



Centre universitari adscrit a la



**Universitat
Pompeu Fabra**
Barcelona

TRABAJO FINAL DEL MÁSTER EN ENTRENAMIENTO PERSONAL Y READAPTACIÓN FÍSICO-
DEPORTIVA

Alumno: Alejandro Mayofret Castillo

Directores: Dr.Lluís Albesa Albiol

Sra. Sara González Millán

Guión

Resumen:	3
Introducción:	5
<i>Epidemiología muscular:</i>	6
<i>Mecanismo lesional y factores de riesgo:</i>	7
Hipótesis y objetivos:	10
<i>Hipótesis:</i>	10
<i>Objetivos:</i>	10
Material y métodos:	11
<i>Diseño del estudio:</i>	11
<i>Muestra, parte I (tests funcionales):</i>	16
<i>Intervención, parte I (tests funcionales):</i>	19
<i>Variables a tener en cuenta e instrumentos, parte I (tests funcionales):</i>	24
<i>Análisis estadístico y resultados, parte I (tests funcionales):</i>	27
<i>Muestra, parte II (Ecografías):</i>	30
<i>Intervención, parte II (Ecografías):</i>	31
<i>Variables a tener en cuenta e instrumentos, parte II (Ecografías):</i>	32
<i>Análisis estadístico y resultados, parte II (Ecografías):</i>	33
Discusión:	35
<i>Interpretación de los resultados y relación con la literatura científica:</i>	35
<i>Limitaciones del estudio:</i>	37

Conclusiones:	39
<i>Tests funcionales:</i>	39
<i>Ecografías:</i>	40
<i>¿Responden los resultados a los objetivos de la investigación?</i>	41
<i>Recomendaciones para investigaciones futuras:</i>	41
Aplicabilidad práctica:	42
Agradecimientos:	42
Anexos:	44
<i>Anexo 1: Información para los participantes:</i>	44
<i>Anexo 2: Consentimiento informado del participante:</i>	46
<i>Anexo 3: Cuestionarios para grupos de lesionados y no lesionados:</i>	48
<i>Anexo 4, Imágenes de los instrumentos utilizados y proceso de la toma datos:</i>	49
<i>Anexo 5, Tablas de los resultados de la toma de datos y análisis estadístico:</i>	50
<i>Anexo 6, gráficos “boxplot” para algunos tests:</i>	52
<i>Anexo 7, distribuciones normales de determinados ejercicios:</i>	53
<i>Anexo 8, imágenes ecográficas y capturas del análisis desde el software ImageJ:</i> ...	55
Bibliografía:	57

CAPACIDAD PREDICTORA DE LESIONES DE UNA BATERÍA DE TESTS FUNCIONALES EN LOS GRUPOS MUSCULARES CON MAYOR ÍNDICE LESIONAL DEL FÚTBOL

Resumen:

Objetivos: Comparar asimetrías de fuerza en la musculatura del tren inferior de mayor índice lesional del fútbol y relacionar posteriormente la existencia o posibilidad de lesión en los mismos en base a los déficits de rendimiento (comparándolos con el grupo muscular contralateral).

Métodos: Se realizaron a 24 jugadores de fútbol amateur, seis tests funcionales que permitían diferenciar el rendimiento entre la misma musculatura de diferentes extremidades. A ciertos jugadores con diferencias significativas en los grupos musculares en los que reportaron dolor en un cuestionario previo, se les realizaron pruebas ecográficas para verificar la existencia de una lesión.

Resultados: De los 12 jugadores que habían reportado dolor y no tenían lesión previa esa temporada en el tren inferior, 8 tienen diferencias significativas en el grupo muscular con dolor reportado. 3 de esos 8 jugadores se sometieron a pruebas de imagen en las que hubo asimetrías de interés entre tejido muscular y/o tendinoso/óseo.

Conclusión: Una de las posibles explicaciones para aquellos jugadores en los que coinciden diferencias significativas de rendimiento y dolor para un grupo muscular del tren inferior puede ser la existencia de una lesión o cicatriz de una lesión con excesivo tejido conectivo/óseo.

Palabras clave: valoración, lesiones, tests, asimetrías de rendimiento, fuerza del tren inferior, ecografías.

