

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
SECCIÓN DE FISIOTERAPIA

TRABAJO DE FIN DE GRADO

*Relación biomecánica de la musculatura
isquiosural con el fútbol: una revisión
bibliográfica. Estudio observacional retrospectivo
de las lesiones en el fútbol amateur canario.*

Autores:

Luis Rodríguez Pastor
Hakim Al Lal Abdel Lah

CURSO ACADÉMICO 2021-2022
CONVOCATORIA DE JULIO

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
SECCIÓN DE FISIOTERAPIA

TRABAJO DE FIN DE GRADO

*Relación biomecánica de la musculatura
isquiosural con el fútbol: una revisión
bibliográfica. Estudio observacional retrospectivo
de las lesiones en el fútbol amateur canario.*

Autores:

Luis Rodríguez Pastor
Hakim Al Lal Abdel Lah

CURSO ACADÉMICO 2021-2022
CONVOCATORIA DE JULIO

ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

Ant/Ret: Anteversión/Retroversión.
BF: Bíceps femoral.
BHlh: Cabeza larga bíceps femoral.
BI: Impacto de la pelota.
CMJ: Salto contramovimiento.
CDL: Club Deportivo Laguna.
CDM: Club Deportivo Marino.
CPA: Club Padre Anchieta.
DB: Dismetría bipodal.
DFP: Debilidad del flexor del primer dedo.
DOMS: Dolor muscular de origen tardío.
DTTP: Disfunción del tendón tibial posterior.
DU: Dismetría unipodal.
EFT: Final del lanzamiento.
EMG: Electromiografía.
EXF: Torque de contacto.
FL: Longitud de fascículo.
FTF: Federación Tinerfeña de Fútbol.
Gmed: Glúteo medio.
H/Q: Relación isquiosurales/cuádriceps.
HSI: Lesión por distensión del tendón de la corva.
LCA: Ligamento cruzado anterior.
LLI: Ligamento lateral interno.
MDT: Torque dependiente del movimiento.
MHE: Extensión máxima de cadera.
MKF: Máxima flexión de rodilla.
MUS: Torque muscular.
MVT: Torque voluntario máximo.
NHE: Ejercicio nórdico de isquiotibiales.
OST: *Overhead squat test*.
PA: Ángulo de peneación.
RM: Resonancia magnética.
RMnf: Resonancia magnética funcional.
ROM: Rango de movimiento.
RPE: Índice de estrés percibido.
RTD: Tasa de desarrollo del torque.
SJ: Salto vertical.
VVC: Varo/valgo calcáneo.
VVR: Varo/Valgo de rodilla.
WOS: *Web Of Science*.

RESUMEN

Introducción. Las lesiones del compartimento posterior del muslo (especialmente del bíceps femoral) son las más frecuentes en los futbolistas. Por ello, resulta de mucho interés abordar el análisis de los factores biomecánicos desencadenantes de las lesiones musculares en el complejo isquiosural y su prevención. El presente estudio bibliográfico se ha completado con un estudio observacional retrospectivo en equipos de fútbol de categoría regional para analizar la incidencia lesional y la posible correlación con la biomecánica descrita en la revisión.

Objetivos. Examinar la bibliografía sobre las lesiones isquiosurales y su prevención.

Material y métodos. Se realizó una revisión bibliográfica en las bases de datos PubMed, Scopus y Web Of Science, y un estudio observacional.

Resultados. Se obtuvieron 44 artículos que cumplían con los criterios de inclusión, 8 de ellos fueron seleccionados para un análisis detallado.

Conclusión. La fatiga influye directamente en la capacidad de generar fuerza, modificando el ángulo entre articulaciones y rango de movimiento de estas. El ejercicio *curl* nórdico no es un ejercicio preventivo tan efectivo como el trabajo de *sprint*. Las fuerzas ejercidas en la cinética del movimiento, tanto en el *sprint* como en el golpeo, juegan un papel importante en la optimización del rendimiento y en la reducción del riesgo de lesión.

Palabras clave. Lesiones, fútbol, factores de riesgo, isquiosurales, bíceps femoral, glúteo medio, tobillo, rodilla.

ABSTRACT

Introduction. Injuries of the posterior compartment of the thigh (especially biceps femoris) are the most common in soccer players. Thus, it is interesting to approach the analysis of the biomechanical factors that trigger muscle injuries in the hamstring complex and their prevention. This bibliographical study has been completed with a retrospective observational study in regional category soccer teams to analyse the incidence of injuries and possible correlation with the biomechanics described in the review.

Objective. Browse the literature on hamstring injuries and their prevention.

Material and methods. A bibliographic review was carried out in the PubMed, Scopus and Web Of Science databases, and an observational trial.

Results. 44 articles were obtained that met the inclusion criteria, 8 of them were selected for detailed analysis.

Conclusion. Fatigue directly influences the ability to generate force, modifying the angle between joints and their range of motion. The nordic curl exercise is not as effective and preventative exercise as sprint work. The forces exerted in the kinetics of movement, both in sprinting and striking, play an important role in optimizing performance and reducing the risk of injury.

Keywords. Injuries, soccer, risk factors, hamstrings, biceps femoris, gluteus medius, ankle, knee.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Clasificación de lesiones.....	3
2.2. Lesiones en el fútbol.....	5
2.2.1. Prevalencia.....	5
2.3. Musculatura e incidencia lesional.....	6
2.3.1. Bíceps Femoral.....	6
2.3.2. Tibial Posterior.....	8
2.3.3. Glúteo medio.....	10
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	11
3.1. JUSTIFICACIÓN	11
3.2. OBJETIVOS.....	11
3.3. MATERIAL Y MÉTODOS	12
3.4. RESULTADOS.....	15
3.5. DISCUSIÓN	29
3.6. CONCLUSIÓN.....	33
4. ESTUDIO OBSERVACIONAL	33
4.1. INTRODUCCIÓN	33
4.2. OBJETIVOS.....	34
4.3. HIPÓTESIS	34
4.4. MATERIAL Y MÉTODOS	34
4.4.1. Diseño	34
4.4.2. Muestra	35
4.4.2.1. Obtención de la muestra.....	35
4.4.2.2. Participantes.....	35
4.4.3. Toma de datos.....	36
4.5. ANÁLISIS DE DATOS	39
4.6. RESULTADOS.....	40

4.7. DISCUSIÓN	45
4.8. CONCLUSIÓN.....	48
4.9. ASPECTOS ÉTICOS Y LEGALES.....	49
4.10. MEMORIA ECONÓMICA	49
4.11. FORTALEZAS Y LIMITACIONES DEL ESTUDIO	50
BIBLIOGRAFÍA.....	52
ANEXOS	58

1. INTRODUCCIÓN

El fútbol es el deporte más popular en todo el mundo, con aproximadamente 265 millones de jugadores activos (1). Es conocido como el “Deporte Rey”, pues su leyenda y todo lo que ha conseguido generar a su alrededor y abarcar globalmente, es algo a lo que muy pocos deportes se pueden asemejar, al menos a nivel mundial y no de un país concreto. Esto se debe, en gran medida, al continuo cambio que se ha producido en la forma de jugar a lo largo de la historia. El deporte nació como un divertido juego lúdico (del que datan pruebas de que se practicaba algo similar incluso en los siglos II y III a. C.) (2), que se ha ido transformando y adquiriendo una serie de reglas (las primeras en la Universidad de Cambridge) (2), hasta posicionarse como uno de los deportes que más dinero mueve en el mundo, alcanzando cifras completamente desorbitadas en la actualidad. Con el transcurso del tiempo, los jugadores han tenido que ir adaptándose y especializándose cada vez más, tanto técnica como tácticamente, produciendo un cambio a nivel físico en ellos.

El fútbol clásico, desde sus inicios hasta los años 80 y los 90 del siglo pasado, tenía un juego tosco y era muy simple: abundaban las acciones individuales, el juego de posesión y pases era muy poco frecuente, y el desempeño táctico brillaba por su ausencia. La preparación de los futbolistas en comparación con la etapa actual contaba con menos evidencia científica y se dividía en preparación técnica y condición física. Más adelante, se incorporaron modelos tácticos hasta evolucionar a la actualidad (3).

La gran diferencia del fútbol moderno y el clásico son los sistemas de entrenamientos. Hoy en día un futbolista tiene la forma física de un atleta, el entrenamiento técnico es mucho más completo, y sigue un entrenamiento táctico, no solo en el terreno de entrenamiento, sino a través de medios tecnológicos como análisis virtuales de video, recibiendo un *feedback* con grabaciones individuales de sus partidos. Además de esto, en muchos casos se sigue una nutrición específica y controlada durante toda la semana (3).

El fútbol moderno también cuenta con factores totalmente distintos a los que se conocían en sus inicios (superficie, calzado, estilo de juego, trabajo táctico-técnico, plantillas de jugadores más amplias, intensidad en las acciones, etc) (3).

El desarrollo de este deporte se evidencia de manera sobresaliente a nivel profesional en todos los ámbitos, pues el fútbol de élite cuenta con innumerables medios y presupuestos que permite un gran avance en todos los ámbitos. Actualmente, este deporte también se ha visto influenciado por los nuevos avances en la tecnología, siendo común el implemento de nuevas herramientas como es el caso del '*big data*'. La importancia que está cobrando todo este desarrollo hace que todos los avances se intenten implementar desde las categorías inferiores.

Por ello, el papel del preparador físico y del fisioterapeuta es cada vez más importante hoy en día en este deporte, pues el avance de estas dos profesiones nos permite mejorar las capacidades y el rendimiento de los futbolistas día a día de una manera más óptima y eficiente.

En el fútbol, los individuos que integran una plantilla se convierten en deportistas obligados a satisfacer las exigencias que marcan tanto los entrenadores como los preparadores físicos de los equipos, o incluso las pautas marcadas por el propio fisioterapeuta. Hoy en día, mediante un modelo biopsicosocial, se pueden obtener mejores resultados en cuanto a rendimiento y/o recuperación por parte de los deportistas sabiendo gestionar la respuesta psiconeurobiológica de los efectos placebos, englobando el contexto general de la persona sin limitarse a observar sólo su faceta futbolística, y evitando posibles efectos nocebos desde cualquier ámbito (4).

La fisioterapia ha evolucionado en la aplicación de las técnicas y estrategias utilizadas para satisfacer las necesidades de los futbolistas. Esto ha motivado que los fisioterapeutas se involucren cada día más en el trabajo de campo, como ocurre con la fisioterapia en el fútbol, y formen parte de un equipo multidisciplinar siendo, a su vez, integrantes también del cuerpo técnico. La inclusión de los fisioterapeutas en los equipos de fútbol es relativamente nueva y cubre una serie de funciones en la planificación de la temporada, como pueden ser participar en el diseño y la aplicación de las estrategias preventivas individuales y colectivas; diseñar, elaborar y desarrollar las estrategias terapéuticas para la recuperación de lesiones, involucrando al equipo multidisciplinario en las fases correspondientes para optimizar el proceso de recuperación; asistir como profesional sanitario al deportista a nivel de campo durante

el desarrollo de la competición; y agilizar y dosificar la atención fisioterapéutica según el tiempo disponible para garantizar una buena atención al futbolista.

En el estudio de Mantilla et al. (2017), donde se comparó la dinámica de un equipo en periodo de competición, con y sin la intervención de un plan de prevención y recuperación realizado por un fisioterapeuta, se comprobó que con la figura activa del fisioterapeuta disminuye considerablemente la fatiga muscular acumulada, factor que afecta directamente al rendimiento y al riesgo de lesiones (5).

La relación entre el fisioterapeuta y el preparador físico es de vital importancia, sobre todo en el “*return to play*” del jugador a la competición. Por ello, cabe destacar lo relevante que es mantener una perfecta sincronía en la readaptación y preparación física de los jugadores del equipo, tanto en la pretemporada como ya una vez empezada la competición.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 CLASIFICACIÓN DE LESIONES

Resulta importante saber qué se conoce como lesión. Según la Real Academia Nacional de Medicina, una lesión se define como la alteración morfoestructural que los agentes patógenos, sean físicos, químicos o biológicos, causan en el organismo en cualquiera de sus niveles de organización: molecular, celular, tisular, anatómico, corporal o social. Aparte de esta definición estándar, hay diferentes estudios que sugieren distintas formas de clasificación.

En 2005, tras una investigación en el fútbol sueco (6), se propuso una división de lesiones en lesiones de sobreuso y lesiones traumáticas. Las de sobreuso se definieron como “síndrome de dolor musculoesquelético de inicio insidioso sin ningún trauma o enfermedad conocida que pudiera haber dado síntomas previos”; por otra parte, las traumáticas se subdividieron en esguinces, lesiones articulares, lesiones por distracción aguda de músculos y/o tendones, contusiones, fracturas y dislocaciones.

Actualmente, la clasificación más reciente y completa de las lesiones musculares data del año 2012, en el que tuvo lugar lo que se conoce como el ‘Consenso de Munich’

(7). En esta, las lesiones se dividen como lesiones directas o indirectas, teniendo dentro de las últimas una diferenciación entre funcionales y estructurales.

Dentro de las directas, se consideran las contusiones y las laceraciones. En cuanto a las funcionales, entran aquellas en las que, sin existir un daño macroscópico en el tejido tras pasar por una resonancia magnética (RM) o una ecografía, dan sintomatología clínica. Las tipo 1 se definen como un “trastorno muscular relacionado con el sobreesfuerzo”, englobando el trastorno muscular inducido por la fatiga (tipo 1A) y el dolor muscular de origen tardío (DOMS), coloquialmente conocido como agujetas (tipo 1B). Las tipo 2 abarcan las lesiones por trastorno neuromuscular, donde se encuentran las relacionadas con la médula espinal (tipo 2A) y con la propia musculatura (tipo 2B) (7).

En las estructurales, entran aquellas que el músculo da sintomatología clínica y, además, existe un daño macroscópico tras pasar por una RM o una ecografía. Las tipo 3 son las roturas parciales, bien de carácter menor (tipo 3A) o de carácter moderado (tipo 3B); y las tipo 4, las que presentan una rotura casi total o total del músculo, o una avulsión tendinosa (7).

Otra forma de clasificación de las lesiones musculares surge en el año 2014 (8). Se dividen según el daño estructural del 0 al 4, teniendo una subdivisión los grados del 1 al 4 dependiendo de si son miofasciales (subtipo ‘a’), musculares/músculo-tendinosas (subtipo ‘b’) o intratendinosas (subtipo ‘c’). Se considera grado 0 al dolor muscular generalizado o localizado con una RM normal o una resonancia con características de DOMS, el grado 1 son pequeñas roturas, el 2 serían roturas más notables, un grado 3 corresponde a roturas más extensas, y ya un grado 4 una rotura completa de músculo o tendón.

Cada vez se realizan más investigaciones para, de alguna manera, predecir las lesiones en el ámbito deportivo mediante modelos matemáticos empleando la regresión logística. Este puede llegar a ser un método eficaz para determinar los parámetros antropométricos que puedan suponer riesgo de lesiones en los deportistas que son más susceptibles a estas, aunque aún queda un largo camino para poder contar con esta ayuda (9).

2.2 LESIONES EN EL FÚTBOL

El fútbol es un deporte con una elevada incidencia lesional que provoca gran cantidad de días de baja. Esto ha pasado a ser el centro de atención para los clubes, tanto por las pérdidas deportivas como las económicas. Según el estudio de Ekstrand et al. (2016) (10): “Las lesiones musculares son uno de los principales problemas que enfrentan los jugadores de fútbol y representan del 20 % al 37 % de todas las lesiones con pérdida de tiempo en el nivel profesional masculino, y del 18 % al 23 % en el nivel amateur”. Dentro de las lesiones en el fútbol, las de mayor proporción y las que más días de baja causan son de tipo muscular (11), pues estas, por sí solas, constituyen casi un tercio de todas las lesiones con pérdida de tiempo en el fútbol profesional masculino (10). Asimismo, los músculos biarticulares (recto femoral, gastrocnemio o isquiotibiales) son los más susceptibles a las lesiones inducidas por estiramiento (12).

2.2.1 PREVALENCIA

La literatura apunta al muslo como localización más común de lesiones en este deporte. En el muslo diferenciamos dos zonas, anterior y posterior. Según varias investigaciones, la parte posterior de la pierna tiene un índice lesional significativamente mayor que la parte anterior (67 % frente a 33 %) (11), siendo los músculos isquiosurales los más prevalentes (1, 13, 14). Incluso se expone que las lesiones de isquiosurales representan un 37 % de las lesiones musculares de miembro inferior y un 29 % del total de lesiones deportivas (15).

Dentro de una temporada de fútbol, las lesiones traumáticas y las distensiones isquiosurales son las más frecuentes en el periodo de competición, mientras que las lesiones por sobreuso o traumatismo de repetición son las frecuentes en pretemporada. En cuanto a su cronología, las incidencias lesionales durante el entrenamiento y los partidos se mantienen estables sin diferencias significativas entre temporadas (14).

La incidencia lesional en el transcurso del partido de fútbol muestra una tendencia creciente según el avance de los minutos en ambas mitades (14). En diversas investigaciones se llega a especular sobre el rol de la fatiga como factor predecesor a la lesión (1, 12, 14, 16), además de su repercusión en la capacidad de absorción de energía del músculo, evidenciando que un músculo fatigado absorbe menos cantidad de energía que uno no fatigado y que “un músculo con mayor capacidad de absorción

de energía tiene más capacidad de evitar un mayor estiramiento que produce una lesión” (12). Los estudios sobre demandas físicas en este deporte demuestran que la fatiga se desarrolla hacia el final del partido, reduciéndose las acciones de alta intensidad y el rendimiento técnico (1, 14).

2.3 MUSCULATURA E INCIDENCIA LESIONAL

2.3.1 BÍCEPS FEMORAL

Si analizamos cronológicamente las patologías isquiosurales en el mundo del fútbol, nos encontramos con que la tasa de lesiones en los partidos es mayor que en la de entrenamientos. La tasa lesional en entrenamientos ha aumentado desde el 2001, mientras que las tasas relacionadas con los partidos se han mantenido estables (17). Un motivo puede ser el enfoque actual de los entrenamientos, los cuales incluyen más acciones de alta intensidad replicando el estilo de juego moderno (correr a alta velocidad con un mayor número de aceleraciones y desaceleraciones, aumentando el riesgo de lesión en isquiosurales) (15). Existen estudios que muestran una correlación directa entre las lesiones isquiosurales y la carrera a alta intensidad (1, 14), concluyendo que la incidencia lesional en estos fue baja durante el período de pretemporada, mientras que se duplicó o triplicó durante la temporada competitiva, cuando se juegan los partidos de alta intensidad (14).

El bíceps femoral (BF) está implicado en multitud de acciones explosivas ejecutadas durante un partido. Según múltiples análisis, es el músculo que mayor registro de lesiones acumula (11, 13, 16).

El BF es un músculo de la región posteroexterna del muslo. Forma parte del compartimento posterior compuesto por los denominados músculos isquiotibiales o isquiosurales (bíceps femoral, semimembranoso y semitendinoso). Salvo la cabeza corta del bíceps, estos músculos cruzan las articulaciones de la rodilla y de la cadera. (18). La porción larga o isquiática se origina en la tuberosidad isquiática del hueso isquion (que conforma la articulación de la cadera) y en el ligamento sacrotuberoso, junto al músculo semitendinoso formando el denominado tendón conjunto o tendón de la corva (18, 19). No obstante, la cabeza corta o femoral se origina en el labio lateral de la línea áspera en el tercio medio del fémur (18, 19). Ambos vientres musculares se insertan en la cabeza del peroné, la fascia crural y la parte proximal de la tibia (19). La

cabeza larga recibe su inervación del componente tibial del nervio ciático y la cabeza corta recibe su inervación del componente peroneo común del nervio ciático (19).

Por otra parte, según el estudio de Tubbs et al. (2006) se han encontrado hallazgos novedosos en cuanto a la estructura del BF (19). Se han observado inserciones adicionales en otras estructuras como en la fascia crural y la tibia. Además, en el músculo se hallaron deslizamientos tanto medial como lateral, cada uno con un componente anterior y posterior. También se ha descrito una unión, tanto en el cóndilo lateral del fémur, como también en el tendón poplíteo y el ligamento poplíteo arqueado.

Además, se han realizado otras investigaciones sobre el origen de fibras musculares del músculo semitendinoso en la parte proximal de la cabeza larga del BF. Como bien se expone en la investigación de Farfán et al. (2021): “Las características morfológicas de esta unión tienen implicaciones funcionales. El componente horizontal del vector semitendinoso podría tirar de la cabeza larga del bíceps femoral medialmente durante su ciclo de estiramiento-acortamiento, convirtiéndolo en un factor de riesgo intrínseco para las lesiones de los isquiotibiales.” (15).

Gracias a estos hallazgos, se ha podido profundizar en el conocimiento, tanto de la anatomía, como de la función del músculo. La cabeza larga del BF se encarga de extender la cadera y estabilizar la pelvis en el plano sagital, y de la flexión y rotación externa de la rodilla; en cambio, la cabeza corta se va a encargar solamente de la rotación externa y flexión de rodilla (18).

Durante dos temporadas, Woods et al. (2004) llevó a cabo una investigación en el fútbol profesional inglés (13). En esta se recogieron datos de las lesiones durante esas temporadas, dando como resultado una media de 90 días y 15 partidos perdidos a raíz de lesiones en el bíceps femoral. Además, más de la mitad de estas lesiones fueron más frecuentes durante los partidos de competición, aumentando el riesgo al final de cada parte de juego.

Según el mismo estudio, debemos tener en cuenta el *sprint* como mecanismo principal en lesiones de isquiosurales, pues “Los mecanismos de lesión por contacto

entre jugadores fueron responsables del 7 % de las lesiones, mientras que las lesiones sin contacto fueron responsables del 91 %. Un total del 57 % de todas las distensiones de isquiotibiales se produjeron durante la carrera.”(13). Este se puede dividir en cuatro fases: i) la fase de frenado, la cual comienza cuando el pie hace el contacto inicial y termina en lo que se conoce como fase de postura media, correspondiéndole a ésta el intervalo 0-15 % del ciclo; ii) la fase de propulsión, que empieza en la fase de postura media y acaba en el despegue, siendo el intervalo 15-30 % del ciclo; iii) la siguiente fase es la de recuperación, que arranca desde el despegue terminando antes del último tercio de la fase de *swing*, suponiendo el intervalo de 30-77%; iv) por último, la fase de pre-activación, que se da en el último tercio de la fase del *swing* y termina justo cuando el pie realiza el contacto inicial (20).

Existe un gran número de artículos que evidencian la fase de *swing* tardío (*late swing phase*) durante la carrera como el momento en la cual existe una mayor activación del BF sobre el resto, siendo así la fase de la carrera con mayor susceptibilidad a la hora de producirse una lesión de dicho músculo (20-23).

Además, los isquiosurales desempeñan un rol muy importante en el control y la estabilidad dinámica de la rodilla, siendo el compartimento posterolateral catalogado como elemento crítico para la estabilidad de miembros inferiores (22). Es por ello que en relación a la exposición de fatiga durante la competición/entrenamiento, se van a generar diferentes cambios biomecánicos en la forma de correr que afectan directamente a la movilidad y estabilidad de la rodilla, llegando a sufrir variaciones tales como un aumento de la rotación externa de cadera, el valgo y la rotación interna de la rodilla, afectando a los ángulos inicial y final de la posición de estas articulaciones (24). En la investigación de Timmins et al. (2014), se pudo comprobar también, mediante actividad electromiográfica, que tras realizar varios *sprints*, la fuerza en la fase excéntrica de los isquiosurales disminuyó, al igual que la respuesta mioeléctrica del BF (25).

2.3.2 TIBIAL POSTERIOR

El músculo tibial posterior (TP) tiene una relevancia fundamental tanto estructural como funcional para el pie. Este músculo se sitúa en el compartimento posterior de la pierna, entre los músculos flexor largo de los dedos y flexor largo del primer dedo. En

su recorrido se cruza con el músculo peroneo lateral largo, ejecutando una labor muy importante en conjunto para el sostén de los arcos plantares. Este músculo recibe inervación del nervio tibial (o nervio ciático poplíteo interno), correspondiente a las ramas L4-L5 del nervio ciático (18).

El tendón del tibial posterior es el primer tendón situado en la región posterior del maléolo tibial, insertándose a modo de abanico en la cara inferior de varios huesos del tarso (cara plantar de las tres cuñas y en las bases de los II, III y IV metatarsianos); esta inserción predomina en la cara plantar y medial del hueso escafoides. Gracias a su disposición, es un estabilizador fundamental del retropié encargado de evitar el valgo de talón, participando así en mantener el arco plantar longitudinal medial (26, 27). Además, al estar situado a lo largo del eje del tobillo, actúa en la flexión de la articulación (18, 26).

La disfunción del tendón del tibial posterior (PTTD) es una causa importante y poco reconocida del dolor en la cara interna del pie, siendo la causa más frecuente de pie plano adquirido en el adulto y condicionando la discapacidad del paciente (26).

El TP es el principal inversor del talón gracias a la contracción que genera tanto a nivel proximal como distal (27, 28). Esta contracción va a permitir al tríceps sural cambiar al lado medial del eje subastragalino, por lo que cuando este se contrae se vuelve también un potente inversor del talón. Además, esta inversión de talón va a crear una oblicuidad en las articulaciones astrágalo-escafoidea y calcáneo-cuboidea, creando de este modo una rigidez en el mediopié que permite una transferencia eficiente de la energía almacenada para la fase de despegue y balanceo (28).

Una disfunción del tibial posterior da como resultado una marcha mucho menos eficiente, ya que no se logra una buena medialización del talón de manera efectiva, afectando también al complejo sural debido a que este necesitará una mejor contracción para poder realizar la inversión del talón. En caso de que no exista contracción del tibial posterior, puede que se acentúe el valgo calcáneo a la vez que el tríceps sural se convierte en una fuerza deformante (28).

2.3.3 GLÚTEO MEDIO

El glúteo medio (GMed) es considerado un músculo muy importante para la estabilización y funcionalidad de la cadera. Este se origina en la cara glútea por debajo de la cresta ilíaca, entre las líneas glúteas anterior y posterior; además, posee otras dos inserciones, una en la aponeurosis glútea y la otra en la cresta ilíaca. En cuanto a la inserción, llega al trocánter mayor mediante dos tendones, uno que se inserta en la cara supero-posterior y el otro en la cara lateral de este (18, 29, 30). Recibe su inervación del nervio glúteo superior (L4-S1), el cual tiene su origen en el plexo sacro.

