manera, este trabajo no busca solo compendiar la información existente sobre las lesiones isquiosurales en el contexto del deporte rey, sino también trascender a la crítica razonada sobre las planteadas como las más efectivas desde el enfoque tecnológico y avanzada para el cuidado del futbolista moderno.

Objetivos

Objetivo General

Revisar información sobre prevención de lesiones de la musculatura isquiosural en el fútbol con tecnología isoinercial.

Objetivos Específicos

1. Analizar de las características y factores asociados a las lesiones de la musculatura isquiosural en el fútbol.
2. Descripción del método isoinercial como una opción para la prevención de lesiones en la musculatura isquiosural.
3. Comparar la efectividad del método isoinercial con otros métodos de prevención de lesiones isquiosurales en fútbol.

Capítulo I: Características y factores asociados a las lesiones de la musculatura isquiosural en el fútbol

1.1. Características de la musculatura isquiosural

Los isquiosurales son un grupo de músculos en la parte posterior del muslo, tres exactamente: el semitendinoso, el semimembranoso y el bíceps femoral. Estos músculos comienzan en la parte superior del hueso de la cadera y se extienden hacia abajo por el muslo e incluso algunos de estos cruzan articulaciones de la cadera y la rodilla. (Kumazaki Ehara & Sakai; 2012) Su función principal es la de extensores de la cadera y flexores de la rodilla, desempeñando un papel muy importante al restringir la extensión de la rodilla durante el impacto del talón y, son fundamentales en el ciclo de la marcha al realizar actividades como caminar y correr. (Linklater et al.; 2010; Laskovski et al.; 2018; Carmichael et al.; 2009) Las lesiones se pueden clasificar según la intensidad del dolor, la debilidad y la pérdida de rango de movimiento, grado I, se consideran leves, sin pérdida notable de fuerza o función, con una afectación mínima de la integridad estructural de la unidad musculotendinosa y una inflamación de bajo grado, grado II, involucran rupturas parciales o incompletas y se manifiestan con una pérdida moderada de fuerza, así como la presencia de edema muscular y hematoma. Por último, lesiones de grado III son graves, implican rupturas completas y generan una pérdida significativa de función. (Ali & Leland 2012; Lempainen et al., 2015; Chu & Rho 2016).

1.2. Factores asociados a las lesiones de la musculatura isquiosural en el fútbol

Cuando se habla de lesiones isquiosurales, hace referencia a una posible molestia en uno de los tres músculos, dichas molestias son comunes en deportes como fútbol, fútbol americano, rugby, atletismo, entre otros, afectando tanto a atletas de alto rendimiento como a personas que solo los practican (Orchard et al.; 2017; Fitzpatrick, 2018) El músculo bíceps femoral es el más propenso a sufrir lesiones, seguido por el semimembranoso y el semitendinoso en cualquiera de estas prácticas deportivas, (Degen, 2019; Domb, 2013; Goldman, 2010) ya con respecto a los factores de riesgo no modificables, se ha demostrado que las lesiones de isquiosurales previas y el aumento de la edad aumentan el riesgo de volver a padecerlas (Arnason et al., 2004). Estos daños en los músculos causan dolor persistente y pérdida prolongada de tiempo de competencia, por eso la importancia de la prevención y rehabilitación adecuada (Silvers - Granelli et al., 2021). La identificación precisa de los factores contribuyentes es esencial para desarrollar estrategias efectivas. Las lesiones en los músculos isquiosurales son influenciadas por diversos elementos, los cuales se pueden categorizar en, factores intrínsecos (anatomía, biología, biomecánica y técnica del atleta) y factores extrínsecos asociados al entorno del atleta (calentamiento insuficiente,

fatiga derivada del entrenamiento, nivel de condición física y modalidades de entrenamiento) (Arnason et al., 2004; Askling et al., 2003). Si bien la literatura sugiere diversas causas (Kujala, et al., 1997; Croisier, 2004; Worrell, 1994), sólo algunos factores han sido científicamente asociados, destacando la importancia de los factores intrínsecos (Orchard, 2001), ya que las lesiones ocurren comúnmente en la rápida extensión de la rodilla, solicitando una acción excéntrica de los isquiosurales para frenar la pierna en el último momento del balanceo. También se sugiere vulnerabilidad durante el cambio rápido de la acción excéntrica a concéntrica, cuando funcionan como extensores de cadera (Petersen et al., 2005). La lesión a menudo ocurre durante movimientos específicos, y la intensidad del ejercicio puede exceder los límites mecánicos, justificando la consideración de desequilibrios de fuerza como clave en la distensión de los isquiosurales. Esta comprensión es crucial para abordar eficazmente la prevención y rehabilitación en atletas (Croisier et al., 2008) ya que como se mencionó anteriormente estas lesiones son bastante comunes, representando más del 39% de todas las lesiones deportivas, además que cuando suceden, pueden llevar a una larga pausa en la actividad, que va desde 17 hasta 90 días, y requieren un tratamiento y recuperación extensos (Roe et al., 2018; Woods et al., 2002; Jones et al., 2019).

1.3. Implicación funcional de la musculatura isquiosural en los gestos técnicos del fútbol

El grupo de isquiotibiales juega un papel importante en la ejecución de habilidades futbolísticas, como correr a toda velocidad, cambiar de dirección, saltar y golpear el balón. Estos movimientos exigen contracciones musculares de alta fuerza, especialmente durante las fases excéntricas, donde los isquiotibiales actúan como frenos activos que controlan la extensión de la rodilla y la flexión de la cadera, y especialmente durante la desaceleración, así como al hacer contacto con el suelo. En tareas específicas, como correr a máxima velocidad, se informa que la cabeza larga del bíceps femoral experimenta la mayor cantidad de alargamiento y tensión, lo que lo clasifica como el músculo más frecuentemente lesionado durante aceleraciones o desaceleraciones rápidas, comunes en juegos competitivos (Astrella, Iordanov, De Caro, Jiménez-Reyes, & Mendiguchia, 2024). Además, algunas investigaciones electromiográficas indican que, durante el golpeo del balón, los isquiotibiales alcanzan su longitud máxima durante la fase de seguimiento y hay una alta probabilidad de lesión durante esta fase si no se presenta una contracción muscular adecuada (Zhang et al., 2019).

El riesgo de lesión aumenta con la presencia de fatiga, desequilibrio entre las extremidades o reclutamiento neuromuscular insuficiente. Estudios recientes sugieren que

el imbalance en la fuerza entre los isquiotibiales y los cuádriceps, y entre las piernas, afectan negativamente el rendimiento en tareas de velocidad y agilidad, aumentando también el riesgo de lesión (Coratella et al., 2018). Por otro lado, los jugadores con histórico de lesiones demuestran patrones de activación muscular alterados en los glúteos y el core durante la carrera, lo que lleva a una estabilidad pélvica comprometida, resultando en una tensión excesiva en los isquiotibiales (Ohtsubo et al., 2024). Estos hallazgos destacan una importante laguna en la literatura respecto a la coordinación e integración de la musculatura involucrada en la carrera y el corte, además de la dinamometría aislada de la isquiotibial.

En este sentido, el entrenamiento isoinercial ha surgido como un enfoque eficaz en el control de sobrecarga excéntrica muscular para la prevención de lesiones. Este tipo de entrenamiento isoinercial controla las sobrecargas excéntricas, al poner los músculos isquiotibiales a trabajar fortaleciendo esta musculatura en donde existen patrones de movimiento rotacional y alcance velocidades similares a los del juego. Investigaciones recientes han mostrado que el uso de poleas cónicas en el entrenamiento isoinercial mejora el control neuromuscular, aumenta la fuerza excéntrica y disminuye notablemente la tasa de lesiones en esta musculatura de gran relevancia (O'Brien et al., 2022). El enfoque preventivo no se limita a potenciar la fuerza, sino que busca una adaptación funcional específica que permita soportar las cargas características del deporte, en especial, aquellas asociadas a movimientos explosivos y repentinos, los principales mecanismos lesivos en el fútbol moderno (Jokela et al., 2022).

Capítulo II: Métodos tradicionales para prevención de lesiones en la musculatura isquiosural en el ámbito del fútbol

Estudios muestran que las personas pueden mejorar significativamente su capacidad para hacer movimientos explosivos después de realizar entrenamiento de fuerza (Miyamoto et al., 2013). Esto debido a que los más fuertes tienen una mejor resistencia a la fatiga cuando levantan pesos pesados repetidamente en su entrenamiento (Stone et al., 2008).

2.1. Ejercicios nórdicos

Dentro del marco de las estrategias tradicionales destinadas a prevenir lesiones musculares en atletas de alto rendimiento, particularmente futbolistas, los ejercicios excéntricos han ganado mucha atención, especialmente el ejercicio nórdico de isquiotibiales (NHE, por sus siglas en inglés), que se considera uno de los más efectivos y documentados en su funcionamiento y utilidad en esta área. Este ejercicio, que requiere que el individuo se arrodille con los tobillos fijados y baje su torso al suelo mientras contrarresta la caída con la fuerza ejercida por sus músculos isquiotibiales, no solo mejora la fuerza excéntrica en un grado considerable, sino que también ha mostrado la capacidad de modificar profundamente la arquitectura muscular de la cabeza larga del bíceps femoral (BFlh, por sus siglas en inglés), un músculo que se lesiona con frecuencia en deportes explosivos.

Se ha demostrado que la ejecución regular del NHE, particularmente cuando se realiza con pesos adicionales, resulta en aumentos considerables en los fascículos musculares del BFlh, una característica que se ha encontrado que correlaciona inversamente con la incidencia de lesiones musculares. En un estudio riguroso realizado por Pollard et al. (2019), se observó que los participantes que realizaron seis semanas de entrenamiento con NHE en condiciones de sobrecarga tuvieron un aumento promedio de 1.57 cm en la longitud de los fascículos del BFlh y un aumento de 81 N en la fuerza excéntrica de la rodilla. Esta respuesta hipertrófica funcional fue notablemente mayor que la observada en grupos de control o aquellos que realizaban versiones no cargadas del ejercicio. Lo más destacado es el hecho de que las adaptaciones logradas comenzaron a revertirse tan solo una semana después de la cesación del estímulo; esto indica cómo la periodicidad y continuidad del entrenamiento parecen ser factores críticos para mantener la mejora que dicho ejercicio induce en cambios estructurales (Pollard et al., 2019).

Por otro lado, Timmins et al. (2016) se propusieron examinar los efectos comparativos del entrenamiento excéntrico versus concéntrico en la arquitectura del BFlh. Con un diseño experimental controlado, se demostró que después de seis semanas de entrenamiento, el grupo sometido a entrenamiento de estímulo excéntrico mostró un

aumento significativo en la longitud fascicular del BFIh (con una gran magnitud de efecto, $d > 2.6$), mientras que el grupo con entrenamiento de estímulo concéntrico mostró acortamiento de esos fascículos. Estas diferencias, que se observaron en todos los niveles de contracción isométrica evaluados, refuerzan la suposición de que el modo de contracción utilizado durante el entrenamiento tiene implicaciones directas en la capacidad funcional del músculo y su susceptibilidad a lesiones. Cabe destacar que después de un período de desentrenamiento de 28 días, gran parte de las adaptaciones inducidas por el estímulo excéntrico fueron revertidas, con los fascículos volviendo a valores cercanos a la línea base, lo que ilustra la plasticidad y la reversibilidad de la arquitectura muscular basada en el estímulo mecánico (Timmins et al., 2016).

El carácter muscular lesionable es importante desde la óptica preventiva por motivos de arquitectura, ya que se ha demostrado una clara relación entre la longitud fusiforme del BFIh y el riesgo de lesión en los músculos. En este sentido, Timmins et al. (2016) informaron que los futbolistas profesionales con fascículos menores a 10.56 cm tenían 4.1 veces más probabilidad de sufrir lesiones isquiotibiales en comparación con aquellos que tenían mayores a 10.56 cm durante la temporada competitiva. También, el autor menciona que realizar una contracción excéntrica menor a 337 N durante el NHE estaba asociado a un incremento de 4.4 veces en el riesgo de lesión. Estos datos, además de reforzar la idea del NHE como un ejercicio, también contribuyen a considerarlo un indicativo de evaluación diagnóstica-anticipativa con importantes diversas implicaciones desde lo clínico y lo funcional.

El apoyo para la efectividad del NHE también proviene de la volumetría muscular y la activación neuromuscular. En el estudio de Bourne et al. (2017), el NHE se comparó con un ejercicio de extensión de cadera a 45°, con el análisis de los cambios en la longitud de los fascículos del BFIh y la hipertrofia de algunos músculos isquiosurales. Se llegó a la conclusión que, si bien ambos ejercicios lograron elongaciones significativas del BFIh, el NHE produjo mayores progresos en el semitendinoso, y la extensión de cadera tuvo un mayor volumen muscular global. Esta diferenciación sugiere que la selección del ejercicio afecta de manera directa la región muscular lesionada, lo cual puede ser interesante para la prevención o la rehabilitación específica, en especial en atletas que han sufrido lesiones en ciertas cabezas musculares.

Por su parte, investigadores como Schuermans et al. (2014) han explorado las dinámicas de activación sinérgica de los músculos isquiosurales durante actividades funcionales como el sprint, utilizando técnicas de resonancia magnética funcional (fMRI, por sus siglas en inglés). Se observó que la coordinación ineficiente entre el semitendinoso y el

tendón del bíceps femoral, caracterizada por una activación compensatoria asimétrica, plantea un mayor riesgo de lesión especialmente para futbolistas con historial de lesiones previas. Dado que los programas de rehabilitación se centran en restaurar los patrones de coordinación neuromuscular precisos que se ven alterados por las lesiones, el NHE es particularmente relevante porque provoca contracciones excéntricas coordinadas y fuertes.

Aparte del fútbol, otros deportes como el rugby que requieren sprints, cambios de dirección y esfuerzos excéntricos frecuentes también se encuentran dentro del ámbito de aplicabilidad del NHE. Bourne et al. (2015) realizaron un estudio prospectivo con 178 jugadores de rugby y encontraron que los atletas con más del 15% de desequilibrios en la fuerza excéntrica entre los brazos tenían un riesgo de lesión significativamente mayor. Además, los equipos que incorporaron sistemáticamente el NHE en sus programas de preparación anuales demostraron tasas de lesiones más bajas, confirmando así su utilidad en una variedad de contextos atléticos.

2.2. Entrenamiento de fuerza convencional

En las últimas décadas, el entrenamiento de fuerza ha sido considerado uno de los pilares en la preparación física de futbolistas, particularmente en cuanto a optimización del rendimiento y prevención de lesiones musculares. Este enfoque, predominantemente concéntrico, basado en el curl femoral en máquina, prensa de piernas, sentadillas y peso muerto, ha mostrado influencia positiva en la hipertrofia muscular, fuerza máxima y estabilidad articular. Sin embargo, la literatura científica más reciente comienza a desafiar la eficacia preventiva de estos ejercicios en lesiones con alta prevalencia en fútbol como las distensiones isquiosurales, que se producen fundamentalmente en acciones de sprint donde el bíceps femoral experimenta contracciones excéntricas intensas.

