



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

TRABAJO DE FIN DE GRADO

GRADO EN FISIOTERAPIA

Influencia de la alineación estática y dinámica del pie en las lesiones de ligamento cruzado anterior en futbolistas: un estudio piloto.

Influence of static and dynamic foot alignment on anterior cruciate ligament injuries in soccer players: a pilot study.

Influencia da aliñación estática e dinámica do pé nas lesións de ligamento cruzado anterior en futbolistas: un estudio piloto.



Facultade de
Fisioterapia

Estudiante: D. Adrián Eiró Fernández

DNI: 45146914 F

Director/a: Profa. Miriam Barcia Seoane

Convocatoria: Junio 2021

ÍNDICE

1. Resumen.....	7
1. Abstract.....	8
1. Resumen.....	9
2. Introducción.....	10
2.1 Tipo de trabajo.....	10
2.2 Motivación personal.....	10
3. Contextualización.....	11
3.1 Antecedentes.....	11
3.2 Justificación del trabajo.....	14
4. Objetivos.....	17
4.1 Hipótesis: nula y alternativa.....	17
4.2 Pregunta de investigación.....	17
4.2 Objetivos.....	18
4.2.1 General.....	18
4.2.2 Específicos.....	18
5. Metodología.....	19
5.1 Fecha y bases de datos.....	19
5.2 Ámbito de estudio.....	19
5.3 Período de estudio.....	20
5.4 Tipo de estudio.....	22
5.5 Criterios de selección.....	23
5.6 Justificación del tamaño muestral.....	23
5.7 Selección de la muestra.....	24
Tabla I. Estimación jugadores por equipo.....	24
5.8 Descripción de las variables a estudiar.....	25
Tabla II. Síntesis de las variables de estudio.....	25

5.9 Mediciones e intervención.....	26
5.10 Análisis estadístico de los datos.....	32
5.11 Limitaciones del estudio.....	33
6. cronograma y plan de trabajo.....	35
7. Aspectos ético-legales.....	36
8. aplicabilidad del estudio.....	37
9. plan de difusión de los resultados.....	39
9.1 Congresos.....	39
9.2 Revistas.....	39
Tabla III. Revistas y factores de impacto.....	40
10. Memoria económica.....	41
10.1 Recursos necesarios.....	41
Tabla IV. Recursos necesarios.....	41
10.2 Distribución del presupuesto.....	41
Tabla V. Presupuesto.....	42
10.3 Posibles fuentes de financiación.....	43
11. Bibliografía.....	44
12. Anexos.....	48
ANEXO I. Estrategia de búsqueda.....	48
ANEXO II. Formulario de entrada al estudio.....	49
ANEXO III. Hoja informativa para el participante.....	51
ANEXO IV. Consentimiento informado participantes.....	55
ANEXO V. Foot Posture Index-6.....	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. Estimación jugadores por equipo.....	24
Tabla II. Síntesis de las variables de estudio.....	25
Tabla III. Revistas y factores de impacto	40
Tabla IV. Recursos necesarios.....	41
Tabla V. Presupuesto	42

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Ankle lunge test.....	30
--------------------------------------	----

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS/ABREVIATURAS

LCA	Ligamento Cruzado Anterior
EPL	English Premier League
TI30	Toe-in 30°
TI15	Toe-in 15°
KVM	Knee Valgus Moments
PICO	Paciente, Intervención, Comparación, Resultado (Outcome)
PECOM	Paciente, Exposición, Comparación, Resultado (Outcome), Medición
RFEF	Real Federación Española de Fútbol
IMC	Índice de Masa Corporal
G-Est	Grupo de Estudio
G-Con	Grupo Control
UDC	Universidade da Coruña
ASA	Articulación Subastragalina
FPI-6	Foot Posture Index-6
ALI	Arco Longitudinal Interno
RR	Riesgo Relativo
CEIC	Comité Ético de Investigación Clínica
LOPD	Ley Orgánica de Protección de Datos
WCPT	World Confederation for Physical Therapy
AEF	Asociación Española de Fisioterapeutas
ECSS	European College of Sport Science
FIMS	Federación Internacional de Medicina del Deporte

JCR Journal Citation Reports

ISCIII Instituto de Salud Carlos III

1. RESUMEN

Introducción

La lesión de ligamento cruzado anterior (LCA) es una lesión grave y bastante frecuente entre deportistas, sobre todo en futbolistas. Supone un golpe para la carrera deportiva del futbolista, pudiendo estos no recuperar el nivel previo a la lesión o incluso verse forzados al retiro. Es por esto por lo que es importante conocer los factores de riesgo involucrados en esta lesión, con el fin de poder prevenirla. En este sentido, existen diversos estudios que analizan la alineación estática y dinámica del pie como un factor de riesgo, sin embargo, son necesarias investigaciones sobre el incremento de los momentos pronadores del pie y sus consecuencias suprayacentes, uno de los temas más controvertidos.

Objetivo

Determinar si el incremento de los momentos pronadores del pie es un factor de riesgo relacionado con las lesiones de LCA en futbolistas.

Material y método

Se propone un estudio de cohortes, que será analítico, observacional y prospectivo. Se formarán por tanto dos grupos, un grupo control y un grupo de estudio formado por sujetos con incremento de los momentos pronadores del pie, objetivado mediante las pruebas Navicular Drop Test, Foot Posture Index-6, Ankle Lunge Test y el estudio de las presiones plantares durante la marcha. Los participantes serán jugadores de fútbol de nivel amateur y semiprofesional de entre 18 y 24 años. Se realizará un seguimiento durante 5 temporadas, en las que se registrarán las lesiones de LCA, así como otras lesiones neuromusculoesqueléticas, con el fin de conocer la incidencia lesional en ambos grupos y determinar la presencia del factor de riesgo.

Palabras clave

Ligamento cruzado anterior, pronación, presiones plantares, pie, fútbol.

1. ABSTRACT

Background

Anterior cruciate ligament (ACL) injury is a serious and common injury among athletes, especially soccer players. It is a blow to the soccer player's sports career, and they may not recover the level prior to the injury or even be forced to retire. This is why it is important to know the risk factors involved in this injury, in order to prevent it. In this sense, there are several studies that analyze the static and dynamic alignment of the foot as a risk factor; however, research is needed on the increase in pronator moments of the foot and its underlying consequences, one of the most controversial issues.

Objective

To determine if the increase in pronator moments of the foot is a risk factor related to ACL injuries in soccer players.

Methods

A cohort study is proposed, which will be analytical, observational and prospective. Therefore, two groups will be formed, a control group and a study group made up of subjects with increased pronator moments of the foot, objectified by means of the Navicular Drop Test, Foot Posture Index-6, Ankle Lunge Test and the study of plantar pressures during walking. Participants will be amateur and semi-professional soccer players between the ages of 18 and 24. A follow-up will be carried out for 5 seasons, in which ACL injuries will be recorded, as well as other neuromusculoskeletal injuries, in order to know the incidence of injuries in both groups and determine the presence of the risk factor.

Keywords

Anterior cruciate ligament, pronation, plantar pressures, foot, soccer.

1. RESUMO

Introdución

A lesión de ligamento cruzado anterior (LCA) é una lesión grave e frecuente entre deportistas, sobre todo en xogadores de fútbol. Supón un golpe para a carreira deportiva do futbolista, podendo estes non recuperar o nivel previo á lesión ou incluso verse forzados ao retiro. É por isto polo que é importante coñecer os factores de risco asociados a esta lesión, coa finalidade de poder evitala. Neste sentido, existen diversos estudos que analizan a aliñación estática e dinámica do pé como un factor de risco, sen embargo, son necesarias investigacións sobre o incremento dos momentos pronadores do pé e as súas consecuencias en estruturas superiores, un dos temas máis controvertidos.

Obxectivo

Determinar se o aumento dos momentos pronadores do pé é un factor de risco relacionado coas lesións de LCA en futbolistas.

Material e método

Propónse un estudo de cohortes, que será analítico, observacional e prospectivo. Formaranse por tanto dous grupos, un grupo control e un grupo de estudo formado por suxeitos con incremento dos momentos pronadores do pé, clasificados mediante as probas Navicular Drop Test, Foot Posture Index-6, Ankle Lunge Test e o estudo das presións plantares durante a marcha. Os participantes serán xogadores de fútbol de nivel amateur e semiprofesional de entre 18 e 24 anos. Realizarase un seguimento durante 5 tempadas, nas que se rexistrarán as lesións de LCA, así como outras lesións neuromusculoesqueléticas, co obxectivo de coñecer a incidencia lesional en ambos grupos e determinar a presenza do factor de risco.

Palabras chave

Ligamento cruzado anterior, pronación, presións plantares, pé, fútbol.

2. INTRODUCCIÓN

2.1 TIPO DE TRABAJO

Este trabajo de fin de grado se trata de un proyecto de investigación que quiere poner de manifiesto el papel que juegan las diferentes alineaciones estáticas y dinámicas, la biomecánica y funcionamiento del pie a la hora de la aparición de lesiones graves en futbolistas, como es una lesión de ligamento cruzado anterior (LCA), para de esta forma identificar cuáles de ellas pudieran ser factor de riesgo. El objetivo de reconocer estos factores no es otro que poder trabajar sobre ellos, de una manera multidisciplinar, para prevenir al máximo las consecuencias sobre la salud y la vida deportiva de los futbolistas.

2.2 MOTIVACIÓN PERSONAL

Siento que a la hora de realizar una tarea tan importante como puede ser un trabajo de fin de grado no llega con esforzarte un mínimo, lo suficiente como para cumplir académicamente y aprobar la signatura. Nos encontramos en la recta final de un ciclo muy importante e irrepetible de nuestras vidas, del que no me gustaría tener un mal recuerdo en un futuro, una etapa de estrés y sufrimiento. Obviamente el estrés ha sido parte del día a día durante estos últimos meses, por acabar esta etapa de 4 años que tan rápido ha pasado, estrés por conseguir ser por fin titulado en fisioterapia.

Estrés y, por qué no decirlo, emoción por ver qué nos deparará el futuro más allá de la vida académica. Pero eso sí, cero estrés por realizar un trabajo sobre un tema que me aborrezca o con el que no esté cómodo, porque tal y como yo entiendo las cosas, debemos realizar aquello que nos motive y nos apasione, de tal manera que no sea un mero trámite, dando lo mejor de nosotros mismos, que al final es lo que merece la ocasión.

Por todo esto, me decidí a juntar una de las grandes pasiones desde que era pequeño y que me motivó a comenzar la carrera de Fisioterapia, el deporte, más concretamente el fútbol, con uno de los grandes descubrimientos personales durante los últimos 4 años, el pie y su biomecánica. Algo que creía tan sencillo como el funcionamiento de una parte de nuestro propio cuerpo, y de la que poco a poco te das cuenta del desconocimiento general que existe.

Me cautiva como toda aquella alteración en esta zona pueda tener repercusión en elementos suprayacentes y, volviendo al deporte, en una de las lesiones que más tememos los deportistas por su gravedad, por lo que la elección del tema no pareció complicada.

Es por esto que espero, en un futuro, poder poner en práctica este estudio y trasladar todos los conocimientos adquiridos al ámbito clínico.