El GMed es el músculo más largo de los abductores de cadera y el principal encargado de esta acción contando con todas sus fibras, ya que gracias a las inserciones mencionadas anteriormente genera el mayor brazo de momento en la abducción. Debido a la disposición de sus fibras en forma de abanico, estas se van a dividir en fibras anteriores, medias y posteriores, interviniendo las fibras anteriores en una modesta rotación interna y las fibras posteriores en una rotación externa de cadera (31). También es el encargado (junto al glúteo menor), de estabilizar la cadera durante la fase de carga en el ciclo de la marcha y, debido a su función como rotador de cadera, de que el lado opuesto de la pelvis avance hacia delante y no “caiga”, proporcionando la energía suficiente para la fase de balanceo (32, 33).

Cuando el GMed no se activa correctamente estabilizando la cadera, da como resultado la llamada desalineación dinámica, descrita como “caída de la pelvis contralateral, aducción femoral y rotación interna, valgo de rodilla, rotación interna de la tibia y una hiperpronación del pie” (33). Además, esta desalineación es bastante común en patologías como es el caso del síndrome patelofemoral, ya que el valgo dinámico puede influir en el mecanismo de lateralización de la rótula (34).

Las investigaciones apuntan que la desalineación de la rodilla se debe a la rotación interna del fémur a raíz de la debilidad de los abductores y rotadores externos de cadera, como son el caso del glúteo medio y menor de este último (34).

Según estudios de la UEFA, las lesiones de ingle y cadera en futbolistas profesionales supusieron un 25 % de las lesiones totales de la temporada 2019/2020 y las anteriores, siendo las más frecuentes las lesiones de aductores con un 64 % y los flexores de cadera/iliopsoas con un 8 % (35, 36). Por tanto, no existe una tasa elevada

de lesiones directas sobre el glúteo medio, pero sí puede estar relacionado indirectamente con otras patologías que sufren los deportistas.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. JUSTIFICACIÓN

El aumento en las demandas y exigencias a los futbolistas está cada vez más presente en el fútbol actual, influyendo en el índice de lesiones. Como se mencionó anteriormente, las lesiones en el mundo del fútbol suponen un gasto y una preocupación añadida para los clubes debido a las modificaciones y los nuevos modelos de juego.

Dentro de ellas, la evidencia muestra al compartimento posterior del muslo (músculos semitendinoso, semimembranoso y bíceps femoral), como zona con una tasa de prevalencia particularmente alta, llegando a representar el 37 % de todas las lesiones musculares (22).

Como los deportistas son un grupo de alto rendimiento, necesitan optimizar su nivel y que perdure lo más posible a lo largo de la temporada. Una lesión les limita su rendimiento y les interesa una recuperación tanto rápida como óptima y completa para evitar posibles recaídas.

Por tanto, atendiendo a las necesidades de las evidencias científicas se sugiere una revisión bibliográfica actualizada para ahondar sobre posibles factores biomecánicos desencadenantes de las lesiones musculares en el complejo isquiosural y su prevención.

3.2. OBJETIVOS

Objetivo principal de la revisión bibliográfica

- Revisar la bibliografía existente sobre la biomecánica de la carrera, su relación con la alta incidencia lesional de la musculatura isquiosural y el posible trabajo preventivo mediante la evidencia que existe de diversas propuestas de ejercicio.

Objetivos específicos de la revisión bibliográfica

- Conocer qué fuerzas influyen en la cinética del *sprint*.
- Conocer el rol de la fatiga en la incidencia lesional de los isquiosurales.
- Analizar la evidencia de distintos tipos de ejercicios para la prevención de lesiones en isquiosurales.

3.3. MATERIAL Y MÉTODOS

Se ha realizado una búsqueda bibliográfica en las siguientes bases de datos: WOS (Web of Science), Scopus y PubMed. Las palabras clave seleccionadas para esta búsqueda son los siguientes:

- Lesión, isquiosurales, fútbol, futbolistas, biomecánica, ejercicio, *sprint*.
- *Injury, hamstring, soccer, football player, biomechanics, exercise, sprint*.

Estos términos se combinaron mediante distintos operadores booleanos (*AND / OR*), creando varias ecuaciones de búsqueda que atendieran las características de nuestro objetivo.

Los criterios de inclusión y exclusión utilizados para incluir o descartar artículos y otro tipo de textos informativos fueron los siguientes:

Criterios de inclusión

- Artículos disponibles en español o inglés.
- Artículos con información actualizada (desde 2018 en adelante).
- Artículos de acceso libre.
- Artículos que muestren la incidencia lesional de los músculos isquiosurales en el fútbol o deportes similares.
- Artículos que describan el comportamiento biomecánico de los isquiosurales durante la carrera o *sprint*.
- Artículos que incluyan propuestas de ejercicio para la musculatura afectada.

Criterios de exclusión

- Artículos en idiomas distintos al español o inglés.
- Artículos con información anterior al año 2018.
- Artículos que no son de acceso libre.
- Artículos no relacionados con la incidencia lesional de la musculatura isquiosural en el fútbol o deportes similares.

- Proyectos de investigación, artículos, comentarios, etc. que no aporten resultados relevantes.

Una vez realizada la búsqueda, se procedió a una lectura general de los títulos de los resultados obtenidos y se descartaron aquellos que no tienen relación con la temática en cuestión. El siguiente paso fue la lectura del resumen, eliminando aquellos estudios que no cumplieron los criterios de inclusión. Los artículos restantes se seleccionaron dentro de posibles estudios válidos y para ello se incluyeron en una carpeta para realizar una lectura completa. En la *Figura 1* se resumen la estrategia seguida.

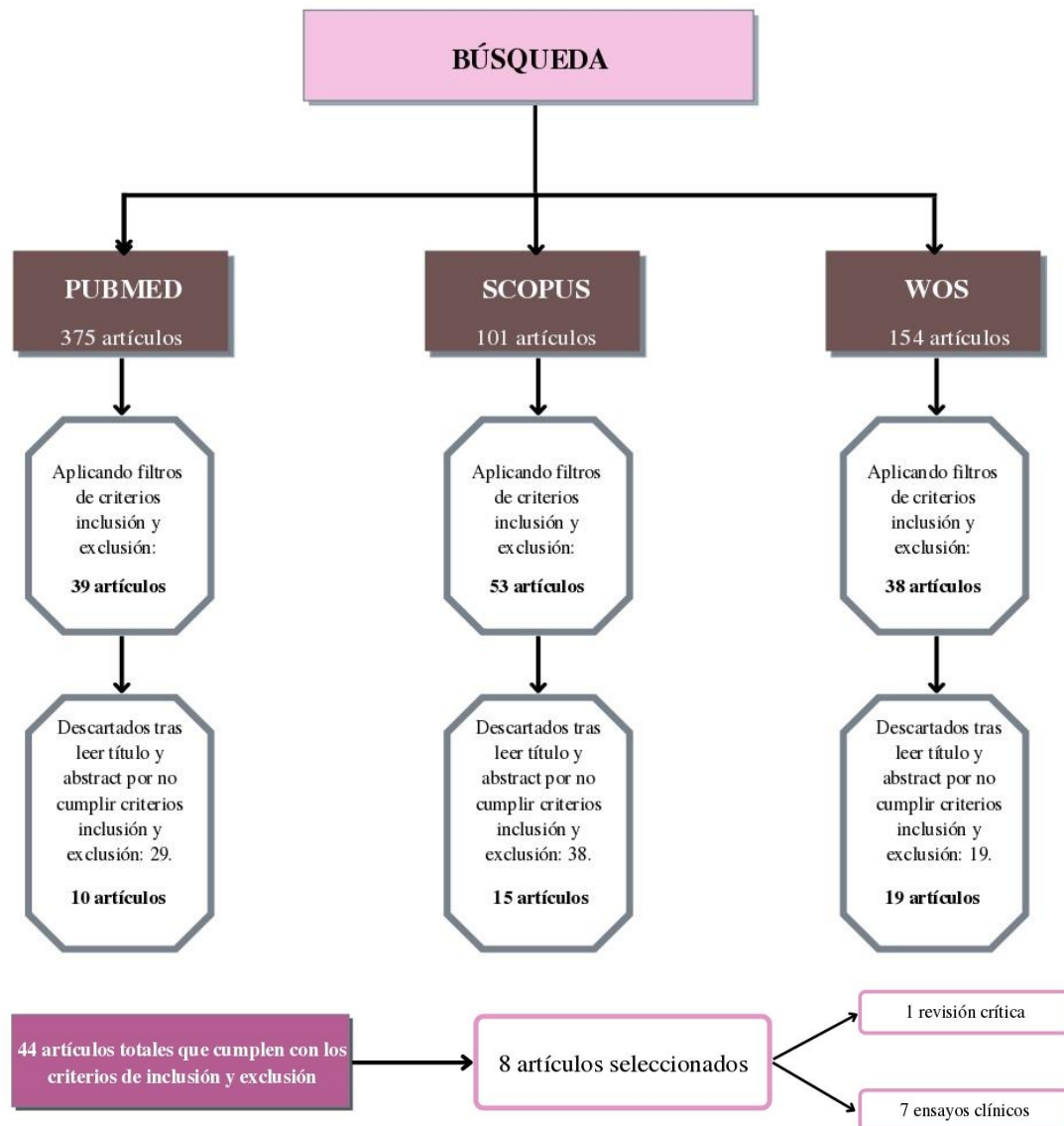


Figura 1. Diagrama de resultados de la búsqueda (elaboración propia)

- **Estrategia de búsqueda en PubMed**

En la base de datos de PubMed se seleccionó la opción de búsqueda avanzada y se incorporaron los siguientes operadores booleanos: “(*exercise OR soccer*) AND *hamstring AND injury AND biomechanics*”, obteniéndose un total de 375 artículos. A continuación, se aplicaron una serie de filtros para acotar la búsqueda. En primer lugar se estableció el de “*last 5 years*” y el de “*humans*”, limitando así la búsqueda a 134 resultados de los últimos cinco años y en los que no se intervinieron sobre animales; el siguiente fue el de “*language*”, eligiendo los idiomas “*English*” y “*Spanish*”, obteniendo 133; por último, se aplicó el filtro de “*open access*” dejando un total de 39 artículos. De estos, se seleccionaron un total de 10 artículos en base al título, de los cuales se eligieron finalmente 3.

- **Estrategia de búsqueda en Scopus**

En la base de datos se seleccionó la opción de búsqueda avanzada y se incorporaron una serie de operadores booleanos de la siguiente manera: “(*exercise OR soccer*) AND *injury AND biomechanics AND hamstring*”, consiguiendo un total de 330 artículos. A continuación, se le aplicaron una serie de filtros para acotar la búsqueda. En primer lugar se establecieron los años de búsqueda, los cuales fueron del 2018 a 2022, obteniendo un total de 101 artículos; el siguiente fue el de “*language*”, eligiendo los idiomas “*English*” y “*Spanish*”, obteniendo 101; a continuación, se excluyeron en el filtro “*subject area*” las opciones de “*engineering*”, “*environmental science*”, “*agricultural and biological science*”, “*computer science*”, “*business, management and accounting*” y “*pharmacology*”, además de excluir también la opción de “*letter*” en “*document type*”, acotando ya a 80 resultados; por último, se aplicó el filtro de “*open access*” dejando un total de 53 artículos, de los cuales se seleccionaron 15 artículos en base al título, eligiendo finalmente 3 artículos.

- **Estrategia de búsqueda en WOS (Web Of Science)**

En la base de datos WOS se realizó una búsqueda general incluyendo todos los campos. Se seleccionó la opción de búsqueda avanzada y se incorporaron una serie de operadores booleanos de la siguiente manera: “*injury AND soccer AND biomechanic AND hamstring AND (running OR sprint) AND biceps femoris*”, consiguiendo un total de 154 resultados. A continuación, se le aplicaron una serie de filtros para acotar la búsqueda. En primer lugar se establecieron los años de búsqueda, los cuales fueron del

2018 a 2022, obteniendo un total de 154 resultados; el siguiente filtro fue el de “*open access*”, obteniendo 38 resultados; por último se introdujo el filtro del idioma (“*language*”), eligiendo los idiomas “*English*” y “*Spanish*”, obteniendo 38 resultados, de los cuales se seleccionaron un total de 19 artículos en base al título para su lectura. Finalmente, tras la lectura se seleccionaron 2 artículos.

3.4. RESULTADOS

Una vez hecha la selección de artículos, se procede al análisis de sus resultados. Estos se agruparon en dos categorías distintas:

A. Biomecánica y relación con musculatura isquiosural

A.1 “Joint torque and mechanical power of lower extremity and its relevance to hamstring strain during sprint running”. Y. Zhong et al. Journal of Healthcare Engineering, 2017, páginas 1-7, <https://doi.org/10.1155/2017/8927415>

En el estudio de Zhong et al. (2017) se reclutaron ocho velocistas en 100 metros de nivel nacional con un rendimiento que oscila entre los 10,27 s y 10,80 s (37). Para observar cómo se comporta el torque de las diferentes articulaciones en la extremidad inferior, se le colocaron 57 marcadores retrorreflectantes en esta, y a 40 metros de la salida del *sprint*, una placa que recogía las diferentes fuerzas generadas por la reacción del suelo. Una vez realizado los 5-10 minutos de calentamiento, cada velocista realizó tres intentos válidos con suficientes intervalos de descanso, analizando las pruebas en las que cualquiera de los pies golpeó de manera correcta la plataforma.

En este trabajo se tuvieron una serie de consideraciones, como que las articulaciones de miembros inferiores son segmentos ligados entre sí, usando para cuantificar la dinámica el método Newton-Euler ya que permite la obtención de unas ecuaciones de velocidad y aceleración lineal y angular referida a cada articulación. En las siguientes figuras, se aprecia cual la articulación que tiene una mayor diferencia en la velocidad angular máxima en extensión y flexión, qué fuerzas fueron las más influyentes en la fase de apoyo y en la fase de balanceo y, por último, los diferentes tipos de contracción muscular en las articulaciones.

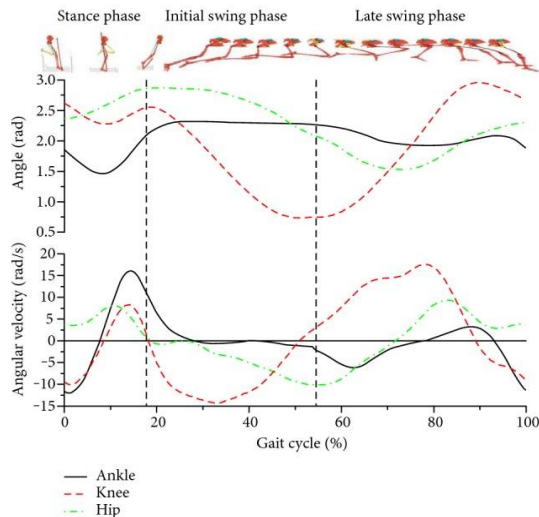


Figura 2. Cambios en los ángulos de las articulaciones de las extremidades inferiores y la velocidad angular (rad/s) en un ciclo de marcha. Zhong Y. “Joint torque and mechanical power of lower extremity and its relevance to hamstring strain during sprint running”. Yunjian Zhong et al. *Journal of Healthcare Engineering*, 2017, páginas 1-7, <https://doi.org/10.1155/2017/89274> 15

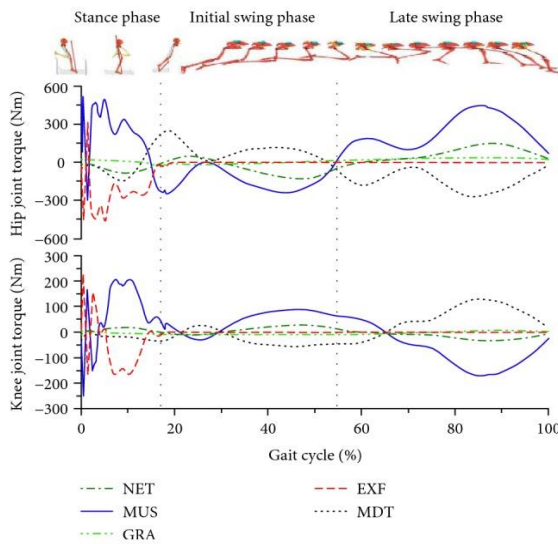


Figura 3. Torques de las articulaciones de la cadera y la rodilla en un ciclo de marcha. Zhong Y. “Joint torque and mechanical power of lower extremity and its relevance to hamstring strain during sprint running”. Yunjian Zhong et al. *Journal of Healthcare Engineering*, 2017, páginas 1-7, <https://doi.org/10.1155/2017/89274> 15

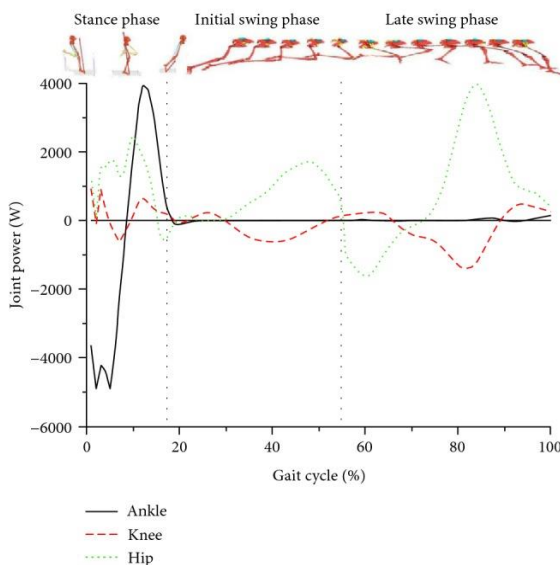


Figura 4. Diagrama de fuerza del contacto inicial del cuerpo humano con el suelo durante una carrera de velocidad máxima. Zhong Y. “Joint torque and mechanical power of lower extremity and its relevance to hamstring strain during sprint running”. Yunjian Zhong et al. *Journal of Healthcare Engineering*, 2017, páginas 1-7, <https://doi.org/10.1155/2017/89274> 415

En la primera imagen (*Figura 2*), se determinó que la velocidad angular en el tobillo durante las fases de flexión-extensión fue mayor que en la rodilla y cadera. En la siguiente figura (*Figura 3*), los principales torques influyentes en la fase de despegue son el muscular (MUS) y el de contacto (EXF), generado este último por la fuerza de reacción del suelo; y durante la fase del *swing*, el torque dependiente del movimiento (MDT) junto al muscular (MUS). En la última (*Figura 4*), se analizó cómo actúa la musculatura conforme avanza el movimiento, observándose mejor en la *Tabla 1* con los distintos picos de máxima potencia (considerando un resultado negativo como fase excéntrica y uno positivo concéntrica).

Tabla 1. Comparación de la potencia muscular máxima en los grupos musculares de las extremidades inferiores durante un círculo de marcha. “Joint torque and mechanical power of lower extremity and its relevance to hamstring strain during sprint running”. Yunjian Zhong et al. Journal of Healthcare Engineering, 2017, páginas 1-7, <https://doi.org/10.1155/2017/8927415>

TABLE 2: Comparison of peak muscle power in the lower extremity muscle groups during a gait circle.

	Hip joint muscle		Knee joint muscle		Ankle joint muscle	
	Extensors	Flexors	Extensors	Flexors	Plantarflexors	Dorsiflexors
Peak positive power (W)	3996 ± 1120* [†]	1735 ± 339	627 ± 113*	1010 ± 208 [†]	3954 ± 673* [†]	135 ± 49
Peak negative power (W)	-1606 ± 781*	-630 ± 108	-655 ± 126*	-1402 ± 372	-4930 ± 933*	-96 ± 25

*Significantly different from the flexors of identical joint; [†]significantly different from the peak negative power of identical joint muscle (the absolute value).

En conclusión y en relación con la musculatura isquiosural, se observó que en la fase inicial de apoyo y en la fase final del *swing*, los torques pasivos producidos por las fuerzas de reacción del suelo (EXF) y el movimiento inercial de los distintos segmentos en miembro inferior (MDT) aplican un mayor estrés en los isquiosurales, aumentando mucho la tensión en esta musculatura.

A.2 “Associations between hamstring fatigue and sprint kinematics during a simulated football (soccer) match”. E. Wilmes et al. Medical Science in Sports & Exercise 2021, volumen 53 (12), páginas 2586-2595, <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002753>

Esta investigación llevada a cabo en el año 2021 por Vilmes et al., se centró en el estudio, en diez jugadores de fútbol aficionado, de los efectos de la fatiga específica de este deporte sobre el torque voluntario máximo (MVT) y la tasa de desarrollo del

torque (RTD) en los isquiosurales, todo ello relacionado con alteraciones en la cinemática del *sprint* (Figura 5) (38).

Para ello emplearon un test de campo aeróbico simulando la distribución de intensidad fisiológica y biomecánica de un partido de fútbol (protocolo SAFT 90). Se realizó antes del comienzo de la prueba y después de cada intervalo de 15 minutos un test de *sprint* de 20 metros, una prueba de RTD y otra de MVT de los isquiosurales, con un calentamiento previo estándar de competición con descanso antes del inicio de la prueba. Para la medición de la RTD se le solicitó a los participantes que realizaran seis contracciones rápidas en un dinamómetro, separadas por 15 segundos de descanso, justo pasado un minuto de la prueba del *sprint*; para la MVT, se le pidió a los sujetos de estudio que hicieran una contracción “lo más fuerte posible” durante 2-3 segundos a los 30 segundos de descanso tras acabar la anterior prueba. La posición inicial para estas contracciones fue ajustada a cada jugador, partiendo todos con un ángulo de 10° de flexión de rodilla. Además, se determinó a la par la actividad muscular con una electromiografía en la pierna dominante, colocando electrodos de superficie tanto al bíceps femoral como al semitendinoso y semimembranoso.

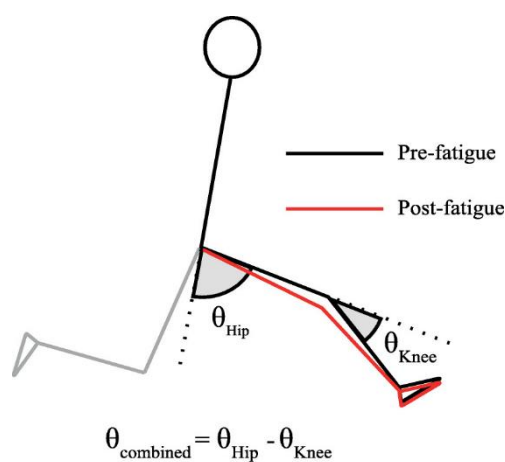


Figura 5. Definiciones del ángulo articular y efectos de la fatiga en la extensión máxima de la rodilla y la flexión máxima de la cadera. “Associations between hamstring fatigue and sprint kinematics during a simulated football (soccer) match”. E. Vilmes et al. Medical Science in Sports & Exercise 2021, volumen 53 (12), páginas 2586-2595, <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002753>

Tras el análisis de los datos obtenidos, se observó que los efectos de la fatiga neuromuscular en la actividad de la electromiografía (EMG) durante las pruebas de

MVT afectaron en mayor medida al bíceps femoral. La MVT de los isquiosurales disminuyó un 14 % al finalizar la prueba, factor que también se asoció a la disminución en el ángulo de la rodilla en su máxima extensión y en el ángulo máximo de flexión de cadera, sin un aumento considerable del ángulo combinado, ocurriendo todo esto en la fase final del balanceo.

A.3 “Mechanisms of hamstring strain injury interactions between fatigue, muscle activation and function”. S. Hugyaerts et al. Sports 2020, páginas 1-15, <https://doi.org/10.3390/sports8050065>

El objetivo de esta revisión crítica es evaluar la evidencia actual sobre los mecanismos de lesión de los músculos isquiotibiales durante carreras de alta intensidad, y discutir las interacciones entre la fatiga, la activación y la función de los músculos isquiotibiales (22).

Los músculos isquiosurales son importantes en la estabilidad dinámica de la rodilla. Se considera que la fatiga neuromuscular, tanto central como periférica, es uno de los principales factores de riesgo potenciales de lesión por distensión del tendón de la corva (HSI). En el fútbol, las demandas mecánicas, particularmente las relacionadas con desaceleraciones y acciones excéntricas, pueden inducir daño muscular y sus secuelas pueden reducir el rendimiento físico durante varios días.

Con la fatiga parece que disminuye la rigidez de las extremidades inferiores, lo que provoca una postura de carrera “Groucho”, asociado a una menor eficiencia del movimiento y mayores momentos de fuerza articulares. Este fenómeno, en combinación con el aumento de la anteversión pélvica (debido a la inestabilidad lumbo-pélvica) durante la carrera, podría potencialmente colocar la cabeza larga del bíceps femoral (BFlh) en una longitud relativamente más larga, donde es más vulnerable a las lesiones por distensión. Por lo tanto, las fases de *swing* tardío y *stance* temprano parecen ser puntos críticos en los que es más probable que ocurra HSI.

La lesión del tendón de la corva por *sprint* afecta principalmente a la BFlh dada su mayor activación en la fase de *swing* tardío, principalmente al aumentar la carrera del 80 % al 100 %.

Con EMG también se vio una activación abrupta de la musculatura isquiosural en comparación al resto de la fase de apoyo. Este resultado, combinado con la evidencia de que una activación muscular mayor y fuerzas musculares mayores pueden estar asociadas con un incremento del riesgo de distensión muscular, lleva a incluir la fase de apoyo temprano como una fase propensa a que se produzcan lesiones. Según estos investigadores, las fases de *swing* tardío y *stance* temprano se pueden considerar como una sola.

A.4 “Effects of football training and match-play on hamstring muscle strength and passive hip and ankle range of motion during the competitive season”. V. Moreno-Pérez et al. International Journal of Environmental Research and Public Health 2022, páginas 1-12, <https://doi.org/10.3390/ijerph19052897>

Esta investigación contó con un total de 26 futbolistas semiprofesionales, en los que se estudió cómo influye el efecto del entrenamiento y la competición durante la temporada entera, en la fuerza de los isquiosurales y el rango de movimiento (ROM) de cadera. Se estableció un programa de entrenamiento llevado a cabo por el preparador del equipo, que se encargó de recoger el índice de estrés percibido (RPE) de cada sesión y de realizar dos macrociclos de fuerza para la temporada (39).