De este modo, se observa que las intervenciones de fuerza que se centran únicamente en acciones concéntricas poseen poca transferencia funcional a las condiciones reales de juego, donde la musculatura isquiotibial trabaja predominantemente en contracciones excéntricas. A su vez, se ha mostrado que los programas de fuerza convencional, aunque incrementan la masa muscular, no producen cambios significativos en la longitud de los fascículos de músculos de los muslos ni en su capacidad de soportar carga excéntrica, que son determinantes para disminuir el riesgo de lesión. Por el contrario, algunas amputaciones a los programas como el Ejercicio Nórdico de Muslo Posterior (NHE) se incorporando en el tratamiento han mostrado mayor éxito en la disminución de lesiones musculares en los futbolistas. El estudio de Petersen et al. (2011) demostró que la implementación sistemática del ejercicio nórdico de isquiotibiales (Nordic Hamstring Exercise) como estrategia de entrenamiento excéntrico redujo las tasas de lesiones

isquiosurales de 13.1 a 3.8 por cada 100 temporadas de jugador en comparación a los grupos que entrenaban exclusivamente con métodos clásicos sin estímulo excéntrico (Petersen et al., 2011).

Adicionalmente, Beato et al. (2021) enfatizan cómo el entrenamiento de fuerza tradicional, aunque sigue siendo pertinente en la preparación física general, no contribuye tanto a la prevención de lesiones isquiosurales en comparación con los programas que incluyen contracciones excéntricas o mixtas (concéntricas-excéntricas), como el entrenamiento inercial. En esta revisión, se señala que los programas de entrenamiento de fuerza tradicional no son capaces de promover suficientemente los cambios morfofuncionales de la cabeza larga del bíceps femoral, como el alargamiento de los fascículos y la mejora en la capacidad de resistir contracciones excéntricas repentinas, que son críticas para la prevención de lesiones durante el sprint, la desaceleración o cambios de dirección rápidos (Beato et al., 2021).

El efecto preventivo del entrenamiento tradicional se ve limitado por la especificidad del estímulo. Espinosa et al. (2015) evaluaron un programa excéntrico con futbolistas femeninas en un ensayo clínico aleatorizado y encontraron que ambos grupos mejoraron su fuerza general, pero solo el grupo que realizó el NHE excéntrico vio mejoras en la reducción del riesgo de lesión. En cambio, el grupo control que seguía una rutina convencional no mostró reducción significativa en la aparición de lesiones, lo que sugiere que el tipo de contracción que se induce durante los ejercicios determina en gran parte su efectividad preventiva (Espinosa et al., 2015).

Del mismo modo, Gabbe et al. (2006) explicaron que si bien los programas convencionales pueden provocar aumentos en la fuerza muscular, la ausencia de ejercicios excéntricos específicos en su designación era insuficiente para evitar la aparición de lesiones isquiosurales en futbolistas australianos. Incluso cuando se presentó una mejora en el desequilibrio de fuerza entre extremidades, esa mejora no resultaba en una disminución de la tasa de lesiones sin la presencia del componente excéntrico (Gabbe et al., 2006).

Consecuentemente, se puede afirmar que el entrenamiento de fuerza tradicional, aunque ejerce un impacto notable en desarrollar capacidades como la fuerza máxima, la hipertrofia y la estabilidad lumbopélvica, no posee las adaptaciones necesarias para prevenir lesiones musculares en deportes donde predominan esfuerzos excéntricos explosivos, como el fútbol. En particular, su baja influencia en la arquitectura muscular del bíceps femoral, en la activación neuromuscular durante fases escénicas así como en la tolerancia a fuerzas de tracción veloz la sitúa como un complemento, no como un eje central

de los programas eficaces de prevención. Así, se recomienda que el entrenamiento de fuerza debe ser rediseñado o complementado en forma estratégica por intervenciones excéntricas progresivas, contextualizadas y funcionalmente específicas al gesto deportivo, para lograr objetivos clínicamente relevantes en la prevención de lesiones isquiosurales.

2.3. El calentamiento (estiramiento y movilidad articular) en la prevención de lesiones de isquiosurales

En el fútbol profesional, que exige un alto trabajo neuromuscular con frecuentes aceleraciones y desaceleraciones, el estiramiento y el calentamiento han sido los más recomendados para prevenir lesiones, sobre todo en los músculos isquiosurales. Sin embargo, se ha focalizado ciertos estiramientos e incluso su orden de aplicación en la rutina de calentamiento, así como su impacto en la lesión de los músculos del tendón. Aunque el estiramiento estático ha sido parte del calentamiento, su valoración ha sido que no sólo no previene lesiones isquiosurales, sino que puede disminuir el rendimiento explosivo si se realiza poco antes de la competencia.

Rogan et al. (2012) realizaron una revisión sistemática que encontró que, aunque el estiramiento estático es comúnmente utilizado en deportes de equipo, incluido el fútbol, hay ensayos clínicos controlados con rigurosas pruebas metodológicas que contradicen su uso para reducir lesiones por estiramiento en los isquiotibiales. Este mismo estudio señaló la urgente necesidad de mejor calidad de investigación, particularmente ensayos controlados aleatorios con grandes tamaños de muestra y tiempo de seguimiento adecuado, para determinar el efecto real del estiramiento estático sobre la arquitectura muscular y la incidencia de lesiones musculares de tipo desplazamiento entrenables (Rogan et al., 2012)

Asimismo, estudios observacionales como el de Chan et al. (2012) han mostrado que, a pesar de la escasa evidencia científica sobre el beneficio del estiramiento estático en la prevención de lesiones de los isquiotibiales, la mayoría de los entrenadores de fútbol siguen adhiriéndose firmemente a la creencia de que estas prácticas son esenciales. En una encuesta administrada a entrenadores registrados en la Asociación de Fútbol de Mauricio, el 96% informó incorporar ejercicios de estiramiento estático en las rutinas de entrenamiento, predominantemente justo después del calentamiento o al finalizar las sesiones de entrenamiento. Además, el 88% creía que el estiramiento estático prevenía eficazmente las lesiones musculares. Esta paradoja entre la práctica generalizada y la evidencia empírica señala una pronunciada divergencia entre la comprensión técnica de los entrenadores y la investigación científica más reciente, enfatizando la falta de educación continua acreditada adecuada que revise fundamentalmente supuestos arraigados en evidencia rigurosa (Chan et al., 2012)

Programas que integran estiramientos dinámicos, fortalecimiento excéntrico y ejercicios neuromusculares han sido analizados y se ha determinado que poseen mejores resultados. Un ejemplo paradigmático es el programa FIFA 11+, el cual incorpora calentamiento dinámico junto a estabilidad central, equilibrio y coordinación, y ha logrado reducir significativamente la incidencia de lesiones musculares, incluso las isquiosurales. En una revisión sistemática realizada bajo los lineamientos PRISMA, Rosado-Portillo y et al., (2021) identificaron que el FIFA 11+ y programas de este tipo no solo disminuían la frecuencia de lesiones, sino también la fuerza y el control funcional del miembro inferior. Estos programas presentan un impacto positivo, pero fue destacado que esto depende mucho de la ejecución, regularidad y adherencia al protocolo, aspectos que muchas veces se subestiman en el contexto competitivo del fútbol profesional (Rosado-Portillo et al., 2021). Desde una perspectiva neuromuscular, el estiramiento pasivo -particularmente con la inclusión de un calentamiento- ha mostrado efectos positivos sobre la latencia muscular en términos de tiempo. Un estudio realizado por Nogueira et al. (2014) evidenció que el estiramiento estático en combinación con el calentamiento redujo el tiempo de latencia muscular del bíceps femoral y semitendinoso durante perturbaciones articulares súbitas reproducidas quirúrgicamente. Esto podría representar un mecanismo protector contra lesiones en movimientos explosivos e impredecibles. A pesar de esto, no hubo cambios significativos en la amplitud de activación EMG, lo que sugiere que este tipo de intervención podría llevar a cambios en el tiempo de respuesta neuromuscular sin un aumento necesario en el nivel de activación muscular (Nogueira et al., 2014).

Complementariamente, Vora y Arora (2019) han señalado que los beneficios del calentamiento no se restringen solo a la activación metabólica, sino que también involucra aumentos de temperatura intramuscular, mejoría en la viscosidad del tejido conectivo, y mayor eficacia en la conducción nerviosa. Todos estos efectos permiten un aumento en la elasticidad del complejo músculo-tendón que incrementa su capacidad para amortiguar fuerzas externas en el gesto deportivo. Por esta razón, la fase de calentamiento debe elaborarse con criterios fisiológicos estrictos, incluyendo incrementos de intensidad, tareas específicas del deporte, y sin estiramientos estáticos de larga duración que reduzcan la producción de fuerza y potencia en un intervalo breve (Vora & Arora, 2019).

El programa FIFA 11+, desarrollado por el Centro Médico y de Investigación de Evaluación de la FIFA (F-MARC), ha sido ampliamente publicitado como un enfoque estandarizado para la prevención de lesiones musculoesqueléticas en futbolistas a nivel internacional. Este protocolo consiste en una rutina de calentamiento específica que incluye ejercicios de carrera dinámica, fuerza, equilibrio, coordinación y estabilidad neuromuscular, y está dirigido principalmente a reducir el riesgo de lesiones no traumáticas de extremidades

inferiores, incluidas las lesiones isquiotibiales, que siguen siendo comunes en contextos competitivos. Si bien el programa ha sido adoptado de manera variable en diferentes categorías de edad y género, su adopción sistemática en el fútbol masculino y juvenil ha demostrado aumentos concretos y clínicamente significativos en la prevención no solo de lesiones musculares, sino también de distensiones recurrentes del bíceps femoral, un músculo que es altamente susceptible a lesiones durante sprints y desaceleraciones rápidas (Soligard et al., 2008; Bizzini & Dvorak, 2015).

La evidencia más significativa de la eficacia del FIFA 11+ fue presentada por Silvers-Granelli et al. (2014) en un estudio clínico randomizado con 61 universidades de fútbol de la NCAA de los Estados Unidos. En la investigación, los grupos de equipos que utilizaron el protocolo FIFA 11+ al final de una temporada presentaron una incidencia de lesiones de 8.09 por cada 1000 atletas expuestos, mientras que en el grupo control que utilizó calentamientos convencionales, la cifra fue de 15.04, lo que traduce una reducción del 46.1% en el total de lesiones reportadas. Especialmente importante fue la reducción de lesiones musculares por distensiones isquiotibiales, junto con la marcada disminución en el número de días de inactividad, lo que demuestra que la implementación del programa tiene una lógica preventiva, pero que, funcional y económicamente, al reducir la pérdida de tiempo competitivo, tiene un impacto significativo en la competitividad (Silvers-Granelli et al., 2014).

Complementando estos hallazgos, un reciente metaanálisis realizado por Althomali et al. (2024) incluyó 12 ensayos controlados aleatorios que evaluaron las lesiones incidentales que ocurrieron después de la aplicación sistemática del programa FIFA 11+ de prevención de lesiones. Se observaron reducciones significativas en las lesiones de extremidades inferiores, especialmente en hombres adultos. El análisis tuvo en cuenta la frecuencia, severidad y el sitio de las lesiones y reportó una reducción del 30% en el riesgo relativo a la ocurrencia de lesiones, lo que refuerza el rigor metodológico del protocolo y su aplicabilidad en un contexto más amplio. Sin embargo, los autores argumentan que la heterogeneidad de los estudios incluidos junto con la subrepresentación de mujeres pone en duda la generalización de los resultados, lo que Althomali et al. (2024) destacan como una necesidad de investigación adicional.

Desde el punto de vista funcional y biomecánico, el programa también ha evidenciado efectos favorables respecto al fortalecimiento de la musculatura isquiosural. Se reportaron cambios en la fuerza isocinética después de 10 semanas de intervención con el programa FIFA 11+ en futbolistas sub-élite. Se observó un incremento significativo de hasta el 20.4% en el pico de torque excéntrico del bíceps femoral en la pierna dominante, así

como una mejor relación de fuerza entre cuádriceps e isquiosurales. Este último es un aspecto biomecánico fundamental en la prevención de lesiones durante el movimiento de desaceleración rápida y frenado activo. Estos cambios suponen que el programa no solo actúa a nivel de acondicionamiento general, sino a través de cambios funcionales y estructurales que modulan el riesgo de lesión en músculos que tienden a lesionarse (Brito et al., 2010).

Desde un punto de vista económico, la implementación del programa de prevención de lesiones FIFA 11+ también ha demostrado ser rentable. En un estudio de cohortes retrospectivo español realizado por Nouni-García et al. (2019), se evaluaron los costos asociados a lesiones de isquiotibiales y lesiones de ligamentos de tobillo en dos grupos de futbolistas amateur, uno de los cuales utilizó el protocolo FIFA 11+ durante dos temporadas consecutivas. Se encontró que el grupo de intervención tuvo un costo promedio por lesión de isquiotibiales de 742€, en comparación con 1271€ en el grupo control, lo que demuestra una reducción promedio estadísticamente significativa de aproximadamente el 42%. Este hallazgo no solo apoya la eficiencia del programa en la prevención de lesiones, sino que también proporciona un fuerte fundamento para su implementación en contextos diversos donde la escasez de recursos médicos presenta desafíos significativos (Nouni-García et al., 2019).

Asimismo, una revisión sistemática con metanálisis realizada por Sadigursky et al. (2017) confirma la efectividad global del FIFA 11+ en la reducción del riesgo de lesiones en jugadores de fútbol. Con una muestra total de 6344 jugadores, se informó que los grupos de intervención que realizaron el programa de manera regular tenían una tasa de lesiones del 24% en comparación con el 40% en el grupo de control, lo que se traduce en un riesgo relativo de 0.70 (IC del 95%, 0.52–0.93; $p = 0.01$). Aunque hay cierta heterogeneidad entre los estudios, el impacto general fue consistente y apoyó la intervención, lo que sugiere que el FIFA 11+ funcionó como una intervención central que se debe integrar en los marcos preventivos multinivel para lesiones en niveles tanto amateur como profesional (Sadigursky et al., 2017).

Capítulo III: Método isoinercial para prevención de lesiones en la musculatura isquiosural en el ámbito del fútbol

3.1. Método isoinercial

El método o entrenamiento isoinercial comenzó a tomar importancia en la década de los 80, con la necesidad de que los astronautas mantengan el tono muscular y hacer ejercicio en ausencia de atracción a la tierra, es decir en el espacio (Berg et al; 1994), tiempo después fue que comenzó el desarrollo en diferentes ámbitos como el deporte, la fisioterapia y la rehabilitación (de Keijzer et al., 2022).

Ahora, entrando más al detalle, una de las herramientas de esta tecnología, es el volante de inercia, que va fijado a una estructura de soporte, entonces, una correa o banda de transmisión se enrolla alrededor del eje, y al tirar de ella mediante una acción muscular concéntrica, la volante gira por su inercia y al finalizar dicha acción, la banda retrocede, generando una acción muscular excéntrica. (Alkner et al., 2003), dicho de otra manera, más simple, la extensión de la correa representa la fase concéntrica, pues los volantes acumulan energía cinética y, en la fase excéntrica, la correa se rebobina, generando resistencia para iniciar una nueva fase concéntrica (Berg et al., 1994) (Tous et al., 2006).