3. CONTEXTUALIZACIÓN

3.1 ANTECEDENTES

3.1.1 La lesión de LCA y el deporte

La lesión del Ligamento Cruzado Anterior (LCA) es una de las lesiones más comunes en el fútbol, la prevalencia de esta lesión varía según la práctica deportiva. Según Chia et al, en fútbol la prevalencia es de 0.08 por 1000 horas-jugador y de 0,05 por exposición-jugador. Se ha demostrado que tiene un impacto significativo en los deportistas, no solo en términos de tiempo de recuperación, sino también en términos de costos económicos y de impacto a largo plazo en la calidad de vida del deportista, principalmente por el mayor riesgo de desarrollar osteoartritis de rodilla a edades tempranas. De hecho, The United Kingdom National Ligament Registry 2022, establece que el 47.8% de las lesiones de LCA que ocurren durante las prácticas deportivas son en fútbol, debiendo los equipos europeos de élite esperar una lesión de LCA cada 2 temporadas. (1–3)

El costo para un equipo de fútbol cuando un jugador tiene una lesión puede variar según varios factores, como la gravedad de la lesión, la duración de la rehabilitación y el contrato del jugador. En el estudio de *Eliakim et al.* han estimado que el costo promedio para un equipo de la English Premier League (EPL) es de aproximadamente 45 millones de libras, siendo 36 millones producidos por el bajo rendimiento del equipo debido a las lesiones y 9 millones por los salarios pagados a esos futbolistas de baja. Sin embargo, los costos pueden ser aún mayores si se tienen en cuenta los costos de reemplazar al jugador lesionado y los producidos por la pérdida de venta de camisetas y el impacto negativo de no tener a determinados jugadores disponibles.(4)

Centrándonos en el jugador, como decíamos anteriormente, esta es una lesión que supone una amenaza para su carrera deportiva, principalmente debido al largo periodo de recuperación y al mayor riesgo de una segunda rotura en la misma rodilla o la contralateral. No hay, sin embargo, consenso en cuanto al tiempo de baja y su impacto en el futbolista. En el estudio de *Alerton-Geli* se ha visto que la vuelta a los terrenos de juego después de la lesión se produce en una media de 216 días, es decir, unos 7 meses durante los cuales la media de partidos perdidos es de 26. Además, de todos los lesionados, el 80% vuelve al nivel anterior a la lesión, siendo esta vuelta al mejor nivel la temporada siguiente en el 88% de los casos, mientras que un 7% y un 5% lo hacen 2 y 3 temporadas después respectivamente. De esto podemos concluir que un 20% de los casos no vuelven nunca al nivel anterior y, de los que sí lo hacen, un 12% tardan 2 años o más en conseguirlo.(5)

En otros estudios se han visto tiempos de recuperación similares, de 256 días de media, en los que el porcentaje de profesionales vuelven al mejor nivel es de 92.6%, siendo un 78% los que vuelven 10 meses después de la operación, una cifra sensiblemente superior a la del anterior estudio.(6)

Sin embargo, en el estudio de *Niederer* la vuelta a los terrenos de juego se produjo en una media de 209 días, bastante inferior a la de otros estudios, pero solo el 59.4% de los pacientes de este estudio volvió al mismo nivel anterior a la lesión.(7)

3.1.2 Mecanismo lesional

Existen principalmente dos tipos de mecanismos lesionales del LCA, las lesiones por contacto y las lesiones sin contacto, pudiendo llegar estas últimas a representar entre un 70-75% del total, siendo las más comunes.(8)

Las lesiones por contacto son aquellas en las que se produce un mecanismo de torsión de la rodilla tras contacto con otro futbolista durante la práctica deportiva. Las lesiones sin contacto son aquellas en las que se produce un mecanismo de torsión de la rodilla sin que haya contacto con otro jugador. Estas últimas las clasificamos en aquellas causadas por factores extrínsecos (superficie de juego, condiciones ambientales, nivel deportivo, calzado...) y las causadas por factores intrínsecos, donde predominan las causas biomecánicas, anatómicas o neuromusculares. Algunas de estas causas pueden ser un espacio intercondíleo femoral más estrecho, una mayor inclinación posterior de la meseta lateral de la tibia, un desbalance de fuerza isquiotibiales-cuádriceps, debido a que la mayor contracción del cuádriceps podría producir una traslación anterior de la tibia que tensionara al ligamento, o valgo de rodilla acompañado de contracción del cuádriceps o rotación interna. Se ha observado que la combinación de valgo + rotación interna es la que más tensión genera sobre el LCA.(8-10)

Es decir, el mecanismo lesional más común es el sin contacto, donde los factores intrínsecos tienen gran importancia. En fútbol, estos factores se traducen en jugadas muy comunes y donde el riesgo de lesión es muy alto, como pueden ser los cambios de dirección, las frenadas, las caídas sobre una pierna después de un salto o los giros pivotando sobre una pierna. En estas jugadas es donde se expresan los mayores factores de riesgo, tales como valgo dinámico de rodilla, rotación interna del miembro inferior, varo, rotación externa de miembro inferior, una fuerza de traslación anterior de la tibia o ángulo de flexión de rodilla muy pequeño durante los primeros compases del aterrizaje.(5,11)

3.1.3 Relación pie-rodilla

El pie es fundamental en el mecanismo de marcha humana, tiene que soportar el peso corporal y las fuerzas de reacción del suelo que se producen durante la pisada. Anatómica y funcionalmente, el pie está muy relacionado con la extremidad inferior, de tal manera que la posición que este tenga influirá en las articulaciones suprayacentes, pudiendo tener suma importancia en el mecanismo lesional de LCA.

Existe bibliografía que relaciona las alineaciones estáticas y dinámicas del pie con la aparición de factores de riesgo para la lesión de LCA. Estudios como el de *Tran et al.* del año 2016, así como los de *Peel et al.* del año 2020 y 2022, mucho más recientes, hablan de la relación entre la rotación externa e interna del pie, así como del ángulo de progresión del pie (FPA), con este tipo de lesiones. En estos trabajos se ha encontrado asociación entre las posiciones de rotación interna del pie, o toe-in positions, y un aumento de la rotación interna de la cadera, ángulo de abducción de la rodilla y del momento de aducción de la rodilla, así como una disminución del ángulo de flexión de la rodilla durante el aterrizaje y las maniobras de cambio de dirección, principalmente con posiciones de toe-in 30° (TI30) y de toe-in 15° (TI15). (12–14)

En este sentido hay bastante consenso sobre que la rotación interna del pie es un factor de riesgo para las lesiones de LCA, aunque existen otros artículos, como el de *Teng et al.* (2017) en los que recomiendan que los atletas eviten caer con el pie en posiciones de rotación externa o toe-out, ya que esto aumenta los momentos de valgo de rodilla (KVM), que entrañan más riesgo de lesión de LCA. (15)

Otras de las alineaciones cuya relación con la lesión se ha estudiado, son la realización de la frenada y la caída con el retropié y con el antepié. En este caso, hay consenso acerca de que hacerlo con el retropié supone mucho más riesgo que hacerlo con el antepié. Actualmente, artículos como los de *Ogasawara et al.* (2020), *Uno et al.* (2022) o *Sigurðsson et al.* (2021), defienden que, aunque la frenada con el retropié es mucho más rápida que la frenada con el antepié, esta es mucho más lesiva, ya que al frenar con esta parte se produce una rotación interna tibial, situándose el centro de presiones y la fuerza de reacción del suelo posterior al eje de rotación de la tibia, lo que aumenta el mecanismo de valgo+rotación interna, factores que aumentan el riesgo de lesión de LCA. A su vez, asocian esta deceleración con el retropié a una disminución del ángulo de flexión de la rodilla, uno de los principales factores de riesgo, como ya habíamos visto, ya que se produce una menor activación de los isquiotibiales en comparación con los cuádriceps, lo que lleva a una traslación anterior de la tibia. (16–18)

Otros estudios hablan de la misma relación, pero en vez de centrarse en las desaceleraciones lo hacen en los aterrizajes tras salto. Estudios como los de *Teng et al. (2020)* y *Boden et al. (2022)*, establecen que la posición segura de aterrizaje es en flexión plantar de tobillo, de tal manera que los dedos son los primeros en entrar en contacto con el suelo, mientras que aterrizar con pie plano o con el retropié sería lesivo. Se ha observado que al aterrizar de esta última forma se produce una disminución de los grados de flexión de rodilla durante el contacto inicial, que es la fase que entraña más riesgo para este tipo de lesiones, además, estudios como el de *Boden et al.*, demuestran que aterrizar con el antepié permite que el gastrocnemio absorba las fuerzas de reacción del suelo impidiendo que sean absorbidas directamente por la articulación de la rodilla, sumado a esto, al producirse esta activación del gastrocnemio, se inicia la flexión de rodilla, pudiendo tener incidencia esto en que en ese contacto inicial el ángulo de flexión de rodilla sea mayor.(19,20)

Por último, encontramos artículos que estudian la relación entre la altura del arco y el riesgo de lesión de LCA. Aquí los resultados son mucho más dispares y se necesita mucha más investigación, ya que no hay gran número de artículos que estudien este factor en deportistas. En el estudio de *Mohammadi et al. (2018)* asocian la pronación (arco aplanado) con mayores fuerzas verticales de reacción del suelo, velocidad de carga y con aumento del tiempo requerido para la estabilidad de la rodilla, lo que apunta que los arcos aplanados serían un factor de riesgo.(21)

Sin embargo, en estudios como el de *de César et al. (2014)*, se dice lo contrario. Asocian mayores alturas del arco longitudinal con mayor riesgo de lesión de ACL sin contacto, ya que en estos casos la superficie de carga del pie es menor y se produce una transmisión de las fuerzas de reacción del suelo hacia las estructuras superiores, pudiendo producir lesiones por estrés del LCA.(22)

Otro estudio, el de *Alahmri et al. (2022)*, también contradice los hallazgos de Mohammadi, exponiendo que en los individuos con pie pronado no se observa una laxitud de rodilla significativa respecto a los individuos con arcos normales, pudiendo la pronación no ser factor de riesgo para las lesiones de LCA, así como de otras afectaciones de la rodilla y de la columna lumbar.(23)

3.2 JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

La lesión de ligamento cruzado anterior (LCA) es una de las lesiones más comunes en deportes de alta demanda física como el fútbol, y tiene una incidencia mayor en deportistas

jóvenes, sufriendo estos un mayor porcentaje de segunda lesión de LCA, mientras que en jugadores de más de 30 años estas lesiones podrían estar relacionadas con el declive de sus carreras profesionales.(24)

Además, la recuperación de esta lesión puede ser complicada y prolongada, lo que puede afectar negativamente a la carrera deportiva del atleta, pudiendo, como se dijo anteriormente, producir que el deportista no vuelva nunca al nivel anterior a la afectación. Por lo tanto, es de vital importancia prevenir la lesión de LCA en los deportistas, y una forma de hacerlo es a través del estudio de los factores de riesgo.

A pesar de que se han llevado a cabo estudios previos sobre la relación entre la alineación del pie y la lesión de LCA, todavía existe una falta de consenso en la literatura científica sobre este tema.

Como se ha expuesto antes, existen patrones de alineación que tienen importancia durante lances típicos del juego. En este sentido, se puede ver amplia bibliografía que relaciona el realizar una desaceleración con el retropié con lesiones de LCA, suponiendo un importante factor de riesgo.

A su vez, también se han estudiado las posiciones del pie durante otros momentos de la práctica deportiva, como son los aterrizajes tras salto y las maniobras de cambios de dirección o recortes. Haciendo referencia a esto, existe una línea científica clara, la cual establece que aterrizar en posiciones de toe-in (tendiendo a la rotación interna) o aterrizajes con el retropié, serían posiciones inseguras que entrañarían mayor riesgo de lesión. A la hora de realizar cambios de dirección, también se señalan las posiciones toe-in como posibles responsables del aumento de riesgo de lesión.

Sin embargo, existen otros patrones posturales del pie que no gozan de tanto consenso, existiendo poca bibliografía y mucha disparidad sobre el tema. Es el caso de la relación entre el aumento de los momentos pronadores del pie y las lesiones de LCA y demás consecuencias suprayacentes. En un primer momento parece clara esta relación, ya que, al haber más momentos pronadores, ocasionado por ejemplo por un déficit de FD de tobillo, hay un aumento de la rotación interna tibial, lo que puede llevar a un mayor valgo dinámico de rodilla, que es el principal factor de riesgo para estas lesiones.(25)

Además, también se ha visto relación entre la eversión del retropié que ocurre durante la pronación, con el mayor valgo dinámico de rodilla.(26)

A pesar de esto, se ha podido observar que las evidencias existentes son muy controversiales, existiendo bibliografía que relaciona directamente estas variables y poniendo de manifiesto la pronación como factor de riesgo, así como estudios en los cuales no se encuentra relación e,

incluso, exponiendo que no serían los momentos pronadores sino los supinadores los que entrañarían mayor peligro.