Summary:

Objectives: To compare the most injured lower body musculature strength asymmetries and relate them afterwards to the existence or probability of injury based on those performance deficits (compared to the contralateral non-injured musculature)

Methods: 24 amateur football performed 6 functional tests that allowed inter-limb performance to be measured. Some of the players with significant performance changes in the muscle groups that were reported to be painful in a previous questionnaire, were selected to perform ultrasound imaging on them.

Results: 8 of the 12 players that reported pain and did not have a previous injury had significant performance deficits in the painful muscle group. From these 12 players, on 3 of them imaging tests were performed and interesting asymmetries between muscle and/or tendinous/osseous tissue were found.

Conclusions: One of the likely explanations for those players who had both significant performance differences and pain in a lower body muscle can be the existence of an injury of a scar created after one but with excessive connective/osseous tissue.

Key words: assessing, injuries, tests, performance asymmetries, lower body strength, ultrasound imaging.

Introducción:

El fútbol es el deporte más practicado del mundo por menores de 18 años¹, llegando a acumular hasta más de 200.000 profesionales y más de 265 millones jugadores amateurs. Más concretamente, en España, dicho número asciende hasta 675.000 hasta 2011, llegando a representar un 2% de la población del país². Al haber un número tan elevado de practicantes, la cantidad de clubes que participan en competiciones es muy frecuente, aunque normalmente no suelen caracterizarse por un alto nivel económico. Esto hace que el área de preparación física y las subcategorías que podría incluir (prevención y readaptación de lesiones entre otras) no suelen ser un foco de atención de los mismos, con lo que al no tener en cuenta una correcta dosificación de cargas, las lesiones son muy comunes³.

Este tipo de escenarios de escaso control de la recuperación y del rendimiento sumados a la alta densidad competitiva de las plantillas, las predispone a un tipo de lesión bastante frecuente como es la del sobreuso. Se considera como sobreuso al mecanismo gradual en el que hay microtraumas repetitivos que acaban generando una patología por una recuperación inadecuada⁴. A pesar de que son predecibles mediante el control de carga interna y externa⁵, muchos jugadores continúan entrenando y compitiendo⁶ y debido a la naturaleza progresiva de las mismas, suelen agravarse sin que el paciente sea consciente de ello⁷. Con lo cual, como la exposición a competiciones seguirá siendo alta y habrá un gran porcentaje de participantes con escasos recursos económicos, es imperativo tener medios de detección de las mismas por un reducido o incluso nulo precio.

Un factor interesante de estas lesiones es que causan una pérdida de rendimiento, tal y como se pudo observar en el cuádriceps⁸, isquiotibiales⁹ y aductores⁶ entre otros. Esto nos hace pensar que uno de los métodos que pueden no solamente prevenir, si no detectar estas lesiones por sobreuso o de cualquier otra índole son tests de fuerza, especialmente cuando se quieren medir asimetrías entre extremidades. Esta posibilidad sumado al poco trabajo preventivo de los clubes ya sea por desconocimiento o por falta de recursos económicos, crea una oportunidad inmejorable para desarrollar un protocolo de detección de las lesiones.

Epidemiología muscular:

Al ser el fútbol un deporte extensamente practicado, también tiene bien acotadas bibliográficamente las lesiones musculares más comunes. De forma general, hay bastante variedad en las cifras aportadas por la literatura científica en cuanto al número de lesiones por cada 1000 horas. Mientras que algunos registraron¹⁰ hasta 40,5 lesiones/1000 horas, otros trabajos^{11 12} reportaron apenas 6,2 y 7,6 lesiones/1000 horas, respectivamente. Aunque es cierto que estas diferencias pueden deberse al registro de lesiones exclusivamente en competición¹⁰ o durante la exposición general al deporte, ya sea en entrenamiento o partido^{11 12}, sigue existiendo disparidad en la incidencia lesional. Con lo que, para entender más la tipología de estas lesiones, se han seleccionado un compendio de estudios que tendrán como objetivo principal el separar la localización y gravedad de las mismas:

	GRAVEDAD	LOCALIZACIÓN DE LA LESIÓN			
		CUÁDR./REC.FEM.	ISQUIOSURALES	ADUCTORES	TRÍCEPS SURAL
Clausen et al. (2014)	1,1/1000 h graves	0,8 lesiones/1000 h	0,6 lesiones/1000 h	0,8 lesiones/1000 h	1,1 lesiones/1000 h
Ekstrand et al. (2013)	10,77 días media	0,4 lesiones/1000 h	1 lesión/1000 h	0,7 lesiones/1000 h	0,3 lesiones/1000 h
Ekstrand et al. (2011)	12,25% graves	0,41 lesiones/1000 h	0,92 lesiones/1000 h	0,57 lesiones/1000 h	0,31 lesiones/1000 h
Ergun (2013)	+20% graves/mode.	4/27	6/27	11/27	1/27
Raya-González et al. (2020)	0,54/1000 h graves	0,25 lesiones/1000 h	0,53 lesiones/1000 h	0,41 lesiones/1000 h	0,13 lesiones/1000 h

Tabla 1. Localización de las lesiones musculares más comunes en el fútbol. Fuente: elaboración propia

De forma general, puede apreciarse como las lesiones de isquiotibiales son las más comunes dentro de la epidemiología del deporte, seguidas muy de cerca por aductores, aunque en otros trabajos^{13 14} esta tendencia se ve invertida. En un escalafón inferior de frecuencia encontraríamos las localizadas en cuádriceps o recto femoral y tríceps sural. En cuanto a la gravedad, aunque la mayoría son recuperables en un breve período de tiempo, alrededor de una lesión por cada 1000 horas suele mantener al jugador más de 28 días sin practicar el deporte.

Mecanismo lesional y factores de riesgo:

La mayor parte de las lesiones en isquiotibiales se dan en la fase final del swing en la carrera¹⁵, en la que este grupo muscular está activo excéntricamente para desacelerar el miembro inferior justo en el momento en el que se solicitan altos grados de extensión de rodilla con la cadera flexionada^{16,17}. Otros mecanismos por destacar son la acumulación de fatiga en los minutos finales del partido (la cual puede afectar negativamente a la biomecánica de la carrera) y un aumento de la velocidad segmental del tren inferior provocado por el retroceso elástico del recto femoral¹⁷. Además, el bíceps femoral es el músculo más afectado de la zona posterior del muslo, llegando a ser hasta en un 79% de ocasiones el lesionado¹⁶. El principal motivo es que cuando la velocidad pasa a ser máxima, la actividad de este músculo sube hasta un 67%, comparada con la mostrada por semitendinoso y semimembranoso (37%)¹⁵.

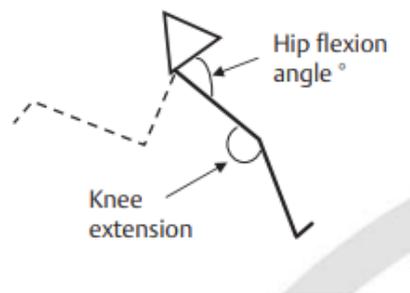


Ilustración 1. Representación esquemática del mecanismo lesional de isquiotibiales¹⁷. Altos grados de extensión de rodilla con flexión simultánea de cadera

En cuanto a los aductores, esta musculatura parece tener un mayor potencial de riesgo cuando está siendo máximamente estirada (rotación externa espontánea cuando la pierna está muy abducida y el pie fijo en el suelo)¹⁸, aunque también podría considerarse como mecanismo lesional por sobreuso el pase, ya que es un movimiento bastante repetitivo del deporte¹⁹. Otro posible momento de lesión, aunque del aductor largo, sucedería en la fase de transición entre extensión y flexión de cadera en el golpeo¹⁸.

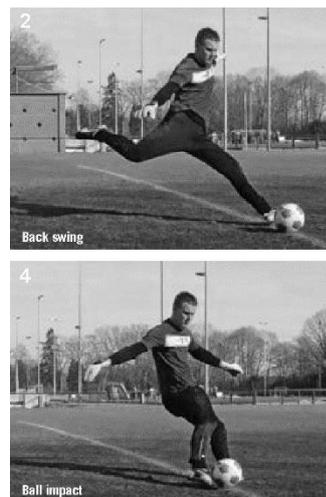


Ilustración 2 ⁵⁰. Mecanismo lesional aductor. Transición de extensión a flexión y rotación externa con abducción y el pie fijo en el suelo

Del cuádriceps, el segmento más estudiado es el recto anterior, al que se le han asociado diferentes mecanismos lesionales: En el sprint, tanto en la fase de aceleración (tras contactar la pierna contralateral en el suelo) como de desaceleración (cuando el tronco asume una posición erecta con respecto al tren inferior), y en el golpeo cuando hay máxima extensión de cadera y flexión de rodilla²⁰. El principal motivo es el de activar una unidad muscular máximamente estirada.