Otro instrumento para tener en cuenta es la polea cónica excéntrica VersaPulley, que utiliza el principio isoinercial para proporcionar estímulos con sobrecarga excéntrica. Consta de un cono, en cuya base inferior se encuentran masas de 1 kg, hasta 16 kg, aquí las masas giran al enrollarse y extenderse sobre un cable que rodea el cono, generando fuerza y velocidad variables, pues, la fuerza es mayor cuando el cable actúa en la parte superior o más estrecha del cono, y la velocidad es mayor en la parte opuesta; este dispositivo por su diseño versátil y facilidad de uso hace adecuada para la prevención y tratamiento de dolencias musculares (Tous, et al., 2006).

3.2. Prevención de lesiones en la musculatura isquiosural mediante método isoinercial

Evidencia sólida respalda que la carga excéntrica en los ejercicios de entrenamiento puede generar mejoras importantes en fuerza, potencia y velocidad, en comparación con métodos tradicionales convencionales (Douglas et al., 2017), ya que, desencadena adaptaciones superiores en el sistema neuromuscular, es decir más activación de los músculos involucrados, aumento en la longitud del fascículo muscular, hipertrofia muscular y cambios hacia un tipo de músculo más rápido, (Douglas et al., 2017; Roig et al., 2009; Cook et al., 2013) pues al haber una implementación de velocidades más rápidas durante

las contracciones excéntricas, dicho entrenamiento provoca mayores mejoras en propiedades musculares ya mencionadas (Paddon-Jones et al., 2001).

Por último, y no menos importante, las contracciones excéntricas implican un menor costo metabólico (Beato et al., 2024), lo cual se debe a que la energía necesaria para realizar una acción excéntrica es solo aproximadamente una quinta parte de la requerida para la acción concéntrica (De Keijzer et al., 2022). En otras palabras, los estímulos excéntricos contribuyen al aumento de tamaño y fuerza muscular con demandas energéticas más bajas (LaStayo et al., 2000). Este principio resulta especialmente útil en el entrenamiento con tecnología isoinercial, ya que permite generar una sobrecarga excéntrica controlada, promoviendo adaptaciones musculares significativas sin incrementar de forma sustancial el gasto metabólico (Kalema et al., 2022).

Diversos estudios recientes han mostrado que este tipo de contracciones produce mayores incrementos en la fuerza excéntrica, la hipertrofia y la longitud de los fascículos musculares que los métodos tradicionales (Allen et al., 2023). Estas adaptaciones reducen la vulnerabilidad a las lesiones, especialmente en los músculos isquiosurales, que desempeñan un papel excéntrico fundamental durante la fase final del sprint (Suarez et al., 2019). En el ámbito del fútbol, Ribeiro et al. (2021) demostraron que la aplicación del método isoinercial mejora la potencia excéntrica y la fuerza de los isquiosurales, favoreciendo la preparación muscular para prevenir distensiones.

Capítulo IV: Efectividad del método isoinercial en el contexto futbolístico

De acuerdo con investigaciones llevadas a cabo en futbolistas masculinos de élite en Europa, las lesiones en los músculos isquiosurales se manifestaron en un rango de 12% a 16% de todas las lesiones sufridas (Van Dyk, Farooq & Witvrouw 2018; Waldén, Hagglund & Ekstrand 2005) y además, estas representaron entre el 37% y el 47% de todas las lesiones musculares (Van Beijsterveldt et al., 2013)(Ekstrand et al., 2011), consolidándose como las más frecuentes en este contexto, lo que se traduce en, un jugador profesional presentará ausencia durante 18 días aproximadamente y se perderá tres partidos debido a lesiones en isquiosurales, y si se lleva a nivel de club, muestra una pérdida de 90 días y la ausencia en 15 partidos por temporada. Esto equivale al 25% de las ausencias totales de los jugadores durante los juegos (Woods et al., 2004).

Dada la notable incidencia de lesiones musculares en isquiosurales, son varios los interesados que han abordado este tema, con instrumentos isoinerciales, generando resultados significativos que ayudan a comprender y gestionar eficazmente dicho problema; uno de ellos, es un estudio de Fiorilli (2020), llamado entrenamiento con sobrecarga excéntrica isoinercial en jugadores de fútbol jóvenes: efectos sobre la fuerza, el sprint, el cambio de dirección, la agilidad y la precisión del tiro en el fútbol; este tuvo dos grupos con diferente tipo de entrenamiento, grupo de entrenamiento pliométrico que se sometió a un programa de entrenamiento de fútbol tradicional y grupo de sobrecarga excéntrica con volante, que recibieron entrenamiento adicional, permitiendo dejar puntos de discusión interesantes, primero, ambos grupos mejoraron significativamente la altura del salto, pero, sí hubo mejoras en la prueba de Illinois y el Loughborough Soccer Shooting Test por parte del grupo que recibió entrenamiento de sobrecarga excéntrica, es decir que, si bien el entrenamiento pliométrico es de gran utilidad, se puede obtener mayor provecho del otro.

Segundo, el hallazgo principal y la novedad del estudio es que, la precisión del tiro en fútbol mejora significativamente después del entrenamiento isoinercial (Fiorilli et al., 2020). Otro documento que también puede ser de ayuda es, una revisión sistemática, publicada en 2021, efectos crónicos del entrenamiento en volante sobre las capacidades físicas en futbolistas: una revisión sistemática (Allen et al., 2023), la cual cuenta con objetivos que pueden ayudar a evidenciar la efectividad, el primero es evaluar la literatura actual entorno al efecto crónico del entrenamiento con volante de inercia sobre las capacidades físicas de los futbolistas, y el segundo que es identificar áreas para futuras investigaciones que establezcan pautas para su uso en el fútbol; finalmente dicha revisión informa niveles variables de mejora en la fuerza, el salto, la velocidad y la capacidad de cambio de dirección después de protocolos de entrenamiento con volante de inercia uni y

bilateral, es decir que respalda la idea de que el entrenamiento con volante de inercia mejora las variables de rendimiento en los futbolistas; pero, enfatiza en que este método requiere más investigación antes de poder hacer recomendaciones estandarizadas con esta población específica. (Allen et al., 2023).

Capítulo V: Metodología

5.1. Metodología

La presente indagación se sitúa en el contexto de una revisión narrativa cualitativa cuyo objetivo es analizar, clasificar e interpretar críticamente la literatura disponible sobre la prevención de lesiones en los isquiotibiales de futbolistas, prestando atención a la creciente inclusión del entrenamiento excéntrico isoinercial. A diferencia de las revisiones sistemáticas cuantitativas que subordinan los hallazgos a análisis estadísticos y con frecuencia cuentan en su cierre con meta-análisis, la vía narrativa cualitativa se abre a múltiples marcos teóricos y estrategias metodológicas. Esa apertura permite ofrecer una visión más amplia y contextual del fenómeno, especialmente valiosa en asuntos complejos, multifactoriales y aún en desarrollo conceptual, como ocurre con la implantación de dispositivos isoinerciales para proteger los músculos de los futbolistas profesionales.

5.2. Diseño y enfoque metodológico

El presente estudio recurre a un diseño de revisión narrativa que organiza su cuerpo en capítulos tematizados, cada uno con un propósito explícito. Tal andamiaje orientó tanto la selección de la bibliografía como la lectura crítica que de ella se extrajo. El primer capítulo indaga las características fisiopatológicas de las lesiones isquiosurales vinculadas al fútbol; en esa sección se cuantifica la prevalencia, se describen los mecanismos de producción y se enumeran los factores de riesgo que suelen aparecer. Desde ese anclaje inicial el texto se desplaza, en un segundo momento, hacia los métodos preventivos clásicos y termina, con el repaso de protocolos centrados en tecnologías isoinerciales. Esta ruta ascendente, que pasa de lo general a lo estrictamente específico, permite enlazar pruebas de diferentes jerarquías sin que las transiciones parezcan forzadas.

5.3. Fuentes de información y selección de bases de datos

Para garantizar un enfoque riguroso y mantener la validez de la información consultada, la revisión se fundamentó en bases de datos académicas de trayectoria reconocida. Entre los repositorios empleados se cuentan PubMed, Google Académico, SciELO, WOS y Scopus. En cada caso se buscó literatura reciente que abordara directamente las intersecciones entre el ejercicio, la salud y los detalles biomecánicos del movimiento humano. PubMed aportó estudios biomédicos altamente especializados; Google Académico hizo las veces de metabuscador, conectando con múltiples fuentes dispersas; uniendo SciELO y Scopus se facilitó el acceso a artículos relevantes en español. La consulta abarcó artículos en inglés y en español sin restricciones geográficas, pero con un filtro claro hacia trabajos contemporáneos. Se incluyeron intervenciones experimentales,

revisiones sistemáticas, estudios observacionales, ensayos controlados randomizados y otros diseños, priorizando aquellos que respondieran de forma directa al núcleo clínico y deportivo de la revisión.

5.4. Estrategia de búsqueda y código de combinación

La estrategia de búsqueda se construyó a partir de un enfoque progresivo y refinado, con el uso de operadores booleanos (“AND”, “OR”) y palabras clave controladas y no controladas (tanto en inglés como en español) para garantizar una cobertura temática lo más amplia posible sin comprometer la especificidad. Las palabras clave se definieron en función de los objetivos temáticos de cada capítulo, incluyendo términos como *“lesión isquiotibial”*, *“isquiosurales”*, *“fútbol”*, *“prevención de lesiones”*, *“causalidad”*, *“profilaxis de lesiones”*, *“entrenamiento isoinercial”*, *“flywheel training”*, *“volante de inercia”*, *“sobrecarga excéntrica”*, *“ejercicio nórdico”*, *“FIFA 11+”*, y *“polea cónica”*. Estas fueron combinadas en una sola estructura de búsqueda para asegurar la inclusión transversal de todos los enfoques relevantes en el corpus del estudio.

El código de búsqueda único que orientó el rastreo bibliográfico en todas las bases fue el siguiente:

(“hamstring injury” OR “lesión isquiotibial” OR “isquiosurales”) AND (“injury prevention” OR “prevención de lesiones”) AND (“fútbol” OR “soccer”) AND (“entrenamiento isoinercial” OR “flywheel training” OR “excéntrico” OR “FIFA 11+”) AND (“causality”) AND (“prophylaxis of injuries in the hamstring group”)

El protocolo de búsqueda se diseñó para recuperar exclusivamente trabajos que examinan la causalidad y la profilaxis de las lesiones en el grupo isquiosural, así como las medidas preventivas implementadas en el fútbol, incluidas las que utilizan plataformas isoinerciales. El mismo enfoque filtró localizaciones que abordan las dimensiones fisiológicas, biomecánicas, neuromusculares y clínicas, cada una de ellas pertinente al examen integral que sostiene esta revisión.

5.5. Criterios de inclusión y exclusión

Para preservar la relevancia, la vigencia y la calidad de los trabajos examinados, se fijó como norma central un conjunto de criterios de inclusión y exclusión. Dichos criterios se aplicaron de modo uniforme a lo largo de toda la fase de selección, sin excepciones ni retrocesos.

5.5.1. Criterios de inclusión

- Artículos publicados entre los años 2010 y 2024.
- Estudios escritos en idioma inglés o español.
- Investigaciones originales, revisiones sistemáticas o estudios experimentales.
- Publicaciones revisadas por pares y en revistas científicas indexadas.
- Estudios centrados en prevención de lesiones musculares isquiosurales en fútbol.
- Intervenciones realizadas en jugadores profesionales, semiprofesionales o amateurs.
- Estudios que analizaran métodos tradicionales y/o estrategias de entrenamiento isoinercial.

5.5.2. Criterios de exclusión

- Artículos sin acceso a texto completo.
- Publicaciones con datos inconsistentes.
- Estudios enfocados exclusivamente en tratamiento o rehabilitación post-lesión.
- Investigaciones no aplicadas al contexto futbolístico o realizadas en otros deportes sin transferencia clara.
- Opiniones, cartas al editor, editoriales o revisiones narrativas sin respaldo metodológico.

5.6. Proceso de selección

El proceso de selección de los estudios se realizó siguiendo las directrices del modelo PRISMA 2009, por lo que en la fase de identificación se localizaron 78 registros a través de bases de datos electrónicas (PubMed, Scopus, Web of Science y Google Scholar), además de 6 registros adicionales obtenidos mediante referencias cruzadas, revisiones previas y documentos institucionales y tras la eliminación de duplicados, se obtuvo un total de 60 registros únicos, los cuales fueron sometidos a un proceso de cribado mediante la revisión de títulos y resúmenes.

Como resultado de esta fase, se excluyeron 35 estudios por no cumplir con los criterios de inclusión, principalmente por no estar relacionados con fútbol, no abordar lesiones isquiotibiales, incluir poblaciones no competitivas o no presentar un enfoque

preventivo y posteriormente, 25 artículos fueron evaluados en texto completo para determinar su elegibilidad, de los cuales 11 fueron excluidos debido a un diseño metodológico inadecuado, ausencia de intervención preventiva, carácter narrativo sin datos empíricos o por analizar variables no relacionadas con la musculatura isquiotibial.

Finalmente, 14 estudios cumplieron con todos los criterios establecidos y fueron incluidos en la síntesis cualitativa de la revisión; por ende, no se realizó síntesis cuantitativa (meta-análisis) debido a la heterogeneidad metodológica de los estudios incluidos.

Para verificar la concordancia con la literatura previa, se construyó una matriz de evidencia en la que se consignaron, para cada artículo, el sentido y la magnitud del efecto, los intervalos de confianza y las recomendaciones prácticas. Esa matriz se contrastó con los hallazgos de revisiones sistemáticas recientes sobre lesiones isquiosurales; cuando aparecieron discrepancias, se revisaron nuevamente las discusiones de los estudios y se exploraron posibles razones metodológicas (por ejemplo, diferencias en la población o en la carga de entrenamiento). Solo se consideraron conclusiones firmes aquellas que mostraron concordancia o que, aun siendo divergentes, ofrecían argumentos metodológicos sólidos que justificaban la diferencia.

La evaluación cualitativa se realizó mediante una síntesis temática llevada a cabo por dos revisores independientes. Primero codificaron de forma abierta las frases clave relacionadas con fisiopatología, intervenciones y resultados; luego, los códigos se agruparon en categorías consensuadas que dieron estructura a la narrativa final. El grado de acuerdo entre los revisores se midió con el índice kappa ($\kappa = 0,82$), lo que garantizó consistencia en la interpretación antes de integrar los hallazgos en la revisión.

Un repaso cuidadoso de la literatura, guiado por los mismos principios que se describen arriba, terminó por elegir catorce artículos que, juntos, superaron los filtros de rigor y mérito fijados al comienzo. Cada uno de esos textos se sostiene por sí mismo en términos de calidad, pertinencia y armonía con el núcleo del presente trabajo, y por eso fueron admitidos sin reservas.