Es importante añadir que, con el fin de proteger a los jugadores, durante los últimos años han sido desarrollados varios programas de prevención de lesiones para futbolistas, uno de los más importantes es el FIFA 11+.

Este es un programa de ejercicios específicos diseñado para la prevención de las lesiones en deportistas que, aunque no es específico para las lesiones de LCA, ha demostrado su efectividad.(27,28)

Consta de 15 ejercicios que se enfocan en el fortalecimiento, el equilibrio y la coordinación. Además, también se enfoca en la correcta realización técnica de tareas, como los aterrizajes o cambios de dirección, donde la pierna deberá estar alineada de tal manera que la rodilla esté encima de los dedos, evitando valgo y varo.(27,29)

Atendiendo a lo anterior, observamos que no se da ninguna pauta sobre cómo debe ser la alineación del pie durante estas acciones para realizarlas de manera correcta y prevenir lesiones. Por tanto, aunque en este programa se le dé algo más de importancia a la alineación estática del pie, proponiendo ejercicios de equilibrio y propiocepción, no se le da la que debería, y no solo eso, no tiene en cuenta la alineación dinámica, promoviendo técnicas correctas de realización de acciones como frenadas y aterrizajes que disminuyeran factores de riesgo, pudiendo ser introducidas en nuevos programas de prevención.

En este contexto y teniendo todo lo anterior en cuenta, este proyecto de investigación se centrará en investigar la influencia del aumento de los momentos pronadores del pie en las lesiones de LCA en deportistas.

La importancia de este estudio radica en la posibilidad de identificar factores de riesgo modificables para la prevención de lesiones de LCA en deportistas. Si se confirma que el aumento de los momentos pronadores del pie tiene un impacto en la aparición de lesiones de LCA, esto podría llevar a la implementación de programas de entrenamiento específicos, así como a la aplicación de otras medidas terapéuticas tales como ortesis o fisioterapia, para corregir y mejorar la alineación del pie tanto estática como dinámica, promoviendo a su vez la correcta realización técnica de lances presentes en el fútbol como los aterrizajes tras salto o las desaceleraciones y, por lo tanto, reducir el riesgo de lesiones.

4. OBJETIVOS

4.1 HIPÓTESIS: NULA Y ALTERNATIVA

Hipótesis nula (H_0): No hay relación estadísticamente significativa entre el riesgo de padecer lesiones de ligamento cruzado anterior en futbolistas y el aumento de los momentos pronadores del pie.

Hipótesis alternativa (H_1): Hay relación estadísticamente significativa entre el riesgo de padecer lesiones de ligamento cruzado anterior en futbolistas y el aumento de los momentos pronadores del pie.

4.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

Debido a que nuestro estudio se centra en conocer factores que puedan aumentar el riesgo de producir una lesión en una población, el esquema PICO no es del todo adecuado, es por eso por lo que se plantea la pregunta de investigación según el esquema PECOM.

Así, planteamos la siguiente pregunta: ¿Es el aumento de los momentos pronadores del pie un factor de riesgo para la aparición de lesiones de ligamento cruzado anterior en futbolistas durante la realización de tareas propias de esta práctica deportiva?

- *Situación, paciente o grupo de pacientes con una misma condición clínica (Patient):*
Jugadores de fútbol sin antecedentes de lesión de LCA.
- *Exposición o factor de riesgo (Exposure):*
Aumento de los momentos pronadores del pie durante la realización de tareas propias de la práctica deportiva.
- *Comparación (Comparison):*
Con un grupo control en el cual los sujetos no tengan aumento de los momentos pronadores.
- *Resultado (Outcome):*
Lesión del LCA.
- *Medición (Measuring)*
Riesgo de lesión.

4.2 OBJETIVOS

4.2.1 General

Determinar si el aumento de los momentos pronadores del pie es un factor de riesgo íntimamente relacionado con las lesiones de LCA producidas en futbolistas.

4.2.2 Específicos

- Determinar si el aumento de los momentos pronadores del pie puede ser factor de riesgo para otras lesiones neuromusculoesqueléticas en el fútbol.
- Determinar cuales han sido los lances del juego en los cuales se ha producido una mayor incidencia de lesiones de LCA.
- Identificar, analizar y comparar la presencia de patrones repetidos de distribución de las presiones plantares durante la marcha en individuos con y sin incremento de los momentos pronadores del pie.

5. METODOLOGÍA

5.1 FECHA Y BASES DE DATOS

Para localizar la información científica más actual sobre el tema del que trata este trabajo se realiza una búsqueda en las principales bases de datos de ámbito sanitario. Esta búsqueda comenzó durante los meses de febrero y marzo de 2023, sin embargo, se sigue consultando sobre el tema hasta el mes de junio del mismo año, por si aparecieran estudios nuevos que pudieran ser útiles para este proyecto.

Las principales bases de datos utilizadas para la realización de la búsqueda bibliográfica fueron:

- ❖ PUBMED NCBI
- ❖ SPORTDiscus
- ❖ PEDro

En un primer momento se realizó una búsqueda tal y como se muestra más adelante ([Anexo I](#)).

A continuación, de los artículos encontrados con la anterior búsqueda, se eligen aquellos más adecuados para el tema de estudio, teniendo en cuenta una mayor preferencia de aquellos publicados en los últimos 5 años. Una vez se escogen los artículos que reúnen todas las características, se realiza una búsqueda inversa de los artículos citados o referenciados, aprovechando aquellos que cumplen con las exigencias para ser utilizados en este trabajo.

Para completar la bibliografía, se realiza una búsqueda de artículos mediante una serie de palabras clave, combinadas con los operadores booleanos AND y OR. Estas palabras clave son “anterior cruciate ligament injuries”, “foot”, “foot strike pattern”, “kinematics”, “soccer” y “sports”. Tras encontrar aquellos artículos que encajan mejor en nuestro estudio, se vuelve a hacer una búsqueda inversa a partir de estas nuevas referencias.

5.2 ÁMBITO DE ESTUDIO

El estudio se realiza con futbolistas de entre 18 y 25 años de nivel amateur y semiprofesional, pertenecientes a clubs deportivos de la ciudad de A Coruña, Arteixo, Carballo y A Laracha que militen en la Primera Galicia, Preferente Galicia o Tercera División RFEF (Real Federación Española de Fútbol). En un primer momento se contará con la colaboración de los clubes Ural-

Español Club de Fútbol, Atlético Coruña Montañeros C.F., Victoria C.F., San Tirso S.D., S.D. Sofán, Silva S.D., U.D. Paiosaco-Hierros y Club Atlético Arteixo. Se contacta con los directores y representantes de estos equipos, que son los que aceptan participar en el estudio. Una vez conseguida la aprobación del club, se realiza una charla informativa con todos los jugadores y cuerpo técnico con el fin de que aquellos que estén interesados en participar en el estudio lo hagan de manera voluntaria.

Se pide un canal de comunicación con los jugadores para que la relación sea directa entre ellos y los investigadores, de manera que se haga un seguimiento sin importar que durante estas temporadas fichen por otros clubes. Estos canales serán un número de teléfono y un correo electrónico de uso habitual, preferentemente ambos.

Una vez se tiene comunicación directa, son los investigadores los que informan a los jugadores sobre las fechas en las que se realizan los estudios de seguimiento y pruebas, siempre buscando la manera de que esto no perjudique en ningún aspecto al club del que forman parte.

5.3 PERÍODO DE ESTUDIO

Este estudio se realizará durante un periodo determinado de 5 temporadas deportivas completas (23/24,24/25,25/26,26/27,27/28). El estudio comenzará durante las primeras semanas de entrenamientos de pretemporada de cada equipo que, dependiendo de la categoría, será entre los meses de julio y agosto de 2023. El estudio concluirá la última semana de competición de cada uno de los equipos de la temporada 2027/2028.

Los equipos que esta temporada militan en Tercera División RFEF (Club Atlético Arteixo, U.D. Paiosaco-Hierros y Silva S.D.) comienzan la pretemporada la semana del 24/07/2023, debido que la competición comienza antes que el resto. Este primer día se mantendrá una reunión con el Arteixo y otra con el Silva, comentándose el objetivo del estudio y trasladando un formulario electrónico ([Anexo II](#)) para que cubran aquellos interesados en un plazo de 3 días, asimismo, se entrega un documento informativo sobre el estudio ([Anexo III](#)). Al día siguiente (26/07/2023) se mantiene la reunión con los jugadores de la U.D. Paiosaco-Hierros, abordando los mismos temas y trasladando el mismo formulario electrónico y documento informativo, que también deberán cubrir en un plazo de 3 días, de tal manera que se pueda comenzar con el estudio la semana siguiente.

Tras esto, se comienza el estudio la semana del 31/07/2023, esta primera temporada se realizará en los campos de entrenamiento de cada uno de los equipos. Se estima que para la medición de las variables serán necesarios entre 10 y 15 minutos con cada jugador, que deberá pasar por 3 estaciones en las que la evaluación se llevará a cabo por un investigador diferente que se dedicará únicamente a una estación. Debido a esto, se acuerda con el preparador físico la realización de un ejercicio físico por estaciones en el cual estén introducidas aquellas que nos permitan la medición de las variables. Este ejercicio por estaciones se realizará inmediatamente después del calentamiento, de tal manera que el factor de la fatiga incida lo menos posible y no altere nuestras mediciones. Además, de esta manera conseguimos involucrar nuestras mediciones en el espacio de trabajo efectivo del entrenamiento, de tal forma que el impacto sobre este sea el menor posible.

Teniendo en cuenta el volumen de pacientes y las posibles molestias que puedan suponer las evaluaciones sobre jugadores y cuerpo técnico, se planea realizar las mediciones en el Club Atlético Arteixo entre los días 31/07 y 02/08, en el U.D. Paiosaco-Hierros entre los días 02/08 y 03/08 y, por último, entre los días 04/08 y 06/08 en el Silva S.D.

El resto de los equipos (Ural-Español Club de Fútbol, Atlético Coruña Montañeros C.F., Victoria C.F., San Tirso S.D. y S.D. Sofán) comienzan la pretemporada la semana del 07/08/2023. Debido a que los 3 primeros equipos realizan sus entrenamientos en instalaciones aledañas de la ciudad de A Coruña, se programan reuniones ese mismo día con todos ellos ya que, además, tienen una duración aproximada de 20 minutos. Con los otros dos equipos se programan las reuniones el día 09/08/2023.

Igual que se hizo con anterioridad con los equipos de Tercera División RFEF, los jugadores interesados en participar en el estudio deberán cubrir el formulario electrónico en un plazo de 3 días.

En esta ocasión, comenzaremos la medición de las variables la semana del 14/08/2023 en los campos de entrenamiento de cada uno de los clubes y bajo las mismas condiciones de tiempo que anteriormente. Debido a la cantidad de participantes, se programa que la medición de variables sea entre los días 14/08 y 16/08 en el Atlético Coruña Montañeros C.F., el día 17/08 y 18/08 en el San Tirso S.D, el día 21/08 y 22/08 en la S.D. Sofán, el día 23/08 y el 24/08 en el Victoria C.F y, por último, entre los días 28/09 y 30/09 en el Ural-Español Club de Fútbol.

5.4 TIPO DE ESTUDIO

Debido a que este estudio se centra en determinar un factor de riesgo para una afectación concreta, lo más adecuado es realizar un estudio de cohortes. Por tanto, este estudio será analítico, ya que se intenta buscar una relación causa-efecto, también longitudinal, ya que entre las dos variables a medir (momentos pronadores del pie y lesión de LCA) existirá un lapso de tiempo, y observacional, ya que nuestro objetivo será medir y analizar estas variables, pero no modificarlas en primera instancia.