Ilustración 3 ⁵¹. Mecanismo lesional del recto femoral. Flexión de rodilla con extensión de cadera

Para las lesiones de sóleo y tríceps sural²¹, se encontró que: Debido a las altas cargas dinámicas a las que están sujetas los jugadores (por la acumulación de partidos y competiciones) y a que la musculatura y tendón del tríceps sural genera y absorbe muchas fuerzas en la carrera, este complejo miotendinoso se expone a cargas tensiles y rápidas de forma repetitiva. Dicho entorno puede hacer que se sobrepase la capacidad de recuperación del tejido y se produzca una lesión, siendo mayor este índice en el sóleo que en el gastrocnemio debido a su área de sección transversal. Debido a la composición de fibras de uno y otro grupo muscular, el gastrocnemio suele lesionarse más en acciones de alta intensidad, mientras que el sóleo es en carrera continua de

menos demanda, aunque de forma general, las lesiones de tríceps sural se dan por una extensión rápida de la rodilla con una dorsiflexión forzada²².

A pesar de que dichos mecanismos sean los más frecuentes de lesión en el fútbol, hay diferentes factores que predisponen a las mismos, entre los que se encuentran: Estrés físico y recuperación³, lesiones previas, fatiga, desbalances musculares y estado físico²³, mayor edad, pierna dominante, biomecánica de la carrera y momento de la temporada o del partido²⁴. De hecho, en este último artículo se diferencian entre posibles factores que afectan más según la musculatura de la que se esté hablando. Para los aductores se identificó la pierna de golpeo y las lesiones previas, los cuales se mantuvieron para el cuádriceps pero añadiendo también como factores de riesgo adicionales lesiones en aductores y gemelos. En cuanto a los isquiotibiales y sóleo, la edad juega un papel fundamental, así como lesiones previas en estos dos grupos musculares.

Hipótesis y objetivos:

Hipótesis:

Las lesiones en isquiotibiales, aductores, cuádriceps y tríceps sural pueden predecirse en futbolistas, en base a la utilización simultánea de los resultados de una batería de tests funcionales que valoren asimetrías en el rendimiento y cuestionarios que registren el dolor en los grupos musculares.

Objetivos:

El objetivo principal es el de comparar el nivel de simetría entre ambas extremidades mediante los valores obtenidos en los tests funcionales (repeticiones, tiempo y nivel de dolor).

El objetivo secundario sería el de corroborar mediante ecografías que los jugadores con molestias pero sin lesión confirmada a nivel médico y con diferencias significativas en el test específico de esa musculatura tienen una lesión.

Un objetivo subyacente de este trabajo (en caso de ser confirmada la hipótesis) sería el de proporcionar a los clubes herramientas con un coste casi nulo y de calidad, que permitan valorar y seguir a los jugadores durante la temporada, reduciendo el número de lesionados y por ende mejorando el rendimiento del equipo.

Material y métodos:

Diseño del estudio:

La batería de tests buscarán analizar los grupos musculares con mayor incidencia lesional en el fútbol, entre los que se encuentran los isquiotibiales, aductores, recto femoral o cuádriceps y tríceps sural. Se ha seleccionado un test de fuerza para cada uno, y posteriormente dos tests globales que tendrán como objetivo el integrar dichos músculos desde un punto de vista funcional.

- Para valorar los isquiotibiales se ha escogido el “single leg bridge”. De forma general, las lesiones en este grupo muscular generan pérdidas de rendimiento²⁵ las cuales pueden encontrarse mediante el “test del single leg bridge”²⁶.

Para este test se les comentará a los jugadores que deberán tumbarse en el suelo con un talón apoyado en una caja que sería usada para todos (de 60 cm).