5.7. Resultados descriptivos de las variables analizadas

Figura 1

Diagrama de flujo del proceso de selección de estudios (PRISMA).

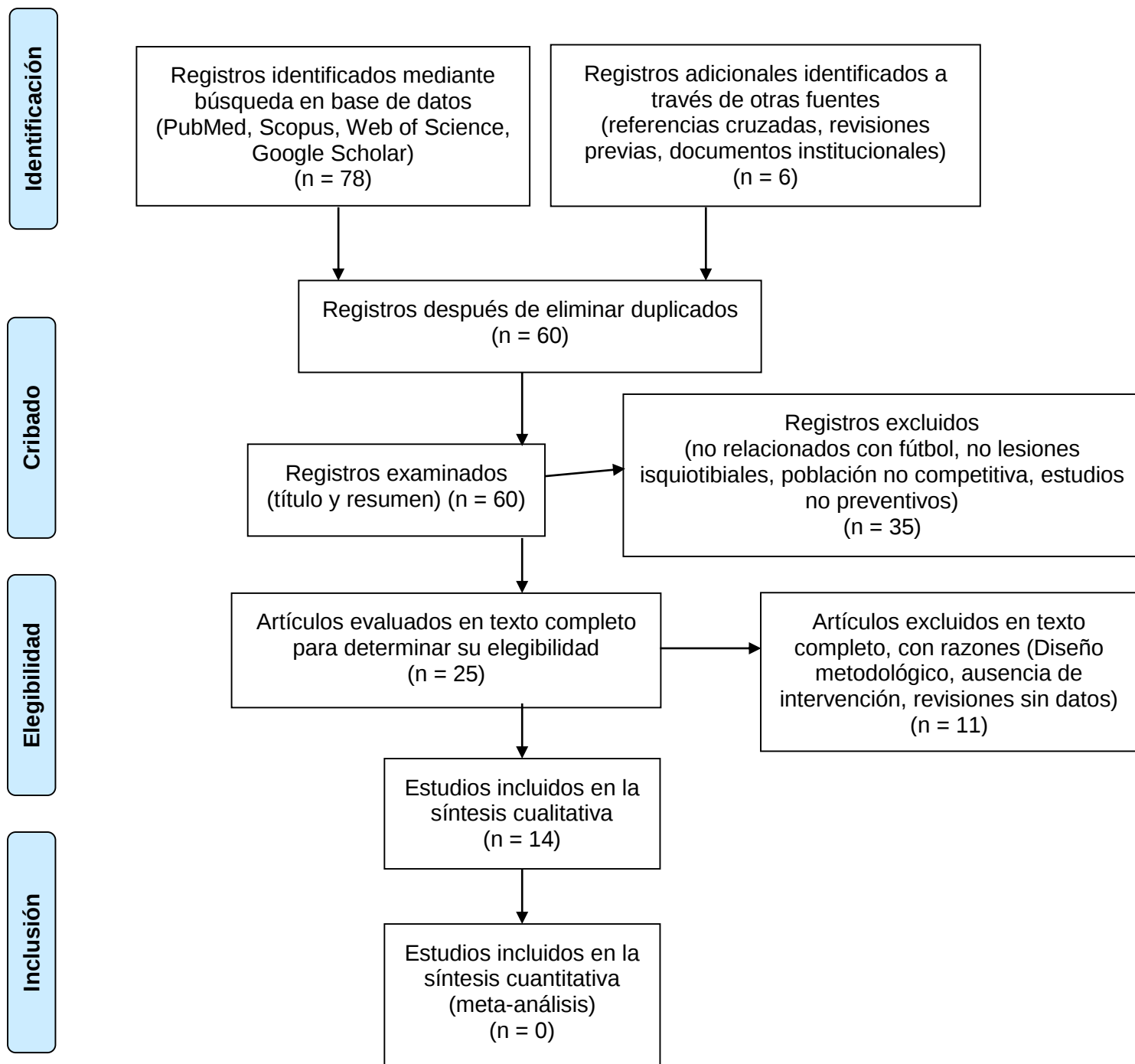


Tabla 2*Calidad Metodológica de los estudios incluidos*

AUTOR	1	2	3	4	5	6	7	8	Total (/8)
Almeida et al., 2022	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	8
Askling, Karlsson & Thorstensson, 2005	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	8
Bourne et al., 2018	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	8
Chivarán, 2023	Si	Si	No	Si	Si	No	Si	Si	6
Espinosa et al., 2015	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	8
Monajati et al., 2018	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si	7
Núñez et al., 2018	Si	Si	No	Si	Si	No	Si	Si	6
Petersen et al., 2011	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	8
Prieto-Mondragón et al., 2016	Si	Si	No	Si	Si	No	Si	Si	6
Rosado-Portillo et al., 2021	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si	7
Schache, 2012	Si	Si	No	Si	Si	No	Si	Si	6
Shadle & Cacolice, 2017	Si	Si	No	Si	Si	No	Si	Si	6
Suárez-Arrones et al., 2019	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	8
Van Dyk, Beckham & Bahr, 2019	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	8

. Ítems: 1= Diseño experimental o cuasi-experimental; 2 = Descripción clara de la muestra; 3 = Asignación adecuada de los grupos; 4 = Intervención claramente descrita; 5 = Medición válida y confiable de los resultados; 6 = Seguimiento adecuado de los participantes; 7 = Análisis estadístico apropiado y 8= Resultados claramente reportados;

Nota. Elaboración propia.

Tabla 2
Matriz de análisis

TITULO	PROBLEMÁTICA ABORDADA EN LA INVESTIGACIÓN	METODOLOGÍA	OBJETIVOS	REFERENTES CONCEPTUALES	ANÁLISIS Y DISCUSIONES	CONCLUSION	APORTE A LA REVISIÓN NARRATIVA DE LITERATURA
Chivarán (2023).	Alta incidencia de debilidad excéntrica en jóvenes futbolistas; necesidad de estrategias seguras/eficaces.	Intervención práctica con plataforma isoinercial (Desmotec) en adolescentes; pre–post de potencia excéntrica.	Cuantificar cambios de potencia excéntrica y su valor preventivo en cadena isquiosural juvenil.	Sobrecarga excéntrica isoinercial; desplazamiento o del pico de fuerza a la fase excéntrica.	Incrementos de $\approx 40,2$ W (derecha) y $\approx 42,93$ W (izquierda); mayor activación neuromuscular y especificidad funcional.	El entrenamiento isoinercial mejora marcadores protectores en jóvenes, con buena tolerancia.	Evidencia aplicada en población juvenil; respalda incluir isoinercial en programas preventivos de base.
Prieto-Mondragón et al. (2016).	Limitaciones de métodos tradicionales para reducir lesiones isquiosurales en fútbol.	Revisión de literatura sobre plataformas isoinerciales en prevención/rehabilitación en futbolistas.	Sintetizar fundamentos y evidencia de la tecnología isoinercial aplicada a isquiotibiales.	Prolongación de carga excéntrica tras la concéntrica; estímulo superior al convencional.	Señala mayor estímulo excéntrico, especificidad y utilidad preventiva en deportes explosivos.	La isoinercial es prometedora como estrategia preventiva específica.	Base teórica y mecanicista que justifica ensayos aplicados y adopción progresiva.

TITULO	PROBLEMÁTICA ABORDADA EN LA INVESTIGACIÓN	METODOLOGÍA	OBJETIVOS	REFERENTES CONCEPTUALES	ANÁLISIS Y DISCUSIONES	CONCLUSION	APORTE A LA REVISIÓN NARRATIVA DE LITERATURA
Askling, Karlsson & Thorstensson (2005).	Alta frecuencia de lesiones en élite; efecto de la pretemporada excéntrica.	Comparación grupo excéntrico vs control durante 10 semanas de pretemporada.	Evaluar si un bloque excéntrico reduce la ocurrencia de lesiones.	Transferencia del trabajo excéntrico a sprint/desaceleración.	3/15 lesiones en intervención vs 10/15 en control; diferencia marcada. $\approx 0,30$	Un bloque excéntrico en pretemporada reduce la incidencia lesional.	Evidencia temprana de efectividad; orienta periodización precompetitiva.
Petersen et al. (2011).	Falta de ECA robusto sobre NHE en fútbol.	Ensayo controlado aleatorizado multicéntrico; 10 sem + mantenimiento.	Determinar el efecto preventivo del NHE (lesiones nuevas/recurrentes/total).	Progresión de carga y adherencia como claves del efecto.	15 vs 52 lesiones; tasas 3,8 vs 13,1/100 temporadas; RR ajustada $\approx 0,293$.	NHE reduce significativamente lesiones agudas y recurrentes.	Ancla causal de alto nivel; sustenta incluir NHE de rutina.
Monajati et al. (2018).	¿Flywheel supera al peso corporal para factores de riesgo?	Ensayo laboratorio: flywheel vs peso corporal; torque, valgo dinámico, sprints.	Comparar efectos de dos programas preventivos en variables neuromusculares.	Sobrecarga excéntrica continua y autorregulada.	Mejoras relevantes solo con flywheel en torque excéntrico/iométrico, valgo y sprints	Flywheel produce adaptaciones protectoras superiores.	Refuerza superioridad práctica de isoinercial en factores modificables.

TITULO	PROBLEMÁTICA ABORDADA EN LA INVESTIGACIÓN	METODOLOGÍA	OBJETIVOS	REFERENTES CONCEPTUALES	ANÁLISIS Y DISCUSIONES	CONCLUSION	APORTE A LA REVISIÓN NARRATIVA DE LITERATURA
					intermitentes.		
Rosado-Portillo et al. (2021).	Necesidad de síntesis sobre programas de ejercicio (foco en NHE).	Revisión sistemática de intervenciones en fútbol 11.	Evaluar impacto de programas sobre incidencia de lesión isquiosural.	Relevancia de fuerza excéntrica y adherencia al protocolo.	Reducción significativa de lesiones cuando se incluye NHE; eficacia depende de ejecución y cumplimiento.	Recomienda incluir NHE sistemáticamente.	Síntesis integradora que respalda adopción generalizada.

TITULO	PROBLEMÁTICA ABORDADA EN LA INVESTIGACIÓN	METODOLOGÍA	OBJETIVOS	REFERENTES CONCEPTUALES	ANÁLISIS Y DISCUSIONES	CONCLUSION	APORTE A LA REVISIÓN NARRATIVA DE LITERATURA
Bourne et al. (2018).	Relación entre longitud fascicular inducida y riesgo de lesión.	Longitudinal con ejercicios excéntricos; arquitectura BFH y fuerza excéntrica.	Determinar si alargar fascículos y ganar fuerza reduce susceptibilidad.	Mayor tolerancia al estiramiento rápido; cociente H/Q funcional.	Aumento de longitud fascicular y fuerza excéntrica tras excéntricos.	Adaptaciones morfo-funcionales explican reducción de riesgo.	Aporta mecanismo fisiológico que conecta intervención y prevención.
Almeida et al. (2022).	Falta de cuantificación agregada del efecto flywheel.	Metaanálisis de estudios con dispositivos inerciales.	Estimar efectos en torque, asimetrías y aceleración	Reducción de asimetrías y aumento de fuerza como mediadores.	Flywheel eleva fuerza y reduce asimetrías; progresos en aceleración/COD.	Isionercial mejora desempeño y aborda determinantes de lesión.	Soporte cuantitativo de alto nivel para la tecnología inercial.
Núñez et al. (2018).	Viabilidad/impacto del trabajo isoinercial durante temporada.	Integración 2 sesiones/sem con polea cónica a lo largo de 8 meses; comparación con temporada previa.	Testear viabilidad e impacto lesional real en élite.	Especificidad del gesto y carga excéntrica en campo.	2 lesiones vs 8 el año previo (sin inferencia). $\approx 0,50$	Integración in-season viable, asociada a menos lesiones observadas.	Evidencia de aplicación “mundo real” para microciclo competitivo.

TITULO	PROBLEMÁTICA A ABORDADA EN LA INVESTIGACIÓN	METODOLOGÍA	OBJETIVOS	REFERENTES CONCEPTUALES	ANÁLISIS Y DISCUSIONES	CONCLUSION	APORTE A LA REVISIÓN NARRATIVA DE LITERATURA
Suárez-Arrones et al. (2019).	Cómo combinar sobrecarga excéntrica con control semanal de fuerza.	Protocolo con NHE + controles bilaterales e isocinéticos en temporada.	Reducir incidencia y optimizar recuperación de fuerza tras competir.	Monitorización como guía de carga individual.	Incidencia $\approx 0,2/1000$ h; recuperación excéntrica acelerada.	Enfoque excéntrico monitorizado disminuye lesiones y sostiene rendimiento.	Modelo operativo para alto rendimiento con control objetivo.
Van Dyk, Beckham & Bahr (2019).	Por qué “no funciona” a veces: papel de la adherencia.	Cohorte >300 profesionales; seguimiento de cumplimiento y lesiones.	Estimar relación entre $\geq 75\%$ de adherencia y riesgo.	Cumplimiento como modulador del efecto preventivo.	Con $\geq 75\%$ de adherencia, riesgo $\downarrow \approx 51\%$; sin adherencia suficiente no hay beneficio.	La adherencia es condición necesaria para la eficacia del NHE.	Enfatiza componente conductual/logístico crítico para implementación.
Schache (2012).	¿Cuándo ubicar el trabajo excéntrico? Impacto real en ligas sénior.	Aplicación estacional en cinco ligas danesas; intervención vs control.	Analizar efecto de protocolo centrado en NHE y su “timing”.	Número Necesario a Tratar y balance nuevas/recidivas.	15 incidentes (12 nuevos/3 recidivas) vs 52 (32/20); $P \approx 13$.	Protocolo excéntrico clínicamente provechoso y coste-efectivo.	Ofrece parámetros prácticos para decisión en planteles.

TITULO	PROBLEMÁTICA ABORDADA EN LA INVESTIGACIÓN	METODOLOGÍA	OBJETIVOS	REFERENTES CONCEPTUALES	ANÁLISIS Y DISCUSIONES	CONCLUSION	APORTE A LA REVISIÓN NARRATIVA DE LITERATURA
Espinosa et al. (2015).	Brecha de evidencia en mujeres futbolistas.	Ensayo con jugadoras: excéntrico vs control; lesiones y sprint.	Valorar reducción de riesgo y efecto en rendimiento en mujeres.	Transferencia del NHE a poblaciones femeninas.	Riesgo ↓ ≈81% (no significativo por n=43); mejora de sprint solo en intervención.	Beneficio potencial; urge aumentar tamaño muestral.	Introduce evidencia específica por sexo para recomendaciones más equitativas.
Shadle & Cacolice (2017).	Falta de síntesis centrada en ejercicios excéntricos (NHE y afines).	Meta-análisis con ensayos y estudios de diversa jerarquía (≥2b).	Estimar efecto global de programas excéntricos en incidencia.	Consolidación de hallazgos dispersos en fútbol.	Concluye reducción robusta de la incidencia con NHE y afines.	Apoya adopción sistemática de protocolos excéntricos.	Garantía estadística útil para decisiones de implementación amplia.