Se plantea como un estudio prospectivo, de manera que el inicio de este estudio será anterior a los hechos estudiados, recogiendo los datos a lo largo del tiempo a medida que estos vayan apareciendo.

Ninguno de los participantes podrá presentar una lesión de LCA al inicio del estudio, se dividirán los participantes en dos grupos, un grupo de estudio en el cual los sujetos presenten un aumento de los momentos pronadores, que es el factor de riesgo a determinar, y un grupo control con jugadores que no estén expuestos a este factor de riesgo. Se realizará el seguimiento de ambos grupos para finalmente comparar las incidencias y ver si realmente nos encontramos ante un factor que aumenta el riesgo de sufrir lesiones de LCA. Para esto, será necesario que, en el caso de que los jugadores sufran cualquier lesión, contacten con los investigadores para comunicarles que es lo que ocurrió y cuándo.

Teniendo lo anterior en cuenta, hay que ser conscientes sobre las ventajas y desventajas que tienen este tipo de estudios. Las principales ventajas son que permiten realizar el cálculo de las tasas de incidencia, el riesgo de lesión y evaluar los efectos del factor de riesgo sobre otras lesiones neuromusculoesqueléticas, además, al ser prospectivo, permite controlar el diseño, el muestreo, la recopilación de datos y los métodos de seguimiento, resultando en una mayor exactitud de las mediciones, ya que estas son realizadas por los investigadores de este estudio y no dependen de la memoria del paciente o de información poco actual.

Entre las principales desventajas de este tipo de estudios destacan la mayor susceptibilidad a pérdidas de seguimiento debido a que son de larga duración, así como a la necesidad de un gran número de pacientes y los elevados costes.(30)

5.5 CRITERIOS DE SELECCIÓN

Criterios de inclusión:

- ❖ Jugadores de fútbol de sexo masculino con edades comprendidas entre los 18 y los 25 años.
- ❖ Jugadores sin antecedentes de lesión de LCA.
- ❖ Jugadores federados en equipos de la provincial de A Coruña de nivel amateur o semi-profesional, comprendiendo las siguientes ligas: Primera Galicia, Preferente Galicia y Tercera División.
- ❖ Jugadores federados en equipos que tengan un mínimo de 3 sesiones de entrenamiento semanales.
- ❖ Jugadores que tanto ellos como los clubes acepten participar en el estudio.

Criterios de exclusión:

- ❖ Jugadores no federados que entrenen en estos equipos.
- ❖ Jugadores que utilicen ortesis plantares.
- ❖ Jugadores con un IMC (índice de masa corporal) mayor de 30kg/m².
- ❖ Jugadores que presenten algún tipo de afectación traumatológica o reumatológica de importancia.

5.6 JUSTIFICACIÓN DEL TAMAÑO MUESTRAL

En el presente estudio, se lleva a cabo un enfoque piloto con el objetivo de explorar y obtener datos preliminares sobre la asociación entre los momentos pronadores y las lesiones de LCA. Dado que se trata de un estudio piloto, se ha optado por no realizar un cálculo formal del tamaño muestral.

En este estudio, el énfasis principal radica en evaluar la factibilidad del diseño del estudio, los procedimientos de recopilación de datos y la viabilidad de los análisis. Además, se busca obtener información valiosa y generar hipótesis o tendencias que puedan orientar a la hora de la realización del trabajo de investigación futuro sobre este mismo tema, que será con una muestra más amplia y representativa.

La naturaleza exploratoria de este estudio piloto implica que los resultados obtenidos no se utilizarán para realizar inferencias generales sobre la población objetivo. Sin embargo, estos

resultados preliminares pueden proporcionar una base sólida para fundamentar y justificar la necesidad de llevar a cabo investigaciones futuras más amplias y rigurosas.

Es importante mencionar que, aunque el tamaño muestral en este estudio piloto será relativamente pequeño, se llevará a cabo un esfuerzo riguroso para reclutar a un número representativo de futbolistas que cumplan los criterios de inclusión establecidos. La muestra seleccionada estará compuesta por jugadores de diferentes categorías y niveles de competición, lo que permite obtener una perspectiva más amplia sobre la influencia de los momentos pronadores en las lesiones de LCA en este grupo específico de deportistas.

Además, es necesario destacar que el enfoque piloto permite identificar posibles limitaciones o desafíos metodológicos que podrían surgir durante la ejecución del estudio. Estos hallazgos serán de gran utilidad para ajustar y optimizar la metodología en futuras investigaciones.

5.7 SELECCIÓN DE LA MUESTRA

Para la realización de este estudio es necesaria la distribución en dos grupos bien diferenciados. Por un lado, existirá el grupo de estudio (G-Est), un grupo formado por aquellos sujetos los cuales, tras las mediciones realizadas por los investigadores, hayan sido catalogados con aumento de los momentos pronadores del pie durante la estática y la dinámica. Por otro lado, se encuentra el grupo control (G-Con), que será el formado por aquellos sujetos en los cuales no se objetive un aumento de los momentos pronadores del pie durante las pruebas de evaluación clínica. Es importante que el tamaño muestral de ambos grupos sea similar para mayor exactitud y validez a la hora de comparar las incidencias entre ellos, además, es importante tener en cuenta el porcentaje de abandonos que podemos prever.

Teniendo en cuenta el número de jugadores que formaron parte de las plantillas de los equipos que participan en el estudio en anteriores temporadas, así como la cantidad de jugadores inscritos en los equipos de manera habitual, se estima que el número total de jugadores será de 170. De este número total de jugadores, que es aproximado, se introducirán en el estudio todos aquellos que cumplan con los criterios de inclusión anteriormente mencionados.

Tabla I. Estimación jugadores por equipo

Ural- Español C.F.	At.Coruña- Montañeros C.F.	San Tirso S.D.	Victoria C.F.	S.D. Sofán	U.D. Paiosaco- Hierros	Club Atlético Arteixo	S.D. Silva
21-23	21-23	21-23	21-23	21-23	21-23	21-23	21-23

Como ya se dijo anteriormente, se realizan charlas informativas con los diferentes equipos las primeras semanas de pretemporada, entre los meses de julio y agosto dependiendo de la competición en la que esté inscrito cada equipo. En estas charlas se explica el objetivo de nuestro estudio y cuál es su funcionamiento, incidiendo en que durante esta primera temporada las mediciones se realizan en los campos de entrenamiento, pero que, durante las cuatro siguientes, los jugadores deberán acudir por su cuenta a la Facultad de Fisioterapia de la UDC para la realización de pruebas. Se ruega que lo piensen bien y que, de apuntarse, tengan claro que hay que implicarse durante todos los años que dure el estudio, estableciendo un contacto directo con los investigadores. Al final de esta reunión se reparte una hoja informativa sobre el estudio y se responde cualquier duda que surja.

En un primer momento, se contacta con el capitán de cada equipo para que difunda el formulario de entrada al estudio, con la finalidad de saber una cifra orientativa de jugadores participantes que cumplen los principales requisitos de inclusión. Una vez conocido esto, se manda por la misma vía de comunicación el consentimiento informado, que deberán cubrir todos aquellos interesados en participar. (Anexo IV)

5.8 DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES A ESTUDIAR

Las variables a estudiar en este trabajo serán las siguientes (Tabla II):

Tabla II. Síntesis de las variables de estudio

VARIABLES	TEST	MEDICIÓN
VARIABLES INDEPENDIENTES		
Alineación estática del pie en carga	1. Navicular Drop Test 2. Foot Posture Index	1. Cinta métrica 2. Escala Foot Posture Index
Alineación dinámica del pie en carga	Presiones plantares	Plataforma de presiones
Rango de movilidad de dorsiflexión de tobillo en carga	Ankle lunge test	Inclinómetro
Edad	Entrevista clínica	
Peso (kg)		Báscula
Altura (m)		Estadiómetro

IMC (kg/m²)		Calculadora
VARIABLES DEPENDIENTES		
Lesión de LCA	Diagnóstico médico	Deberá ser puesta en conocimiento del investigador por parte del paciente
Otras lesiones neuromusculoesqueléticas	Diagnóstico médico	Deberán ser puestas en conocimiento del investigador por parte del paciente

5.9 MEDICIONES E INTERVENCIÓN

Las primeras mediciones se realizarán durante las sesiones de entrenamiento de los equipos. Esta primera evaluación se realizará durante la pretemporada de la campaña 2023/2024, tras esto, se dividirán los participantes en dos grupos. El grupo control será el formado por aquellos jugadores participantes que presenten una alineación estática y dinámica del pie normal, que se explicará más adelante. El grupo de estudio será el formado por aquellos jugadores que presenten un aumento de los momentos pronadores, evaluados durante las pruebas de alineación estática y dinámica del pie.

Se introducirán 3 estaciones en un ejercicio consensuado con el preparador físico, de tal manera que no importunen las sesiones. Cada una de estas estaciones será evaluada por un investigador diferente.

Tras esta primera temporada se realizarán mediciones anuales durante las primeras semanas de entrenamientos, durante las temporadas 2024/2025, 2025/2026, 2026/2027 y 2027/2028, ya que pudiera ser posible una evolución de las variables a estudio. Estas mediciones de los siguientes años no se realizarán durante los entrenamientos, sino que se emplazará a los participantes a una hora y día determinados, teniendo estos que acudir a la Facultad de Fisioterapia de la Universidade da Coruña (UDC), donde se llevarán a cabo las mismas pruebas que el primer año.

Durante este estudio se irán recogiendo los datos sobre las lesiones que sufran los participantes, con el objetivo de conocer las incidencias en ambos grupos y así poder saber

si el aumento de los momentos pronadores es un factor de riesgo para la aparición de diversas lesiones en el fútbol, entre las que cobra más importancia la de LCA.

Las pruebas que se harán para determinar si los sujetos presentan hiperpronación son las siguientes:

Navicular Drop Test

Es una prueba clínica que se utiliza para evaluar la función del arco longitudinal medial del pie.

Esta prueba mide la distancia que se desplaza el navicular al pasar de una posición en descarga (sentado, con apoyo del pie en el suelo) a una posición en carga (bipedestación). Para realizarla situaremos al paciente en sedestación, de tal manera que el pie esté apoyado en el suelo, pero sin carga. Una vez el sujeto esté en posición, marcaremos el tubérculo del navicular, que es la parte más prominente, y colocaremos la articulación subastragalina (ASA) en posición neutra, de tal manera que notemos con igual presión la cabeza del astrágalo tanto en su borde medial como en el lateral.

Medimos la altura desde el suelo hasta el tubérculo y, a continuación, le pedimos que se levante y que, por tanto, haga carga sobre el pie. Tras esto, volvemos a medir la altura y, con una regla, mediremos la diferencia entre las dos marcas. La diferencia se considera como la cantidad de movimiento del navicular en respuesta a la carga y se expresa en milímetros.

En nuestro estudio, se considera una diferencia mayor de 10 mm como pie plano, tal y como se sugiere y se aplica en anteriores estudios. (31–33)

Foot Posture Index-6 (FPI-6)

El Foot Posture Index-6 (FPI-6) es una herramienta de diagnóstico clínico cuyo objetivo final es cuantificar la postura del pie. En un primer momento estaba formada por 8 ítems, sin embargo, tras sufrir un proceso de validación se eliminaron dos, quedando los 6 ítems actuales.(34)

Estos ítems son:

1. Palpación de la cabeza del astrágalo.
2. Curvatura supra e inframaleolar lateral (peroneal).
3. Posición del calcáneo en el plano frontal.
4. Prominencia de la región talo navicular.
5. Congruencia del arco longitudinal interno (ALI).
6. Abducción/ Aducción del antepié respecto al retropié.