En el procedimiento de la investigación se hicieron pruebas a los jugadores en tres ocasiones distintas: en pretemporada, a mitad de temporada y al final de la competición. En las valoraciones se tomaron datos antropométricos básicos, la fuerza máxima de los isquiosurales, el ROM pasivo de la flexión de cadera, extensión, rotación interna y externa, y por último, el ROM de la dorsiflexión plantar.

En cuanto a los resultados mostrados en este estudio, cabe destacar una reducción en la fuerza de los músculos isquiosurales, siendo más acentuado en la pierna dominante, al final de temporada con respecto a los datos obtenidos en el testeo de mitad de temporada, pudiendo haber experimentado un efecto de desajuste físico debido a la reducción de las cargas de trabajo, tanto en los entrenamientos generales como en los de fuerza (*Tabla 2*).

Otro aspecto que resaltar fue que el ROM en la extensión de cadera fue disminuyendo conforme avanzaba la competición, viéndose afectada también la rotación externa en la segunda mitad de la temporada (Tabla 3).

Tabla 2. Fuerza isométrica de los isquiotibiales evaluada en pretemporada, mitad de temporada y final de temporada. “Effects of football training and match-play on hamstring muscle strength and passive hip and ankle range of motion during the competitive season”. V. Moreno-Pérez et al. International Journal of Environmental Research and Public Health 2022, páginas 1-12, <https://doi.org/10.3390/ijerph19052897>

Hamstring Muscle Strength	Pre-Season	Mid-Season	End-Season
Hamstring muscle strength in the dominant limb (N)	361.5 ± 14.3	406.6 ± 16.7	368.7 ± 15.4
Hamstring muscle strength in the non-dominant limb (N)	342.2 ± 14.4	382.3 ± 16.1	355.7 ± 15.3

Tabla 3. Extensión de cadera evaluada en pretemporada, mitad de temporada y final de temporada. “Effects of football training and match-play on hamstring muscle strength and passive hip and ankle range of motion during the competitive season”. V. Moreno-Pérez et al. International Journal of Environmental Research and Public Health 2022, páginas 1-12, <https://doi.org/10.3390/ijerph19052897>

Range of Motion	Pre-Season	Mid-Season	End-Season
Hip Extension (°) (Dominant)	5.3 ± 0.9	3.6 ± 0.9	2.7 ± 1.0
Qualitative outcome			
Hip Extension (°) (Non-dominant)	5.5 ± 0.9	3.11 ± 0.8	1.7 ± 0.7
Qualitative outcome *			

En conclusión de este artículo, se puede establecer los periodos de pretemporada y final de temporada como los de mayor riesgo para sufrir una lesión en la musculatura isquiosural; también, la reducción progresiva del ROM en la extensión de cadera puede estar desencadenada por un aumento en la rigidez de los flexores de cadera durante la temporada, llegando a influir incluso en el riesgo de lesión en la ingle hacia la segunda mitad de la temporada.

B. Ejercicios y cambios estructurales en la musculatura isquiosural

B.1 “Sprint versus isolated eccentric training: comparative effects on hamstring architecture and performance in soccer players”. J. Mendiguchia et al. PLoS ONE 2020, 19 páginas, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0228283>

Esta investigación se desarrolló a partir del 22 de abril de 2019. Basándose en el *sprint* como parámetro clave, tanto de rendimiento como de lesiones, este estudio propone comparar los efectos del ejercicio nórdico de isquiotibiales (NHE) frente al entrenamiento de *sprint* programado como complemento a la práctica regular de fútbol, tanto en el rendimiento del *sprint* y sus fundamentos mecánicos, como en la morfología de la BFlh (40).

En este estudio se compararon las variables de rendimiento en el *sprint*, mecánica del *sprint* y morfología del BFlh antes y después de las primeras seis semanas de entrenamiento de pretemporada, para tres grupos diferentes de jugadores de fútbol clasificados en parejas aleatorias: “Grupo de fútbol” (n = 10), “Grupo nórdico” (n = 12) y “Grupo *sprint*” (n = 10). El “Grupo de fútbol” (control) continuó con su práctica habitual de fútbol, con cuatro sesiones de entrenamiento de fútbol por semana. Los jugadores del “Grupo nórdico” realizaron un programa NHE, además de la práctica habitual de fútbol, siempre después de las sesiones regulares de entrenamiento y bajo supervisión del preparador físico. Cada sesión de entrenamiento estaba separada un mínimo de 48 horas. Y el “Grupo *sprint*” realizó un programa integral de aceleración de *sprint*, además de la práctica habitual de fútbol, durante seis semanas con dos sesiones de ejercicios por semana (30-35 minutos) separadas por al menos 72 horas. Se utilizó una clasificación según su posición (es decir, defensor, mediocampista y delantero), estado de juego (es decir, jugador titular o suplente) y lesión previa en el tendón de la corva. No se permitió ningún trabajo adicional de fuerza o *sprint* fuera de la práctica de fútbol establecida en cada uno de los programas.

En cuanto a la medición del *sprint*, tras un calentamiento, los sujetos realizaron dos sprints máximos de 50 m, separados por 6 minutos de descanso pasivo, partiendo de pie en un campo de césped artificial con sus botas de fútbol habituales. Las pruebas fueron realizadas por el mismo investigador, a la misma hora del día y en condiciones

ambientales de temperatura similares. Cada *sprint* se midió por medio de un dispositivo radar con una frecuencia de muestreo de 46,9 Hz, que se colocó en un trípode a 10 metros detrás de los sujetos a una altura de 1 metro (correspondiente, aproximadamente, a la altura del centro de masa de los sujetos).

Las características anatómicas del músculo BFlh se han evaluado mediante ultrasonido siguiendo un procedimiento publicado previamente. El grosor muscular (grosor BFlh), el ángulo de peneación (PA) y la estimación de la longitud del fascículo (FL) se determinaron a partir de imágenes de ultrasonido obtenidas a lo largo del eje longitudinal del vientre muscular. El sitio de medición fue el punto medio entre la tuberosidad isquiática y el pliegue articular posterior de la rodilla, a lo largo de la línea del BFlh. Todas las mediciones anatómicas se realizaron después de al menos 5 minutos de inactividad, con el participante en posición prona, con la cadera en posición neutra y la rodilla posicionada pasivamente en extensión completa con los pies fuera de la cama.

Los resultados sugieren que el entrenamiento de *sprint* fue superior al NHE para aumentar la longitud del fascículo BFlh, aunque solo el entrenamiento de *sprint* pudo proporcionar un estímulo preventivo (aumentar la longitud del fascículo) y, al mismo tiempo, mejorar tanto el rendimiento como la mecánica del *sprint*. El ángulo de peneación del músculo bíceps femoral mostró un pequeño aumento solo cuando se agregó el ejercicio nórdico de isquiotibiales al entrenamiento de fútbol, y no en el caso del entrenamiento de velocidad.

B.2 “Kinematic and electromyographic analysis of variations in nordic hamstring exercise”. N. Šarabon et al. PLoS ONE 2019, páginas 1-16, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0223437>

El propósito de este estudio fue presentar y evaluar biomecánicamente distintas variantes del NHE y evaluar electromiográficamente la actividad muscular, modificando la pendiente del soporte de la parte inferior de la pierna y adoptando diferentes ángulos de flexión de la cadera: el NHE estándar (A) se modificó cambiando la pendiente del soporte de la parte inferior de la pierna (B – 20°, C – 40°) y dando instrucciones a los participantes para que mantuvieran diferentes ángulos de flexión

de la cadera a lo largo del movimiento (D – 25°, E – 50°, F – 75°) (Figura 6, Tabla 4) (41).

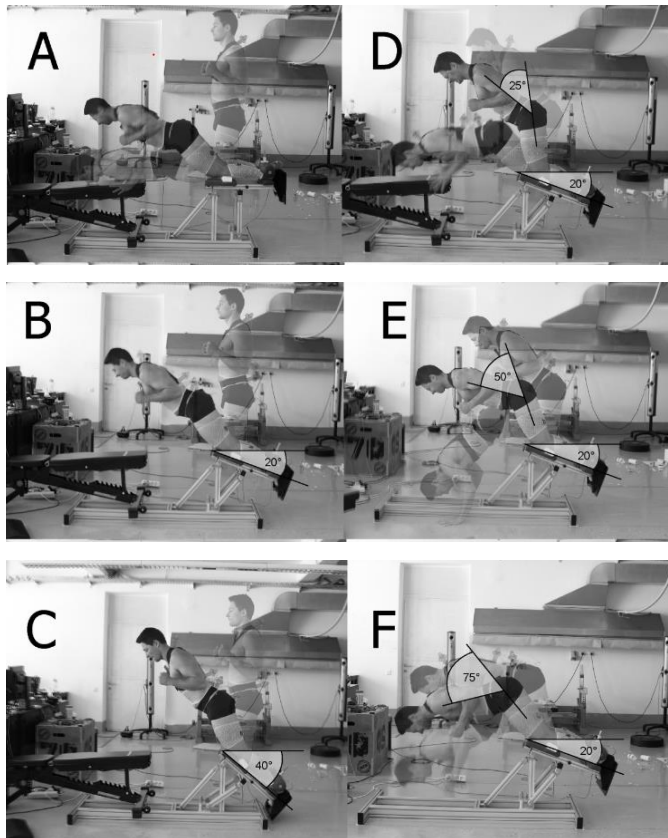


Figura 6. Representación de las variaciones del NHE. “Kinematic and electromyographic analysis of variations in nordic hamstring exercise”. N. Šarabon et al. PLoS ONE 2019, páginas 1-16, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0223437>

Tabla 4. Diferencias clave entre las variaciones de NHE. “Kinematic and electromyographic analysis of variations in nordic hamstring exercise”. N. Šarabon et al. PLoS ONE 2019, páginas 1-16, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0223437>

Diferencias entre variaciones de NHE

Variations in Fig 1	Slope of the lower leg support	Hip flexion instruction
A	0°	0°
B	20°	0°
C	40°	0°
D	20°	25°
E	20°	50°
F	20°	75°

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0223437.t001>

Los resultados confirman que la modificación de la pendiente del soporte de la parte inferior de la pierna permitió a los participantes realizar el movimiento con una mayor amplitud de manera controlada, ya que los momentos de torsión articulares máximos ocurrieron más cerca de la extensión completa de la rodilla. Además, en comparación con el NHE estándar, los torques articulares máximos se alcanzaron en longitudes de isquiotibiales más largas en todas las variaciones modificadas. En particular, este estudio ha demostrado que un aumento en la pendiente del soporte de la parte inferior de la pierna permite un descenso más controlado a lo largo de un mayor rango de movimiento, mientras se alcanza un torque máximo similar en la rodilla y la cadera que en el NHE estándar. Las personas que no pueden realizar el NHE estándar en todo el rango de movimiento probablemente se beneficiarán de un soporte inclinado ajustado, antes de progresar hacia la posición estándar (es decir, horizontal) de la parte inferior de la pierna. Realizar el NHE con un mayor ángulo de flexión de la cadera también puede ser efectivo.

B.3 “A previous hamstring injury affects kicking mechanics in soccer players”. A. Navandar et al. Journal of Sports Medicine and Physical Fitness 2019, volumen 19(5) páginas 1815-1822, <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.18.07852-0>

En este estudio se seleccionó una muestra mixta de 45 jugadores y jugadoras de fútbol, de los cuales 14 tuvieron alguna lesión de grado 1, 2 o 3 en los isquiosurales durante los 2 años previos. Se colocaron una serie de marcadores para recoger la información de la dinámica y biomecánica de la técnica de golpeo, y se les pidió que “golpearan una pelota con la máxima fuerza posible”, repitiendo esto cinco veces con ambas piernas. Para facilitar todo el análisis de los datos, se dividió toda la mecánica del golpeo en diferentes partes (*Figura 7*): “despegue de la pierna que golpea” (*Toe-Off o TO*), “extensión máxima de cadera” (*Maximal Hip Extension o MHE*), “máxima flexión de rodilla” (*Maximal Knee Flexion o MKF*), “impacto en la pelota” (*Ball Impact o BI*), y “final del lanzamiento” (*End of Follow Through o EFT*) (42).

En cuanto a los resultados, se encontraron diferencias en la fase del despegue de la pierna que golpea y en la fase de extensión máxima de cadera entre los que presentan una lesión previa de isquiosurales y los que no, independientemente del sexo. En las siguientes fases (MKF, BI y EFT) los datos en ambos grupos fueron prácticamente

similares. En conclusión, se determinó que en las fases donde se presenta una mayor activación de la musculatura isquiosural son las únicas en las que se observan alteraciones en la técnica de golpeo.

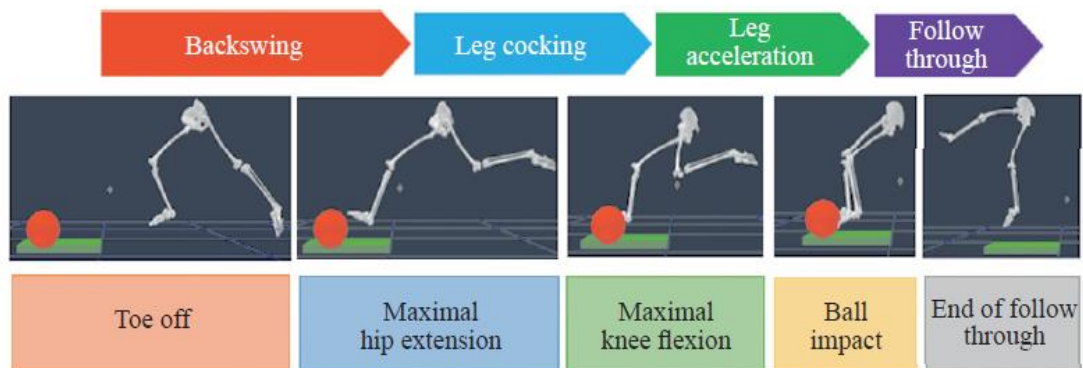


Figura 7. Intervalos de tiempo normalizados característicos. “A previous hamstring injury affects kicking mechanics in soccer players”. A. Navandar et al. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 2019, volumen 19(5) páginas 1815-1822, <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.18.07852-0>

B.4 “Inertial flywheel knee- and hip-dominant hamstring strength exercises in professional soccer players: Muscle use and velocity -based (mechanical) eccentric overload”. L. Suárez-Arrones et al. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 2020, páginas 1-18, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0239977>

Esta investigación llevada a cabo por Suárez-Arrones et al, tiene como objetivo principal, el análisis de las respuestas mecánicas durante una serie de ejercicios inerciales de fortalecimiento para la musculatura isquiosural; y como objetivo secundario del estudio, medir y comparar la activación de la misma musculatura usando la resonancia magnética funcional (RMNf) (43).

Se examinaron 19 jugadores de fútbol profesional masculino de élite, de los que 10 de ellos realizaron ejercicios de *curl* de piernas con volante y los 9 restantes practicaron la patada de isquio en la polea cónica, todo esto durante la pretemporada. El criterio de inclusión fue simplemente estar disponible para jugar un partido oficial con la plantilla. Un jugador fue excluido en el grupo de la polea debido a que no pudo

completar el protocolo de ejercicio. El día que se llevó a cabo la recogida de datos, se le realizó a los jugadores una RMNf de ambos muslos media hora antes de comenzar la sesión; antes del entrenamiento de fuerza, se realizó un calentamiento establecido de 15 minutos. Una vez acabado el protocolo de entrenamiento, se les sometió a una nueva RMNf y se anotó el RPE de la sesión. La rutina de entrenamiento consistió en realizar 4 series con 8 repeticiones de, o bien el *curl* de piernas, o la patada de isquio.

El *curl* de piernas duró más tiempo en fase excéntrica que en fase concéntrica. La potencia máxima y media fue mayor durante la fase concéntrica.

Para la patada de isquio, la potencia media fue menor en la primera serie. El pico de potencia durante la fase excéntrica fue mayor en la cuarta serie. El tiempo y la potencia máxima fue mayor en la fase excéntrica. La potencia media fue mayor durante la fase concéntrica.

Si comparamos entre ejercicios, el tiempo durante las fases concéntricas y excéntricas en el *curl* de piernas fue mayor que en la patada de isquios, no obstante, la patada de isquios fue superior en velocidad máxima y potencia máxima durante ambas fases.

Con el análisis de resultados podemos afirmar lo siguiente: durante el ejercicio de patada de isquio en la polea se produjo una potencia media y máxima mayor que en el *curl* de piernas, aunque la sensación percibida por los jugadores fue de recibir una mayor carga después de este último; los beneficios del *curl* de piernas fue que implicó a los cuatro vientres de la musculatura isquiosural, incidiendo un poco más en el semitendinoso y bíceps femoral, a diferencia de la extensión de cadera, en la que se involucró principalmente las porciones proximal y medial de la cabeza larga del bíceps femoral (área donde ocurren la mayoría de las lesiones).

En la *Tabla 5* se recogen los aspectos más importantes de todos los artículos descritos, indicando el tipo de estudio y la muestra estudiada, su objetivo, resultados y las conclusiones alcanzadas.

Tabla 5. Resumen de los resultados de la búsqueda (elaboración propia).

AUTOR Y AÑO	TIPO DE ESTUDIO Y MUESTRA	OBJETIVO	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
Zhong et al. 2017	Estudio observacional 8 individuos	Analizar las distintas fuerzas y el torque que generan en las articulaciones durante la fase de apoyo y de <i>swing</i> y cómo se comporta la musculatura en cuestión.	Velocidad angular del tobillo en flexo-extensión mayor que en rodilla y cadera. Principales torques influyentes en el despegue: muscular y de contacto. En fase de <i>swing</i> : torque dependiente del movimiento y muscular. Se analizó cómo actúa la musculatura conforme avanza el movimiento.	En fase inicial de apoyo y fase final del <i>swing</i> , los torques pasivos (fuerzas de reacción del suelo y movimiento inercial de los distintos segmentos en miembro inferior) aplican un mayor estrés en los isquiosurales, aumentando la tensión en esta musculatura.
Wilmes et al. 2021	Estudio observacional 10 individuos	Estudiar los efectos de la fatiga específica del fútbol sobre el MVT y RDT en los isquiosurales durante el <i>sprint</i> .	Efectos de la fatiga en EMG durante las pruebas de MVT afectó en mayor medida al BF. El MVT de isquiosurales disminuyó un 14% al finalizar la prueba (asociado a menor ángulo de la rodilla en máxima extensión y en el ángulo máximo de flexión de cadera), sin un aumento del ángulo combinado (todo en la fase final de balanceo).	El MVT disminuye a lo largo de la simulación de un partido, a medida que avanza el partido. Asimismo, se esperaban cambios en el RDT pero no hubo una disminución adicional en la capacidad de los isquiotibiales para generar torque de forma explosiva.
Huygaerts et al. 2020	Revisión crítica	Evaluar la evidencia actual sobre los mecanismos de lesión de los músculos isquiotibiales durante carreras de alta intensidad y discutir las interacciones entre la fatiga y la activación y función de dichos músculos.		Con la fatiga, la rigidez de los MMII disminuye y provoca un patrón de carrera de "Groucho" (menor eficiencia del movimiento y mayores momentos de fuerza articulares). Junto al aumento de la anteversión (por inestabilidad lumbo-pélvica) durante la carrera, puede provocar una mayor tensión en BFlh. Por lo tanto, las fases de <i>swing</i> tardío y <i>stance</i> temprano parecen ser puntos críticos en los que es más probable que ocurra HSI.
Moreno- Pérez, et al. 2022	Estudio observacional 26 individuos	Observar cómo afecta la fatiga acumulada crónica durante la temporada en la fuerza de los isquiosurales y el ROM de cadera.	Reducción de fuerza en isquiosurales (más en pierna dominante que no dominante) a final de temporada con respecto a mitad de temporada por reducción de carga de trabajo o por desacondicionamiento.	Pretemporada y final de competición con mayor riesgo de lesión isquiosural. Reducción de ROM en extensión de cadera por aumento en la rigidez de flexores de cadera durante la temporada.
Mendiguchia et al. 2022	Ensayo clínico 32 individuos	Comparar efectos del NHE frente al entrenamiento de <i>sprint</i> como complemento al fútbol, tanto en rendimiento del <i>sprint</i> y sus fundamentos mecánicos, como en la morfología del BFlh	Rendimiento mecánica del <i>sprint</i> : mejoras en el "Grupo <i>Sprint</i> ", cambios negativos en "Grupo de fútbol" y "Grupo nórdico". Morfología BFlh: grupo " <i>Sprint</i> " mostró aumento moderado en la longitud del fascículo comparado con un aumento menor en grupo "Nórdico". Solo el grupo "Nórdico" presentó pequeños aumentos en el ángulo de peneación.	El entrenamiento de <i>sprint</i> fue superior al NHE para aumentar la longitud del fascículo BFlh, aunque sólo el entrenamiento de <i>sprint</i> pudo proporcionar un estímulo preventivo y a la vez mejorar el rendimiento como la mecánica del <i>sprint</i> . El ángulo de peneación del músculo BF mostró un pequeño aumento con el ejercicio nórdico de isquiotibiales.

Sarabon et al. 2019	Estudio observacional 18 individuos	Presentar y evaluar biomecánicamente distintas variantes del ejercicio nórdico de isquiotibiales (NHE) y evaluar electromiográficamente la actividad muscular, modificando la pendiente del soporte de la parte inferior de la pierna y adoptando diferentes ángulos de flexión de cadera	Aumentar la pendiente disminuyó la actividad EMG de todos los músculos analizados. Las comparaciones por torques revelaron diferencias entre las pendientes de 0° y 20° para todos los músculos excepto el semitendinoso y entre las pendientes de 20° y 40° para todos los músculos excepto el glúteo mayor. Cambiar la posición de flexión de cadera disminuyó la actividad EMG excepto en glúteo mayor. Con la excepción del gastrocnemio, la actividad EMG disminuye al aumentar el ángulo de flexión de la cadera.	En comparación con el NHE estándar, los torques articulares máximos se alcanzaron en longitudes de isquiotibiales más largas en todas las variaciones. Un aumento de la pendiente permite un descenso controlado en todo el ROM mientras se alcanza un torque máximo similar en la rodilla y la cadera que en el NHE estándar.
Navandar et al. 2019	Ensayo clínico 45 individuos	Observar si una lesión previa de isquiotibial influye en la calidad del gesto del disparo del balón.	Se encontraron diferencias en la fase del despegue de la pierna que golpea y en la fase de extensión máxima de cadera entre los que presentan una lesión previa de isquiosurales y los que no, independientemente del sexo. En las siguientes fases (MKF, BI y EFT) los datos de ambos grupos fueron similares.	Se determinó que en las fases donde se presenta una mayor activación de la musculatura isquiosural, son las únicas en las que se observan alteraciones en la técnica de golpeo.
Suarez- Arrones 2020	Estudio observacional 19 individuos	Análisis de las respuestas mecánicas durante ejercicios inerciales de fortalecimiento para la musculatura isquiosural. Como objetivo secundario medir y comparar la activación de la misma musculatura usando RM funcional.	Patada de isquio: potencia media de la fase concéntrica y excéntrica menor en la primera serie; pico de potencia en la excéntrica mayor en la cuarta. Tiempo en la excéntrica y potencia máxima superior a la concéntrica. La potencia media mayor en la fase concéntrica. <i>Curl</i> de piernas: mayor tiempo en las fases concéntricas y excéntricas . Patada de isquios: mayor en velocidad y potencia máxima durante ambas fases.	Durante la patada de isquio en patea se produjo una potencia media y máxima mayor que en el <i>curl</i> de piernas; se percibió una carga mayor. Beneficios del <i>curl</i> de piernas: implicación de los cuatro vientres musculares isquiosurales (mayor incidencia en ST y BF). En la extensión de cadera se involucró principalmente la parte proximal y medial de BFlh (área de mayor incidencia lesional).

3.5. DISCUSIÓN

Con respecto al estado del arte del tema escogido para el presente trabajo de fin de grado, hay que destacar que cada vez hay más investigaciones que se centran en la biomecánica y cómo actúan las distintas fuerzas en la musculatura isquiosural, sobre todo en deportes que involucren la carrera a alta velocidad y/o esfuerzos de aceleración, como ocurre en el caso del fútbol, suponiendo un alto índice lesional.

En el apartado anterior se han descrito las investigaciones de 8 artículos seleccionados como los más representativos para el estudio que se pretende realizar en este TFG. Con esta selección no es posible concretar de forma específica todas las

variantes cinéticas que influyen en las lesiones del complejo isquiosural (A.1, A.2, A.3, A.4) ni su prevención (B.1, B.2, B.3, B.4), pero las conclusiones de dichos estudios dejan entrever nuevos enfoques que son los considerados como punto de partida para el planteamiento de este trabajo. Por otra parte, las conclusiones de las investigaciones de los 8 trabajos tampoco son extrapolables, con total seguridad, a todas las poblaciones, ya que las muestras podrían no ser del todo representativas debido a que casi todos se realizaron en sujetos varones mayores de edad.

A continuación, se realiza un análisis general de los trabajos descritos y de otros estudios que aportan resultados relevantes para establecer el estado del arte de las investigaciones en relación con la biomecánica en el complejo isquiosural y su incidencia lesional.

Además, los isquiosurales juegan también un papel importante sobre otras estructuras, siendo el caso del ligamento cruzado anterior (LCA), ya que actúa como sinergista disminuyendo la traslación anterior de la tibia cuando se flexiona la rodilla y la rotación interna de esta (44). Se han realizado propuestas, como en la investigación llevada a cabo por Sugimoto et al. (2014), sobre una muestra de atletas femeninas, en las que se ha demostrado que los ejercicios preventivos neuromusculares reducen la incidencia lesional en el LCA (45).