La pierna testada se posicionará aproximadamente en 20 grados de flexión de rodilla, y a los jugadores se les dirá de cruzar los brazos sobre el pecho y empujar con el talón para separarse del suelo. Se les recordó que el objetivo era hacer todas las repeticiones posibles hasta el fallo.

Es esencial que el test estandarice tocar el suelo con el cuerpo en cada repetición, sin descansar, y elevar la cadera hasta los 0 grados. La pierna que no es testeada se mantendrá estática en una posición vertical para asegurarse de que no ganan inercia.

Cuando la técnica se pierda, se les avisa una vez y el test finaliza cuando vuelven a cometer la misma infracción.

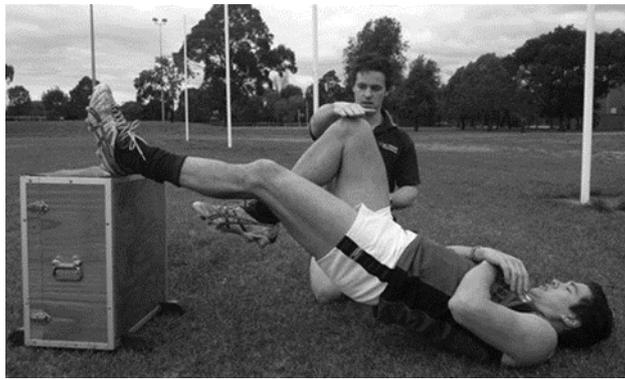


Ilustración 4. Single leg bridge test ²⁶

- “Copenhagen five-second squeeze” para aductores: La disminución de la fuerza isométrica de aductores está relacionada con lesiones en el grupo muscular²⁷, así como la asimetría entre ambos músculos²⁸. Con lo cual se ha utilizado el test de 5 segundos de contracción isométrica de aductores como predictor de lesiones por su validez²⁹.

En este test isométrico se asociaba una escala de dolor percibido del 1 al 10 con un semáforo. La luz roja indica que el jugador debería parar la actividad y buscar ayuda clínica con un profesional. La amarilla advierte que debe ser revisado por un profesional clínico antes de volver a participar en el deporte. La luz verde indica que se puede volver a jugar al deporte pero un profesional de la salud debería evaluar ese nivel de participación.

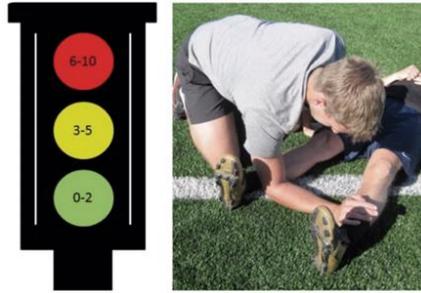


Ilustración 5. Copenhagen five-second squeeze ²⁹

- “Countermovement Jumps (CMJ)” unilateral para el cuádriceps: Las asimetrías en los extensores de rodilla de pueden evaluarse con el CMJ³⁰ y diferencias existentes de más del 10% podrían considerarse como estadísticamente significativas³¹.

Para realizar este test se colocaron las manos en la cadera y fueron instruidos en mantener esta posición constante durante la ejecución. Se pidió que saltaran tan alto como les fuera posible, comenzando con un contra movimiento de profundidad libre antes de acelerar lo más rápido posible verticalmente. La pierna del test se debe de extender completamente durante la fase aérea antes de aterrizar y la no evaluada debe estar ligeramente flexionada y sin ayudar al impulso³¹.