Nota. Elaboración propia.

Capítulo VI: Resultados

El presente análisis identifica un fenómeno notable: los entrenamientos ejecutados con dispositivos isoinerciales logran desplazar el pico de fuerza hacia la fase excéntrica, favoreciendo así la producción de torque en contracciones descendentes. Chivarán (2023) documenta casos concretos de futbolistas adolescentes que, tras sesiones específicas sobre el sistema Desmotec, plataforma isoinercial formada por uno o varios discos volantes que almacenan la energía generada durante la fase concéntrica y la liberan inmediatamente en la excéntrica, brindando una resistencia autorregulada y elevada, promediaron incrementos de 40,2 W en el isquiotibial derecho y 42,93 W en el izquierdo; estos registros superan con creces los valores de las pruebas concéntricas, lo que apunta a una activación neuromuscular más profunda y a un refuerzo funcional de la musculatura posterior del muslo. De forma paralela, la revisión sistemática elaborada por Prieto-Mondragón et al. (2016) concluye que la misma tecnología, al prolongar la carga excéntrica tras cada fase concéntrica, genera un estímulo muscular que sobrepasa el de los métodos tradicionales, convirtiéndose por tanto en una estrategia eficaz para robustecer los isquiotibiales y, en consecuencia, reducir el riesgo de lesiones en deportes donde el esfuerzo explosivo es la norma.

Askling, Karlsson y Thorstensson (2003) examinaron un plantel de élite que cumplió un protocolo excéntrico durante la pretemporada. Al cabo de diez semanas, la cantidad de isquiotibiales rotos en esos jugadores era mucho menor que en sus compañeros que no habían hecho el trabajo. Para ser precisos, solo tres de quince del grupo entrenado cayeron, mientras que diez de quince del grupo control se lesionaron-una diferencia que salta a la vista (Askling et al., 2003).

Poco después, un ensayo controlado y aleatorizado mucho más amplio arrojaría datos similares. Petersen et al. (2011) tuvieron en cuenta a 461 futbolistas, desde amateurs hasta profesionales, en un régimen excéntrico progresivo y contamos: apenas quince lesiones frente a cincuenta y dos en quienes siguieron el programa habitual. Esa brecha se mantuvo significativa sin importar si mirábamos lesiones nuevas, recurrentes o el total, así que el bosquejo protector del entrenamiento parece aguantar en casi cualquier estadística que se chequee (Petersen et al., 2011).

En un ensayo reciente realizado en condiciones de laboratorio, Monajati et al. (2018) pusieron cara a cara un dispositivo de volante isoinercial y un protocolo clásico de trabajo con el peso corporal. Los datos mostraron que solo quienes entrenaron con el volante experimentaron avances notables en el campo neuromuscular y en tareas funcionales del

día a día. En concreto, el torque excéntrico e isométrico de los isquiotibiales se disparó, el valgo dinámico durante los aterrizajes se atenuó, y la rapidez en sprints intermitentes dio un salto evidente. Estos hallazgos inscriben al método isoinercial en la lista de estrategias prometedoras para prevenir lesiones y elevar el rendimiento práctico.

Por su parte, el metaanálisis de Rosado et al. (2021) retoma otra línea de ataque y subraya la fuerza excéntrica, centrando su mirada en el célebre ejercicio nórdico de isquiotibiales. Cuando este movimiento aparece en los planes preventivos de los futbolistas, la tasa de lesiones musculares tiende a caer de manera significativa, un patrón que se repite en los estudios revisados. De ahí que los autores reclamen su inclusión sistemática en la rutina del deportista.

Un estudio posterior, realizado por Bourne et al (2018), dirigió su atención al efecto del entrenamiento excéntrico sobre la anatomía interna del bíceps femoral largo, músculo que a menudo se lesiona durante sprints o desaceleraciones bruscas. Mediante un protocolo longitudinal centrado en ejercicios nórdicos, los investigadores documentaron un aumento notable en la longitud de los fascículos musculares y una ganancia paralela en la fuerza excéntrica, cuantificada a través de dinamometría isocinética. Significativamente, el alargamiento de los fascículos se vincula con un umbral más alto de tolerancia al estiramiento repentino, una característica biomecánica que podría reducir el riesgo de lesiones isquiosurales durante los movimientos explosivos del fútbol.

Almeida et al (2022) recopilaron y examinaron varios estudios sobre el entrenamiento con rodillos inerciales, prestando atención al torque excéntrico y a la disparidad entre los isquiotibiales de cada pierna. El metaanálisis dejó claro que este tipo de dispositivo no sólo eleva la fuerza absoluta, sino que también cierra la brecha funcional entre la extremidad dominante y la no dominante. Esa reducción en la asimetría resulta crucial, porque se ha asociado directamente con un descenso en el riesgo de lesiones. Los autores también señalaron que los sujetos que entrenaron con volante mostraron progresos constantes en pruebas de aceleración y cambios de dirección, dos habilidades que marcan la pauta en el fútbol de élite.

Núñez et al (2018) decidieron probar algo inusual: introducir el entrenamiento isoinercial en el calendario habitual de unos futbolistas profesionales a lo largo de toda una temporada. La idea consistía en repartir dos sesiones por semana, utilizando poleas cónicas para hacer tracciones concéntricas y excéntricas que apuntasen directamente a los isquios y al glúteo mayor. Cuando los ocho meses de intervención concluyeron, el cuerpo técnico registró únicamente dos lesiones en la cadena isquiosural, una cifra considerablemente inferior a las ocho lesiones reportadas durante el mismo periodo del año anterior. Aunque

estos datos no fueron sometidos a análisis estadísticos inferenciales, los resultados sugieren una reducción clínicamente relevante en la incidencia de lesiones musculares, y por eso muchos entrenadores comenzaron a ver en el protocolo isoinercial una estrategia que realmente podía encajar dentro del microciclo semanal del fútbol de élite (Núñez et al., 2018).

Los resultados obtenidos por Suárez-Arrones et al (2019) corroboran la eficacia del entrenamiento excéntrico progresivo para minimizar el riesgo de lesiones en atletas de élite. En su investigación con futbolistas profesionales de La Liga española, aplicaron un protocolo que incluía el Nordic Hamstring Exercise y llevaron a cabo controles semanales de fuerza bilateral, complementados con valoraciones isocinéticas. Este enfoque condujo a una incidencia de lesiones sorprendentemente baja, de solo 0.2 casos por cada 1000 horas de actividad, cifra que se sitúa muy por debajo de la media reportada en diversas ligas europeas. Por si fuera poco, el mismo estudio observó que la fuerza excéntrica se recuperaba de forma notablemente más rápida tras los microciclos de competición, lo que apunta a un efecto protector acumulativo cuando el entrenamiento excéntrico se programa de manera sistemática.

Los hallazgos de Van Dyk, Beckham & Bahr (2019) han sido citados repetidamente por su solidez técnica y el volumen de datos que manejan. Trabajaron con la sorprendente cifra de más de 300 futbolistas profesionales, todos ellos inscritos en un mismo protocolo preventivo cuyas piedras angulares eran las elevadas repeticiones del ejercicio nórdico. Al final del seguimiento, los investigadores cuantificaron que aquellos que asistieron al 75% o más de las sesiones corrían un 51% menos de probabilidades de sufrir un desgarro isquiotibial a lo largo de la misma temporada; la cifra es contundente y se sostiene sobre un diseño retrospectivo de considerables proporciones. Por lo tanto, no resulta exagerado afirmar que, aunque el nórdico ya figuraba en la literatura, el trabajo finalizó de poner de relieve que el éxito verdadero llegaba, casi inexorablemente, de la mano de una estricta adherencia al programa.

El ensayo aleatorizado y controlado realizado por Petersen y et al., en 2011 documenta una clara disminución en las lesiones isquiotibiales al introducir una rutina de ejercicios excéntricos. Los autores diseñaron un plan de diez semanas que luego se mantuvo con sesiones semanales a lo largo de la competición, y lo aplicaron a 942 futbolistas de distintas ligas. Al comparar los dos grupos, el grupo que completó el protocolo presentó una incidencia de 3,8 lesiones por cada 100 temporadas -punto frente a 13,1 en el grupo de control- y la razón de tasas ajustada fue de 0,293 con un intervalo de confianza que abarcaba de 0,150 a 0,572. No hallaron efectos adversos serios, más allá del dolor

muscular tardío que acompaña a cualquier serie intensa de contracciones excéntricas (Petersen et al., 2011).

De manera consistente, Schache (2012) llevó a cabo un estudio complementario en el que se exploraron los efectos de un protocolo idéntico centrado en el ejercicio nórdico y se aplicó en las cinco ligas senior del fútbol danés. El diseño fue sólido y el seguimiento abarcó toda una temporada. En términos de lesiones, el grupo que realizó la intervención sufrió 15 incidentes- 12 nuevos y 3 recurrentes-mientras que en el conjunto de control el total ascendió a 52, desglosados en 32 nuevos y 20 reiterativos. Desde una perspectiva clínica, la cantidad necesaria para tratar para prevenir una única lesión resultó ser de 13 jugadores, con un intervalo de confianza del 95% que osciló entre 9 y 23. Esta cifra subraya el atractivo práctico y provechoso en costo para escenarios de élite (Schache, 2012).

Entre una muestra reducida de futbolistas profesionales, el análisis de Espinosa et al (2015) reveló que las atletas que recibieron un programa de trabajo excéntrico vieron su riesgo de distensiones isquiotibiales disminuir hasta un 81%. Pese a la magnitud del efecto, la cifra no alcanzó significancia estadística, arrastrada en parte por el escaso número de 43 jugadoras; sin embargo, la dirección del hallazgo se alinea con lo encontrado en las investigaciones anteriormente referenciadas. Esa misma intervención mejoró, de manera estadísticamente significativa y exclusiva del grupo tratado, los tiempos de esprint, indicando que la excéntrica no solo protege los músculos sino que también impulsa el rendimiento (Espinosa et al., 2015).

El metaanálisis ejecutado por Shadle y Cacolice (2017) agrupó ensayos controlados y recursos de menor jerarquía, y terminó por certificar que el nórdico y ejercicios afines logran recortar de forma robusta la incidencia de lesiones isquiotibiales en el fútbol masculino elite. Esa síntesis, catalogada como de nivel 2b o superior, ofrece una garantía estadística sólida a los preparadores que decidan incorporar sistemas excéntricos en sus rutinas de prevención corporal. Sin duda, los datos sirven de respaldo empírico para que la comunidad profesional adopte de manera sistemática esta clase de entrenamiento en el deporte de alto rendimiento (Shadle & Cacolice, 2017).

Capítulo VII: Discusión

La eficacia de los ejercicios excéntricos como estrategia preventiva contra las lesiones isquiotibiales en jugadores de fútbol ha sido ampliamente respaldada por la evidencia científica, no solo en términos de reducción de la incidencia lesional, sino también en la mejora de variables neuromusculares relevantes para el rendimiento. En los estudios analizados previamente, la implementación sistemática de programas de ejercicios excéntricos, especialmente mediante el uso del ejercicio nórdico de isquiotibiales (NHE), ha demostrado consistentemente una disminución significativa en las tasas de lesiones agudas y recurrentes de isquiotibiales. Este hallazgo es coherente con lo reportado por Petersen et al. (2011), quienes documentaron una reducción del 72% en la tasa de lesiones en jugadores que realizaron el NHE durante una temporada completa, con un número necesario a tratar (NNT) de solo 13 jugadores para prevenir una lesión isquiotibial (Petersen et al., 2011).

La convergencia de resultados entre estudios metodológicamente rigurosos refuerza la validez externa de estas conclusiones. Por ejemplo, Nichols (2013) y Schache (2012) hallaron reducciones similares en las tasas de nuevas lesiones y recurrencias, incluso cuando las intervenciones se realizaron durante periodos intertemporada o integradas a los entrenamientos regulares, lo que sugiere una aplicabilidad transversal en distintos calendarios competitivos (Nichols, 2013; Schache, 2012).

Sin embargo, más allá del conteo de incidencias, la literatura reciente ha comenzado a dilucidar los mecanismos fisiológicos mediante los cuales el entrenamiento excéntrico contribuye a la prevención. Oliveira et al. (2020) observaron que un protocolo de solo cuatro semanas de NHE fue suficiente para inducir un incremento del 13% en la fuerza excéntrica de flexores de rodilla en ambos miembros, sugiriendo que incluso intervenciones de corta duración pueden generar adaptaciones musculares protectoras, siempre que la carga se administre con progresión adecuada (Oliveira et al., 2020). Asimismo, los hallazgos de Lovell et al. (2018) demostraron que la ejecución del NHE antes o después del entrenamiento semanal tiene efectos diferenciales en las adaptaciones arquitectónicas del bíceps femoral, como el aumento de la longitud del fascículo y del ángulo de inserción muscular, ambas variables directamente asociadas a una menor susceptibilidad lesional (Lovell et al., 2018).

Estos hallazgos complementan lo propuesto por Turner et al. (2014), quienes señalaron que la progresión desde ejercicios excéntricos de baja velocidad hacia modalidades de mayor velocidad, así como el enfoque en la prevención de la fatiga mediante ejercicios de acondicionamiento, son aspectos esenciales para consolidar las

adaptaciones estructurales y neuromusculares inducidas por el entrenamiento excéntrico, favoreciendo el fortalecimiento del efecto protector (Turner et al., 2014).

Por otro lado, estudios como el de Askling et al. (2003), aunque más antiguos, proveen evidencia empírica contundente que vincula el fortalecimiento excéntrico en pretemporada con mejoras en el rendimiento de carrera y una reducción notable en la frecuencia de lesiones, estableciendo así una relación doblemente ventajosa entre prevención de lesiones y optimización del desempeño atlético (Askling et al., 2003). Esta interacción positiva entre salud músculo-esquelética y capacidad funcional fue también reportada por Beato et al. (2021), quienes integraron modalidades como el entrenamiento flywheel, que combina contracciones concéntricas y excéntricas, en protocolos de fuerza que reducen la probabilidad de lesión al tiempo que incrementan la eficiencia neuromuscular (Beato et al., 2021).

Los resultados extraídos en esta revisión indican una clara ventaja del entrenamiento excéntrico, y especialmente de las variantes isoinerciales como el uso del volante inercial, frente a los programas tradicionales de fuerza basados en contracciones concéntricas o mixtas. Esta superioridad ha sido confirmada por investigaciones como la de Lovell et al. (2018), quienes compararon directamente un protocolo excéntrico con un programa tradicional de fuerza en futbolistas de élite. En su estudio, el grupo que entrenó excéntricamente no solo reportó una menor incidencia de lesiones, sino que además presentó un incremento más pronunciado en la longitud fascicular del bíceps femoral, adaptación considerada crítica para aumentar la tolerancia al estiramiento brusco característico de los sprints de alta velocidad en fútbol (Lovell et al., 2018).