Debido a que los distintos músculos del complejo isquiosural no se activan de manera homogénea, se han llevado a cabo distintos estudios para comprobarlo (46, 47). En estos se pudo concretar que en ejercicios de extensión de cadera la cabeza larga del bíceps femoral fue la porción con una mayor activación, mientras que en ejercicios donde sea dominante la flexión de rodilla los elementos contráctiles son primordialmente el semitendinoso y el bíceps femoral, y que según la rotación y colocación de la cadera, la activación de la musculatura isquiosural irá variando.

Actualmente, existe discrepancia entre la efectividad de los ejercicios excéntricos, como es el caso del *curl* nórdico, para disminuir y prevenir el riesgo de lesión en futbolistas. En el caso de la investigación de van der Horst et al. (2015) defiende que la incidencia lesional disminuyó significativamente con la incorporación del protocolo del ejercicio *curl* nórdico (48), a diferencia del estudio llevado a cabo por Roe et al.

(2020), en el que se demostró una no asociación entre el trabajo en la fuerza excéntrico con el *curl* nórdico y la disminución del riesgo de sufrir una lesión en el complejo isquiosural (49). Otros estudios sugieren ejercicios en máquinas inerciales, como puede ser el *curl* de piernas para una sobrecarga excéntrica mecánica, favoreciendo una hipertrofia muscular y mejorando a su vez la potencia y el rendimiento (50). La investigación realizada por Mendiguchia et al. (2020) refleja que, para un enfoque de prevención y rendimiento, el trabajo del *sprint* comparado con el *curl* nórdico es mucho más efectivo, proporcionando el estímulo necesario que mejor se adapta a la competición; aunque a favor del *curl* nórdico, cabe destacar que contribuye a una mejora en la transmisión de la fuerza debido a los cambios que produce en el ángulo de peneación (40).

En cuanto a la relación del golpeo de la pelota en el fútbol y su biomecánica con los isquiosurales, sólo se encontró un artículo (B.3). Como se comentó previamente, los resultados de esta investigación reflejan cambios en la biomecánica del golpeo en los deportistas con lesiones previas en el complejo isquiosural, sobre todo durante el despegue de la pierna que va a golpear y el punto en el que esta llega a su extensión máxima de cadera (42). Aunque no exista mucha evidencia que lo respalde, este factor puede ser interesante tenerlo en cuenta, tanto en la preparación durante la pretemporada para la competición como en la readaptación tras una lesión.

Sobre el ‘*Return To Play*’ después de una lesión en la musculatura isquiosural, hay distintos estudios que defienden una serie de criterios para poder volver a la competición con el equipo (51, 52). Dentro de estos se incluyen parámetros como el alivio completo del dolor, el rendimiento en pruebas dinámicas como el *sprint*, o la estabilidad. La fuerza y flexibilidad se considera un factor importante para evitar recaídas, pero no hay consenso todavía que determine una forma de evaluarlas.

Las distintas fuerzas generadas en la cinética del movimiento apuntan a la musculatura isquiosural como la principal afectada, sobre todo en la fase final del *swing* y el inicio del apoyo, siendo además el bíceps femoral el que mayor activación electromiográfica presenta (22, 37). Además, la fatiga neuromuscular que se acumula durante la práctica deportiva es un factor muy importante a tener en cuenta, ya que

esta influye directamente en la técnica de carrera (22) y en los distintos torques que pueden generar las articulaciones (38), dando como resultado una bajada de rendimiento que a su vez aumenta el riesgo de lesión.

Diker et al. (2020) estudiaron la relación entre la musculatura cuadricepsal y la isquiosural en 26 jugadores de fútbol sub 18, ya que la realización de un torque correcto entre flexores y extensores sobre la articulación de la rodilla puede suponer un factor clave en la prevención de lesiones. El objetivo principal de esta fue observar la relación de la musculatura en cuestión y los tiempos en *sprints* de 10 y 30 metros, y las diferentes alturas en el salto contramovimiento (CMJ) y salto vertical (SJ). Tras el análisis de datos, los valores del torque en la articulación de la rodilla fueron bajos en comparación con otros estudios, por lo que no se obtuvo relación directa entre la relación isquiosurales/cuádriceps (H/Q) con el rendimiento en el CMJ, el SJ y el *sprint* de 10 metros. Tan solo se pudo relacionar la importancia de la musculatura extensora en el *sprint* de 30 metros, ya que el resultado de la división de los distintos torques máximos (H/Q) fue positivo, sugiriendo una notable actuación del complejo isquiosural durante el *sprint* (53).

Moreno-Pérez et al. (2022) analizaron durante una temporada entera cómo evoluciona la fuerza de los isquiosurales como consecuencia de la fatiga crónica de la competición y el rango de movimiento de cadera. Se concretaron la pretemporada y el final de esta como las fases de mayor riesgo de lesión, en el primer caso debido a la desadaptación tras las vacaciones, y en el segundo debido a la fatiga acumulada. Además, la musculatura isquiosural marca una pérdida notable de fuerza a final de temporada, a lo que hay que sumarle la pérdida continuada de ROM en la extensión de cadera conforme avanza (39).

Esta disminución en la fuerza de los isquiosurales también se pudo apreciar durante una simulación de partido oficial, ya que tras finalizar un protocolo que imita la dinámica de partido con sus respectivos descansos en una muestra de diez jugadores de fútbol, se obtuvo una pérdida de un 14 % del torque voluntario máximo de la musculatura comentada (38).

Los diferentes hallazgos obtenidos en las distintas investigaciones permiten dilucidar, en cierto modo, la complejidad de las lesiones en miembro inferior durante la práctica deportiva, más concretamente en el complejo isquiosural. Son numerables los factores atribuibles al rendimiento, la prevención y el índice lesional, tanto a nivel cinético como estructural, además de sumar el contexto biopsicosocial de cada atleta, ya que tendrá relación directa con los factores mencionados anteriormente. Es por ello que, aunque a día de hoy existe bastante evidencia sobre el abordaje lesional y de prevención en la musculatura isquiosural, sigue siendo un campo por investigar.

3.6. CONCLUSIONES

Las distintas interpretaciones y análisis de resultados sobre los artículos incluidos en esta revisión permiten extraer las siguientes conclusiones:

1. A diferencia de lo que se creía, el ejercicio de *curl* nórdico como medida de prevención de lesiones no es tan efectivo como puede llegar a ser el trabajo de carrera a alta velocidad o *sprint*.
2. Las fuerzas ejercidas en la cinética del movimiento, tanto en el *sprint* como en el golpeo, juegan un papel importante en la optimización del rendimiento y en la reducción del riesgo de lesión.
3. Aunque aún faltan evidencias que corroboren su efectividad, el uso de máquinas que emplean resistencias inerciales puede ser interesante en la readaptación y prevención de lesiones en la musculatura isquiosural.
4. La fatiga, tanto aguda como crónica, influye directamente en la capacidad de generar fuerza, llegando incluso a modificar ángulos entre articulaciones y rangos de movimiento de estas.

4. ESTUDIO OBSERVACIONAL

4.1. INTRODUCCIÓN

A continuación, se presenta el estudio observacional realizado por los alumnos Luis Rodríguez Pastor y Hakim Al Lal Abdel Lah. Este estudio se realizó con la finalidad

de identificar posibles patrones de lesión en futbolistas masculinos de categoría amateur en base a la observación y medición de diversos factores de riesgo que pueden tener relación con dicha incidencia lesional.

4.2. OBJETIVOS

Objetivo principal

- Obtener datos sobre la incidencia lesional de miembro inferior en futbolistas de categoría regional tinerfeña. Medir si los futbolistas presentan factores de riesgo.
- Interpretar si los factores de riesgo obtenidos influyen en la incidencia lesional.

Objetivos específicos

- Observar la existencia de valgo/varo de calcáneo.
- Evaluar la debilidad en la flexión dorsal del primer dedo mediante el “*Test de Jack*”.
- Observar la existencia de un valgo/varo de rodilla mediante el “ángulo Q”.
- Medir la disimetría del músculo tibial posterior mediante el “*Heel Rise Test*”.
- Evaluar si existe debilidad de glúteo medio mediante el “*Test de Trendelenburg*”.
- Observar si existe anteversión/retroversión pélvica.
- Aplicar el test de sentadilla profunda para medir si hay acortamiento de musculatura sural.
- Aplicar el “*Overhead Squat Assessment*” para medir si hay acortamiento de la cadena posterior.
- Analizar los datos obtenidos y observar qué correlación existe con la incidencia lesional del grupo estudiado mediante un análisis estadístico.

4.3. HIPÓTESIS

El aumento de ciertos factores de riesgo concretos tiene relación directa con un incremento de lesiones relacionadas con los mismos en futbolistas.

4.4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.4.1. DISEÑO

Se ha llevado a cabo un estudio observacional retrospectivo con una muestra de 51 jugadores de distintos clubes en ligas regionales de la isla de Tenerife. La finalidad de este estudio será observar las tendencias que siguen la presencia de los factores de riesgo estudiados, la tendencia de las lesiones producidas en la práctica deportiva y su posible relación.

4.4.2. MUESTRA

4.4.2.1. Obtención de la muestra

Se contactó con cuatro clubes de la Federación Tinerfeña de Fútbol (FTF), contando finalmente con la colaboración de tres de ellos, con un total de 4 equipos de las ligas regionales del fútbol masculino canario (FTF), los cuales son: Club Deportivo Marino Playa de Las Américas (primer equipo y equipo filial), Club Deportivo Laguna S.A.D (primer equipo) y A.D.F.C. Padre Anchieta (primer equipo).

Estos equipos compiten en distintas categorías dentro del fútbol regional, siendo el C.D. Marino el único equipo de 3ª División Canaria RFEF; el C.D Marino B y el C.D. Laguna S.A.D equipos que participan en la categoría de Regional Preferente Tinerfeña; y, por último, el A.D.F.C. Padre Anchieta, que lo hace en la categoría de Segunda Regional Tinerfeña.

4.4.2.2. Participantes

Se han establecido los siguientes criterios de inclusión y exclusión de participantes.

En cuanto a los criterios de inclusión, participa en el estudio todo jugador que cumpla ser:

- De categoría Regional perteneciente a la Federación Tinerfeña de Fútbol.
- Que haya leído el consentimiento informado y esté de acuerdo con participar en el estudio.
- Mayor de 18 años.
- Sin patología que le impida la práctica deportiva en el momento de la toma de datos.

Para los criterios de exclusión, se excluye a todo jugador:

- Menor de edad.

- Que no esté de acuerdo con participar tras la lectura del consentimiento informado.
- Que decida abandonar el estudio en algún momento.
- Que se encuentre lesionado a la hora de la toma de datos.

4.4.3. TOMA DE DATOS

El cronograma seguido se recoge en la *Figura 8*. En la primera etapa, se contactó con cada uno de los jugadores participantes en el estudio a través de su club y se les explicó detalladamente la finalidad de este mediante un consentimiento informado. Tras ello, se les facilitó una encuesta mediante la aplicación Google Formularios para la recogida de los siguientes datos:

- Edad.
- Altura.
- Lesiones previas en temporadas anteriores (nº, tipo, gravedad).
- Lesiones durante la actual temporada 2021/2022 (nº, tipo, gravedad).
- Operaciones previas.
- Diabetes.
- Uso de corrección ortopédica.
- Escoliosis diagnosticada.
- Pierna dominante.
- Categoría en la que juega.
- Posición en la que juega.
- Calzado frecuentado en entrenamientos.
- Calzado frecuentado en partidos.
- Preparación física externa al club.
- Seguimiento en la dieta.

En la segunda etapa del estudio, se pasó a la toma de datos presencial, en la que se obtienen los valores de los factores de riesgo mediante varios test:

- Observación de valgo/varo calcáneo.
- “*Test de Jack*” para valorar la limitación funcional de la flexión dorsal de la primera articulación metatarso-falángica (54).

- “*Heel Rise Test*” para valorar posibles disimetrías en la disfunción del tendón tibial posterior (DTTP) (54).
- “*Test de Trendelenburg*” para la valoración del glúteo medio (55).
- Observación de anteversión/retroversión.
- Test de sentadilla profunda para acortamiento de musculatura sural (gastrocnemios y sóleo).
- “*Overhead Squat Assessment*”, para valorar la movilidad articular de miembros inferiores (56).

Además, se realizó un análisis del valgo y varo de rodilla usando como referencia el ‘ángulo Q’, el cual establece que el ángulo resultante del cruce de la línea que va desde la espina ilíaca antero-superior hasta el centro de la rótula, y de la línea trazada desde el centro de la rótula hasta la tuberosidad anterior de la tibia, debe ser de 15° (en hombres) con una desviación estándar de $\pm 3^\circ$ (57). Para ello se usó la aplicación “*Angulus*”.

Posteriormente, se grabó a cada jugador realizando una carrera a alta intensidad tras una sesión de entrenamiento para analizar y observar la biomecánica en el *sprint*. En este, se tuvo en cuenta si existe o no rotación externa de cadera en la fase de frenado.

Para el ‘*Test de Jack*’ se le realizó a cada jugador una flexión dorsal pasiva del primer dedo para valor la limitación funcional de la primera articulación metatarsofalángica a la vez que se produce un aumento del arco longitudinal interno, activando el conocido mecanismo de Windlass, el cual consiste en el acortamiento de la fascia plantar. Cuando no existe un aumento del arco plantar, el test se considera positivo, aunque pueden ser varias las diferentes causas biomecánicas (54).

Con el ‘*Single Heel Rise Test*’ y el ‘*Double Heel Rise Test*’ se le solicita al paciente que, de “puntillas”, eleve ambos talones todo lo que pueda (*Double*) o solo un talón (*Single*). Debido a que ningún jugador presentaba sintomatología en la región sural, se empleó un metro para medir la distancia entre el suelo y el talón, tomando la tuberosidad del calcáneo como punto de referencia, para apreciar posibles disimetrías entre miembros tanto en el *Single* como en el *Double Test*. Se estableció como disimetría aquella diferencia entre miembros inferiores de ≥ 1 cm en ambos test (54).

En el ‘*Test de Trendelenburg*’ los jugadores tuvieron que aguantar durante 10 segundos sobre una pierna. Durante la prueba, se tomó como referencia una línea horizontal sobre las crestas ilíacas y se observó si esta se inclina en la pelvis del miembro que se encuentre apoyado en el suelo. Si existe basculación, el test se considera positivo (55).

Para el “*Overhead Squat Assessment*” se les indicó a los jugadores que hicieran una sentadilla profunda, lenta y controlada partiendo de una posición inicial con los pies a la altura de los hombros, la punta de los dedos mirando hacia delante, los talones completamente apoyados en suelo y los brazos por encima de la cabeza. Las pautas que se les dieron para la realización del test fueron: mantener la cabeza mirando al horizonte y los brazos por encima de la cabeza de la forma más vertical posible, no despegar los talones del suelo en ningún momento, y realizarlo a una velocidad apropiada y con un movimiento fluido (56).

Cronograma

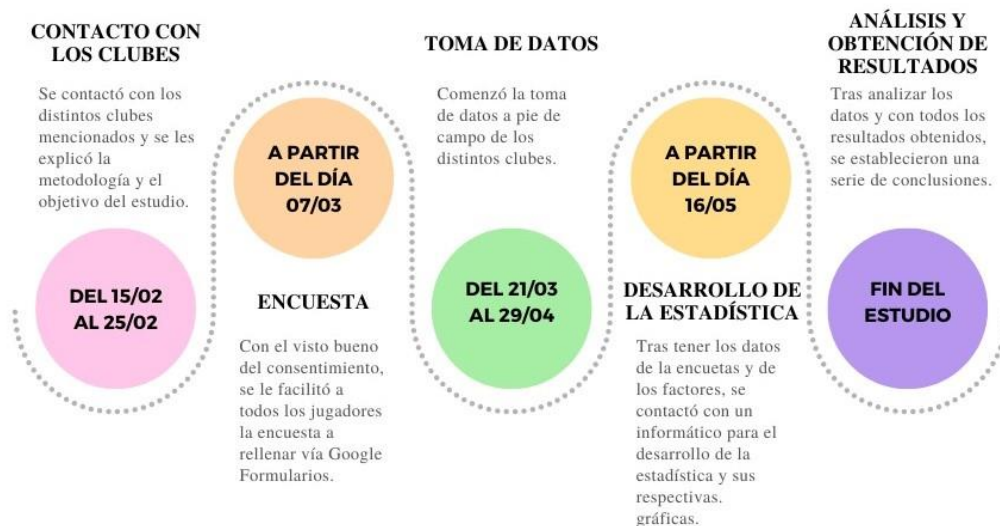


Figura 8. Cronograma del estudio (elaboración propia).

Con carácter observacional y asumiendo el sesgo que esto supone, se tuvo también en cuenta durante la recogida de datos si los jugadores presentan varo o valgo calcáneo, y si padecen de una anteversión o retroversión pélvica marcada. En cuanto al valgo y varo calcáneo, se consideraron positivos los casos en los que al trazar una línea oblicua

desde el talón a la espina ilíaca posterosuperior, existe una desviación de esta a la altura de los maléolos.

Una vez recogidos todos los datos, se pasaron los resultados tanto de la encuesta como los de los distintos test a una tabla Excel. Para el desarrollo de la estadística, se contactó con un informático experimentado en el campo de la 'Big Data'.

4.5. ANÁLISIS DE DATOS

Las herramientas utilizadas para crear un entorno de desarrollo fueron *Visual Studio Code*, a través de una máquina virtual de Linux, y Google Colab, la cual es una herramienta que permite a cualquier usuario escribir y ejecutar código de Python en el navegador, diseñado específicamente para realizar tareas de aprendizaje automático, análisis de datos y educación. Gracias a esta herramienta se puede almacenar todo el código en la nube sin perderlo y pudiendo acceder a él desde cualquier dispositivo.

Para realizar este estudio se utilizaron una serie de librerías o paquetes de Python con las que poder efectuar los análisis de los datos así como las visualizaciones:

- **NumPy.** Paquete que da soporte para crear vectores y matrices multidimensionales, junto con una gran colección de funciones matemáticas de alto nivel.
- **Pandas.** Biblioteca de software escrita como extensión de NumPy para manipulación y análisis de datos en Python. En particular, ofrece estructuras de datos y operaciones para manipular tablas numéricas y series temporales.
- **Matplotlib.** Biblioteca para la generación de gráficos a partir de datos contenidos en listas y análisis de datos en Python. En particular, ofrece estructuras de datos y operaciones para manipular tablas numéricas y series temporales.
- **CSV.** Biblioteca que implementa clases y funciones para leer y escribir datos en formato csv.

Una vez obtenidos los datos, se tuvieron que realizar los algoritmos para transformar las tablas. Una de las modificaciones fue dividir la columna de 'Lesiones Previas' en tres, una que contuviera la lesión, otra el grupo muscular y la tercera, la

parte del cuerpo. Con esto se consigue, a la hora de crear visualizaciones, que fuera mucho más sencillo escribir los algoritmos. Por otro lado, se agruparon ambas tablas para la obtención de una completa, donde una línea contuviera cada lesión de cada jugador, así como sus factores de riesgo.

4.6. RESULTADOS

Resultados generales

En el estudio participaron cuatro equipos amateur pertenecientes a la Tercera División española y fútbol regional tinerfeño, con un total de 51 jugadores de entre 18 y 30 años. Se registraron tanto las lesiones previas como las ocurridas a lo largo de esta temporada 2021-2022, contabilizando un total de 101 lesiones (59 en temporadas previas y 42 actuales). En cuanto al total de lesiones (tanto esta temporada como en anteriores), los jugadores del C.D. Marino (CDM) son los que más presentaron, seguidos de los jugadores del Padre Anchieta (CPA) y el C.D. Laguna (CDL). La media de este año es de 14 lesiones (CDM: 24, CPA: 14, CDL: 4). Estas lesiones se agruparon según la región (cadera, muslo, pierna, pie), y dentro de ella, según el grupo muscular o articulación afectada. (*Figura 12 Anexo 1*)

Resultados por posición

En el cómputo global de lesiones, los delanteros son los que más lesiones sufren (34), seguido de los defensas (33) y los mediocentros (29). El mayor número de lesiones previas se registró en los delanteros, mientras que esta temporada el grupo más afectado fue el de los defensores. (*Figuras 13 y 14 Anexo 1*)

Resultados por grupo muscular y partes

En el total registrado, la región más afectada fue el muslo y el pie, con el mismo número de incidencias (30 lesiones), seguido de la pierna (26). Este año, la región más afectada fue el muslo (17), seguida por el pie (14) y la pierna (8). En años anteriores, se registraron más lesiones en la pierna (18), seguido del pie (16) y el muslo (13).

El registro de lesiones acumuladas señala al tobillo como la parte más afectada (28 incidencias), seguido de lesiones de rodilla e isquiosurales a partes iguales (16), cuádriceps (9), tríceps sural (6) y aductores (5). Este año, las mayores incidencias registradas fueron en tobillo (12) e isquiosurales (10).

Resultados de la toma de datos de los factores de riesgo

- Varo/valgo calcáneo (VVC): se observaron 35 individuos sin VVC y 16 con VVC (8 valgo ambos; 3 valgo izquierdo, 2 varo izquierdo, 1 varo ambos, 1 varo derecho, 1 varo izquierdo). (*Figura 17 Anexo 3*)
- Debilidad del flexor del primer dedo (DFP): se observaron 35 individuos sin debilidad y 16 con debilidad (11 derecho, 4 ambos, 1 izquierdo).
- Varo/valgo de rodilla (VVR): se observaron 25 individuos con varo de rodilla, 23 con posición neutra y 3 con valgo de rodilla. (*Figura 19 Anexo 3*)
- Dismetría unipodal (DU): se registraron 28 sin dismetría unipodal y 23 con dismetría unipodal. (*Figura 20 Anexo 3*)
- Dismetría bipodal (DB): se registraron 36 individuos sin dismetría bipodal y 15 con dismetría bipodal. (*Figura 21 Anexo 3*)
- Glúteo medio (GMed): se detectaron 27 individuos sin debilidad de glúteo medio y 24 con debilidad (10 glúteo derecho, 9 glúteo izquierdo, 5 ambos glúteos). (*Figura 22 Anexo 3*)
- Anteversión/retroversión (Ant/Ret): se observaron 35 individuos con pelvis neutra, 15 con anteversión y 1 con retroversión pélvica.
- *Overhead squa test* (OST): se observaron 38 individuos con debilidad de la cadena posterior y 13 en un estado normal.
- Sprint: se registraron 31 jugadores con una técnica de carrera sin rotación externa de cadera y 20 jugadores con una rotación externa de cadera.

Resultados de la tasa de lesiones asociadas a los factores de riesgo

Tras la obtención de las lesiones totales y los datos sobre los factores de riesgo de cada individuo, se realizó una asociación de ambos datos para observar cómo se comportan uno en relación al otro y establecer las posibles tendencias que puedan surgir de dicho emparejamiento. Se emparejó cada factor de riesgo individualmente con las lesiones totales, dando los siguientes resultados:

- Según varo/valgo calcáneo: existe una alta incidencia lesional en tobillo ligada a la presencia de alguna de las posibilidades de este factor de riesgo (ya sea varo o valgo unilateral o bilateral), representando un 50 % de las lesiones totales de tobillo (esguinces). Dentro del grupo con varo en ambos calcáneos, todos ellos han sufrido lesión de tobillo. En menor medida, se observa una

tendencia lesional en el grupo de rodilla que presentan este factor de riesgo, principalmente con un valgo de ambos calcáneos.

- Según debilidad del extensor del primer dedo: se observó una moderada incidencia lesional en el grupo de tobillo (28.6 %) asociada a este factor de riesgo. También se estableció una ligera tendencia a la asociación de este factor de riesgo con las lesiones de isquiosurales y rodilla (25 %).
- Según varo/valgo de rodilla: se ha detectado en alta medida la presencia de varo de rodilla en lesiones de rodilla (62.5 %), de isquiosurales (62.5 %) y de tobillo (75 %). En cuanto al valgo de rodilla, no hubo hallazgos significativos. La mayoría de individuos con un ángulo neutro de rodilla entran dentro del grupo sin lesiones. Un 100 % de los afectados de psoas presentan varo, pero la muestra no es muy grande (3 incidencias). Se observa una tendencia lesional en los grupos de cuádriceps y aductores con la presencia del varo de rodilla. *(Figura 23 Anexo 4)*
- Según disimetría unipodal: los grupos con lesión de tobillo y rodilla son los que más presentan disimetría unipodal (71.4 % y 50 % respectivamente). También se aprecia un alto porcentaje en aductores (60 %), aunque es un grupo reducido, e isquiosurales (43.8 %). *(Figura 24 Anexo 5)*
- Según disimetría bipodal: se observa menos relación que con la disimetría unipodal, el caso con más incidencia es el tobillo (53.6%). Los isquiosurales presentan un 43.8 % de lesionados con este factor de riesgo.
- Según debilidad de glúteo medio: en cuanto a la presencia de debilidad del glúteo medio (tanto unilateral como bilateral) y la tasa de lesiones, la mayor relación significativa que existe es con las lesiones de rodilla (62.5 %), y cuádriceps (44.4 %). Seguidamente, observamos un porcentaje alto en isquiosurales (43.8 %) y tobillo (35.7 %). Los aductores siguen una tendencia lesional pese a contar con una muestra pequeña. También se observó que casi la mitad de las personas sin lesión cuentan con debilidad del glúteo medio (48.8 %). *(Figura 25 Anexo 6)*
- Según anteversión/retroversión: se obtiene que el 50 % de las lesiones de isquiosurales presentan una anteversión asociada. Las lesiones de rodilla presentan un 43.8 % de individuos con anteversión. El tobillo presenta un 35.7 % de lesiones asociadas a una anteversión pélvica. Los aductores siguen con esta tendencia lesional pese a contar con una muestra pequeña.

- Según *overhead squat test*: se registra un gran porcentaje de lesiones asociadas a una restricción en la cadena muscular posterior. Los grupos con mayor incidencia son el de tobillo (71.4 %), rodilla (68.8 %), isquiosurales (68.8 %), gemelos (60 %), cuádriceps (77,8%). Pese a tener muestras pequeñas, psoas y lumbares cuentan con el 100 % de los individuos lesionados con restricción de cadena posterior asociado. Los aductores siguen esta tendencia (60 %). (*Figura 26 Anexo 7*)
- Según *sprint*: Se ha observado en un alto porcentaje la presencia de rotación externa en el *sprint* en los grupos de lesiones de isquiosurales y rodilla (56.3 %). También se ha observado un alto porcentaje en lesiones de aductor (80 %) y tríceps sural (contando sóleo y gemelos, con un 66.7 %). En menor medida, se observó una pequeña relación en cuádriceps (33.3 %).