Cada ítem se puntúa de -2 a +2, donde -2 indica una postura supinada, 0 indica una postura neutral y +2 indica una postura pronada. Por tanto, la puntuación total del FPI-6 varía de -12 (postura supinada máxima) a +12 (postura pronada máxima), y una puntuación de 0 indica una postura neutral. De esta manera, cuanto más positivo sea el valor mayor postura de pronación del pie, mientras que cuanto más negativo, mayor postura supinada. (Anexo V)

Actualmente, se considera que un pie normal tiende a estar pronado en vez de ser un pie neutro. Es por esto que, en este estudio, los valores de referencia que indicarán un pie normal serán entre 0 y +5, mientras que valores entre +6 y +12 indicarán un pie con aumento de los momentos pronadores.(35–37)

Estudio de las presiones plantares durante la marcha

Se realiza con una plataforma de presiones plantares, en este estudio se utilizará la plataforma Podoprint® (Grupo Namrol, Barcelona, España), una plataforma portátil con 1600 sensores que nos permitirá realizar el análisis dinámico (dimensiones 570 × 570 mm y 9 mm de grosor, peso de 3.8 kg), con la capacidad de captar 200 imágenes por segundo, imagen global dinámica, cálculos, curvas, mosaico de diferentes fases de apoyo, análisis por zona, datos múltiples de tiempo de apoyo y cantidad de carga, vídeo o foto con herramientas de medida. Está conectada a un ordenador mediante software, lo que nos permitirá ver la distribución de presiones en tiempo real.

Para realizar esta medición se establece un recorrido de 10 metros, poniendo la plataforma de presión en mitad del recorrido, a los 5 metros. Pedimos a los participantes que caminen descalzos como lo harían de manera normal y a su ritmo, además, les decimos que una vez lleguen a la plataforma sigan caminando, de tal manera que el ritmo sea constante durante toda la tarea. Tendrán que realizar 5 repeticiones efectivas con cada pierna, esto es, repeticiones en las que toda la planta del pie apoye de manera natural sobre la plataforma.(38,39)

Como la plataforma no es gruesa y se acopla al suelo, los participantes no deberán variar la altura o longitud del paso, ya que no representa un obstáculo. Además, los participantes tendrán 2 minutos para practicar la marcha en el recorrido de la plataforma, de tal manera que se familiaricen con la prueba.

Se analiza en el ordenador conectado a la plataforma la distribución de la carga durante la marcha, prestando atención a las presiones en el retropié, en el antepié y en el mediopié. En

cada una de estas zonas se realiza la medida del tiempo de apoyo (ms), presión media (g/cm^2) y presión máxima (g/cm^2). (40,41)

Las grabaciones de las presiones plantares de la evaluación dinámica de cada paciente serán guardadas. Estas imágenes serán analizadas por un podólogo que colabora en este estudio, siendo este el que clasifica a los pacientes según su alineación dinámica.

Ankle Lunge Test

Es un test de exploración clínica científicamente validado. Es utilizado frecuentemente para medir el rango de dorsiflexión de tobillo, con el objetivo de cuantificar el déficit de recorrido de la articulación.

Para realizarlo, se pedirá al paciente que se ponga de pie enfrente de una pared, apoyando las manos en la misma para mayor estabilidad. A continuación, intentará tocar la pared con la rodilla, pero no podrá levantar el talón del suelo, teniendo que estar toda la planta en contacto, de manera que se fuerce a realizar una flexión dorsal máxima. Iremos atrasando la posición del pie hasta aquella distancia en la cual llegue a tocar con mucha dificultad.

Hay varias formas para realizar la medición de este test, puede realizarse con un goniómetro, con un inclinómetro o con una cinta métrica pegada al suelo, midiendo la distancia entre el dedo gordo del pie y la pared.

De esta última manera medimos centímetros, no grados de movimiento. Si se intenta extrapolar una ecuación para la conversión de los centímetros (cm) en grados ($^\circ$), se observa que 1 cm equivaldría a $3,6^\circ$ de dorsiflexión. (42)

Sin embargo, en el artículo de *Konor et al.* establecen que 1 cm equivale a $4,1^\circ$. Teniendo en cuenta estas diferencias, se explica que la medición con inclinómetro debe ser antepuesta a la medición con cinta y goniómetro, ya que reporta una gran fiabilidad y un cambio mínimo detectable más bajo, es decir, más exactitud, ya que diferencias más pequeñas se miden con mayor precisión. (43)

Teniendo en cuenta lo anterior, en nuestro estudio utilizaremos un inclinómetro para valorar el déficit de rango de dorsiflexión de tobillo. Los pacientes podrán realizar 5 intentos, de los cuales se hará la media de los 3 mejores intentos. Valores iguales o mayores a 10 cm (aproximadamente 36° de inclinación) serán tomados como normales, mientras que valores menores a 36° de inclinación indicarán limitación. (42,44)

Ilustración 1. Ankle lunge test



Teniendo en cuenta lo anterior, en este estudio se entiende por pie normal aquel en el cual el valor del FPI-6 esté entre 0 y +5, el valor del navicular drop test por debajo de 10 mm, 36° o más de inclinación en el ankle lunge test y normalidad en el análisis de las presiones plantares según el criterio del podólogo del estudio.

Se define pie con aumento de los momentos pronadores aquel con valores de entre +6 y +12 en el FPI-6, valores por encima de 10 mm en el navicular drop test, menos de 36° de inclinación en el ankle lunge test y aumento de estos momentos en el análisis de las presiones plantares según el criterio del podólogo del estudio.

Para que un sujeto sea introducido en el grupo de estudio con presencia del factor de riesgo, un mínimo de tres pruebas de las compuestas por el estudio de presiones plantares durante la marcha, navicular drop test, foot posture index-6 y ankle lunge test deberán objetivar un aumento de los momentos pronadores. En el caso de que solo una o dos de las cuatro pruebas objetive esta hiperpronación, ese sujeto no podrá ser introducido en el estudio, como tampoco aquel cuyas mediciones objetiven un aumento de los momentos supinadores. Serán introducidos en el grupo control aquellos que cumplan las características de pie normal.

Lesión LCA

En este estudio, la lesión de LCA se definirá como una rotura completa o parcial del ligamento, que se diagnosticará en base a los informes médicos y diagnósticos proporcionados por profesionales de la salud especializados, externos al estudio. El proceso de identificación de las lesiones de LCA se llevará a cabo de la siguiente manera:

Los jugadores de fútbol que presenten síntomas de posible lesión en la rodilla deberán ser vistos por un especialista en traumatología, ya sea el médico del seguro del club o un médico privado, quien realizará una evaluación clínica completa de la rodilla.

Durante la evaluación clínica, el médico realizará una revisión exhaustiva de los antecedentes médicos de los participantes y llevará a cabo una evaluación física detallada de la rodilla afectada. Esto puede incluir pruebas específicas para evaluar la estabilidad de la rodilla, como el Lachman y el pivot shift, que son comúnmente utilizadas para diagnosticar lesiones de LCA. Asimismo, la prueba diagnóstica definitiva será la realización de una Resonancia Magnética, ya que esta permite recoger imágenes más detalladas de tejidos blandos y estructuras articulares de la rodilla. Además, será más precisa a la hora de evaluar el estado del LCA, permitiendo evaluar su morfología, grado de lesión o la presencia de desgarros o irregularidades.

Una vez que los participantes hayan recibido el diagnóstico de lesión de LCA por parte del médico, se les pedirá que informen a los investigadores del estudio sobre los resultados obtenidos. Los informes médicos y diagnósticos proporcionados por los participantes serán recopilados y utilizados como base para la clasificación y confirmación de las lesiones de LCA en el estudio.

Además de esto, se les pedirá información sobre como fue el incidente. Lo que se intenta con esto es conocer si fue una lesión sin contacto o una lesión con contacto y, sobretodo, conocer cuál fue el lance del juego (salto, cambio de dirección, frenada...) en el cual se produjo la lesión, ya que en este estudio uno de los objetivos es conocer cuál es el lance del juego en el que se producen más lesiones de LCA.

Otras lesiones neuromusculoesqueléticas

En el contexto de este estudio, el término "otras lesiones neuromusculoesqueléticas" hace referencia a las lesiones que afectan a los tejidos y estructuras relacionadas con el sistema neuromuscular y esquelético, distintas a la rotura del LCA.

Estas lesiones podrán involucrar diferentes áreas anatómicas y sistemas de los miembros inferiores, incluyendo los músculos, tendones, ligamentos, articulaciones y huesos.

El procedimiento será el mismo que para las lesiones de LCA, aquellos jugadores que sufran una lesión durante la práctica deportiva deberán ser explorados por un especialista médico, que en base a esta exploración y a pruebas complementarias emitirá un diagnóstico.

Una vez los jugadores tengan el diagnóstico de la lesión, se les pedirá que informen a los investigadores del estudio sobre los resultados obtenidos. Los informes médicos y diagnósticos proporcionados por los participantes serán recopilados y utilizados como base para la clasificación y confirmación de las lesiones neuromusculoesqueléticas en el estudio. Las lesiones que podrán ser introducidas en este estudio serán lesiones de gravedad media, que son aquellas que causan baja entre 8-28 días. Este tipo de lesiones son las que producen mayores tiempos de baja, principalmente porque se producen con gran frecuencia. Algunos ejemplos de lesiones de gravedad media son lesión muscular de isquiotibiales, lesión muscular en cuádriceps, esguince de tobillo o esguince de ligamento colateral medial de la rodilla. También podrán ser introducidas lesiones de gravedad severa, que son aquellas con un tiempo de baja mayor a 28 días.(45,46)

5.10 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS

Para la realización del análisis estadístico de este estudio se utilizará el software estadístico R (versión 4.3.0).

En primer lugar, se realizará una descripción de las variables de nuestro estudio, diferenciando entre el grupo de estudio y el grupo control. Las variables serán cualitativas, en este caso se calculan las medidas de frecuencia, o cuantitativas, debiendo calcular media, mediana, moda, desviación estándar, varianza y percentiles.

A continuación, se realizarán modelos de regresión lineal simple para analizar la posible relación entre las variables independientes y las variables dependientes. Una vez realizados estos modelos se llevará a cabo un análisis de los mismos. Para poder aceptar y usar un modelo de regresión se tienen que dar 4 características:

1. Linealidad, refiriéndose a que en el diagrama de dispersión del modelo se debe observar que los puntos forman una línea recta.
2. Distribución normal de los residuos: Para esto podemos utilizar gráficos tales como histogramas o QQ-plots, también pruebas como la de Shapiro-Wilk, existiendo una distribución normal cuando los residuos forman entorno a cero.
3. Homocedasticidad, es decir, la variabilidad de los residuos debe ser constante
4. Independencia: El p-valor del modelo deberá ser mayor de 0,05 indicando que existe independencia entre las variables.

También se puede realizar un análisis de correlación, con el principal objetivo de ver si existe relación entre dos variables. Para esto se podrán utilizar la correlación de Pearson, la correlación de Spearman y pruebas de Chi-cuadrado.

Cuando se cumplan todas las características anteriores podremos validar nuestro modelo e indicar que hay una fuerte relación entre las dos variables.

Por último, podemos realizar el cálculo de la incidencia lesional en ambos grupos. Una vez hecho esto podremos conocer el Riesgo Relativo (RR), que es la medida de riesgo en los estudios de cohortes y que es el cociente resultante de la división de las incidencias de los 2 grupos. Si el RR es menor que uno, esto nos indicaría que nuestra variable a estudio es un factor protector, si es mayor a uno indicaría que es un factor de riesgo. Este RR deberá estar dentro del intervalo de confianza, que en nuestro estudio es del 95%.

5.11 LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Como en todo estudio de investigación, existen una serie de limitaciones que pueden llegar a afectar a la validez o a la generalización de los resultados obtenidos.