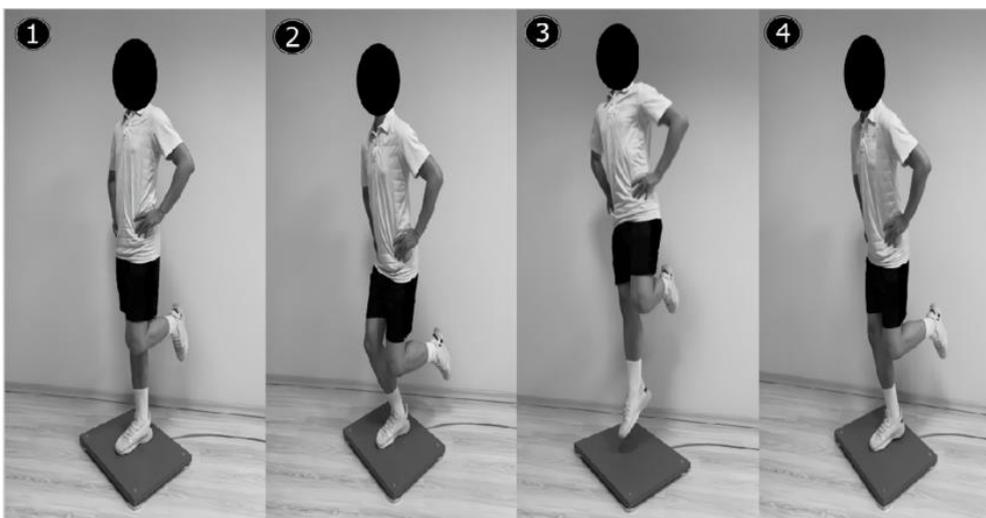


Ilustración 6. CMJ unilateral ⁵²

- Para el tríceps sural se ha seleccionado el “calf raise test”. Es un test válido para valorar el sóleo y gastrocnemio, así como la unidad miotendinosa del tríceps sural³², estando demostrado que 25 repeticiones es el rango para la población general³³ y más de un 10% de diferencias supondría una asimetría significativa³⁴.

La metodología seleccionada para este test ha sido un compendio de aquellas incluidas en uno de los estudios seleccionados³³, y podría resumirse en: 0 grados de dorsiflexión, rodilla en extensión, concéntrica hasta tan alto como sea posible, sin cadencia predeterminada, apoyo con dedos de la mano para equilibrarse y no ser capaz de completar una repetición como criterio para acabar el test.



Ilustración 7. Calf raise test ⁵³

- “90 degrees change of direction sprint (COD)” como primer test funcional/integrador: El COD se ha seleccionado porque los cuatro grupos musculares presentan una alta actividad electromiográfica³⁵ y a partir de un 10-15% de asimetría podrían identificarse diferencias significativas³⁶.

Para el “90 degrees COD” test ambos lados (hacia la derecha e izquierda) se midieron en un cambio de dirección de 17 metros totales.

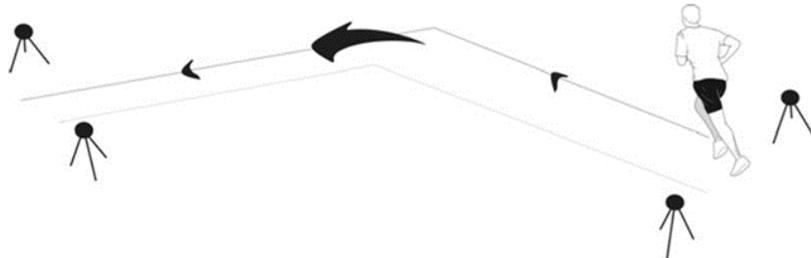


Ilustración 8. 90 degrees change of direction test ³⁹

- “17 m curve sprint (CS)” como segundo test funcional/integrador: Los cuatro grupos musculares están altamente activados en este tipo de actividad^{37,38} y su medición también nos permitirá establecer significancias en las diferencias obtenidas entre las extremidades³⁹.

Para la medición del “17 m CS” se usó como referencia ya validada la semiluna del área del campo de fútbol 11 reglamentario. También se establecieron dos direcciones, hacia el lado dominante y no dominante.

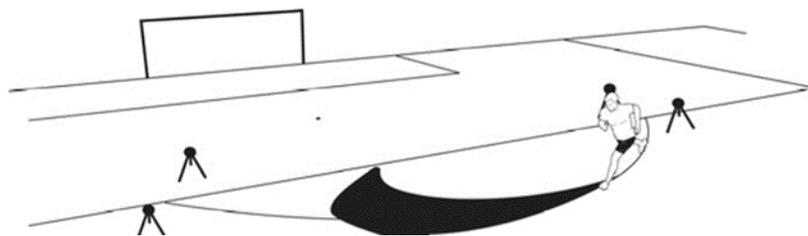


Ilustración 9. 17 m curve sprint test ³⁹

Muestra, parte I (tests funcionales):

Para el estudio se utilizará la muestra disponible en un club de tecnificación: futbolistas amateurs de una escuela de categorías juvenil y cadete (16-19 años) que hayan accedido a participar en el estudio. Se obtendrán dos grupos mediante una base de datos de lesionados.