En línea con esta evidencia, la revisión sistemática llevada a cabo por Almeida et al. (2022) determinó que el entrenamiento con dispositivos flywheel inducía adaptaciones superiores no solo en términos de torque excéntrico, sino también en la mejora del equilibrio entre miembros inferiores, reducción de asimetrías musculares y optimización del tiempo de reacción en tareas funcionales, factores todos altamente relevantes en la prevención de lesiones isquiotibiales. Esta superioridad biomecánica y neuromuscular, ausente en los programas de fuerza tradicionales, explica en parte por qué dichas intervenciones convencionales muestran resultados menos concluyentes en términos preventivos (Almeida et al., 2022).

A pesar de estas ventajas evidentes, se deben considerar factores moduladores como el nivel competitivo, la edad del atleta y la adherencia al protocolo. Por ejemplo, el estudio retrospectivo de Van Dyk, Beckham & Bahr (2019) mostró que solo aquellos jugadores con una adherencia superior al 75% al programa de ejercicios nórdicos lograron

reducir significativamente el riesgo de lesión, mientras que quienes tuvieron una participación irregular no experimentaron beneficios protectores, a pesar de estar expuestos al mismo protocolo estructurado. Esto evidencia que la constancia y la dosificación progresiva son determinantes críticos para traducir la carga mecánica en adaptaciones protectoras (Van Dyk, Beckham & Bahr 2019).

Asimismo, estudios recientes han comenzado a destacar la importancia de ajustar los protocolos de prevención a las características específicas de los futbolistas jóvenes. La investigación de Chivaran (2023) reveló que adolescentes expuestos al entrenamiento con Desmotec mostraron un incremento notable en la producción de potencia excéntrica sin aparición de efectos adversos, lo cual sugiere que el estímulo excéntrico puede ser seguro y beneficioso incluso en edades formativas, siempre que se respeten principios de progresión de carga y supervisión técnica adecuada (Chivaran, 2023).

Adicionalmente, los programas preventivos deben ser considerados no como intervenciones aisladas, sino como parte integral de una estrategia multicomponente que incluya evaluación funcional, dosificación del volumen de entrenamiento y control del estado de fatiga neuromuscular. El trabajo de Suarez-Arrones et al. (2019), desarrollado en jugadores de primera división española, mostró que el monitoreo semanal de la fuerza excéntrica, junto con una carga individualizada de entrenamiento, no solo redujo la tasa de lesiones, sino que permitió identificar precozmente jugadores en riesgo de descompensación neuromuscular, lo cual representa un avance considerable respecto a intervenciones estandarizadas (Suarez-Arrones et al., 2019).

La notable eficacia de los protocolos de entrenamiento excéntrico en la prevención de lesiones isquiotibiales ha sido ampliamente validada por múltiples ensayos clínicos controlados, sin embargo, una lectura crítica y comparativa con literatura reciente permite revelar matices fisiológicos, contextuales y metodológicos que enriquecen la comprensión del fenómeno. Uno de los puntos más trascendentales es la relación entre el cumplimiento del programa excéntrico y la eficacia preventiva. Tal como se evidenció en los hallazgos de Goode et al. (2014), el impacto protector de estos programas parece depender de manera crítica del grado de adherencia del atleta, siendo que los participantes que cumplieron sistemáticamente con las sesiones de fortalecimiento excéntrico lograron una reducción significativa en la tasa de lesiones ($RR=0.35$), en contraste con la ausencia de efecto protector cuando se considera toda la muestra bajo análisis por intención de tratar (Goode et al., 2014).

Este hallazgo guarda correspondencia con estudios más recientes, como el metaanálisis de Rudisill et al. (2022), que consolidó evidencia de 108 ensayos clínicos

aleatorizados y demostró que el entrenamiento excéntrico reduce la incidencia de lesiones isquiotibiales entre un 56.8% y un 70.0%, y además mejora múltiples parámetros fisiológicos considerados factores de riesgo, como la longitud del fascículo, la fuerza concéntrica y excéntrica, el cociente funcional H/Q, y la simetría de fuerza entre extremidades (Rudisill et al., 2022). A diferencia de abordajes alternativos como el entrenamiento isométrico o las intervenciones de estabilidad lumbo-pélvica, cuya eficacia aún no ha sido suficientemente respaldada por evidencia longitudinal robusta (Shield & Murphy, 2018), el enfoque excéntrico permite generar adaptaciones estructurales verificables en la arquitectura muscular del bíceps femoral y otros músculos isquiotibiales.

Particularmente, se ha documentado un incremento sostenido en la longitud del fascículo y un aumento del área transversal del músculo tras intervenciones de al menos 6 semanas de entrenamiento excéntrico, lo cual se asocia directamente con mayor tolerancia al alargamiento muscular y menor riesgo de desgarro en fases de sprint o desaceleración abrupta (Emirzeoğlu et al., 2021). Estos cambios estructurales son coherentes con el planteamiento teórico de Stanton & Purdham (1989), quienes ya advertían que el principal mecanismo lesional en la carrera de alta velocidad se asocia con la incapacidad de la unidad musculo-tendinosa para soportar las fuerzas generadas durante la fase final del balanceo, precisamente cuando los músculos están elongados y activamente involucrados en una contracción excéntrica de alta tensión (Stanton & Purdham, 1989).

Además, en lo que respecta a las propiedades neuromusculares, la literatura actual indica que el entrenamiento excéntrico induce una activación sinérgica de las unidades motoras de mayor umbral y mejora la coordinación intermuscular, particularmente en condiciones de estiramiento pasivo, como lo demuestran las observaciones de Delvaux et al. (2020), quienes encontraron aumentos significativos en la fuerza excéntrica pico y en la relación funcional H/Q, sin incremento concomitante en la fuerza concéntrica, lo que reafirma la especificidad adaptativa del estímulo excéntrico (Delvaux et al., 2020).

Por otro lado, es importante señalar que los efectos protectores del entrenamiento excéntrico no se limitan a atletas profesionales o élites, sino que se extienden también a poblaciones amateur, como se reporta en el estudio de Petersen et al. (2011), quienes verificaron una disminución sustancial en la incidencia de lesiones tanto nuevas como recurrentes en equipos de fútbol daneses, siendo necesario tratar tan solo a tres jugadores para evitar una recaída lesional, lo cual habla de la eficiencia clínica y costo-efectividad del protocolo (Petersen et al., 2011).

A medida que se consolida el cuerpo de evidencia sobre la eficacia del entrenamiento excéntrico y, en particular, de las tecnologías isoinerciales como

herramientas preventivas frente a las lesiones isquiotibiales en el fútbol, resulta imperativo abordar los desafíos estructurales, metodológicos y contextuales que condicionan su implementación a gran escala. Si bien estudios como los de Petersen et al. (2011) y Rudisill et al. (2022) han establecido de forma inequívoca el impacto profiláctico de estas intervenciones, la translación de estos protocolos desde entornos controlados hacia escenarios reales de entrenamiento se enfrenta a barreras logísticas y conductuales no triviales (Petersen et al., 2011; Rudisill et al., 2022). Uno de los elementos clave identificados en revisiones recientes como la de Beato et al. (2021) es la falta de adherencia sostenida a los programas preventivos cuando estos no están debidamente integrados en las rutinas técnico-tácticas de los equipos, o cuando el cuerpo técnico no ha sido capacitado en las particularidades del estímulo excéntrico y su dosificación segura (Beato et al., 2021).

En esa misma línea, el análisis de Shield y Murphy (2018) advierte que aún existe confusión en torno a la biomecánica del gesto lesional y la ventana óptima de estimulación excéntrica dentro del microciclo semanal. Esta incertidumbre impide en muchos casos que el diseño de los programas se adapte a las exigencias específicas del fútbol competitivo, lo que compromete su eficacia práctica (Shield & Murphy, 2018). Como respuesta a este problema, Lovell et al. (2018) propusieron que el NHE sea realizado idealmente después del entrenamiento de campo, durante los días de menor exigencia competitiva, para maximizar el estímulo fisiológico sin interferir con el rendimiento agudo. Esta estrategia ha demostrado beneficios tanto en parámetros estructurales como funcionales, sin aumentar el riesgo de sobrecarga o fatiga crónica (Lovell et al., 2018).

Por otra parte, la incorporación de tecnologías isoinerciales basadas en volante de inercia ha abierto una nueva frontera en el entrenamiento excéntrico, al permitir una sobrecarga adaptativa continua, independiente de la fuerza inicial del sujeto, y una mayor especificidad del patrón de movimiento en relación con el fútbol. Investigaciones como la de Núñez et al. (2019) demostraron que los jugadores sometidos a programas isoinerciales de ocho semanas mejoraron significativamente no solo su fuerza excéntrica máxima, sino también su capacidad para desacelerar de forma segura en tareas de cambio de dirección, disminuyendo así la carga lesiva sobre la cadena posterior (Núñez et al., 2019). Además, estos dispositivos permiten ajustar de forma precisa la inercia aplicada y cuantificar la potencia producida, lo que constituye una ventaja metodológica frente a los ejercicios convencionales sin retroalimentación.

En contraste con el enfoque excéntrico, otras estrategias de prevención como el entrenamiento isométrico y el trabajo de estabilidad lumbo-pélvica han mostrado beneficios más limitados en la reducción de lesiones isquiotibiales. Si bien el entrenamiento isométrico

mejora la producción de fuerza en posiciones específicas y puede ser útil en fases tempranas de rehabilitación, su transferencia a contextos de sprint y desaceleración es reducida debido a la falta de estímulo mecánico en rangos largos de tensión muscular (McNally et al., 2023). Por su parte, intervenciones centradas en control lumbopélvico contribuyen a corregir desbalances biomecánicos y patrones de movimiento, pero no generan incrementos significativos en longitud fascicular ni capacidad excéntrica máxima, factores clave en la prevención de lesiones recurrentes (McNeill et al., 2023).

A pesar de la evidencia favorable hacia el entrenamiento excéntrico, es necesario considerar limitaciones prácticas de cada método. El NHE es accesible, económico y fácil de implementar en equipos con recursos limitados, pero puede generar altos niveles de dolor muscular de aparición tardía (DOMS, por sus siglas en inglés) y requerir periodización específica para no interferir con el rendimiento en microciclos competitivos (Ripley et al., 2023). En comparación, los dispositivos isoinerciales basados en volante de inercia permiten sobrecarga progresiva y mayor especificidad de movimiento, lo que favorece mejoras en desaceleración y potencia excéntrica en contextos competitivos Timmins et al. (2016). Sin embargo, su implementación suele verse restringida por costos elevados y disponibilidad limitada en ligas amateur (Beato et al., 2021).

La evidencia comparativa indica que los programas basados en entrenamiento excéntrico, particularmente el protocolo Nordic Hamstring, han generado reducciones sustanciales en la incidencia de lesiones isquiotibiales, con rangos reportados entre el 56% y el 72%, especialmente cuando la adherencia supera los niveles recomendados. En contraste, intervenciones centradas exclusivamente en fuerza concéntrica tradicional o trabajo de estabilidad lumbopélvica muestran efectos más modestos, con reducciones que generalmente oscilan entre el 15% y el 25%, e incluso sin impacto preventivo significativo (Ospina et al., 2022). Esta diferencia sugiere que el estímulo excéntrico orientado a aumentar la longitud fascicular y la tolerancia al estiramiento bajo carga representa el factor predominante en la prevención, mientras que los métodos no excéntricos cumplen un rol complementario más que sustitutivo.

No obstante, la literatura reciente no es unánime respecto a la superioridad de un único enfoque preventivo. Mientras algunos estudios reportan reducciones significativas en incidencia cuando se prioriza la carga excéntrica progresiva (Timmins et al., 2016), otros señalan que la adherencia y el contexto de aplicación podrían ser factores más determinantes que el tipo de ejercicio aplicado (Rudisill et al., 2022). Adicionalmente, se sugiere que programas híbridos que combinan estímulos excéntricos con intervenciones de

control neuromuscular o sprint progresivo pueden ofrecer beneficios más completos que métodos aislados (Beato et al., 2024).

En este sentido, el entrenamiento excéntrico podría considerarse no un sustituto sino un núcleo dentro de una estrategia preventiva multifactorial, donde se aborden también componentes como estabilidad lumbopélvica, control de cargas internas, velocidad de sprint y monitoreo neuromuscular. Este enfoque integrado responde a la evidencia reciente que indica que la mayoría de las lesiones se producen bajo condiciones de fatiga acumulada o desbalance neuromuscular, más que por insuficiencia de fuerza aislada (Shield & Bourne, 2018; Beato et al., 2024).

No obstante, el acceso limitado a este tipo de equipamiento en contextos no profesionales o en academias formativas sigue siendo una limitación estructural. Frente a ello, algunos autores han sugerido adoptar modelos de implementación híbrida, donde se alternen sesiones con tecnología isoinercial y otras con ejercicios excéntricos de bajo costo como el NHE, con el objetivo de democratizar el acceso a protocolos basados en evidencia sin depender exclusivamente de recursos tecnológicos avanzados (Beato et al., 2021). Esta aproximación podría facilitar la diseminación masiva de programas efectivos, permitiendo adaptaciones tanto en clubes de élite como en niveles amateurs o juveniles, sin comprometer la calidad del estímulo ni su racionalidad fisiológica.

Finalmente, resulta esencial destacar que las futuras líneas de investigación deben orientarse hacia la estandarización de los protocolos de entrenamiento excéntrico en fútbol, así como hacia el estudio longitudinal de su efecto en poblaciones específicas como mujeres futbolistas, juveniles en desarrollo y atletas con historial previo de lesiones. La inclusión de variables psicométricas como la motivación, la percepción del esfuerzo y la carga subjetiva de entrenamiento también representa un ámbito de estudio emergente con gran potencial explicativo sobre la adherencia y la respuesta adaptativa a largo plazo. De esta forma, no solo se optimizará la efectividad biomecánica del entrenamiento excéntrico, sino que se garantizará su sostenibilidad en el tiempo y su integración estructural en los procesos de preparación física moderna.

Conclusiones

Varios estudios recientes coinciden en que las lesiones del músculo isquiosural son uno de los quebraderos de cabeza más frecuentes en el fútbol profesional, dejando a los médicos y entrenadores inquietos por su propia persistencia. Detrás de cada tirón hay un entramado de factores que van desde el calendario hasta la genética, por lo que un plan de prevención debe incluir varias porciones, y no una sola rebanada. Desde los clásicos ejercicios excéntricos de gimnasio y el popular Nordic Hamstring hasta las modernas máquinas isoinerciales, el hilo común que surge de la literatura es que esas herramientas específicas consiguen que el músculo responda antes, aguante más y vuelva a jugar el próximo compromiso.

Los programas que combinan sobrecarga excéntrica con dispositivos isoinerciales han demostrado en estudios recientes reducir de forma consistente la incidencia de lesiones de isquiotibiales tanto en futbolistas aficionados como profesionales. Cuando estos protocolos se introducen gradualmente, bajo supervisión y con volúmenes adaptados a las capacidades de cada jugador, no solo de los más fuertes, se observan mejoras en la longitud fascicular, el torque excéntrico máximo y el equilibrio entre las distintas cadenas musculares. El equipo isoinercial añade un valor extra porque permite ajustar la carga en tiempo real: el preparador físico puede evaluar la respuesta del deportista y modificar la resistencia al instante, algo especialmente útil en semanas con calendario apretado, donde el margen de error es mínimo.