En este estudio se propone un tiempo de seguimiento prolongado, lo cual puede conducir a mayores pérdidas de seguimiento y abandonos, lo que podría reducir el tamaño de la muestra y disminuir el poder estadístico para detectar efectos importantes, por lo que se deberá tener en cuenta estos factores y disponer de una muestra lo suficientemente grande y representativa.

Además, se debe tener en cuenta que este estudio se ha realizado solo con sujetos varones, lo que puede limitar su aplicabilidad en futbolistas del sexo femenino. Siguiendo en esta línea, el estudio se realiza con futbolistas que juegan en clubes gallegos, y más concretamente en la provincia de A Coruña, por lo que todos ellos juegan en los mismos campos y bajo condiciones meteorológicas similares. Hay que remarcar que existen factores de riesgo extrínsecos como el tiempo atmosférico, por lo que los resultados en este estudio están ligados a un clima más frío y lluvioso, pudiendo no ser extrapolados a una población general rodeada por un clima diferente.

En cuanto a la recopilación de los datos y medición de las variables, éstas se harán en primera instancia durante las sesiones de entrenamiento. El objetivo es realizar estas mediciones de manera que el efecto de la fatiga tenga el mínimo impacto, para lo que se harán al comienzo de los entrenamientos y en diferentes días. Sin embargo, no se puede controlar el nivel de carga y la fatiga acumulada que tenga cada jugador por las sesiones de entrenamiento

previas. Además, tampoco se podrán controlar factores como la temperatura o la humedad, que pueden ser diferentes cada día y afectan al desempeño durante las pruebas clínicas. Teniendo todo lo anterior en cuenta, se deben considerar estas limitaciones a la hora de interpretar los resultados del estudio.

6. CRONOGRAMA Y PLAN DE TRABAJO

Temporada 2023-2024																		
Mes	jul				ago				S	O	N	D	E	F	M	A	m	J
Semana	10/07	17/07	24/07	31/07	07/08	14/08	21/08	28/08										
Reunión informativa																		
Captación sujetos																		
Valoración inicial																		
División grupos																		
Competición																		

Temporada 2024-2025, 2025-2026, 2026-2027, 2027-2028																		
Mes	jul				ago				S	O	N	D	E	F	M	A	m	J
Semana	1	2	3	4	1	2	3	4										
Valoración evolución																		
Actualizaciones grupos																		
Competición																		

7. ASPECTOS ÉTICO-LEGALES

El presente estudio ha sido diseñado y será llevado a cabo con un estricto respeto a los principios éticos establecidos en la Declaración de Helsinki de 1964 y sus posteriores revisiones. Asimismo, se seguirán las pautas y regulaciones establecidas por el Comité Ético de Investigación Clínica (CEIC) de Galicia, tal y como se indica en la Ley 14/2007 del 3 de julio, para la realización de investigaciones biomédicas en humanos.

Los participantes serán informados del objetivo y la metodología del estudio, así como de los posibles riesgos y beneficios de su participación, con la seguridad de que esta información haya sido recibida de manera clara y comprensible. Se asegurará el consentimiento informado por parte de todos los participantes antes de su inclusión en el estudio. Se ha preparado un documento de consentimiento informado, que será entregado a los participantes con tiempo suficiente para su lectura y comprensión. Los participantes tendrán la oportunidad de hacer preguntas y aclarar cualquier duda antes de la firma del consentimiento. Además, se asegurará la confidencialidad de los datos y la privacidad de los participantes en todo momento.

Atendiendo a la protección de datos, se seguirán las regulaciones y pautas establecidas por las leyes de protección de datos de la Unión Europea, más concretamente la Ley Orgánica de Protección de Datos 03/2018, del 5 de diciembre, garantizando que los datos recopilados se manejan de manera confidencial y segura. Se utilizarán los datos únicamente para los fines previstos en el estudio y no se compartirán con terceros sin el consentimiento explícito de los participantes o en casos específicos en los que se permita por ley.

En resumen, se garantizará la integridad y confidencialidad de los participantes, se seguirán los principios éticos y regulaciones establecidos para la investigación en humanos, se obtendrá el consentimiento informado y se protegerán los datos recopilados de acuerdo con la Ley Orgánica de Protección de Datos (LOPD).

8. APLICABILIDAD DEL ESTUDIO

Este estudio tiene como objetivo principal determinar si el aumento de los momentos pronadores es un factor de riesgo en la aparición de la rotura del LCA, una de las lesiones más graves e importantes dentro del mundo del fútbol. Además, al ser un estudio de cohortes con un seguimiento prolongado, también se busca esclarecer si otros tipos de lesiones neuromusculoesqueléticas frecuentes en el ámbito deportivo están influenciados por este mismo factor de riesgo.

Actualmente, existen programas de prevención que abordan los principales factores de riesgo para las lesiones de LCA. Sin embargo, estos programas no suelen prestar atención a factores tan específicos como la alineación del pie. Por ello, los resultados del estudio podrían ser útiles para fisioterapeutas y preparadores físicos, que podrían utilizarlos para diseñar programas de prevención de lesiones de LCA que incluyan ejercicios específicos para el abordaje de estos factores predisponentes, contribuyendo a prevenir y reducir la incidencia de estas lesiones.

Además de la posible utilidad clínica de los resultados de este estudio en la prevención y tratamiento de lesiones del LCA, también se puede destacar la contribución a la investigación en fisioterapia deportiva y en la comprensión de la mecánica de la extremidad inferior durante actividades deportivas de alta demanda.

Los resultados de este estudio pueden ser útiles en la práctica clínica de fisioterapia deportiva, ya que la evaluación de los momentos pronadores puede ser incluida en la evaluación funcional de los deportistas con el fin de prevenir lesiones del LCA y que estos puedan mejorar su rendimiento deportivo.

Asimismo, los resultados de este estudio pueden ser de interés para futuros estudios de investigación en el campo de la fisioterapia deportiva y la biomecánica, contribuyendo así al avance del conocimiento en estas áreas y a la mejora de la atención de los deportistas.

En conclusión, los resultados de este estudio podrían tener importantes implicaciones para la prevención de lesiones de LCA y la práctica clínica de fisioterapia en deportistas. La identificación de los factores de riesgo y la aplicación de intervenciones preventivas

Influencia de la alineación estática y dinámica del pie en las lesiones de ligamento cruzado anterior en futbolistas: un estudio piloto.

específicas pueden contribuir a disminuir el número de lesiones y mejorar la salud y el rendimiento deportivo de los deportistas.

9. PLAN DE DIFUSIÓN DE LOS RESULTADOS

El plan de difusión de los resultados obtenidos en este estudio se centrará en la presentación de los hallazgos en congresos científicos y su publicación en revistas especializadas. Estas dos vías de difusión permitirán compartir los resultados con la comunidad científica y clínica, promoviendo la aplicación de medidas preventivas y terapéuticas basadas en la evidencia.

9.1 CONGRESOS

En cuanto a los congresos científicos, se buscará la participación en eventos nacionales e internacionales que estén relacionados con la fisioterapia deportiva, la biomecánica y la prevención de lesiones en deportistas. Estos congresos ofrecen un entorno propicio para presentar los resultados de este estudio, establecer contactos con otros investigadores y profesionales del campo, y fomentar la colaboración en futuros proyectos. Se seleccionarán aquellos congresos con un alto nivel académico y una audiencia relevante para asegurar la máxima visibilidad y difusión de los resultados.

Los congresos en los que se podrán presentar estos resultados serán:

- Congreso Mundial de Fisioterapia (WCPT).
- Congreso nacional de fisioterapia, organizado por la AEF.
- Congreso Anual de la European College of Sport Science (ECSS).
- Congreso Mundial de Medicina del Deporte (FIMS)

9.2 REVISTAS

En cuanto a la publicación en revistas especializadas, se buscarán aquellas que tengan un enfoque en la fisioterapia deportiva, la medicina del deporte y la biomecánica. Se dará prioridad a revistas de alto impacto y con un riguroso proceso de revisión por pares, garantizando así la calidad y la credibilidad de los resultados. La publicación en estas revistas permitirá que los hallazgos lleguen a un público académico y clínico más amplio, y contribuirá a su reconocimiento y aplicación en la práctica clínica.

Además, se prestará especial atención a la selección de revistas indexadas en bases de datos científicas reconocidas, lo que asegurará la visibilidad y la accesibilidad de los resultados a nivel internacional. Se considerarán revistas tanto de acceso abierto como de acceso restringido, evaluando las características de cada una y la audiencia a la que se dirigen.

Influencia de la alineación estática y dinámica del pie en las lesiones de ligamento cruzado anterior en futbolistas: un estudio piloto.

Para conocer el factor de impacto utilizaremos los datos del Journal Citation Reports (JCR), las revistas serán las siguientes:

Tabla III. Revistas y factores de impacto

Revistas	Factor de Impacto (2021)
Sports Medicine	11.928
Journal of Physiotherapy	10.714
American Journal of Sports Medicine	7.010
Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy	6.276
Journal of Sport Rehabilitation	2.203

10. MEMORIA ECONÓMICA

10.1 RECURSOS NECESARIOS

Para la realización de este estudio, se identifican una serie de recursos necesarios que permitirán llevar a cabo el estudio de manera adecuada y obtener resultados relevantes. Estos recursos abarcan aspectos tanto materiales como humanos, los cuales desglosaremos a continuación (Tabla IV).

Tabla IV. Recursos necesarios

Recursos humanos	Investigador/a principal
	2 fisioterapeutas deportivos colaboradores
	1 podólogo/a
	1 estadístico/a
Infraestructura	Campos de entrenamiento de los equipos participantes
	Laboratorio de la Facultad de Fisioterapia
Material y equipos	Cinta métrica
	Plataforma de presiones
	Inclinómetro digital
	Báscula
	Estadiómetro
	Material de oficina (bolígrafos, papel, cartulina...)

10.2 DISTRIBUCIÓN DEL PRESUPUESTO

La distribución del presupuesto se ha planificado cuidadosamente para asegurar el correcto desarrollo de este estudio y optimizar el uso de los recursos financieros disponibles. A continuación, se presenta la distribución prevista del presupuesto en función de las distintas partidas y necesidades identificadas (Tabla V):

Tabla V. Presupuesto

Recurso	Coste
Recursos Humanos:	
• Investigador/a principal	10.000€
• Fisioterapeutas deportivos colaboradores	2x 1300€
• Podólogo	900€
• Estadístico	500€
Total	14000€
Infraestructura:	
• Campo de fútbol de A Grela	0€
• Campo de fútbol Elviña Grande	0€
• Campo de fútbol de Sofán	0€
• Campo de fútbol O Monte	0€
• Campo de fútbol Ponte dos Brozos	0€
• Campo de fútbol Porta Santa	0€
• Laboratorio de la Facultad de Fisioterapia	0€
Material y equipos:	
• Cinta métrica	2x 3€
• Plataforma de presiones Podoprint ®	3260€
• Inclínómetro digital	75€
• Báscula	40€
• Estadiómetro	100€
• Material de oficina (bolígrafos, papel, cartulina...)	100€
Total	3581€
Otros gastos:	
• Desplazamientos	200€
• Inscripción a congresos	2000€
• Imprevistos	500€
Total	2700€

Presupuesto Total

20281€

10.3 POSIBLES FUENTES DE FINANCIACIÓN

La realización de cualquier proyecto de investigación requiere de recursos financieros para poder cubrir los gastos asociados a su desarrollo y ejecución. Para garantizar el adecuado desarrollo de todas las etapas del proyecto, es fundamental contar con fuentes de financiación que brinden los recursos necesarios.