El primer grupo corresponderá a jugadores lesionados. Los criterios de exclusión son:

- No haber sufrido lesiones en uno de los cuatro grupos musculares a evaluar esta temporada.
- Haberla sufrido pero no tener el alta deportiva.
- Tener una lesión tendinosa o ligamentosa en la campaña 2022-2023.

Con lo que se incluirán jugadores disponibles para competición que se hayan lesionado durante esta temporada de al menos un grupo muscular de los testeados.

El segundo grupo será el de jugadores no lesionados. De aquí habrá que excluir a:

- Los participantes de la anterior población.
- Los que hayan tenido lesiones tendinosas o ligamentosas esta temporada (el criterio de inclusión será no tener lesiones en uno de los cuatro grupos musculares desde el inicio de la temporada).

De todos estos jugadores sanos, se establecerán dos subgrupos: El de jugadores no lesionados sin dolor en los grupos musculares a evaluar (excluyendo a aquellos que tienen dolor en uno de los músculos) y el de jugadores no lesionados con dolor en uno de los grupos musculares a evaluar.

Para poder estudiar a la muestra y confeccionar los grupos, se utilizarán dos medios: En primer lugar, la base de datos de jugadores que tiene la escuela, mediante la cual se excluirán a los jugadores con lesiones/operaciones tendinosas/ligamentosas en la temporada 2022/2023. Tras esto, se seleccionarán jugadores que cumplan con los requisitos de inclusión de la población de lesionados, y se compartirán dos cuestionarios diferentes (sus enlaces estarán en el apartado de anexo 3), estando dirigido uno a esta población mencionada, y el segundo al posible grupo de no lesionados. Lo que nos permitirá este segundo cuestionario, es el separar dentro del grupo de no lesionados a los que no hayan remitido dolor en uno de los grupos musculares de los que sí, terminando de completar el estudio de la muestra.

El número total de jugadores del club representaba una cifra cercana en torno a 150-200 (6 categorías de unos 25 jugadores por equipo). Se descartaron 75 con el criterio de exclusión inicial de lesiones exclusivamente tendinosas o ligamentosas en alguna zona de las extremidades inferiores durante la presente temporada.

De los jugadores restantes del club, se estudiaron mediante la base de datos de lesiones existentes, qué muestra podría ser seleccionada para el grupo uno (lesionados) teniendo en cuenta los criterios de inclusión y exclusión establecidos. Del total de jugadores lesionados, 64 cumplían los requisitos para ser introducidos y siete fueron excluidos por no tener en el momento de los cuestionarios el alta médica.

Una vez seleccionados los 64 jugadores que podrían formar parte del grupo 1, estos serán descartados siguiendo los criterios de exclusión para el grupo 2 (no lesionados). Al haber un gran número de jugadores potenciales para este segundo grupo, se ha decidido elegir exclusivamente a los pertenecientes a las categorías C y D del Juvenil, ya

que tenían un horario constante de entrenamientos semana a semana sobre los cuales organizar la toma de datos.

Seleccionando solo estas dos categorías y excluyendo de aquí a los que ya pertenecieran al grupo de los lesionados, la posible muestra de jugadores del grupo número 2 se redujo a 56. De esta cifra se separó (según los cuestionarios) entre los que en el cuestionario previo habían reportado dolor en alguno de los cuatro grupos musculares y los que no. Esto dividió el grupo (inicialmente con una N=56) en 14 del subgrupo uno (sin dolor en cualquiera de los grupos musculares de estudio) y 41 jugadores del subgrupo dos (con dolor en al menos uno de los grupos musculares).



Ilustración 10. Organización de la muestra para los tests funcionales. Fuente: Elaboración propia

Por diversos motivos, nueve jugadores que estaban incluidos en el grupo uno o dos se han considerado como pérdida de muestra. Algunas de las razones son las siguientes: Haber dejado el club o no asistir más con regularidad a los entrenamientos, lesionarse durante el proceso o simplemente no querer participar.