La incidencia de los factores de riesgo en las lesiones de rodilla, tobillo e isquiosurales se recoge en las siguientes figuras (*Figuras 9-11*).

Lesiones de rodilla

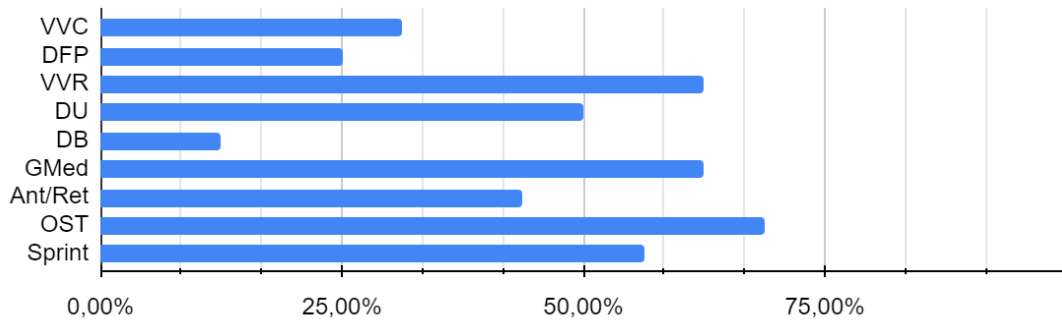


Figura 9

Lesiones de tobillo

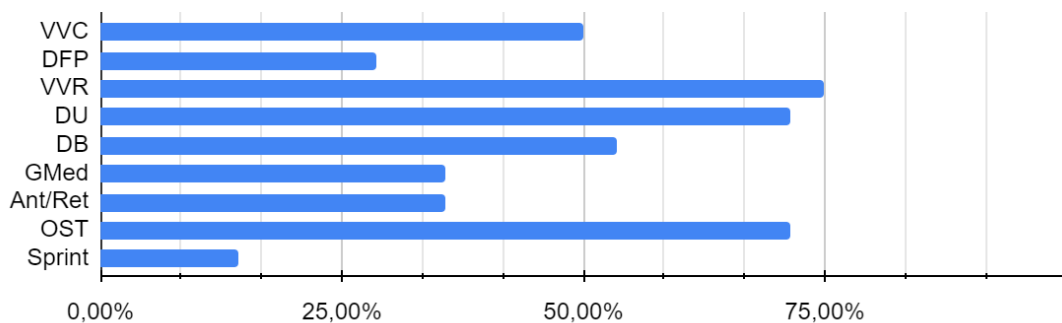


Figura 10

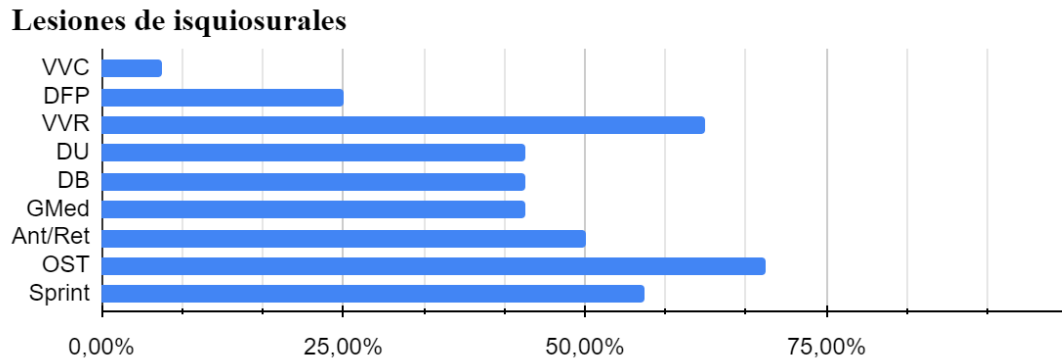


Figura 11

Figuras 9, 10 y 11. Incidencia (en porcentaje) de los factores de riesgo en las lesiones de rodilla, tobillo e isquiosurales, respectivamente (elaboración propia).

Resultados de la tasa de lesiones asociadas a factores de riesgo combinados

En este caso, tras la obtención de la correlación de las lesiones totales junto a cada factor de riesgo individual, se procedió a analizar la correlación de las lesiones totales según la combinación de dos o más factores de riesgo, con la misma finalidad: observar posibles tendencias y obtener conclusiones. De todas las combinaciones posibles, se seleccionaron las que presentan resultados más relevantes:

- VVC + VVR: se obtuvo un pequeño porcentaje de lesionados con ambos factores combinados en el grupo de tobillo (32.1%). (*Figura 27 Anexo 8*)
- VVC + OST: existe un buen porcentaje de lesionados con ambos factores combinados en el grupo de tobillo (35.7 %) y en gemelos (40 %). (*Figura 28 Anexo 9*)
- DFP + *Sprint*: se observó un ligero porcentaje de lesionados en esta agrupación, el grupo de rodilla e isquiosurales contaron con un 25 %, aductores con un 40 % y cuádriceps con un (22.2 %).
- VVC, VVR + OST: se registró que un 28.6 % de las lesiones de tobillo contaron con la combinación de todos los factores.
- VVR + OST: se obtuvo una gran incidencia en tobillo (60.7 %), en rodilla e isquiosurales (50 %) y una ligera tendencia en cuádriceps (33.3 %). (*Figura 29 Anexo 10*)

- VVR + GMed: se observó incidencia en tobillo (28.6 %), rodilla e isquiosurales (31.3 %). (*Figura 30 Anexo 11*)
- *Sprint* + GMed: se determinó una elevada incidencia en el grupo rodilla (50 %). También se observaron tendencias en los grupos isquiosurales (25 %) y aductores (40 %). (*Figura 31 Anexo 12*)
- DU + DB: el 46.4 % de las lesiones de tobillo tiene una combinación de ambas disimetrías. También se observaron ligeras tendencias en isquiosurales (25 %) y aductores (40 %). (*Figura 32 Anexo 13*)
- GMed + OST: se observaron incidencias con esta combinación de factores de riesgo en rodilla (43.8 %), tobillo (35.7 %), isquiosurales (37.5 %) y cuádriceps (44.4 %). (*Figura 33 Anexo 14*)
- DU, DB + GMed: se registró únicamente incidencia lesional con la combinación de estos factores en el grupo de tobillo (28.6 %).
- Gmed + DU: existe correlación en los grupos de rodilla (37.5 %) y tobillo (32.1 %). Además, se observaron tendencias en isquiosurales (25 %) y aductores (40 %). (*Figura 34 Anexo 15*)
- OST + Ant/Ret: se observó alguna relación entre la musculatura isquiosural lesionada y ambos factores de riesgo combinados (31.3 %). (*Figura 35 Anexo 16*)
- OST + *Sprint*: la combinación de ambos factores se presenta en gran medida en lesiones de rodilla (43.8 %) y de isquiosurales (37.5 %). También se observó tendencias en cuádriceps (33.3 %) y aductores (60 %).(*Figura 36 Anexo 17*)

4.7. DISCUSIÓN

La finalidad de este estudio fue analizar diferentes factores de riesgo, la posible relación entre ellos y el índice lesional que suponen en futbolistas de nivel amateur.

Exceptuando a los guardametas, tanto defensas, mediocentros y delanteros presentan una incidencia lesional muy parecida, por lo que, aún teniendo dinámicas diferentes durante un partido, la posición no supone un riesgo añadido. La preparación física y la calidad de esta es un elemento muy importante el cual se pudo apreciar este año entre los equipos del CDL y el CDM, ya que con una muestra similar de jugadores con preparación física de ambos equipos, la diferencia de lesiones por equipo es más que notoria, presentando 4 lesionados el CDL frente a los 24 del CDM.

Las lesiones de tobillo fueron las más comunes en el cómputo global. Son varios los posibles factores en una lesión de esguince de tobillo, como el contacto con otro jugador, una entrada del rival, o un golpe del balón (58), por lo que es normal que la incidencia obtenida sea alta. También predominaron las lesiones de rodilla, siendo en el mundo del fútbol los esguinces de ligamento cruzado anterior (LCA), ligamento lateral interno (LLI) y problemas de menisco los más comunes (59) junto a las lesiones en los isquiosurales, de las que ya se comentó su influencia en el deporte (1, 11, 13-16).

En cuanto a los factores individuales que presentan los jugadores, los que mayor porcentaje tienen son el varo de rodilla (49,0 %), la disimetría unipodal (45,1 %) y la debilidad de glúteo medio (47,1%), siendo *Overhead Squat Test* el factor en cabeza con un 74,5 % de positivos. También, es remarcable que en gran parte de los futbolistas del estudio la técnica del *sprint* involucra una rotación externa de cadera (39,2 %), suponiendo esto un posible aumento en el riesgo de lesión ya que, como defiende Shultz et al. (2014), la rotación externa es uno de los factores que se acentúa conforme avanza el juego a raíz de la acumulación de fatiga neuromuscular (24).

Relacionando los factores individuales con las diferentes lesiones, en el caso de los jugadores con presencia de varo/valgo calcáneo, las incidencias de tobillo fueron las más frecuentes, obteniendo un mayor porcentaje en los futbolistas con varo de rodilla o disimetría unipodal. Atendiendo a las lesiones de rodilla, los factores con mayor porcentaje fueron la disimetría unipodal, el varo de rodilla, la debilidad de glúteo medio y la rotación externa en el *sprint*; estos tres últimos podrían afectar de forma indirecta a la articulación, cambiando la biomecánica de esta y generando un posible aumento del riesgo lesional (24, 34).

La musculatura isquiosural se vio también afectada en el recuento, obteniendo altos porcentajes en varo de rodilla, anteversión pélvica y rotación externa en el *sprint*. Se conoce que todos ellos aumentan la tensión del compartimento isquiosural, por lo que pueden llegar a afectar al rendimiento y a la probabilidad de lesión (22).

Cabe mencionar que el *Overhead Squat Test* genera altas demandas tanto en la movilidad de tobillo como de cadera. Este fue un factor muy común entre los jugadores y se ve reflejado en los distintos tipos de lesiones, teniendo una alta tasa de incidencia en tobillo, rodilla e isquiosurales. Por tanto, introducir en la preparación física ejercicios excéntricos enfocados a mejorar la movilidad articular y potenciar la cadena muscular posterior podría conllevar una reducción de estos porcentajes (60).

Al correlacionar los factores de riesgo planteados (analizar cuántos jugadores presentan más de un factor y con qué lesión se relaciona), se pueden observar una serie de tendencias a destacar.

- La debilidad del glúteo medio estuvo presente hasta en tres combinaciones con porcentajes relevantes en las lesiones de rodilla, las cuales fueron GMed + sprint (50 %) , GMed + OST (43.8 %) y GMed + DU (37.5 %). La alta frecuencia de este factor de riesgo en lesiones de rodilla nos indica que el glúteo medio puede jugar un papel muy importante en la estabilidad de la rodilla (34). La ausencia de este factor de riesgo podría evitar la desalineación dinámica (caída de la pelvis contralateral, aducción femoral y rotación interna, valgo de rodilla, rotación interna de la tibia y una hiperpronación del pie) (33) mecanismo que influye posiblemente en lesiones de LLI y en esguinces de rodilla.
- Sobre las incidencias de tobillo, las correlaciones más significativas las observamos en VVR + OST (60.7%), DU + DB (43.8 %), VVC + OST (35.7 %), GMed + OST (35.7 %), siendo el *Overhead Squat Test* el elemento con más presencia. Cabe destacar que todos los factores presentes están relacionados con la estabilidad y dorsiflexión del tobillo, ambos aspectos fundamentales para esta estructura. Destacar también cómo puede influir la disimetría unipodal como bipodal en su incidencia lesional, pues ambos factores nos indican una deficiencia del tibial posterior, elemento que juega un papel fundamental en la estabilidad del pie (26-28).
- En las lesiones musculoesqueléticas predomina el complejo isquiosural como el principal afectado, obteniendo notables porcentajes en VVR + OST (50 %), OST + Sprint (37.5 %), GMed + OST (37.5 %), VVR + GMed (31.3 %) OST + Ant. (31.3 %), siendo nuevamente el OST el factor más repetido,

evidenciando una poca preparación general de la cadena muscular posterior, por tanto, un posible factor de riesgo directo en isquiosurales. Para la musculatura cuadriceps y aductora no se obtuvo una muestra representativa, pero se pueden apreciar posibles tendencias a estudiar como en el caso del OST + Sprint, presentando un 33.3 % de lesiones en cuádriceps y un 60 % en aductores. Solo se obtuvieron dos correlaciones con más de dos factores de riesgo (DU + DB + GMed; VVC + VVR + OST) las cuales apuntan al tobillo como parte con mayor índice lesional (28.6 %), nuevamente, factores relacionados con la estabilidad del tobillo y la dorsiflexión (OST).

4.8. CONCLUSIONES

Tras el estudio realizado y los datos obtenidos, podemos exponer las siguientes conclusiones:

1. La categoría de juego, dentro de las competiciones amateur, es indiferente en cuanto a riesgo de lesiones. Sin embargo, la preparación física durante la temporada es relevante ya que puede influir en el índice lesional, por lo que es importante una buena programación y preparación.
2. Existe una gran correlación entre la tasa de lesiones de tobillo y una alta incidencia de factores de riesgo relacionados con la estabilidad y la dorsiflexión del pie (VVR; DU; DB; VVC; GMed; OST).
3. El factor de riesgo GMed está altamente relacionado a la incidencia lesional de la rodilla.
4. La incidencia lesional de los músculos isquiosurales está ligada principalmente a factores de riesgo que ejercen una puesta en tensión de la estructura (varo de rodilla, rotación externa de cadera y anteversión pélvica).
5. Realizar una toma de datos similar en pretemporada y orientar la preparación física en base a reducir la aparición de los factores de riesgo estudiados puede ser una buena estrategia para disminuir el cómputo global de lesiones durante la temporada.
6. El aumento de ciertos factores de riesgo tiene relación directa con un incremento de lesiones en futbolistas.

4.9. ASPECTOS ÉTICOS Y LEGALES

Esta investigación ha sido realizada de acuerdo con la declaración de Helsinki (2013), respetando los aspectos éticos y legales con cada uno de los participantes cumpliendo con cada uno de los siguientes criterios:

- Respeto a las personas: respeto hacia las personas y su autonomía, su capacidad de autodeterminación y de considerar sus propias decisiones.
- Búsqueda del bien: se buscó lograr los máximos beneficios y reducir al mínimo el daño y la equivocación. El estudio cuenta con un beneficio razonable y un riesgo minúsculo en comparación. El diseño de la investigación ha sido el adecuado y los investigadores han estado comprometidos a realizarla de la mejor manera posible, salvaguardando siempre el bienestar de todos los participantes.
- Justicia: se trató a cada persona de acuerdo a aquello que es moralmente correcto y apropiado, se llevó una distribución equitativa de los medios y materiales empleados en el estudio, sin dejar atrás a ningún participante.

En cuanto a la protección de los derechos y datos personales de los sujetos del estudio, se redactó un consentimiento informado señalando los objetivos de la investigación, procedimientos a realizar, información acerca de los beneficios y posibles riesgos, costos para los sujetos estudiados y confidencialidad total de sus datos, siendo de uso anónimo y sólo para lo que ha autorizado; todo esto se realizó atendiendo a la Ley Orgánica 7/2021, de 26 de mayo, de protección de datos personales.

Además, la participación en dicha investigación fue de manera voluntaria, incluyendo la posibilidad de retirarse del estudio cuando el deportista lo deseara, eliminando así los datos de la persona.

4.10. MEMORIA ECONÓMICA

En este apartado se expondrá la memoria económica del proyecto, desglosando los diferentes costes de este. Se incluyen los costes originales del material utilizado y los costes del servicio (incluyendo días invertidos durante el personal a lo largo del proyecto). El precio total es una estimación del gasto que en teoría supondría el

estudio, pues parte de las herramientas ya formaban parte del uso personal de los investigadores y no se realizó una inversión en ellas específicamente para el estudio.

Tabla 6. Gastos económicos del estudio (elaboración propia)

Materiales utilizados	Coste total
Metro	11,00 €
Cámara Go Pro	500,00 €
Nivel	9,99 €
iPad Mini	209,99 €
Transporte	80,00 €
	Total: 810,98 €

4.11. FORTALEZAS Y LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Según nuestro conocimiento, hoy en día no existe ninguna investigación similar que analice en conjunto los distintos factores planteados anteriormente y la relación que pueden llegar a tener entre sí y entre la incidencia lesional en futbolistas.

Es por ello que las fortalezas de este estudio se van a fundamentar en este enfoque global de todos los factores, considerando que se trata de un estudio novedoso y que puede servir de modelo, tanto para futuras investigaciones basadas en la misma hipótesis, como también para tener en cuenta en futuras planificaciones de las temporadas en equipos de fútbol. Si a esto le sumamos el enfoque multifactorial de las lesiones, la propuesta de futuros estudios de este estilo sería sumamente interesante.

A su vez, este trabajo presenta una serie de limitaciones. La muestra de jugadores puede no ser lo suficientemente significativa para un estudio estadístico de estas características, ya que hay patologías no tan frecuentes de las que se obtiene poca información. Además, al ser realizado en jugadores varones de nivel amateur, no es extrapolable a jugadores de élite ni otras poblaciones, por lo que se limitaría únicamente a la mencionada.

Para los factores del valgo/varo calcáneo y la ante-retroversión pélvica no se empleó ninguna forma objetiva cuantificable debido a que no se encontró evidencia al respecto, por lo que se realizó de manera observacional suponiendo así un sesgo.

Bibliografía

1. Petersen J, Thorborg K, Nielsen MB, Skjødt T, Bolvig L, Bang N. The diagnostic and prognostic value of ultrasonography in soccer players with acute hamstring injuries. *Am J Sports Med* 2014;42(2):399-404.
2. Historia C. Historia del fútbol: inventor y evolución. CurioSfera Historia [Internet]. 2022 [Último acceso el 5 de julio de 2022]. Disponible en: <https://curiosfera-historia.com/historia-del-futbol-inventor/>
3. Aure P. Diferencias entre el fútbol antiguo y el fútbol moderno [Internet]. 2017 [Último acceso el 5 de julio de 2022]. Disponible en: <https://futbonline.wordpress.com/2017/05/23/comparacion-entre-el-futbol-clasico-y-el-futbol-moderno/>
4. Rossetini G, Camerone EM, Carlino E, Benedetti F, Testa M. Context matters: the psychoneurobiological determinants of placebo, nocebo and context-related effects in physiotherapy. *Arch Physiother* 2020;10(1).
5. Mantilla A, Iván J, Iván J, Mantilla A. Professional impact of the intervention of physiotherapist in professional football. *Rev Ib CC Act Fís Dep* 2017;6(2):17.
6. Waldén M, Hägglund M, Ekstrand J. Injuries in Swedish elite football-a prospective study on injury definitions, risk for injury and injury pattern during 2001. *Scand J Med Sci Sports* 2005;15(2):118-125.
7. Mueller-Wohlfahrt H, Haensel L, Mithoefer K, Ekstrand J, English B, McNally S. Terminology and classification of muscle injuries in sport: the Munich consensus statement. *Br J Sports Med* 2012;47(6):342.
8. Pollock N, James SLJ, Lee JC, Chakraverty R. British athletics muscle injury classification: a new grading system. *Br J Sports Med* 2014;48(18):1347-1351.
9. De la Cruz Márquez J, Fernández Martínez A, Cueto Martín B, Salazar Alonso S, De la Cruz Campos J. Predicción de lesiones deportivas mediante modelos matemáticos. *Apunts Med l Esport*, 2008;43(157):41-44.
10. Ekstrand J, Hägglund M, Waldén M. Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). *Am J Sports Med* 2011;39(6):1226-1232.
11. Noya J, Sillero M. Incidencia lesional en el fútbol profesional español a lo largo de una temporada: días de baja por lesión. *Apunts Med l Esport*. 2012;47(176):115–123.

12. Mair SD, Seaber AV, Glisson RR, Garrett WE. The role of fatigue in susceptibility to acute muscle strain injury. *Am J Sports Med* 1996;24(2).
13. Woods C, Hawkins RD, Maltby S, Hulse M, Thomas A. The football association medical research programme: an audit of injuries in professional football--analysis of hamstring injuries. *Br J Sports Med* 2004;38(1).
14. Ekstrand J, Hägglund M, Waldén M. Injury incidence and injury patterns in professional football: the UEFA injury study. *Br J Sports Med* 2011;45(7):553-558.
15. Farfán E, Rojas S, Olivé-vilás R, Rodríguez-baeza A. Morphological study on the origin of the semitendinosus muscle in the long head of biceps femoris. *Scand J Med Sci Sports* 2021;31(12).
16. Verrall GM, Slavotinek JP, Barnes PG, Fon GT. Diagnostic and prognostic value of clinical findings in 83 athletes with posterior thigh injury. *Am J Sports Med* 2003;31(6):969-973.
17. Ekstrand J, Waldén M, Hägglund M. Hamstring injuries have increased by 4% annually in men's professional football, since 2001: a 13-year longitudinal analysis of the UEFA Elite Club injury study. *Br J Sports Med* 2016;50(12).
18. Gilroy A, Macpherson B, Ross L. Prometheus. Atlas de anatomía. 2ª edición. Madrid: Editorial médica Panamericana; 2013.
19. Tubbs RS, Caycedo FJ, Oakes WJ, Salter EG. Descriptive anatomy of the insertion of the biceps femoris muscle. *Clin Anat* 2006;19(6):517-521.
20. Howard RM, Conway R, Harrison AJ. Muscle activity in sprinting: a review. *Sports Biomech* 2017;17(1):1.
21. Higashihara A, Ono T, Kubota J, Okuwaki T, Fukubayashi T. Functional differences in the activity of the hamstring muscles with increasing running speed. *J Sports Sci Med* 2010;28(10):1085-1092.
22. Huygaerts S, Cos F, Cohen DD, Calleja-González J, Guitart M, Blazevich AJ. Mechanisms of hamstring strain injury: interactions between fatigue, muscle activation and function. *Sports* 2020;8(5):1-15.
23. Thelen DG, Chumanov ES, Best TM, Swanson SC, Heiderscheit BC. Simulation of biceps femoris musculotendon mechanics during the swing phase of sprinting. *Med Sci Sports Exerc* 2005;37(11):1931-1938.

24. Shultz SJ, Schmitz RJ, Cone JR, Henson RA, Montgomery MM, Pye ML. Changes in fatigue, multiplanar knee laxity, and landing biomechanics during intermittent exercise. *J Athl Train* 2015;50(5):486-497.
25. Timmins RG, Opar DA, Williams MD, Schache AG, Dear NM, Shield AJ. Reduced biceps femoris myoelectrical activity influences eccentric knee flexor weakness after repeat sprint running. *Scand J Med Sci Sports* 2014;24(4):299-305.
26. Rodríguez Fernández J, Fernández Terán MA. La bóveda plantar: alteraciones. *Rev Esp Reumatol* 2003;30(9):489-498.
27. Narváez J, Narváez JA, Sánchez-Márquez A, Clavaguera MT, Rodríguez-Moreno J, Gil M. Posterior tibial tendon dysfunction as a cause of acquired flatfoot in the adult: value of magnetic resonance imaging. *Br J Rheumatol* 1997;36(1):136-139.
28. Ness ME, Long J, Marks R, Harris G. Foot and ankle kinematics in patients with posterior tibial tendon dysfunction. *Gait Posture* 2007;27(2):331-339.
29. Flack N, Nicholson HD, Woodley SJ. A review of the anatomy of the hip abductor muscles, gluteus medius, gluteus minimus, and tensor fascia lata. *Clin Anat* 2012;25(6):697-708.
30. Robertson WJ, Gardner MJ, Barker JU, Boraiah S, Lorich DG, Kelly BT. Anatomy and dimensions of the gluteus medius tendon insertion. *Arthroscopy* 2008;24(2):130-136.
31. Neumann DA. Kinesiology of the hip: a focus on muscular actions. *J Orthop Sports Phys Ther* 2010;40(2):82-94.
32. Gottschalk F, Kourosch S, Leveau B. The functional anatomy of tensor fasciae latae and gluteus medius and minimus. *J Anat* 1989;166:179-189.
33. Earl JE. Gluteus medius activity during 3 variations of isometric single-leg stance. *J Sport Rehabil* 2005;14(1):1-11.
34. Petersen W, Ellermann A, Gösele-Koppenburg A, Best R, Rembitzki IV, Brüggemann G. Patellofemoral pain syndrome. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2013;22(10):2264-2274.
35. Ekstrand J, Vouillamoz M, Papadimitriou N. UEFA Elite Club Injury Study Report. editorial.uefa.com. [Internet]. 2020 [Último acceso el 5 de julio de 2022]. Disponible en: [2019/20 Season report Team X](#)

36. Werner J, Hägglund M, Waldén M, Ekstrand J. UEFA injury study: a prospective study of hip and groin injuries in professional football over seven consecutive seasons. *Br J Sports Med* 2009;43(13):1036-1040.
37. Zhong Y, Fu W, Wei S, Li Q, Liu Y. Joint torque and mechanical power of lower extremity and its relevance to hamstring strain during sprint running. *J Healthc Eng* 2017;2017:8927415-7.
38. Wilmes E, de Ruiter CJ, Bastiaansen BJC, Goedhart EA, Brink MS, van der Helm, Frans CT. Associations between hamstring fatigue and sprint kinematics during a simulated football (soccer) match. *Med Sci Sports Exerc* 2021;53(12):25862595.
39. Moreno-Pérez V, Rodas G, Peñaranda-Moraga M, López-Samanes Á, Romero-Rodríguez D, Aagaard P. Effects of football training and match-play on hamstring muscle strength and passive hip and ankle range of motion during the competitive season. *Int J Environ Res Public Health* 2022;19(5):2897.
40. Mendiguchia J, Conceicao F, Edouard P, Fonseca M, Pereira R, Lopes H, et al. Sprint versus isolated eccentric training: comparative effects on hamstring architecture and performance in soccer players. *PLoS ONE* 2020;15(2):e0228283.
41. Šarabon N, Marušič J, Marković G, Kozinc Z. Kinematic and electromyographic analysis of variations in Nordic hamstring exercise. *PLoS ONE* 2019;14(10):e0223437.
42. Navandar A, Veiga S, Torres G, Chorro D, Navarro E. A previous hamstring injury affects kicking mechanics in soccer players. *J Sports Med Phys Fit* 2018;58(12):1815-1822.
43. Suárez-Arrones L, Nunez FJ, Lara-Lopez P, Di Salvo V, Mendez-Villanueva A. Inertial flywheel knee- and hip-dominant hamstring strength exercises in professional soccer players: muscle use and velocity-based eccentric overload. *PloS ONE* 2020;15(10):e0239977.
44. More RC, Karras BT, Neiman R, Fritschy D, Woo NY, Daniel DM. Hamstrings—an anterior cruciate ligament protagonist. *Am J Sports Med* 1993;21(2):231.
45. Sugimoto D, Myer GD, Barber Foss KD, Hewett TE. Specific exercise effects of preventive neuromuscular training intervention on anterior cruciate ligament

- injury risk reduction in young females: meta-analysis and subgroup analysis. *Br J Sports Med* 2014;49(5):282.
46. Mendez-Villanueva A, Suarez-Arrones L, Rodas G, Fernandez-Gonzalo R, Tesch P, Linnehan R. MRI-Based regional muscle use during hamstring strengthening exercises in elite soccer players. *PLoS ONE* 2016;11(9).
 47. Kawama R, Takahashi K, Wakahara T. Effect of hip joint position on electromyographic activity of the individual hamstring muscles during stiff-leg deadlift. *J Streng Cond Res* 2020;35(1):38-43.
 48. van der Horst N, Smits D, Petersen J, Goedhart EA, Backx FJG. The preventive effect of the nordic hamstring exercise on hamstring injuries in amateur soccer players: a randomized controlled trial. *Am J Sports Med* 2015;43(6):1316-1323.
 49. Roe M, Delahunt E, Mchugh M, Gissane C, Malone S, Collins K, et al. Association between eccentric knee flexor strength and hamstring injury risk in 185 elite Gaelic football players. *Scand J Med Sci Sports* 2020;30(3):515.
 50. Núñez FJ, Santalla A, Carrasquilla I, Asian JA, Reina JI, Suarez-Arrones LJ. The effects of unilateral and bilateral eccentric overload training on hypertrophy, muscle power and COD performance, and its determinants, in team sport players. *PLoS ONE* 2018;13(3).
 51. Delvaux F, Rochcongar P, Bruyère O, Bourlet G, Daniel C, Diverse P. Return-to-play criteria after hamstring injury: actual medicine practice in professional soccer teams. *J Sports Sci Med* 2014;13(3):721–3.
 52. Zambaldi M, Beasley I, Rushton A. Return to play criteria after hamstring muscle injury in professional football: a Delphi consensus study. *Br J Sports Med* 2017;51(16):1221.
 53. Diker G, Struzik A, Ön S, Zileli R. The relationship between the hamstring-to-quadriceps ratio and jumping and sprinting abilities of young male soccer players. *Int J Environ Res Public Health* 2022;19(12):7471.
 54. Parra MM, Alejandra P, Gallardo A, Cabezas MA, Domínguez Maldonado G. Pruebas clínicas valoración de pie plano adquirido, DTTP. *Rev Podol Clin*. 2016;17(3):88-93.
 55. Stevens WR, Jo C, Tulchin-Francis K. Clinically derived biomechanical criteria for the Trendelenburg test. *Clin Biomech* 2020;78:105066.