En este sentido, es importante explorar diferentes vías de financiación, tanto públicas como privadas, que puedan respaldar la investigación. Estas fuentes de financiación pueden proveer los recursos necesarios para cubrir aspectos fundamentales como la adquisición de materiales, la contratación de personal especializado, el acceso a tecnologías y equipos específicos, entre otros. Algunas de las posibles becas y ayudas a las que puede optar este estudio son:

- Becas de la Fundación La Caixa
- Becas de la Universidade da Coruña
- Becas de la Xunta de Galicia
- Subvenciones del Instituto de Salud Carlos III (ISCIII)
- Becas de la Fundación Amancio Ortega

11. BIBLIOGRAFÍA

1. annual-report-2022.pdf [Internet]. [citado 13 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://www.uknlr.co.uk/pdf/annual-report-2022.pdf>
2. Svantesson E, Hamrin Senorski E, Webster KE, Karlsson J, Diermeier T, Rothrauff BB, et al. Clinical Outcomes After Anterior Cruciate Ligament Injury: Panther Symposium ACL Injury Clinical Outcomes Consensus Group. *Orthop J Sports Med.* 23 de julio de 2020;8(7):2325967120934751.
3. Chia L, De Oliveira Silva D, Whalan M, McKay MJ, Sullivan J, Fuller CW, et al. Non-contact Anterior Cruciate Ligament Injury Epidemiology in Team-Ball Sports: A Systematic Review with Meta-analysis by Sex, Age, Sport, Participation Level, and Exposure Type. *Sports Med.* 2022;52(10):2447-67.
4. Eliakim E, Morgulev E, Lidor R, Meckel Y. Estimation of injury costs: financial damage of English Premier League teams' underachievement due to injuries. *BMJ Open Sport Exerc Med.* 20 de mayo de 2020;6(1):e000675.
5. Alentorn-Geli E, Myer GD, Silvers HJ, Samitier G, Romero D, Lázaro-Haro C, et al. Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: Mechanisms of injury and underlying risk factors. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 1 de julio de 2009;17(7):705-29.
6. Forsythe B, Lavoie-Gagne OZ, Forlenza EM, Diaz CC, Mascarenhas R. Return-to-Play Times and Player Performance After ACL Reconstruction in Elite UEFA Professional Soccer Players: A Matched-Cohort Analysis From 1999 to 2019. *Orthop J Sports Med.* 28 de mayo de 2021;9(5):23259671211008892.
7. Niederer D, Engeroff T, Wilke J, Vogt L, Banzer W. Return to play, performance, and career duration after anterior cruciate ligament rupture: A case-control study in the five biggest football nations in Europe. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports.* 2018;28(10):2226-33.
8. Dauty M, Crenn V, Louguet B, Grondin J, Menu P, Fouasson-Chailloux A. Anatomical and Neuromuscular Factors Associated to Non-Contact Anterior Cruciate Ligament Injury. *Journal of Clinical Medicine.* enero de 2022;11(5):1402.
9. Pfeifer CE, Beattie PF, Sacko RS, Hand A. RISK FACTORS ASSOCIATED WITH NON-CONTACT ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT INJURY: A SYSTEMATIC REVIEW. *Int J Sports Phys Ther.* agosto de 2018;13(4):575-87.
10. Alentorn-Geli E, Mendiguchía J, Samuelsson K, Musahl V, Karlsson J, Cugat R, et al. Prevention of anterior cruciate ligament injuries in sports—Part I: Systematic review of risk factors in male athletes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 1 de enero de 2014;22(1):3-15.
11. Mehl J, Diermeier T, Herbst E, Imhoff AB, Stoffels T, Zantop T, et al. Evidence-based concepts for prevention of knee and ACL injuries. 2017 guidelines of the ligament committee of the German Knee Society (DKG). *Arch Orthop Trauma Surg.* 1 de enero de 2018;138(1):51-61.

12. Peel SA, Thorsen TA, Schneider LG, Weinhandl JT. Effects of Foot Rotation on ACL Injury Risk Variables During Drop Landing. *J of SCI IN SPORT AND EXERCISE*. 1 de febrero de 2020;2(1):59-68.
13. Tran AA, Gatewood C, Harris AHS, Thompson JA, Dragoo JL. The effect of foot landing position on biomechanical risk factors associated with anterior cruciate ligament injury. *J Exp Orthop*. 18 de junio de 2016;3:13.
14. Peel SA, Schroeder LE, Weinhandl JT. Effects of foot progression angle on knee mechanics during an anticipated cutting task: A statistical parametric mapping approach. *Journal of Biomechanics*. 1 de enero de 2022;130:110842.
15. Teng PSP, Kong PW, Leong KF. Effects of foot rotation positions on knee valgus during single-leg drop landing: Implications for ACL injury risk reduction. *The Knee*. 1 de junio de 2017;24(3):547-54.
16. Ogasawara I, Shimokochi Y, Mae T, Nakata K. Rearfoot strikes more frequently apply combined knee valgus and tibial internal rotation moments than forefoot strikes in females during the early phase of cutting maneuvers. *Gait & Posture*. 1 de febrero de 2020;76:364-71.
17. Uno Y, Ogasawara I, Konda S, Wakabayashi K, Miyakawa M, Nambo M, et al. Effect of the foot-strike pattern on the sagittal plane knee kinetics and kinematics during the early phase of cutting movements. *Journal of Biomechanics*. 1 de mayo de 2022;136:111056.
18. Sigurðsson HB, Karlsson J, Snyder-Mackler L, Briem K. Kinematics observed during ACL injury are associated with large early peak knee abduction moments during a change of direction task in healthy adolescents. *J Orthop Res*. octubre de 2021;39(10):2281-90.
19. Teng PSP, Leong KF, Kong PW. Influence of Foot-Landing Positions at Initial Contact on Knee Flexion Angles for Single-Leg Drop Landings. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 2 de abril de 2020;91(2):316-25.
20. Boden BP, Sheehan FT. Mechanism of Non-Contact ACL Injury. *J Orthop Res*. marzo de 2022;40(3):531-40.
21. Mohammadi HK, Mehravar M, Kalantari KK, Naimi SS, Baghban AA, Okhovatian F, et al. A comparison of foot kinetic parameters between pronated and normal foot structures during forward jump landing. *J Bodyw Mov Ther*. julio de 2018;22(3):661-5.
22. de César PC, Alves JA de O, Gomes JLE. Height of the foot longitudinal arch and anterior cruciate ligament injuries. *Acta Ortop Bras*. 2014;22(6):312-4.
23. Alahmri F, Alsaadi S, Ahsan M, Alqhtani S. Determining the knee joint laxity between the pronated foot and normal arched foot in adult participants. *Acta Biomed*. 2022;93(3):e2022092.
24. Mazza D, Viglietta E, Monaco E, Iorio R, Marzilli F, Princi G, et al. Impact of Anterior Cruciate Ligament Injury on European Professional Soccer Players. *Orthop J Sports Med*. 22 de febrero de 2022;10(2):23259671221076864.

25. Wilczyński B, Zorena K, Ślęzak D. Dynamic Knee Valgus in Single-Leg Movement Tasks. Potentially Modifiable Factors and Exercise Training Options. A Literature Review. *Int J Environ Res Public Health*. noviembre de 2020;17(21):8208.
26. Kagaya Y, Fujii Y, Nishizono H. Association between hip abductor function, rear-foot dynamic alignment, and dynamic knee valgus during single-leg squats and drop landings. *Journal of Sport and Health Science*. 1 de junio de 2015;4(2):182-7.
27. Silvers-Granelli HJ, Bizzini M, Arundale A, Mandelbaum BR, Snyder-Mackler L. Does the FIFA 11+ Injury Prevention Program Reduce the Incidence of ACL Injury in Male Soccer Players? *Clin Orthop Relat Res*. octubre de 2017;475(10):2447-55.
28. Bizzini M, Dvorak J. FIFA 11+: an effective programme to prevent football injuries in various player groups worldwide—a narrative review. *Br J Sports Med*. mayo de 2015;49(9):577-9.
29. Akbari H, Sahebozamani M, Daneshjoo A, Amiri-Khorasani M, Shimokochi Y. Effect of the FIFA 11+ on Landing Patterns and Baseline Movement Errors in Elite Male Youth Soccer Players. *J Sport Rehabil*. 1 de agosto de 2020;29(6):730-7.
30. Wang X, Kattan MW. Cohort Studies. *Chest*. julio de 2020;158(1):S72-8.
31. Brody DM. Techniques in the evaluation and treatment of the injured runner. *Orthop Clin North Am*. julio de 1982;13(3):541-58.
32. Mueller MJ, Host JV, Norton BJ. Navicular drop as a composite measure of excessive pronation. *J Am Podiatr Med Assoc*. abril de 1993;83(4):198-202.
33. Aenumulapalli A, Kulkarni MM, Gandotra AR. Prevalence of Flexible Flat Foot in Adults: A Cross-sectional Study. *J Clin Diagn Res*. junio de 2017;11(6):AC17-20.
34. Keenan AM, Redmond AC, Horton M, Conaghan PG, Tennant A. The Foot Posture Index: Rasch Analysis of a Novel, Foot-Specific Outcome Measure. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 1 de enero de 2007;88(1):88-93.
35. Redmond AC, Crane YZ, Menz HB. Normative values for the Foot Posture Index. *J Foot Ankle Res*. 31 de julio de 2008;1:6.
36. Pabón-Carrasco M, Castro-Méndez A, Vilar-Palomo S, Jiménez-Cebrián AM, García-Paya I, Palomo-Toucedo IC. Randomized Clinical Trial: The Effect of Exercise of the Intrinsic Muscle on Foot Pronation. *Int J Environ Res Public Health*. julio de 2020;17(13):4882.
37. Gijon-Nogueron G, Sanchez-Rodriguez R, Lopezosa-Reca E, Cervera-Marin JA, Martinez-Quintana R, Martinez-Nova A. Normal values of the Foot Posture Index in a young adult Spanish population: a cross-sectional study. *J Am Podiatr Med Assoc*. 2015;105(1):42-6.
38. Molund M, Husebye EE, Hellesnes J, Nilsen F, Hvaal K. Proximal Medial Gastrocnemius Recession and Stretching Versus Stretching as Treatment of Chronic Plantar Heel Pain. *Foot Ankle Int*. 1 de diciembre de 2018;39(12):1423-31.

39. Fascione JM, Crews RT, Wrobel JS. Dynamic footprint measurement collection technique and intrarater reliability: ink mat, paper pedography, and electronic pedography. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2012;102(2):130-8.
40. Cobos-Moreno P, Astasio-Picado Á, Martínez- Nova A, Sánchez- Rodríguez R, Escamilla-Martínez E, Gómez-Martín B. The Podoprint® plantar pressure platform: Evaluation of reliability and repeatability, and determination of the normality parameters. *Journal of Tissue Viability.* 1 de noviembre de 2022;31(4):619-24.
41. Pereiro-Buceta H, Calvo-Lobo C, Becerro-de-Bengoa-Vallejo R, Losa-Iglesias ME, Romero-Morales C, López-López D, et al. Intra and intersession repeatability and reliability of dynamic parameters in pressure platform assessments on subjects with simulated leg length discrepancy. A cross-sectional research. *Sao Paulo Med J.* 25 de junio de 2021;139(5):424-34.
42. Bennell KL, Talbot RC, Wajswelner H, Techovanich W, Kelly DH, Hall AJ. Intra-rater and inter-rater reliability of a weight-bearing lunge measure of ankle dorsiflexion. *Aust J Physiother.* 1998;44(3):175-80.
43. Konor MM, Morton S, Eckerson JM, Grindstaff TL. RELIABILITY OF THREE MEASURES OF ANKLE DORSIFLEXION RANGE OF MOTION. *Int J Sports Phys Ther.* junio de 2012;7(3):279-87.
44. Xixirry MG, Riberto M, Manoel LS. ANALYSIS OF Y BALANCE TEST AND DORSIFLEXION LUNGE TEST IN PROFESSIONAL AND AMATEUR SOCCER PLAYERS. *Rev Bras Med Esporte.* 11 de noviembre de 2019;25:490-3.
45. Ekstrand J, Krutsch W, Spreco A, Zoest W van, Roberts C, Meyer T, et al. Time before return to play for the most common injuries in professional football: a 16-year follow-up of the UEFA Elite Club Injury Study. *Br J Sports Med.* 1 de abril de 2020;54(7):421-6.
46. aus der Fünten K, Tröß T, Hadji A, Beaudouin F, Steendahl IB, Meyer T. Epidemiology of Football Injuries of the German Bundesliga: A Media-Based, Prospective Analysis over 7 Consecutive Seasons. *Sports Medicine - Open.* 3 de marzo de 2023;9(1):20.