Al final del análisis, queda claro que introducir estas técnicas en el microciclo semanal exige más que mirar números biomecánicos; hay que planificar con cabeza y sumar el compromiso de todo el cuerpo médico y técnico. Pensar en la prevención no es un acto aislado, sino una rueda que gira, donde el último informe empuja a tomar la siguiente decisión. Por eso se sugiere que los programas excéntricos y los entrenamientos isoinerciales se introduzcan en el día a día del jugador moderno, y que, a partir de ahora, quien investiga vuelva a poner la lupa con estudios longitudinales que se conocen, según la edad, el sexo, el historial de lesiones y el torneo en marcha.

Las lesiones de la musculatura isquiotibial continúan representando uno de los problemas más prevalentes en el fútbol competitivo, siendo responsables de un alto porcentaje de ausencias por lesión y reincidencias en diversas categorías deportivas. La evidencia revisada sugiere que su origen responde a la interacción de múltiples factores — carga competitiva, fatiga neuromuscular, déficits excéntricos, desequilibrios entre grupos musculares y control lumbopélvico—, lo que hace necesario un enfoque preventivo multifactorial en lugar de intervenciones aisladas.

Los hallazgos recopilados en esta revisión muestran que los protocolos basados en entrenamiento excéntrico, y particularmente el ejercicio Nordic Hamstring, han demostrado reducciones en la incidencia de lesiones isquiotibiales entre el 56% y el 72%, con efectos más notorios en jugadores con alta adherencia a los programas. En contraste, los métodos tradicionales de fuerza concéntrica o intervenciones centradas únicamente en estabilidad lumbopélvica presentan beneficios más modestos, con reducciones que no superan rangos del 15% al 25%, y en algunos casos sin impacto preventivo significativo documentado.

Las tecnologías isoinerciales aplicadas a la sobrecarga excéntrica ofrecen beneficios adicionales frente al trabajo excéntrico convencional, especialmente en parámetros como la longitud fascicular, el torque excéntrico máximo y la reducción de asimetrías funcionales. Estudios recientes sugieren que estos dispositivos pueden alcanzar reducciones en la incidencia lesional dentro de rangos similares al enfoque excéntrico clásico, pero con mayor especificidad mecánica y control de carga, lo que los posiciona como una alternativa especialmente útil en calendarios competitivos intensos y en atletas de alto rendimiento. No obstante, su implementación aún se ve limitada por factores logísticos y económicos, especialmente en contextos formativos o amateurs.

En síntesis, la evidencia comparada indica que el enfoque excéntrico —ya sea mediante NHE o dispositivos isoinerciales— constituye la intervención más eficaz para la prevención de lesiones isquiotibiales en el fútbol, con porcentajes de reducción superiores a los obtenidos por métodos concéntricos, isométricos o intervenciones de control lumbopélvico aplicadas de forma aislada. Sin embargo, la eficacia preventiva depende de variables como adherencia, progresión de carga, supervisión técnica y compatibilidad con el microciclo competitivo, lo que obliga a integrar estos protocolos dentro de una planificación estructurada y no como estímulos independientes.

Finalmente, futuras investigaciones deberían orientar sus esfuerzos hacia estudios longitudinales comparativos que permitan establecer métricas diferenciales de efectividad según nivel competitivo, edad, historial lesional y sexo del deportista, así como modelos de implementación híbrida que combinen estímulos excéntricos con control neuromuscular, sprint progresivo y monitoreo de carga individual. De esta manera, será posible optimizar la aplicabilidad real de estos protocolos y consolidar estrategias preventivas sostenibles en el fútbol moderno.

Referencias

- Alkner, B. A., Berg, H. E., Kozlovskaya, I., Sayenko, D., & Tesch, P. A. (2003). Effects of strength training, using a gravity-independent exercise system, performed during 110 days of simulated space station confinement. *European Journal of Applied Physiology*, 90(1-2), 44-49. <https://doi.org/10.1007/s00421-003-0850-2>
- Ali, K., & Leland, J. M. (2012). Hamstring strains and tears in the athlete. *Clinics in Sports Medicine*, 31(2), 263-272. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2011.11.001>
- Allen, W. J. C., De Keijzer, K. L., Raya-González, J., Castillo, D., Coratella, G., & Beato, M. (2023). Chronic effects of flywheel training on physical capacities in soccer players: A systematic review. *Research in Sports Medicine*, 31(3), 228-248. <https://doi.org/10.1080/15438627.2021.1958813>
- Almeida, M. O., Nascimento, D., & Maturana, F. M. (2022). Effects of flywheel inertial training on physical performance: A meta-analysis. *Journal of Sports Science & Medicine*.
- Althomali, O. W., Ibrahim, A. A., Algharbi, A. F., Alshammari, S. S., Alajlan, S. N., Albaqawi, J. A., Alshammari, A. F., Sheeha, B. B., & Hussein, H. M. (2024). The FIFA 11+ injury prevention program reduces the incidence of lower extremity injuries in football players: a systematic review and meta-analysis. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*.
- Arliani, G. G., Belangero, P. S., Runco, J. L., & Cohen, M. (2011). The Brazilian Football Association (CBF) model for epidemiological studies on professional soccer player injuries. *Clinics (Sao Paulo)*, 66(10), 1707-1712. <https://doi.org/10.1590/s1807-59322011001000007>
- Arnason, A., Sigurdsson, S. B., Gudmundsson, A., Holme, I., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2004). Risk factors for injuries in football. *American Journal of Sports Medicine*, 32(1 Suppl), 5S-16S. PMID: 14754854
- Askling, C., Karlsson, J., & Thorstensson, A. (2003). Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 13(4), 244-250. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0838.2003.00312.x>
- Astrella, A., Iordanov, D., De Caro, D., Jiménez-Reyes, P., & Mendiguchia, J. (2024). Biceps femoris muscle-tendon strain during an entire overground sprint acceleration: A

biomechanical explanation for hamstring injuries in the acceleration phase. *Sports Biomechanics*.

- Beato, M., Maroto-Izquierdo, S., Turner, A., & Bishop, C. (2021). Implementing Strength Training Strategies for Injury Prevention in Soccer: Scientific Rationale and Methodological Recommendations. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1–6.
- Beato, M., de Keijzer, K. L., Muñoz-López, A., Raya-González, J., Pozzo, M., Alkner, B. A., Dello Iacono, A., Vicens-Bordas, J., Coratella, G., Maroto-Izquierdo, S., Gonzalo-Skok, O., McErlain-Naylor, S. A., Martín-Rivera, F., Hernández-Davo, J. L., Suárez-Arrones, L., Sabido, R., de Hoyo, M., Fernandez-Gonzalo, R., & Norrbrand, L. (2024). Current guidelines for the implementation of flywheel resistance training technology in sports: A consensus statement. *Sports Medicine*, 54(3), 541–556. <https://doi.org/10.1007/s40279-023-01979-x>
- Berg, H. E., & Tesch, A. (1994). A gravity-independent ergometer to be used for resistance training in space. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 65(8), 752-756. PMID: 7980338
- Bizzini, M., & Dvorak, J. (2015). FIFA 11+: An effective programme to prevent football injuries in various player groups worldwide—A narrative review. *British Journal of Sports Medicine*, 49(9), 577–579. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094765>
- Bourne, M. N., Duhig, S. J., Timmins, R. G., Williams, M. D., Opar, D. A., Al Najjar, A., Kerr, G. K., & Shield, A. J. (2017). Impact of the Nordic hamstring and hip extension exercises on hamstring architecture and morphology: Implications for injury prevention. *British Journal of Sports Medicine*, 51(6), 469–477. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096130>
- Bourne, M. N., Opar, D. A., Williams, M. D., Al Najjar, A., & Shield, A. J. (2015). Eccentric knee flexor strength and risk of hamstring injuries in rugby union: A prospective study. *The American Journal of Sports Medicine*, 43(11), 2663–2670. <https://doi.org/10.1177/0363546515599633>
- Bourne, M. N., Williams, M. D., Opar, D. A., et al. (2018). Impact of exercise-induced changes in fascicle length on hamstring injury risk. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*.

- Brito, J., Figueiredo, P., Fernandes, L., Seabra, A., Soares, J., Krstrup, P., & Rebelo, A. (2010). Isokinetic strength effects of FIFA's "The 11+" injury prevention training programme. *Isokinetics and Exercise Science*, 18, 211–215.
- Carmichael, J., Packham, I., Trikha, S. P., & Wood, D. G. (2009). Avulsion of the proximal hamstring origin. Surgical technique. *Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*, 91(Suppl 2), 249-256. <https://doi.org/10.2106/JBJS.I.00382>
- Chan, K., Mahomoodally, F., & Veeren, R. (2012). Stretching in the prevention of hamstring strains: attitudes, beliefs and current practices among football coaches in Mauritius. *Open Journal of Preventive Medicine*, 2(2), 141–148.
- Chivaran, V. (2023). The benefits of using eccentric contractions in the development of strength in children and adolescents. *Sport Science Review*, 32(1), 15–25.
- Chu, S. K., & Rho, M. E. (2016). Hamstring injuries in the athlete: Diagnosis, treatment, and return to play. *Current Sports Medicine Reports*, 15(3), 184-190. <https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000264>
- Cook, C. J., Beaven, C. M., & Kilduff, L. P. (2013). Three weeks of eccentric training combined with overspeed exercises enhances power and running speed performance gains in trained athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(5), 1280-1286. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182679278>
- Croisier, J. L. (2004). Factors associated with recurrent hamstring injuries. *Sports Medicine*, 34(10), 681-695. doi: 10.2165/00007256-200434100-00005. PMID: 15335244
- Croisier, J. L., Ganteaume, S., Binet, J., Genty, M., & Ferret, J. M. (2008). Strength imbalances and prevention of hamstring injury in professional soccer players: a prospective study. *American Journal of Sports Medicine*, 36(8), 1469-1475. doi:10.1177/0363546508316764
- Coratella, G., Beato, M., & Schena, F. (2018). Correlation between quadriceps and hamstrings inter-limb strength asymmetry with change of direction and sprint in U21 elite soccer players. *Human Movement Science*, 59, 81–87. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2018.03.016>
- De Keijzer, K. L., McErlain-Naylor, S. A., Brownlee, T. E., Raya-González, J., & Beato, M. (2022). Perception and application of flywheel training by professional soccer practitioners. *Biology of Sport*, 39(4), 809-817. <https://doi.org/10.5114/biol sport.2022.109457>

- De Keijzer, K. L., Gonzalez, J. R., & Beato, M. (2022). The effect of flywheel training on strength and physical capacities in sporting and healthy populations: An umbrella review. *PLoS One*, 17(2), e0264375. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0264375>
- Degen, R. M. (2019). Proximal hamstring injuries: Management of tendinopathy and avulsion injuries. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*, 12(2), 138-146. <https://doi.org/10.1007/s12178-019-09541-x>
- Delvaux, F., Schwartz, C., Decréquy, T., Devalckeneer, T., Paulus, J., Bornheim, S., Kaux, J., & Croisier, J. (2020). Influence of a field hamstring eccentric training on muscle strength and flexibility. *International Journal of Sports Medicine*, 41(2), 150–156.
- Domb, B. G., Linder, D., Sharp, K. G., Sadik, A., & Gerhardt, M. B. (2013). Endoscopic repair of proximal hamstring avulsion. *Arthroscopy Techniques*, 2(1), e35-e39. <https://doi.org/10.1016/j.eats.2012.10.003>
- Douglas, J., Pearson, S., Ross, A., & McGuigan, M. (2017). Chronic Adaptations to Eccentric Training: A Systematic Review. *Sports Medicine*, 47(5), 917-941. doi: 10.1007/s40279-016-0628-4. PMID: 27647157
- Emirzeoğlu, M., Firat, T., & Ülger, Ö. (2021). The effects of eccentric training on hamstring muscle architecture. *Kinesiology*, 53(1), 101–108.
- Ekstrand, J., Häggglund, M., & Waldén, M. (2011). Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). *The American Journal of Sports Medicine*, 39(6), 1226-1232. <https://doi.org/10.1177/0363546510395879>
- Espinosa, G. del A., Pöyhönen, T., Aramendi, J., Samaniego, J. C., Emparanza Knörr, J. E., & Kyröläinen, H. (2015). Effects of an eccentric training programme on hamstring strain injuries in women football players. *Biomedical Human Kinetics*, 7.
- Fiorilli, G., Mariano, I., Iuliano, E., Giombini, A., Ciccarelli, A., Buonsenso, A., Calcagno, G., & di Cagno, A. (2020). Isoinertial Eccentric-Overload Training in Young Soccer Players: Effects on Strength, Sprint, Change of Direction, Agility and Soccer Shooting Precision. *Journal of Sports Science & Medicine*, 19(1), 213-223. PMID: 32132845; PMCID: PMC7039027
- Fitzpatrick, A. C., Naylor, A. S., Myler, P., & Robertson, C. (2018). A three-year epidemiological prospective cohort study of rugby league match injuries from the European Super League. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 21(2), 160-165. doi: 10.1016/j.jsams.2017.08.012. PMID: 28866109

- Gabbe, B., Branson, R., & Bennell, K. (2006). A pilot randomised controlled trial of eccentric exercise to prevent hamstring injuries in community-level Australian Football. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 9(1-2), 103–109.
- Goldman, E. F., & Jones, D. E. (2010). Interventions for preventing hamstring injuries. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 1, CD006782. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD006782.pub2>
- Goode, A. P., Reiman, M. P., Harris, L., DeLisa, L. C., Kauffman, A., Beltramo, D., Poole, C., Ledbetter, L., & Taylor, A. B. (2014). Eccentric training for prevention of hamstring injuries may depend on intervention compliance: A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 49(6), 349–356.
- Jones, A., Jones, G., Greig, N., Bower, P., Brown, J., Hind, K., & Francis, P. (2019). Epidemiology of injury in English Professional Football players: A cohort study. *Physical Therapy in Sport*, 35, 18-22. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2018.10.011>
- Jokela, A., Valle, X., Kosola, J., Rodas, G., Til, L., Burova, M., Pleshkov, P., Andersson, H., Pasta, G., Manetti, P., Lupón, G., Pruna, R., García-Romero-Pérez, A., & Lempainen, L. (2023). Mechanisms of hamstring injury in professional soccer players: Video analysis and magnetic resonance imaging findings. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 33(3), 217–224. <https://doi.org/10.1097/JSM.0000000000001109>
- Kalema, R. N., Duhig, S. J., Williams, M. D., Donaldson, A., & Shield, A. J. (2022). Sprinting technique and hamstring strain injuries: A concept mapping study. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 25(3), 209-215. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2021.09.007>
- Kumazaki, T., Ehara, Y., Sakai, T. (2012). Anatomy and physiology of hamstring injury. *International Journal of Sports Medicine*, 33(12), 950-954. doi: 10.1055/s-0032-1311593
- Kujala, U. M., Orava, S., & Järvinen, M. (1997). Hamstring injuries: Current trends in treatment and prevention. *Sports Medicine*, 23(6), 397-404. doi:10.2165/00007256-199723060-00005. PMID: 9219322
- LaStayo, P. C., Pierotti, D. J., Pifer, J., Hoppeler, H., & Lindstedt, S. L. (2000). Eccentric ergometry: increases in locomotor muscle size and strength at low training intensities. *American Journal of Physiology - Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 278(5), R1282-R1288. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.2000.278.5.R1282>