56. Mauntel TC, Post EG, Padua DA, Bell DR. Sex Differences during an overhead aquat assessment. *J Appl Biomech* 2015;31(4):244-249.
57. Hahn T, Foldspang A. The Q angle and sport. *Scand J Med Sci Sports* 1997;7(1):43–48.
58. Kolokotsios S, Drousia G, Koukoulithras I, Plexousakis M. Ankle injuries in soccer players: a narrative review. *Cureus* 2021;13(8):e17228.
59. Read PJ, Oliver JL, De Ste Croix, Mark B. A, Myer GD, Lloyd RS. Neuromuscular risk factors for knee and ankle ligament injuries in male youth soccer players. *Sports Med* 2016;46(8):1059-1066.
60. Diong J, Carden PC, Sullivan K, Sherrington C, Reed DS. Eccentric exercise improves joint flexibility in adults: A systematic review update and meta-analysis. *Musculoskel Sci Pract* 2022;60:102556.

ANEXO 1

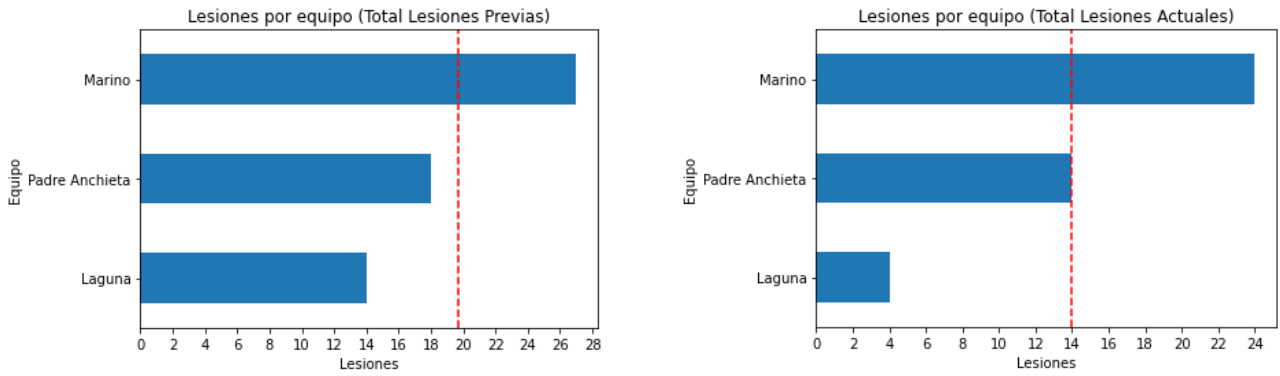
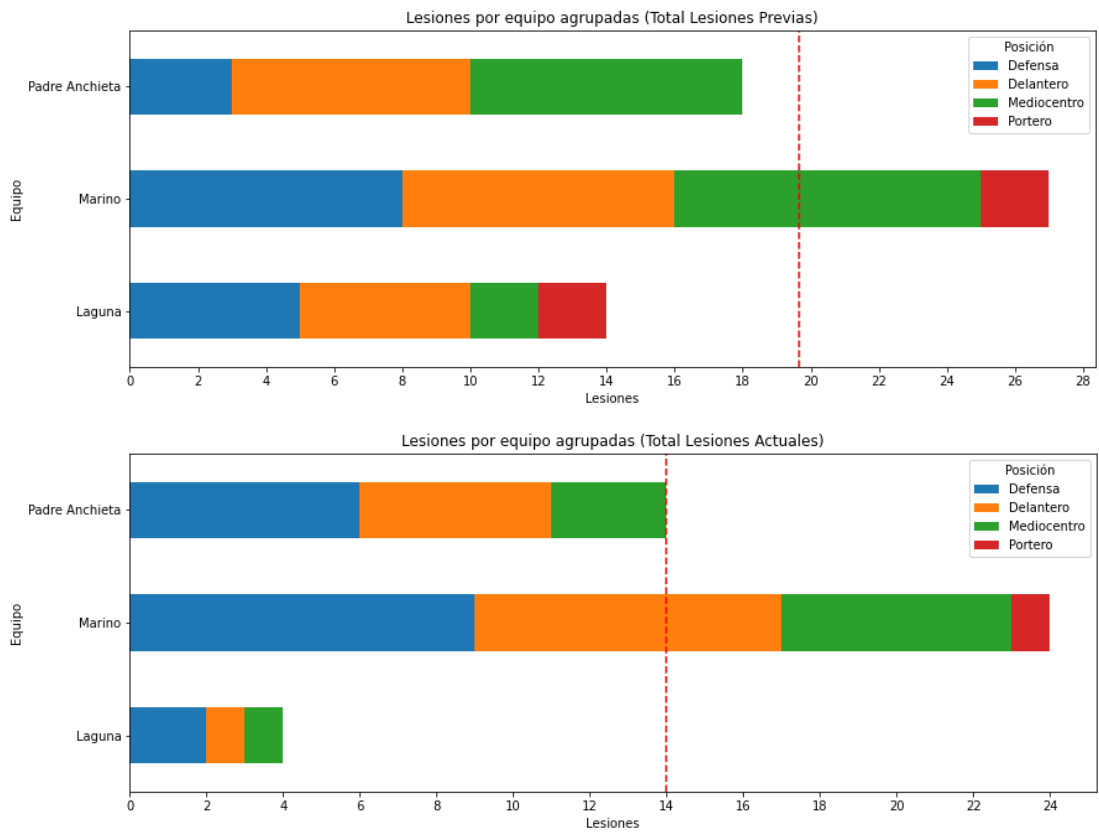
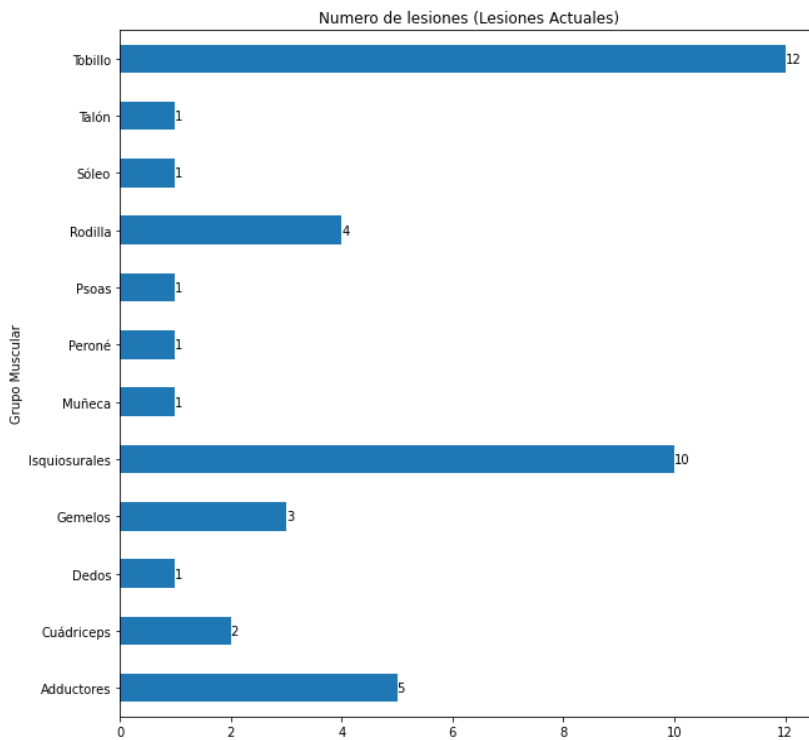
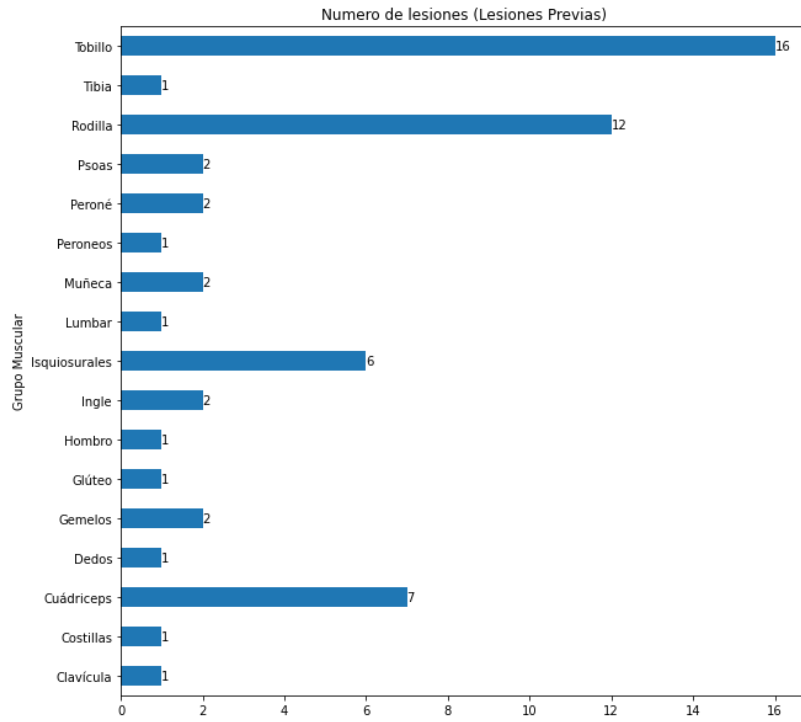


Figura 12. Lesiones previas y actuales clasificadas por equipos (elaboración propia).



Figuras 13 y 14. Lesiones previas y actuales agrupadas por posición (elaboración propia).

ANEXO 2



Figuras. 15 y 16. Lesiones previas y actuales agrupadas por grupo muscular (elaboración propia).

ANEXO 3

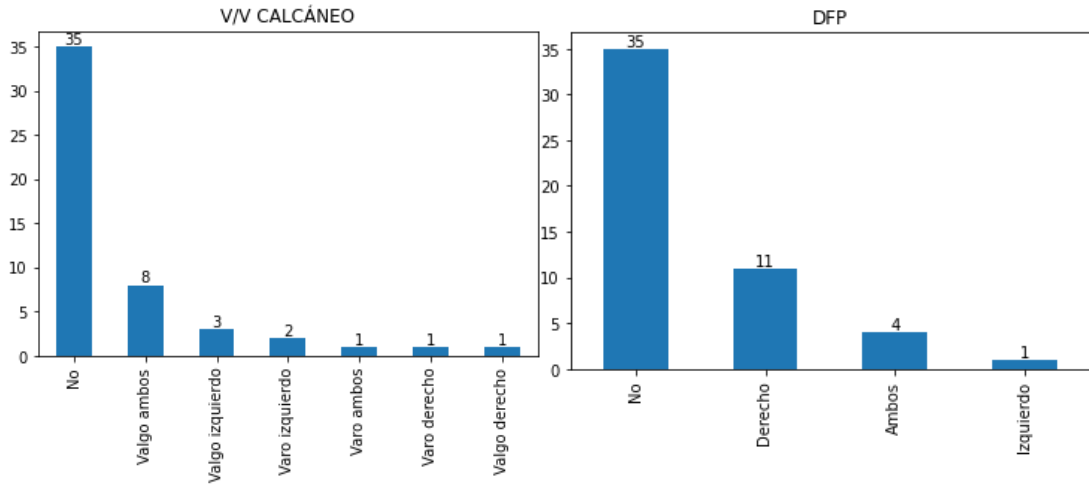


Figura 17. Varo/Valgo calcáneo

Figura 18. Debilidad flexor del primer dedo

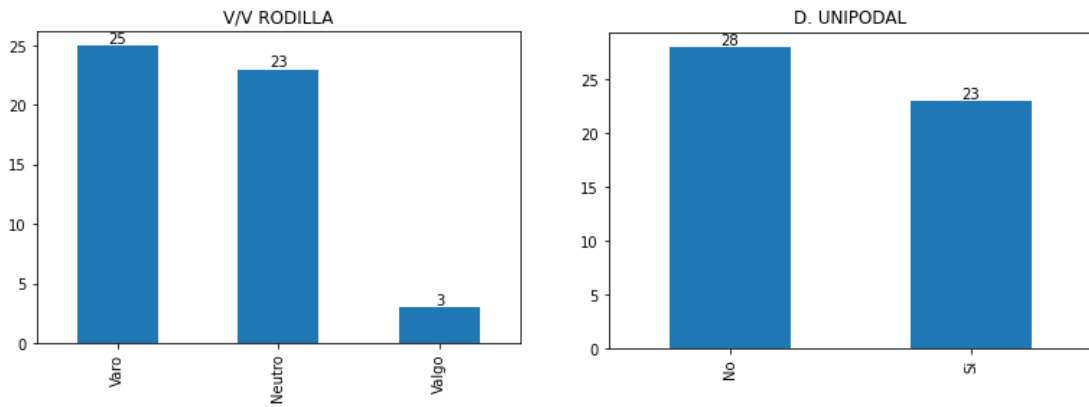


Figura 19. Varo/Valgo de rodilla

Figura 20. Dismetría unipodal

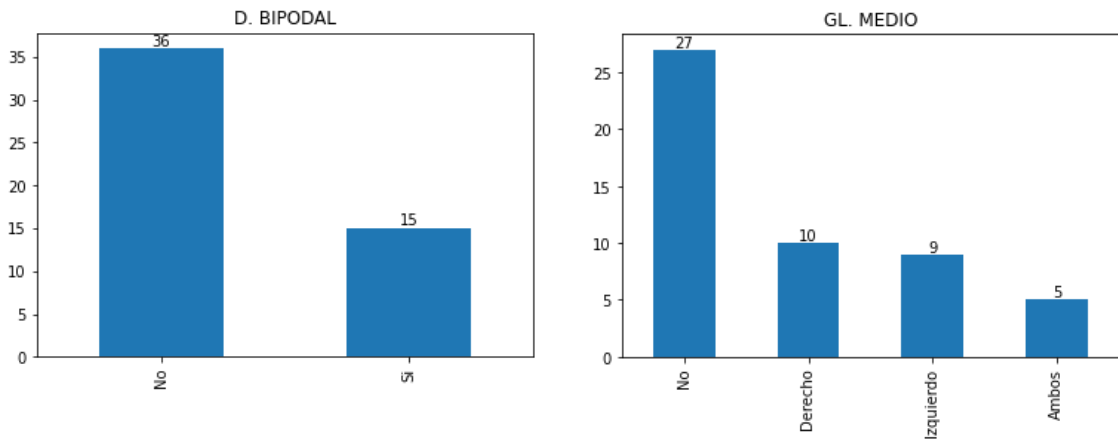


Figura 21. Dismetría bipodal

Figura 22. Debilidad del glúteo medio

***Todas las figuras son de elaboración propia**

ANEXO 4

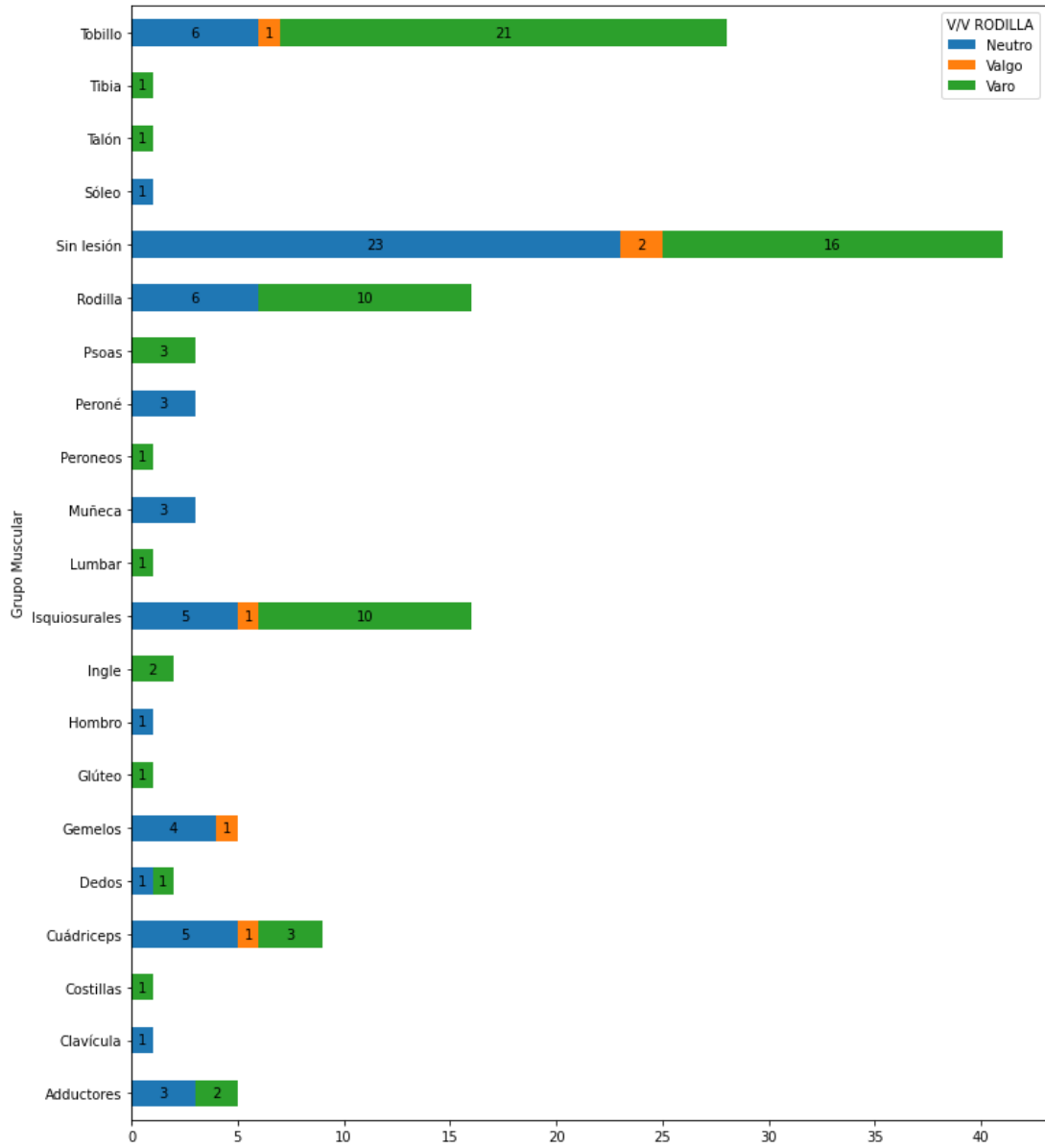


Figura 23. Gráfica del factor “varo/valgo de rodilla” asociado a la incidencia lesional (elaboración propia).

ANEXO 5

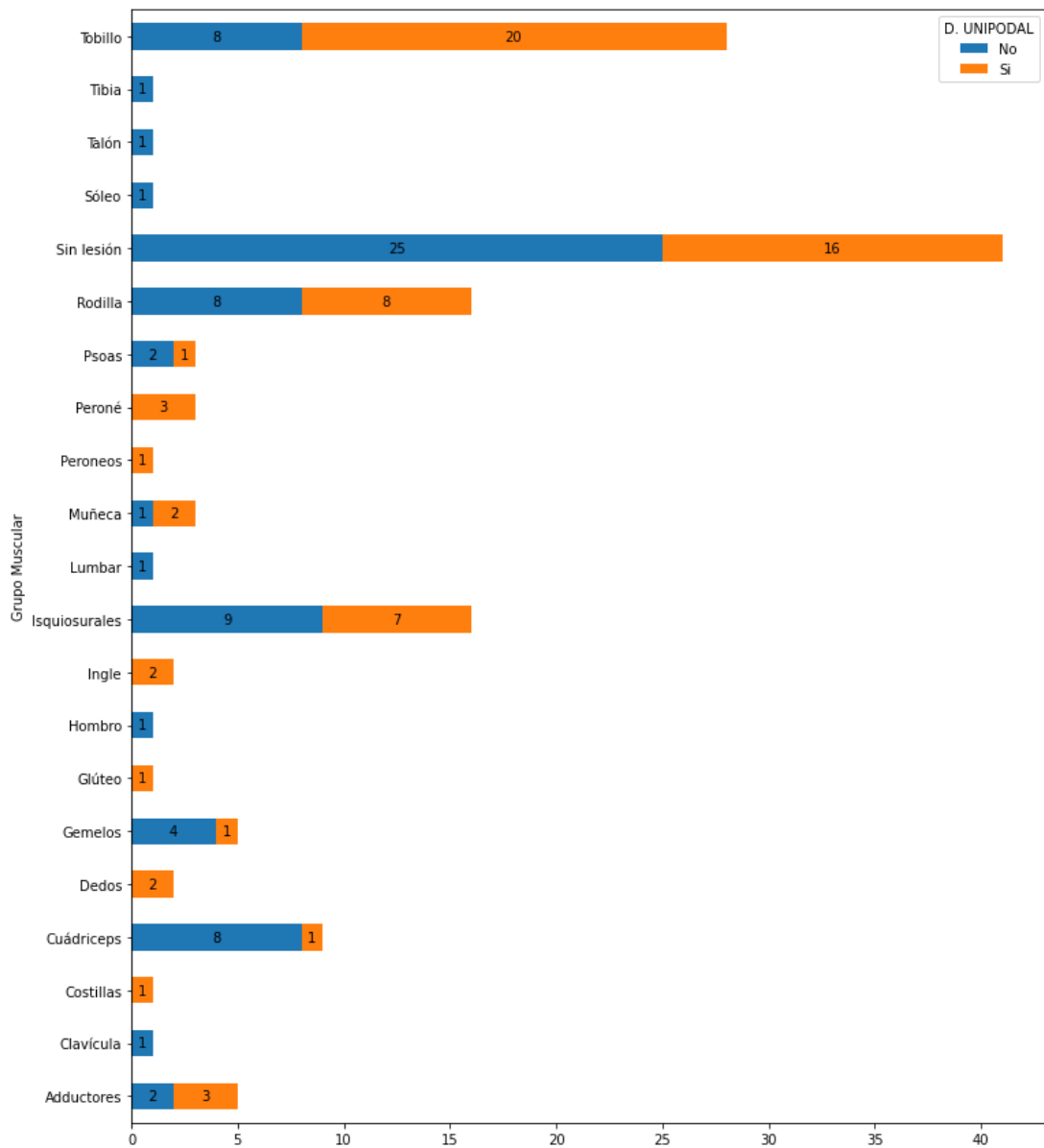


Figura 24. Gráfica del factor “dismetría unipodal” asociado a la incidencia lesional (elaboración propia).