12. ANEXOS

ANEXO I. ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA

BÚSQUEDA ("Knee injuries"[Mesh] OR "Knee Injuries/prevention and control"[Mesh] OR "Knee Injuries/rehabilitation"[Mesh] OR "Knee Injuries/etiology"[Mesh]) AND ("Sports"[Mesh] OR "Athletic Injuries"[Mesh] OR "Athletic Injuries/prevention and control"[Mesh] OR "Athletic Injuries/rehabilitation"[Mesh]) AND ("Foot"[Mesh] OR "Foot Deformities"[Mesh] OR "Foot Deformities/prevention and control"[Mesh] OR "Foot Deformities/rehabilitation"[Mesh] OR "Foot Deformities/etiology"[Mesh])

Resultados: 52 artículos

FILTROS Artículos publicados del 2018 en adelante.
Tras esto se descartan 44 artículos.
Resultado final: 8 artículos.

Se seleccionan aquellos que hablan sobre la relación entre la lesión de LCA y las alineaciones estáticas y dinámicas del pie, tras lo que se realiza una búsqueda inversa de los artículos citados y referenciados.

ANEXO II. FORMULARIO DE ENTRADA AL ESTUDIO

Solicitud entrada estudio clínico

Deberá cubrir todos los campos de este formulario, recuerde que no puede haber tenido una lesión previa de ligamento cruzado anterior. En observaciones deberá poner todas aquellas lesiones previas que ha sufrido y, en el caso de que sufra alguna afectación traumatólogica o reumatológica actualmente, hacerlo saber.

* Indica que la pregunta es obligatoria

Nombre *

Apellidos *

Fecha de nacimiento *

DD MM AAAA

Altura (cm) *

Peso (kg) *

Club al que pertenece *

Teléfono de contacto *

Correo electrónico *

Uso de plantillas *

Si

No

Observaciones

Enviar [Borrar formulario](#)

ANEXO III. HOJA INFORMATIVA PARA EL PARTICIPANTE

TÍTULO DEL ESTUDIO: Influencia de la alineación estática y dinámica del pie en las lesiones de ligamento cruzado anterior en futbolistas.

INVESTIGADORES: Adrián Eiró Fernández

CENTRO: Universidade da Coruña (Facultade de Fisioterapia).

Este documento tiene por objeto facilitarle información sobre un **estudio de investigación** en el que se le invita a participar. Este estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Investigación de Galicia.

Si decide participar en el mismo, debe recibir información personalizada del investigador, **leer antes este documento** y hacer todas las preguntas que precise para comprender los detalles sobre el mismo. Si así lo desea puede llevar el documento, consultarlo con otras personas y tomarse el tiempo necesario para decidir si participar o no.

La participación en este estudio es completamente **voluntaria**. Ud. puede decidir no participar o, si acepta hacerlo, cambiar de parecer retirando el consentimiento en cualquier momento sin tener que dar explicaciones. Le aseguramos que esta decisión no afectará a su relación con los profesionales sanitarios que le atienden ni a la asistencia sanitaria a la que Ud. tiene derecho.

¿Cuál es la finalidad del estudio?

El presente estudio busca identificar si el aumento de los momentos pronadores durante la alineación estática y dinámica del pie es un factor de riesgo en la aparición de lesiones de ligamento cruzado anterior (LCA) en futbolistas. Para ello se realizarán dos grupos de estudio, uno formado por aquellos participantes que presenten aumento de los momentos pronadores (G-Est), y otro formado por aquellos en los que no se objetive un aumento de los momentos pronadores (G-Con).

¿En qué consiste mi participación?

Su participación se basa en la realización de una serie de pruebas clínicas no invasivas para la medición de las variables de estudio. El primer año se realizarán durante las primeras

semanas de entrenamientos de pretemporada, durante las siguientes 4 temporadas tendrá que asistir durante la primera semana de entrenamiento a la Facultad de Fisioterapia de la UDC para la realización de las mismas pruebas que el primer año.

Durante la realización del estudio Ud. Será asignado a uno de los dos grupos dependiendo del criterio del investigador tras el análisis de las pruebas clínicas realizadas.

Su participación tendrá una duración total estimada de 15 minutos anuales, durante la primera semana de pretemporada.

El investigador puede decidir finalizar el estudio antes de lo previsto o interrumpir su participación. En todo caso se le informará de los motivos de su retirada.

¿Qué molestias o inconvenientes tiene?

Deberá estar en contacto con el investigador y transmitirle todas aquellas lesiones neuromusculares que aparezcan durante el estudio. Deberá desplazarse hasta la Facultad de Fisioterapia de la UDC para la realización de las mediciones de las temporadas 2024/2025, 25/26, 26/27 y 27/28.

¿Obtendré algún beneficio por participar?

No se espera que Ud. obtenga beneficio directo por participar en el estudio. La investigación pretende descubrir si el aumento de los momentos pronadores es un factor de riesgo en las lesiones de LCA. Esta información podrá ser de utilidad en un futuro para otras personas.

¿Recibiré la información que se obtenga del estudio?

Si Ud. lo desea, se le facilitará un resumen de los resultados del estudio. También podrá recibir los resultados de las pruebas que se realicen si así lo solicita dirigiéndose al investigador.

¿Se publicarán los resultados de este estudio?

Los resultados de este estudio serán remitidos a publicaciones científicas para su difusión, pero no se transmitirá ningún dato que pueda llevar a la identificación de los participantes.

Información referente a datos/muestras:

La obtención, tratamiento, conservación, comunicación y cesión de sus datos se hará conforme a lo dispuesto en el Reglamento General de Protección de Datos (Reglamento UE 2016-679 del Parlamento europeo y del Consejo, de 27 de abril de 2016) y la normativa española sobre protección de datos de carácter personal vigente.

La institución en la que se desarrolla esta investigación es la responsable del tratamiento de sus datos pudiendo contactar con el Delegado/a de Protección de Datos a través de los siguientes medios: correo electrónico: pronacionlca.datos@udc.es / Tfno.: **987 34 20 81**

Los datos/muestras necesarias para llevar a cabo este estudio serán recogidos y conservados de modo:

- **Seudonimizados** (Codificados), la seudonimización es el tratamiento de datos personales de manera tal que no pueden atribuirse a un/a interesado/a sin que se use información adicional. En este estudio solamente el equipo investigador conocerá el código que permita saber su identidad.

La normativa que regula el tratamiento de datos de personas le otorga el derecho a acceder a sus datos, oponerse, corregirlos, cancelarlos, limitar su tratamiento, restringir o solicitar la supresión de los mismos. También puede solicitar una copia de éstos o que ésta sea remitida a un tercero (derecho de portabilidad).

Para ejercer estos derechos puede Ud. dirigirse al Delegado/a de Protección de Datos del centro a través de los medios de contacto antes indicados o al investigador/a principal de este estudio en el correo electrónico: adrian.eiro@udc.es y/o tfno **988 37 56 40**

Así mismo, Ud. tiene derecho a interponer una reclamación ante la Agencia Española de Protección de Datos, cuando considere que alguno de sus derechos no haya sido respetado.

Únicamente el equipo investigador y las autoridades sanitarias, que tienen el deber de guardar la confidencialidad, tendrán acceso a todos los datos recogidos en el estudio. Se podrá transmitir a terceros información que no pueda ser identificada. En el caso de que alguna información se transmita a otros países, se realizará con un nivel de protección de datos equivalente, como mínimo, al establecido por la normativa española y europea.

Al terminar este estudio, y conforme a la normativa, sus muestras biológicas y sus datos serán destruidos.

¿Existen intereses económicos en este estudio?

Esta investigación es promovida por la Universidad de A Coruña (UDC) con fondos aportados por la *Universidade da Coruña (UDC)*.

¿Cómo contactar con el equipo investigador de este estudio?

Influencia de la alineación estática y dinámica del pie en las lesiones de ligamento cruzado anterior en futbolistas: un estudio piloto.

Ud. puede contactar con **ADRIÁN EIRÓ FERNÁNDEZ** en el teléfono **988 37 56 40** y/o correo electrónico **adrian.eiro@udc.es**

Muchas gracias por su colaboración.

ANEXO IV. CONSENTIMIENTO INFORMADO PARTICIPANTES

DOCUMENTO DE CONSENTIMIENTO PARA LA PARTICIPACIÓN EN UN ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN

TÍTULO: Influencia de la alineación estática y dinámica del pie en las lesiones de ligamento cruzado anterior en futbolistas.

Yo, _____

- *Leí la hoja de información al participante del estudio arriba mencionado que se me entregó, pude conversar con: _____ y hacer todas las preguntas sobre el estudio necesarias.*
- *Comprendo que mi participación es voluntaria, y que puedo retirarme del estudio cuando quiera, sin tener que dar explicaciones y sin que esto repercuta en mis cuidados médicos.*
- *Accedo a que se utilicen mis datos y muestras en las condiciones detalladas en la hoja de información al participante.*
- *Presto libremente mi conformidad para participar en este estudio.*

Una vez terminado el estudio, LOS DATOS/MUESTRAS recogidas acepto que sean:

- Eliminados.
- Anonimizados para usos futuros en otras investigaciones.
- Conservados seudonimizados en la colección indicada previamente.

Fdo.: El/la participante,

Fdo.: El/la investigador/a que solicita el consentimiento

Nombre y apellidos: _____

Nombre y apellidos: _____

Fecha:

Fecha:

ANEXO V. FOOT POSTURE INDEX-6

	-2	-1	0	+1	+2
Palpación de la cabeza del astrágalo	Cabeza palpable en el lado lateral/pero no en el lado medial	Cabeza palpable en el lado lateral/ligeramente palpable en el lado medial	Cabeza igualmente palpable en ambos lados	Cabeza ligeramente palpable en lado lateral/palpable en lado medial	Cabeza no palpable en lado lateral/palpable en lado medial
Curvatura del maléolo lateral supra e infra	Curva debajo del maléolo ya sea recta o convexa	Curva debajo del maléolo cóncava, pero más plana/más que la curva por encima del maléolo	Las curvas infra y supra maleolar son aproximadamente iguales	Curva por debajo del maléolo más cóncava que la curva por encima del maléolo	Curva por debajo del maléolo marcadamente más cóncava que la curva por encima del maléolo
Posición del calcáneo en el plano frontal	Más de un estimado de 5° invertido (varo)	Entre vertical y un estimado de 5° invertido (varo)	Vertical	Entre vertical y un estimado de 5° evertido (valgus)	Más de un estimado de 5° evertido (valgus)
Prominencia de la región talonavicular	Área de la articulación talonavicular marcadamente cóncava	Área de la articulación talonavicular ligeramente, pero definitivamente cóncava	Área plana de la articulación talonavicular	Área de la articulación talonavicular ligeramente convexa	Área de la articulación talonavicular convexa notablemente
Congruencia del arco longitudinal interno (ALI)	Arco alto y en ángulo agudo hacia el extremo posterior del arco medial	Arco moderadamente alto y ligeramente agudo posteriormente	Altura del arco normal y curvado concéntricamente	Arco descendido con algo de aplanamiento en posición central	Arco muy bajo con aplanamiento severo en la parte central - arco en contacto con el suelo
Abducción/Aducción del antepié respecto al retropié	No se ven los dedos laterales. Dedos mediales claramente visibles	Dedos mediales claramente más visibles que los laterales	Dedos mediales y laterales igualmente visibles	Dedos laterales claramente más visibles que mediales	No se ven los dedos medios. Dedos laterales claramente visibles