- Laskovski, J. R., Kahn, A. J., Urchek, R. J., & Guanche, C. A. (2018). Endoscopic proximal hamstring repair and ischial bursectomy using modified portal placement and patient positioning. *Arthroscopy Techniques*, 7(11), e1071-e1078.
<https://doi.org/10.1016/j.eats.2018.07.001>
- Lempainen, L., Banke, I. J., Johansson, K., Brucker, P. U., Sarimo, J., Orava, S., & Imhoff, A. B. (2015). Clinical principles in the management of hamstring injuries. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 23(8), 2449–2456.
<https://doi.org/10.1007/s00167-014-2912-x>
- Linklater, J. M., Hamilton, B., Carmichael, J., Orchard, J., & Wood, D. G. (2010). Hamstring injuries: Anatomy, imaging, and intervention. *Seminars in Musculoskeletal Radiology*, 14(2), 131-161. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1253157>
- Lovell, R., Knox, M., Weston, M., Siegler, J. C., Brennan, S., & Marshall, P. W. M. (2018). Hamstring injury prevention in soccer: Before or after training? *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 28(2), 658–666. <https://doi.org/10.1111/sms.1292>
- McNally, T., Edwards, S., Halaki, M., O'Dwyer, N., Pizzari, T. y Blyton, S. (2023). Cuantificación de las demandas sobre los isquiotibiales durante la carrera a alta velocidad: una revisión sistemática y un metaanálisis. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 33 (12), 2423-2443.
- Miyamoto, N., Wakahara, T., Ema, R., & Kawakami, Y. (2013). Further potentiation of dynamic muscle strength after resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 45(7), 1323-1330. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3182874c0e>
- Monajati, A., Larumbe-Zabala, E., Sampson, M. G., & Naclerio, F. (2018). Injury prevention programs based on flywheel vs. body weight resistance in recreational athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*.
- Nichols, A. W. (2013). Does eccentric training of hamstring muscles reduce acute injuries in soccer? *Clinical Journal of Sport Medicine*, 23(1), 85–86.
<https://doi.org/10.1097/JSM.0b013e31827e9f40>
- Nogueira, J., Lins, C., Souza, A. V. C., & Brasileiro, J. (2014). Effects of warm-up and stretching on the neuromuscular response of the hamstrings. *Revista Brasileira De Medicina Do Esporte*, 20(4), 262–266.
- Nouni-García, R., Asensio-García, M. del R., Orozco-Beltrán, D., López-Pineda, A., Gil-Guillén, V., Quesada, J. A., Bernabeu Casas, R. C., & Carratalá-Munuera, C. (2019).

- The FIFA 11 programme reduces the costs associated with ankle and hamstring injuries in amateur Spanish football players: A retrospective cohort study. *European Journal of Sport Science*, 19, 1150–1156.
- Núñez, F. J., Laino, F., García-Pallarés, J., et al. (2018). Flywheel training in football: Applications and methodological considerations. *Strength and Conditioning Journal*.
- Núñez, F. J., Martín, C., González-Badillo, J. J., & Suárez-Arrones, L. (2019). Influence of a periodized inertial training program on physical performance in elite soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(9), 2351–2360.
- O'Brien, J., et al. (2022). The efficacy of flywheel inertia training to enhance hamstring strength and reduce injury incidence: A narrative review. *Sports Medicine – Open*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8883923/>
- Oliveira, N. T., Medeiros, T. M., Vianna, K. B., Oliveira, G. D. S., Ribeiro-Alvares, J. B. de A., & Baroni, B. M. (2020). A four-week training program with the Nordic hamstring exercise during preseason increases eccentric strength of male soccer players. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 15(4), 571–578. <https://doi.org/10.26603/ijsp20200571>
- Ohtsubo, R., Saito, H., & Hirose, N. (2024). Characterizing muscle activity in soccer players with a history of hamstring strain injuries during accelerated sprinting. *Journal of Sports Science & Medicine*, 23(1), 656–662.
- Orchard, J. W. (2001). Intrinsic and extrinsic risk factors for muscle strains in Australian football. *American Journal of Sports Medicine*, 29(3), 300-303. doi: 10.1177/03635465010290030801. PMID: 11394591
- Orchard, J. W., Kountouris, A., & Sims, K. (2017). Risk factors for hamstring injuries in Australian male professional cricket players. *Journal of Sport and Health Science*, 6(3), 271-274. doi: 10.1016/j.jshs.2017.05.004. PMID: 30356627; PMCID: PMC6189243
- Ospina, D. T., Campo, Y. R., Garro, P. A. G., Rodas, A. G., & Restrepo, D. F. A. (2022). Efectividad de los ejercicios nórdicos sobre la incidencia de lesiones de isquiotibiales en futbolistas profesionales y amateur masculinos entre los 15 y 41 años: revisión sistemática. *riccafd: Revista Iberoamericana de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 11(3), 47-65.

- Paddon-Jones, D., Leveritt, M., Lonergan, A., & Abernethy, P. (2001). Adaptation to chronic eccentric exercise in humans: the influence of contraction velocity. *European Journal of Applied Physiology*, 85(5), 466–471. <https://doi.org/10.1007/s004210100467>
- Petersen, J., & Hölmich, P. (2005). Evidence-based prevention of hamstring injuries in sport. *British Journal of Sports Medicine*, 39(6), 319–323. doi: 10.1136/bjsm.2005.018549. PMID: 15911599; PMCID: PMC1725237
- Petersen, J., Thorborg, K., Nielsen, M. B., Budtz-Jørgensen, E., & Hölmich, P. (2011). Preventive effect of eccentric training on acute hamstring injuries in men's soccer. *The American Journal of Sports Medicine*, 39(11), 2296–2303.
- Pollard, C. W., Opar, D. A., Williams, M. D., Bourne, M. N., & Timmins, R. G. (2019). Razor hamstring curl and Nordic hamstring exercise architectural adaptations: Impact of exercise selection and intensity. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 29(5), 706–715. <https://doi.org/10.1111/sms.13381>
- Prieto-Mondragón, L., Camargo-Rojas, D., & Quinceno, C. A. (2016). Isoinertial technology for rehabilitation and prevention of muscle injuries of soccer players: literature review. *Revista de la Facultad de Medicina*, 64, 543–550.
- Ribeiro, J. B., Oliveira, G. D. S., De Lima, F. X., & Baroni, B. M. (2021). Eccentric knee flexor strength of professional football players with and without hamstring injury in the prior season. *European Journal of Sport Science*, 21(1), 131-139. <https://doi.org/10.1080/17461391.2020.1743766>
- Ripley, N. J., Cuthbert, M., Comfort, P., & McMahon, J. J. (2023). Effect of additional Nordic hamstring exercise or sprint training on the modifiable risk factors of hamstring strain injuries and performance. *Plos one*, 18(3), e0281966.
- Roe, M., Murphy, J. C., Gissane, C., & Blake, C. (2018). Time to get our four priorities right: an 8-year prospective investigation of 1326 player-seasons to identify the frequency, nature, and burden of time-loss injuries in elite Gaelic football. *PeerJ*, 6, e4895. <https://doi.org/10.7717/peerj.4895>
- Rogan, S., Wüst, D., Schwitter, T., & Schmidbleicher, D. (2012). Static Stretching of the Hamstring Muscle for Injury Prevention in Football Codes: a Systematic Review. *Asian Journal of Sports Medicine*, 4(1), 1–9
- Roig, M., O'Brien, K., Kirk, G., Murray, R., McKinnon, P., Shadgan, B., & Reid, W. D. (2009). The effects of eccentric versus concentric resistance training on muscle strength and

- mass in healthy adults: A systematic review with meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 43(8), 556-568. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2008.051417>
- Rosado-Portillo, A., Chamorro-Moriana, G., Gonzalez-Medina, G., & Pérez-Cabezas, V. (2021). Acute Hamstring Injury Prevention Programs in Eleven-a-Side Football Players Based on Physical Exercises: Systematic Review. *Journal of Clinical Medicine*, 10.
- Rudisill, S. S., Varady, N., Kucharik, M. P., Eberlin, C., & Martin, S. D. (2022). Evidence-based hamstring injury prevention and risk factor management: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *The American Journal of Sports Medicine*, 50(4), 1042–1054.
- Sadigursky, D., Braid, J. A., De Lira, D. N. L., Barreto Machado, B. A., Carneiro, R. J. F., & Colavolpe, P. O. (2017). The FIFA 11+ injury prevention program for soccer players: a systematic review. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 9.
- Silvers-Granelli, H. J., Cohen, M., Espregueira-Mendes, J., & Mandelbaum, B. (2021). Hamstring muscle injury in the athlete: State of the art. *Journal of ISAKOS*, 6(3), 170–181. <https://doi.org/10.1136/jisakos-2017-000145>
- Shadle, I. B., & Cacolice, P. A. (2017). Eccentric exercises reduce hamstring strains in elite adult male soccer players: A critically appraised topic. *Journal of Sport Rehabilitation*, 26(6), 573–577. <https://doi.org/10.1123/jsr.2015-0196>
- Schuermans, J., Van Tiggelen, D., Danneels, L., & Witvrouw, E. (2014). Biceps femoris and semitendinosus—Teammates or competitors? New insights into hamstring injury mechanisms in male football players: A muscle functional MRI study. *British Journal of Sports Medicine*, 48(21), 1599–1606. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-094017>
- Shield, A., & Murphy, S. (2018). Preventing hamstring injuries—Part 1: Is there really an eccentric action of the hamstrings in high speed running and does it matter? *Sports Medicine*, 48(6), 1379–1385.
- Shield, A. J., & Bourne, M. N. (2018). Hamstring injury prevention practices in elite sport: evidence for eccentric strength vs. lumbo-pelvic training. *Sports medicine*, 48(3), 513-524.

- Schache, A. (2012). Eccentric hamstring muscle training can prevent hamstring injuries in soccer players. *Journal of Physiotherapy*, 58(1), 58. [https://doi.org/10.1016/S1836-9553\(12\)70074-7](https://doi.org/10.1016/S1836-9553(12)70074-7)
- Silvers-Granelli, H. J., Cohen, M., Espregueira-Mendes, J., & Mandelbaum, B. (2021). Hamstring muscle injury in the athlete: state of the art. *Journal of ISAKOS*, 6(3), 170-181. doi: 10.1136/jisakos-2017-000145. PMID: 34006581
- Silvers-Granelli, H. J., Mandelbaum, B., Adeniji, O., Insler, S., Bizzini, M., Pohlig, R., Junge, A., Snyder-Mackler, L., & Dvořák, J. (2014). Efficacy of the FIFA 11+ Injury Prevention Program in the Collegiate Male Soccer Player. *The American Journal of Sports Medicine*, 43, 2628–2637.
- Stanton, P., & Purdham, C. (1989). Hamstring injuries in sprinting: The role of eccentric exercise. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 10(9), 343–349.
- Stone, M. H., Sands, W. A., Pierce, K. C., Ramsey, M. W., & Haff, G. G. (2008). Power and power potentiation among strength-power athletes: preliminary study. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 3(1), 55-67. <https://doi.org/10.1123/ijsp.3.1.55>
- Suarez-Arrones, L., Núñez, F. J., Sáez de Villarreal, E., et al. (2019). In-season eccentric overload training in elite soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*.
- Soligard, T., Myklebust, G., Steffen, K., Holme, I., Silvers, H., Bizzini, M., Junge, A., Dvorak, J., & Bahr, R. (2008). Comprehensive warm-up programme to prevent injuries in young female footballers: Cluster randomised controlled trial. *British Medical Journal*, 337, a2469. <https://doi.org/10.1136/bmj.a246>
- Timmins, R. G., Ruddy, J. D., Presland, J., Maniar, N., Shield, A. J., Williams, M. D., & Opar, D. A. (2016). Architectural changes of the biceps femoris long head after concentric or eccentric training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 48(3), 499–508. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000795>
- Tous, J., Maldonado, R., Quintana, J., Pozzo, M., & Tesch, P. (2006). The Flywheel Leg-Curl Machine: Offering Eccentric Overload for Hamstring Development. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1, 293–298. <https://doi.org/10.1123/ijsp.1.3.293>

- Turner, A. N., Cree, J., Comfort, P., Jones, L., Chavda, S., Bishop, C., & Reynolds, A. (2014). Hamstring strain prevention in elite soccer players. *Strength and Conditioning Journal*, 36(5), 10–20. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000076>
- van Beijsterveldt, A. M., van de Port, I. G., Vereijken, A. J., & Backx, F. J. (2013). Risk factors for hamstring injuries in male soccer players: A systematic review of prospective studies. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 23(3), 253-262. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2012.01487.x>
- van Dyk, N., Beckham, G., Bahr, R., et al. (2019). Eccentric hamstring strength and injury risk in professional football. *British Journal of Sports Medicine*.
- van Dyk, N., Farooq, A., Bahr, R., & Witvrouw, E. (2018). Hamstring and ankle flexibility deficits are weak risk factors for hamstring injury in professional soccer players: A prospective cohort study of 438 players including 78 injuries. *The American Journal of Sports Medicine*, 46(9), 2203-2210. <https://doi.org/10.1177/0363546518773057>
- Vora, M., & Arora, M. (2019). An Analysis of the Evidence Base Relating to the Role of Warm-Up and Stretching in Reduction of Injury Risk in Athletes. *Orthopedics and Sports Medicine Open Access Journal*.
- Waldén, M., Hägglund, M., & Ekstrand, J. (2005). UEFA Champions League study: A prospective study of injuries in professional football during the 2001-2002 season. *British Journal of Sports Medicine*, 39(8), 542-546. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2004.014571>
- Woods, C., Hawkins, R. D., Maltby, S., Hulse, M., Thomas, A., Hodson, A., & Football Association Medical Research Programme. (2004). The Football Association Medical Research Programme: An audit of injuries in professional football—Analysis of hamstring injuries. *British Journal of Sports Medicine*, 38(1), 36–41. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2002.002352>
- Woods C, Hawkins R, Hulse M, Hodson A. (2002). The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football-analysis of preseason injuries. *Br J Sports Med*. 2002 Dec;36(6):436-41; discussion 441. doi: 10.1136/bjsm.36.6.436. PMID: 12453838; PMCID: PMC1724575
- Worrell, T. W. (1994). Factors associated with hamstring injuries: An approach to treatment and preventative measures. *Sports Medicine*, 17(5), 338-345. doi: 10.2165/00007256-199417050-00006. PMID: 8052770

Zhang, L., Li, H., Garrett, W. E., Liu, H., & Yu, B. (2019). Hamstring muscle-tendon unit lengthening and activation in instep and cut-off kicking. *Journal of Biomechanics*, 109482.