ANEXO 6

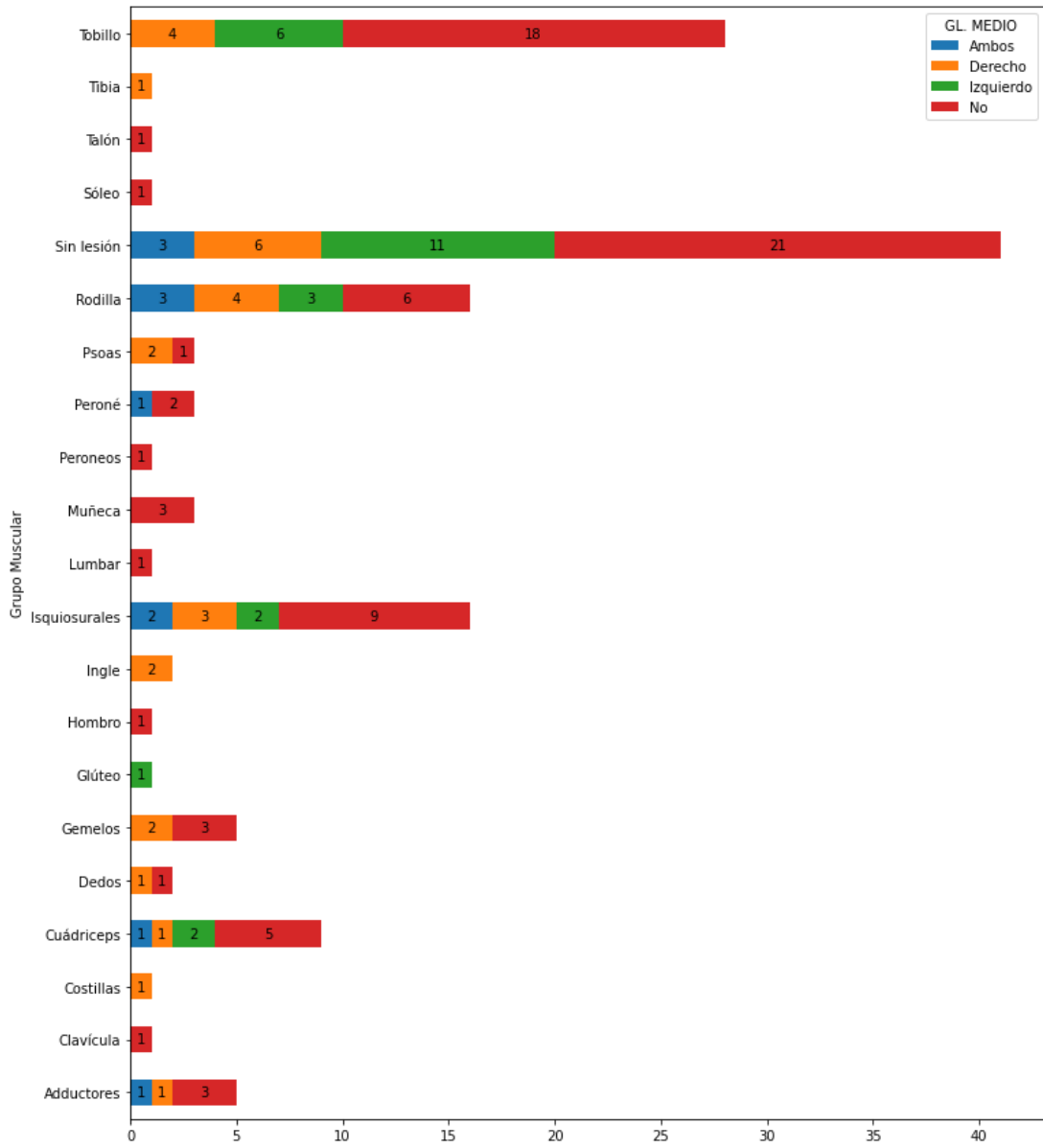


Figura 25. Gráfica del factor “debilidad de glúteo medio” asociado a la incidencia lesional (elaboración propia).

ANEXO 7

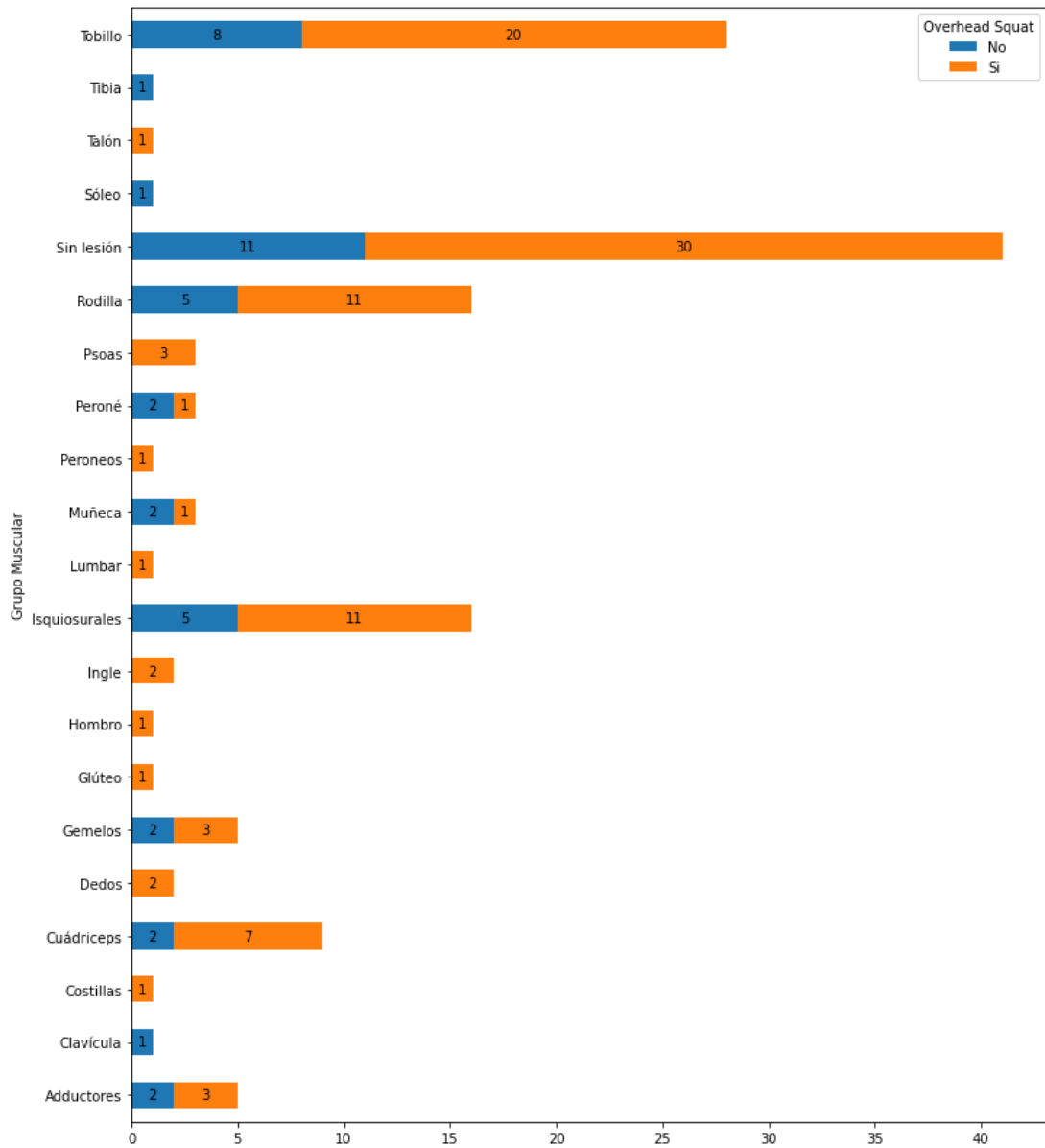


Figura 26. Gráfica del factor “Overhead Squat” asociado a la incidencia lesional (elaboración propia).

ANEXO 8

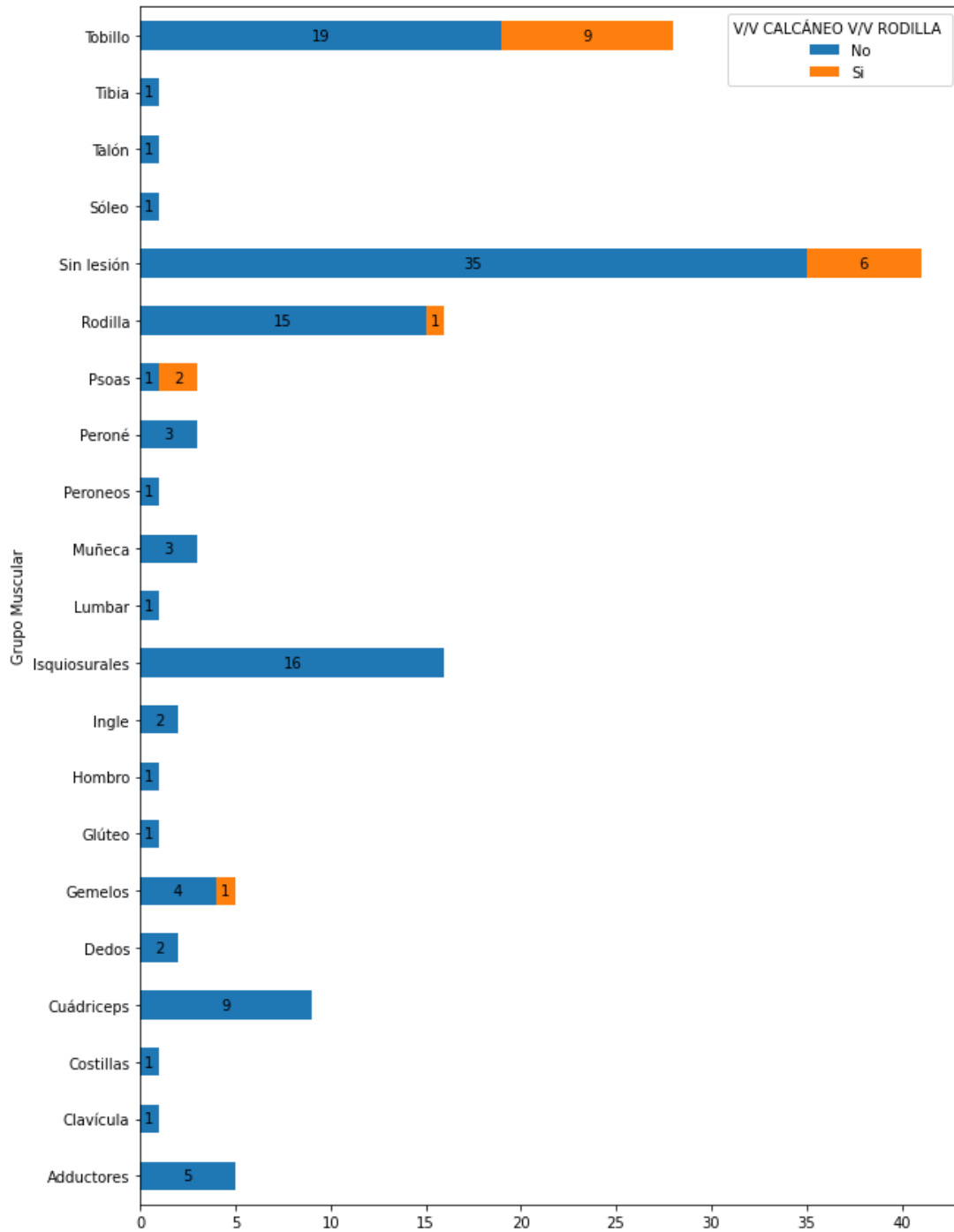


Figura 27. Gráfica de los factores "VVC" y "VVR" asociado a la incidencia lesional (elaboración propia).

ANEXO 9

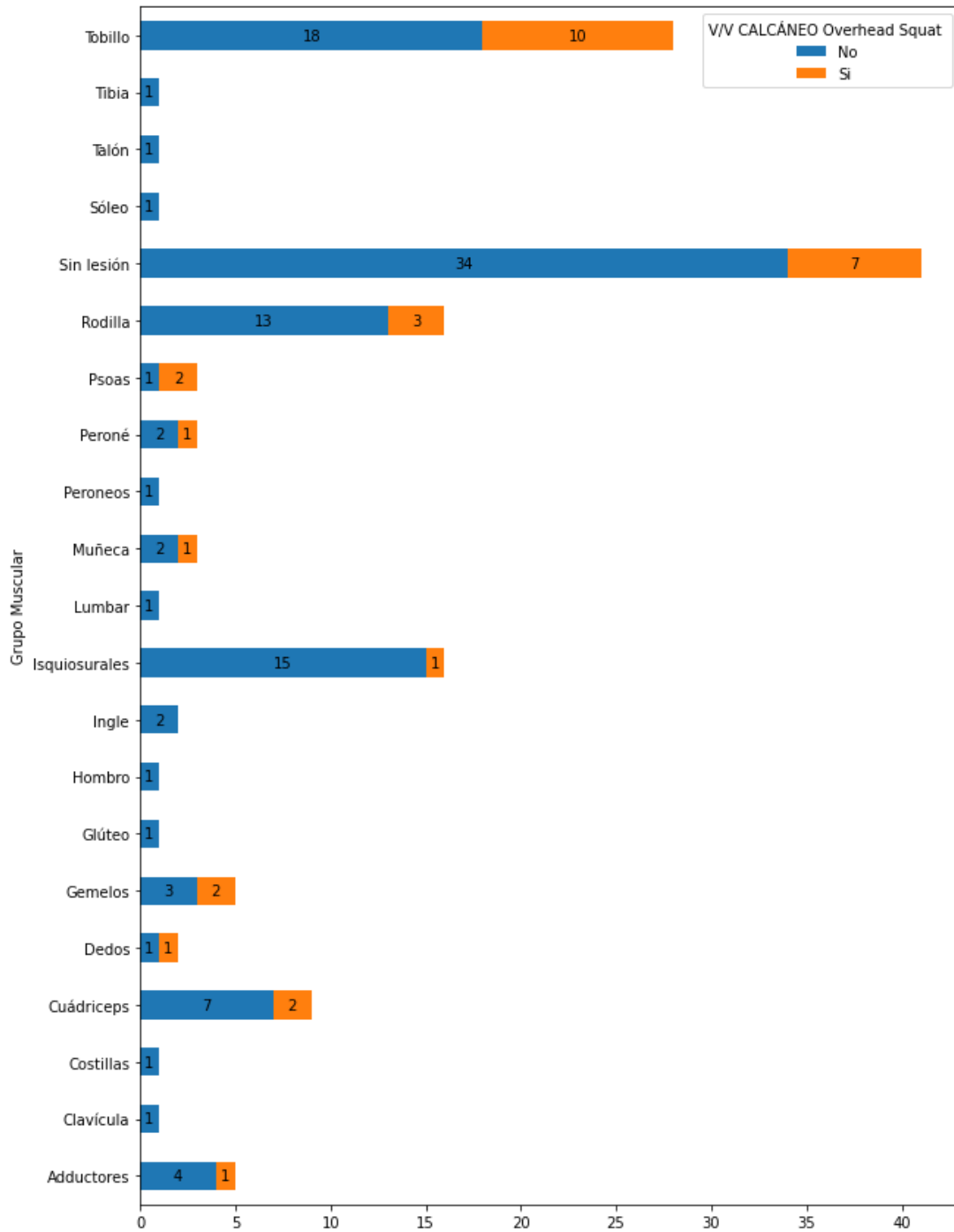


Figura 28. Gráfica de los factores “VVC” y “OST” asociado a la incidencia lesional (elaboración propia).

ANEXO 10

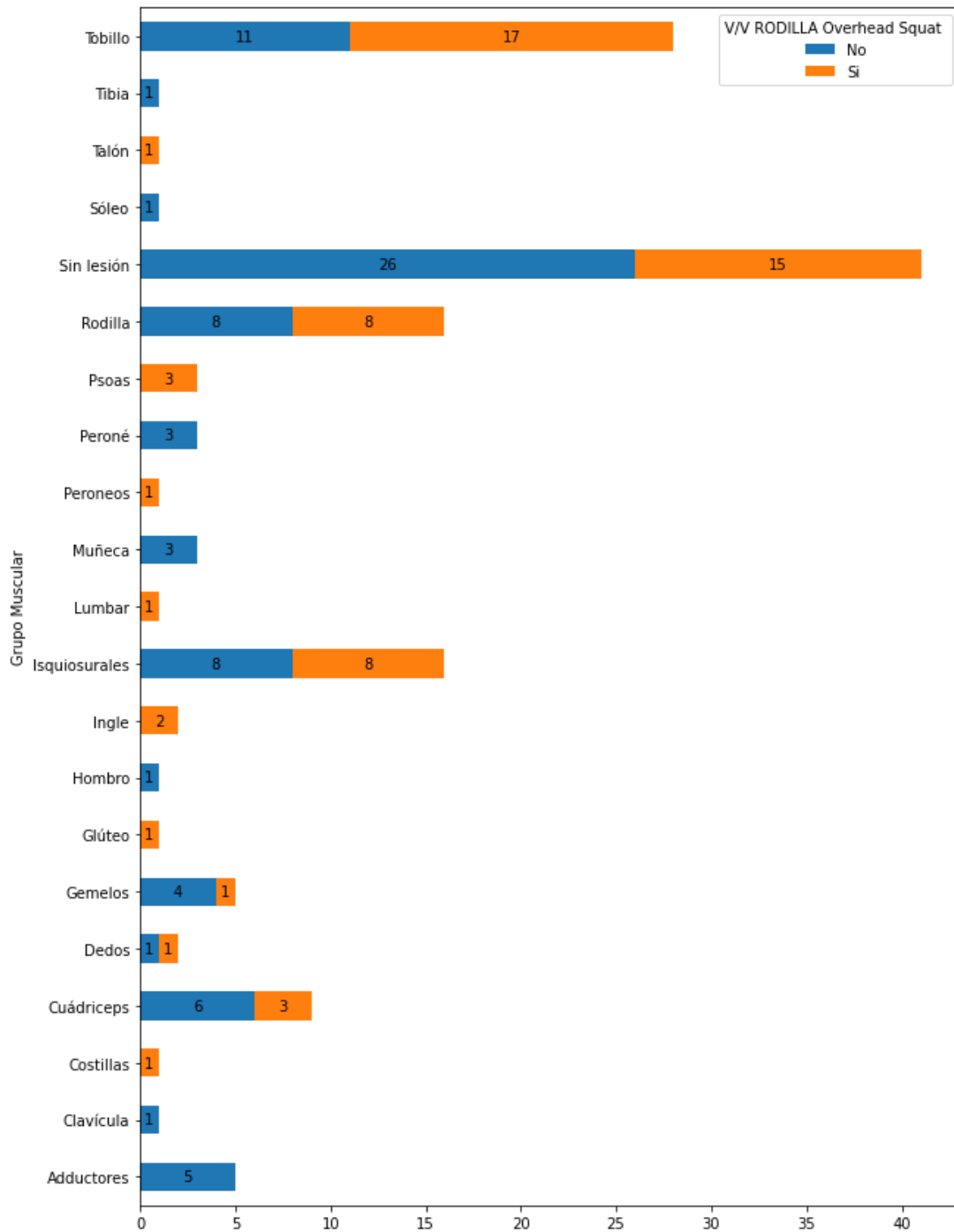


Figura 29. Gráfica de los factores “VVR” y “OST” asociado a la incidencia lesional (elaboración propia).

ANEXO 11

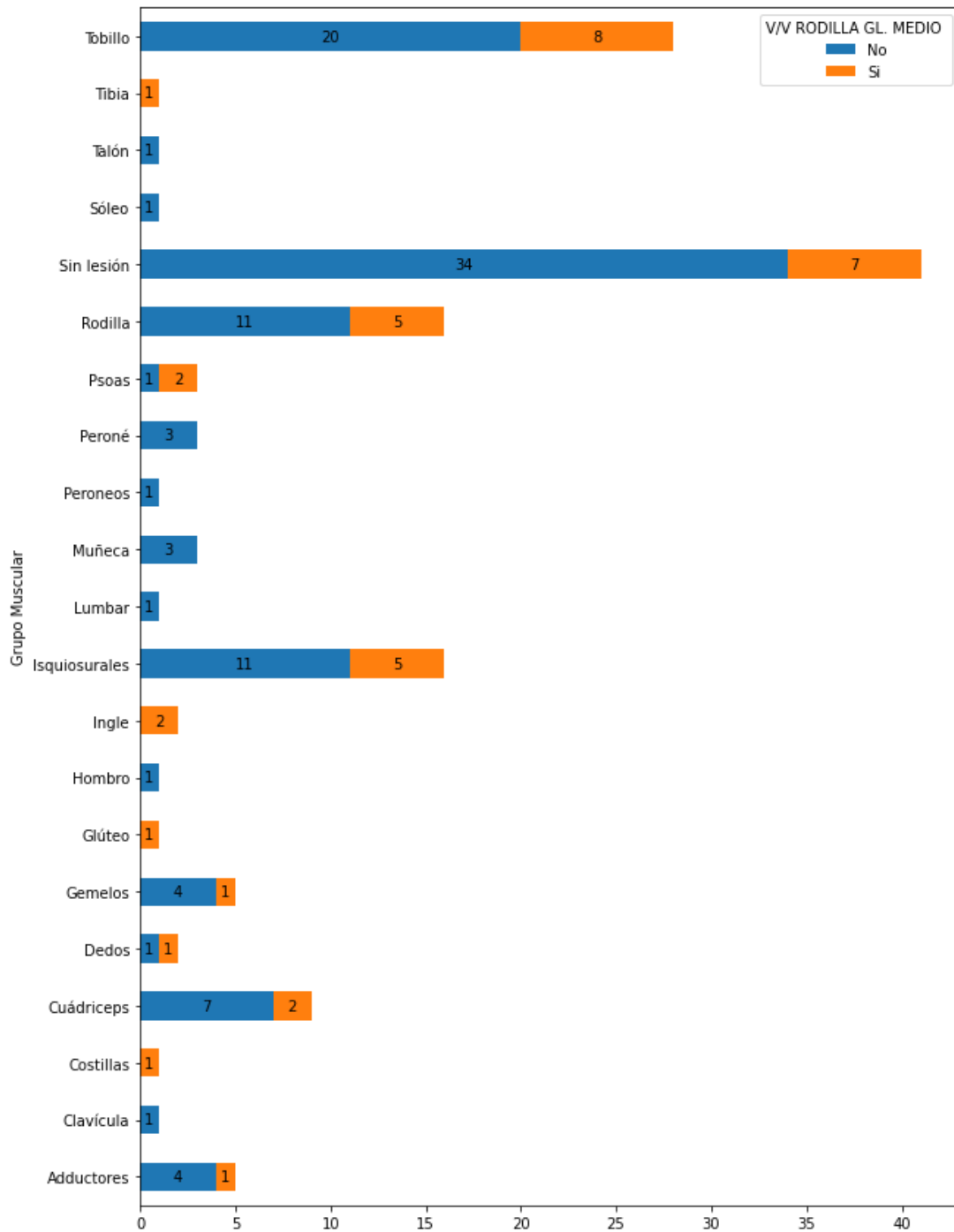


Figura 30. Gráfica de los factores “VVR” y “GMed” asociado a la incidencia lesional (elaboración propia).

ANEXO 12

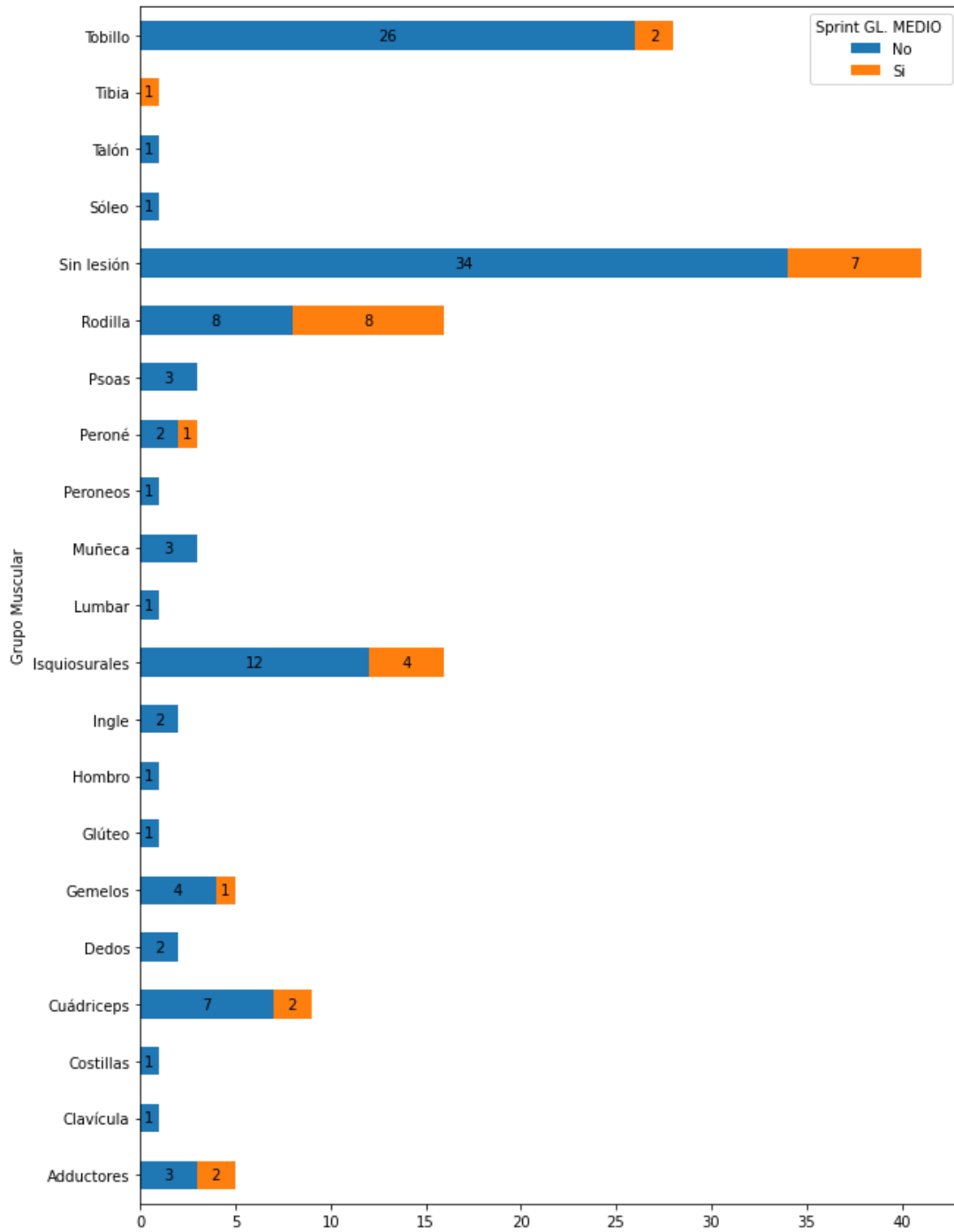


Figura 31. Gráfica de los factores "Sprint" y "GMed" asociado a la incidencia lesional (elaboración propia).

ANEXO 13

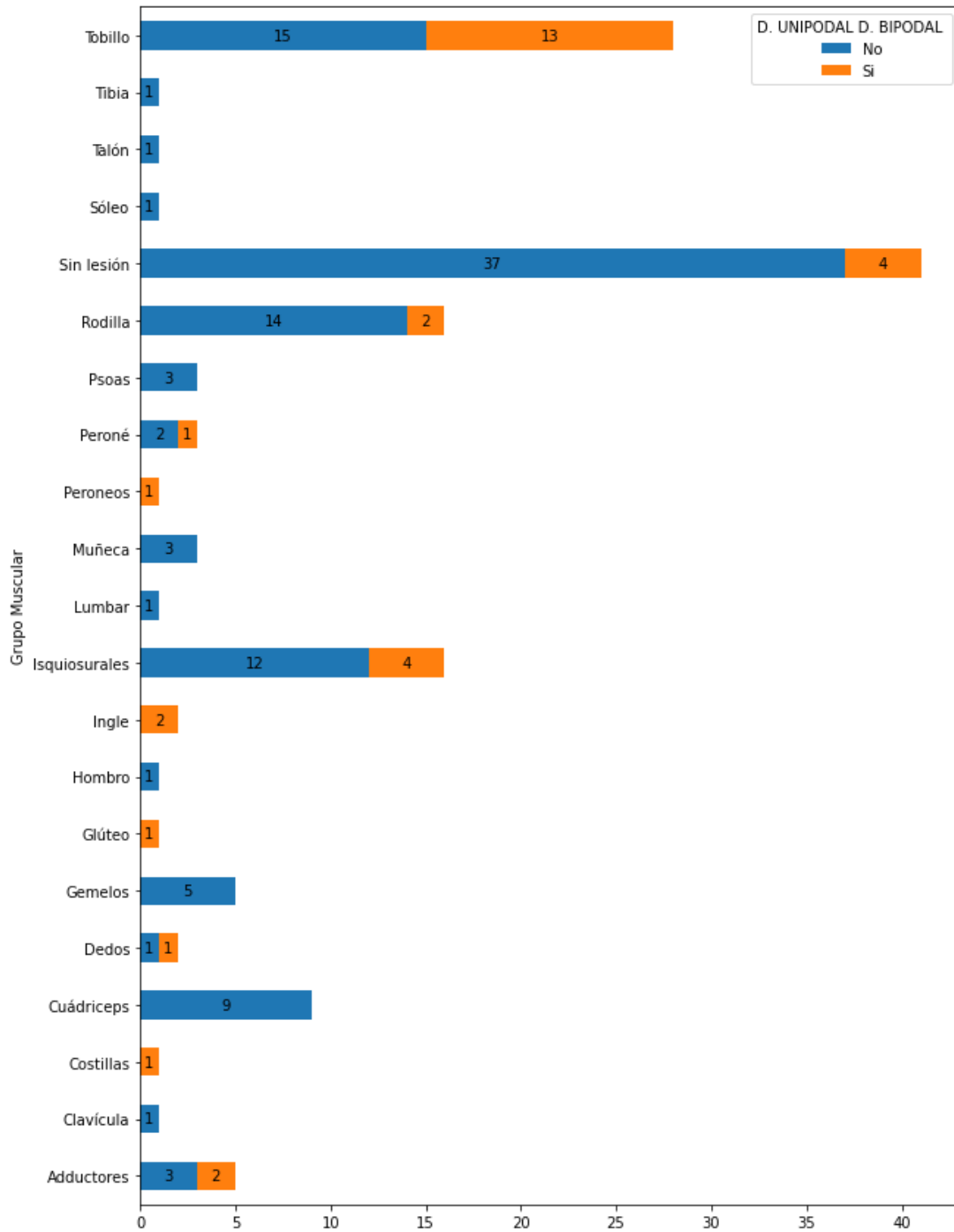


Figura 32. Gráfica de los factores “DU” y “DB” asociado a la incidencia lesional (elaboración propia).

ANEXO 14

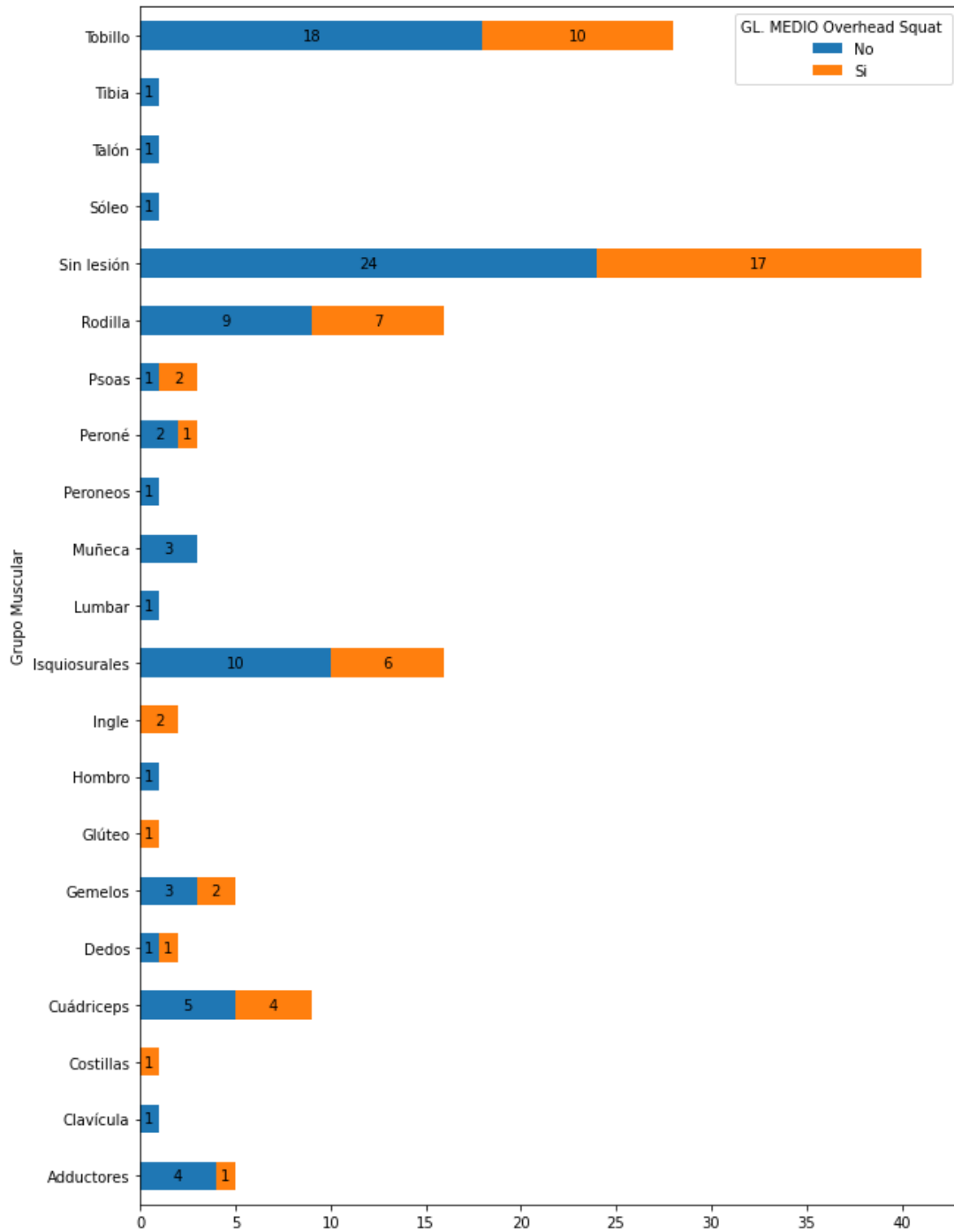


Figura 33. Gráfica de los factores “GMed” y “OST” asociado a la incidencia lesional (elaboración propia).

ANEXO 15

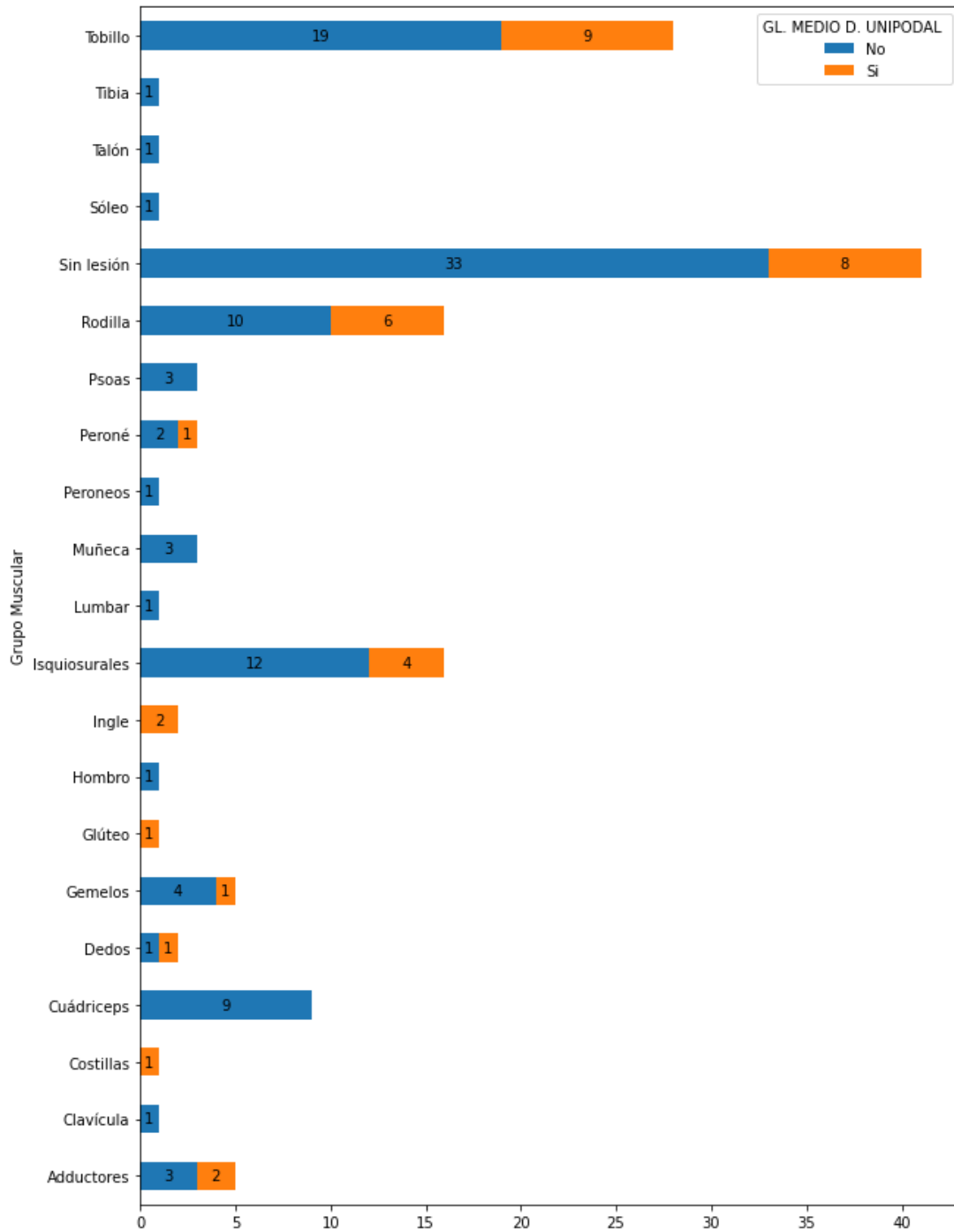


Figura 34. Gráfica de los factores “GMed” y “DU” asociado a la incidencia lesional (elaboración propia).

ANEXO 16

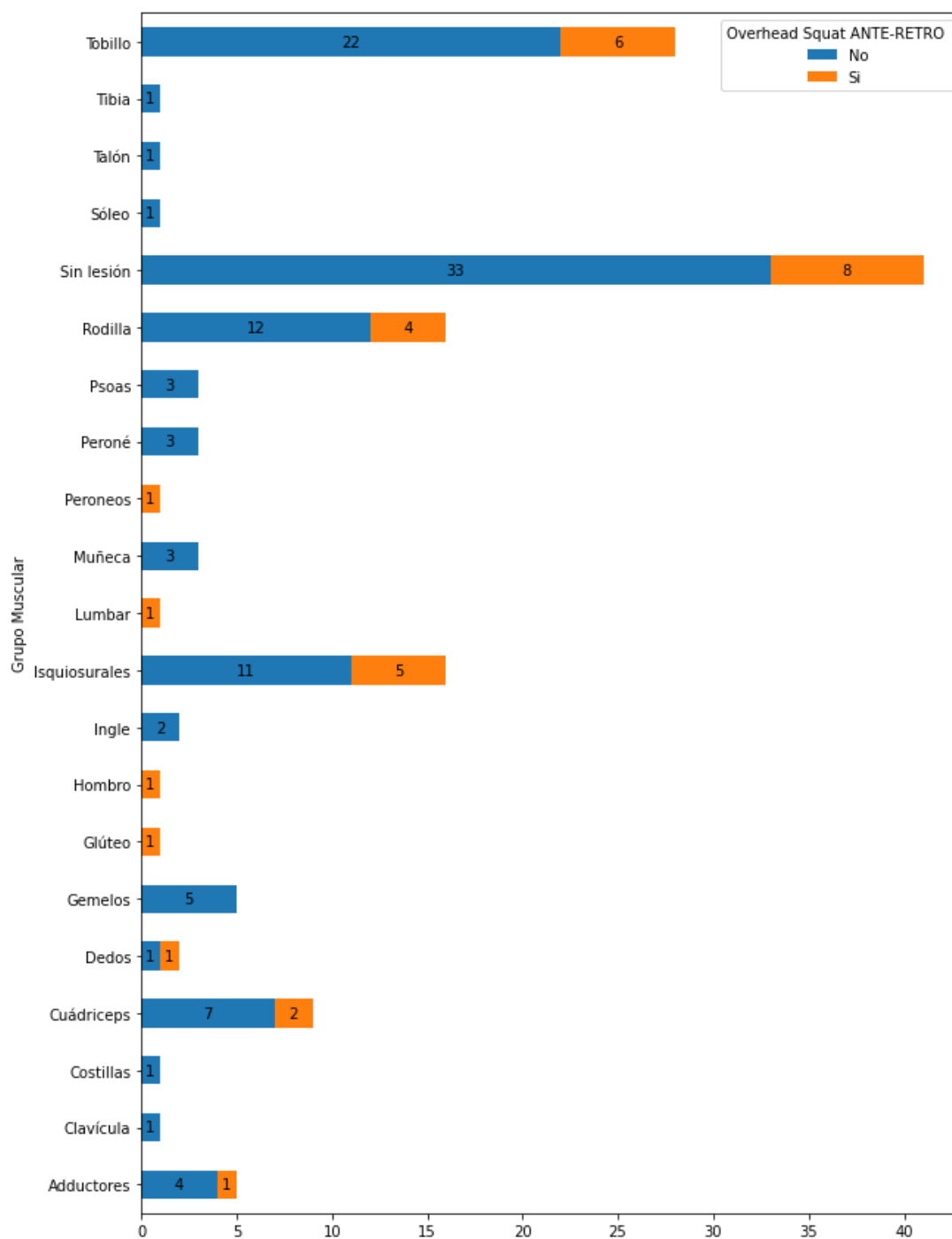


Figura 35. Gráfica de los factores “OST” y “Ant/Ret” asociado a la incidencia lesional (elaboración propia).

ANEXO 17

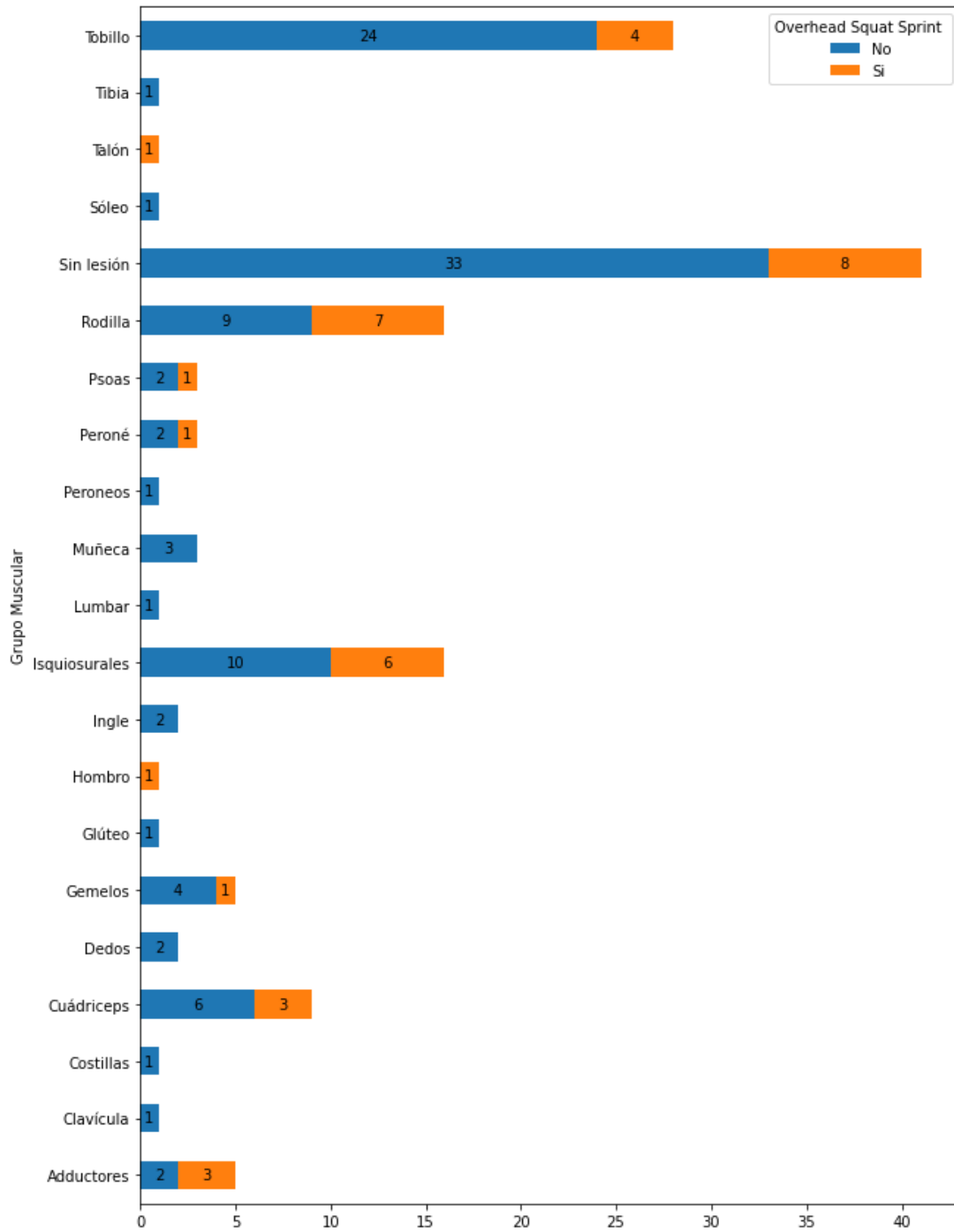


Figura 36. Gráfica de los factores “OST” y “Sprint” asociado a la incidencia lesional (elaboración propia).

ANEXO 18

MODELO DE HOJA DE INFORMACIÓN AL PACIENTE o REPRESENTANTE LEGAL

TÍTULO DEL ESTUDIO: *“Estudio observacional retrospectivo de las lesiones en el fútbol amateur canario.”*

PROMOTOR DEL ESTUDIO

Nombres: LUIS RODRÍGUEZ PASTOR. HAKIM AL LAL ABDEL LAH.

Centro: UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA. FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD.

Le invitamos a participar en una investigación sobre las lesiones en miembros inferiores en el fútbol y su asociación a factores de riesgo. Antes de decidir si desea participar en este estudio, es importante que entienda por qué es necesaria esta investigación, lo que va a implicar su participación, cómo se va a utilizar su información y sus posibles beneficios, riesgos y molestias.

Motivo del estudio

En este estudio se pretende obtener información sobre la presencia de las lesiones del miembro inferior en futbolistas a lo largo del periodo de estudio mediante su asociación y análisis de varios factores de riesgo a los que está asociada la acción y la propia musculatura.

RESUMEN DEL ESTUDIO

Se propone desarrollar un estudio observacional dirigido al análisis y la prevención de las lesiones del miembro inferior en el fútbol, mediante la observación de varios factores de riesgo implicados y la interpretación de los valores obtenidos. Se incluirá en el estudio a jugadores de fútbol de los clubes Club Deportivo Marino, A.D.F.C Padre Anchieta y Club Deportivo Laguna SAD.

PARTICIPACIÓN VOLUNTARIA Y RETIRADA DEL ESTUDIO

Debe saber que su participación en este estudio es voluntaria y que puede decidir no participar o cambiar su decisión y retirar el consentimiento en cualquier momento, sin que por ello se altere la relación con su club ni se produzca perjuicio alguno en su rendimiento. En caso de

que Ud. decidiera abandonar el estudio puede hacerlo permitiendo el uso de los datos obtenidos hasta el momento para la finalidad del estudio o, si fuera su voluntad, sus datos serían borrados de los ficheros informáticos. Todo esto se realizará de manera coordinada con los promotores del estudio y el jugador.

¿Quién puede participar?

El estudio se realizará en jugadores voluntarios y activos mayores de 18 años de cada club. El reclutamiento de los participantes será a través de los promotores del estudio.

Si los participantes aceptan participar y cumple con los criterios de inclusión, serán citados en su campo de fútbol para comprobar que no presenten criterios de exclusión que imposibiliten su entrada al estudio.

¿En qué consiste este estudio?

El estudio consiste en conocer la incidencia de lesiones durante la temporada mediante la recopilación y análisis de datos o ítems relacionado con el riesgo de lesión en el deportista.

Se recogerán datos personales y clínicos del participante previamente mediante un cuestionario (edad, peso, altura, lesiones previas, diabetes, corrección ortopédica, escoliosis, pie dominante, categoría y posición en la que juegan).

Presencialmente se recogerán datos relacionados con los factores de riesgo considerados en el estudio (tacos del calzado, varo/valgo/neutralidad, pie plano/prono/supino, caída de la bóveda plantar, debilidad del flexor del primer dedo, debilidad del glúteo medio, valoración del sprint y rotación externa de cadera).

El estudio será puramente observacional y no se introducirán variantes. La duración del mismo es hasta final de temporada. Se recogerán datos sobre las lesiones presentes durante el periodo de estudio.

¿Cómo se accederá a mi historial clínico y con qué fines?

Durante el transcurso del estudio los miembros del equipo investigador necesitan poder acceder a su historial clínico de lesiones de esta temporada para consultar sus datos clínicos. Su historia clínica se consultará al equipo de investigación y ninguna otra persona tendrá acceso a ella, salvo el participante. En caso de ser necesario documentar información obtenida a partir de su historia clínica, se realizará una copia anónima. El equipo de investigadores que accederán a su historia clínica por cuenta del responsable del fichero serán los siguientes:

LUIS RODRÍGUEZ PASTOR
HAKIM AL LAL ABDEL LAH
ALEJANDRO LÓPEZ FERRAZ

¿Cuáles son los posibles beneficios y riesgos derivados de mi participación en el estudio?

Su participación en el estudio le puede ayudar a un mejor conocimiento de su estado físico, a un mejor control de los factores de riesgo dentro de su actividad deportiva así como al seguimiento de las incidencias lesionales durante el tiempo de estudio. También es posible que usted no obtenga ningún beneficio directo por participar en el estudio. No obstante, se prevé que la información que se obtenga pueda beneficiar en un futuro a otros participantes y pueda contribuir a un mejor conocimiento de los factores de riesgos estudiados en relación a las lesiones en el fútbol. Al finalizar la investigación podrá ser informado, si lo desea, sobre los principales resultados y las conclusiones generales del estudio. El estudio no supone ningún riesgo para su salud ya que la toma de datos no supone ningún riesgo lesivo para el deportista.

¿Quién tiene acceso a mis datos personales y cómo se protegen?

El tratamiento, la comunicación y la cesión de los datos de carácter personal de todos los sujetos participantes se ajustará a lo dispuesto en la Ley Orgánica 7/2021, de 26 de mayo de protección de datos personales. De acuerdo a lo que establece la legislación mencionada, usted puede ejercer los derechos de acceso, modificación, oposición y cancelación de datos, para lo cual deberá dirigirse a su promotor del estudio.

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Nombre y Apellidos

Participante:

Quién ha informado:

	SI	NO
Acepto participar de forma voluntaria en el estudio: “Estudio observacional sobre las lesiones en Miembros Inferiores y su asociación a factores de riesgo”		
He leído la hoja de información, comprendo los riesgos y los beneficios que comporta, que mi participación es voluntaria y que me puedo retirar o solicitar que retiren mis datos siempre que quiera		
Comprendo que mi participación en el estudio consiste en: Asistir a las visitas programadas y sesiones individuales para la toma de datos		

Doy mi permiso para que los investigadores contacten conmigo nuevamente si soy apto para el estudio		
Doy permiso para ser informado, a través de los promotores, sobre los resultados de las pruebas que me realicen durante el estudio y de los hallazgos relevantes.		
Comprendo que la información del estudio será confidencial y que ninguna persona no autorizada tendrá acceso a los datos o a las muestras.		

Firmas

Participante	Quién ha informado