Intervención, parte I (tests funcionales):

Antes de realizar la intervención se ha llevado a cabo una prueba piloto, la cual tendrá mucha utilidad de cara a la mejora de la organización y efectividad del protocolo.

Para la prueba piloto se escogieron dos participantes que cumplían con los criterios de inclusión del grupo de no lesionados, a los cuales se citó en el campo para explicarles el funcionamiento de la misma.

Primero se realizó un calentamiento que incluía los elementos que han sido asociados con éxito a la prevención de lesiones del FIFA 11+⁴⁰, entre los cuales pueden destacarse la fuerza, propiocepción, ejercicios aeróbicos de intensidad media y aceleraciones y desaceleraciones. El calentamiento tuvo una duración de 10 minutos en la que se realizaron 5 minutos de carrera continua a un ritmo bajo-medio mientras se combinaban ejercicios de movilidad activa del tren inferior como rotaciones, abducciones-aducciones y flexoextensión de cadera. En los cinco minutos restantes, se realizaron ejercicios de aterrizajes y equilibrios unilaterales, pliometrías (primero con principal impulsión desde el tobillo, a continuación integrando la rodilla y la cadera) y aceleraciones y desaceleraciones en diferentes direcciones (anteroposteriores, laterales y diagonales).

Para la toma de datos se eligieron dos zonas, siendo la primera una sala "indoor" en la que se realizaron los cuatro tests específicos de cada musculatura (isquiotibiales,

aductores, cuádriceps y tríceps sural) sin calzado y el propio campo de fútbol de césped artificial en la que se finalizaron con el COD y el CS (con el calzado específico del deporte). En esa primera fase, se les explicó la técnica de cada ejercicio, las consideraciones o aspectos claves de cada test y cómo se daba por finalizado una prueba. La duración total de esta parte fue de 38 minutos, alargándose esta por los descansos empleados (se utilizó como tiempo de descanso entre extremidades y ejercicios la ejecución del otro sujeto), y el orden que se siguió fue el siguiente: CMJ unilateral, “5 seconds adductor squeeze”, “calf raise test” y “single leg bridge” (todos comenzando con la pierna dominante).

La segunda parte tuvo una duración 11 minutos, en la que se les explicó el funcionamiento del sprint en curva de 17 metros y el cambio de dirección 505. Se realizó una vuelta a cada uno (aunque se permitió una familiarización previa a velocidad media con 2 minutos de descanso) con 120 segundos entre el sprint hacia el lado dominante y no dominante, tardando entre estos un total de 8 minutos.

Los datos obtenidos se han recogido en la siguiente tabla:

		JUGADOR 1 (diestro)	JUGADOR 2 (diestro)
COD 505 90 grados	DOM	2,73	2,63
	NO DOM	3,23	2,68
CS 17m	DOM	3,96	3,71
	NO DOM	3,97	3,6
CMJ unilateral	DOM	20,37	18,45
	NO DOM	22,75	12,65
5" add. squeeze	DOM	0/10	0/10
	NO DOM	4/10	0/10
Calf raise test	DOM	26	32
	NO DOM	25	32
Single leg bridge	DOM	30	36
	NO DOM	33	33

Tabla 2. Datos obtenidos en la prueba piloto. Fuente: elaboración propia

DOM: Lado dominante NO DOM: Lado no dominante

Una vez obtenidos los datos de la prueba piloto, fue necesario analizar la muestra disponible y tener en cuenta la metodología de los tests para llevar a cabo la toma de datos con lo que correspondería a la muestra final para la intervención.

La toma de datos se desarrolló durante tres semanas debido al tamaño de la muestra, al número de tests de la intervención y a diversos factores externos entre los que podrían destacarse la propia organización de entrenamientos del club o disponer de las fotocélulas por un breve período de tiempo. Para evitar sesgos de jugadores que hubieran hecho las pruebas con diferentes plazos de tiempo, se decidió que la semana intermedia de esas tres, se realizarían los tests de sprint con las fotocélulas a todos los jugadores (24 jugadores). Para realizar los tests restantes a cada jugador, se dividió la muestra total entre la primera semana (14 jugadores) y la tercera (10 jugadores), ambas con un espacio de una semana natural entre los sprints.

ABRIL						
lunes	martes	miércoles	jueves	viernes	sábado	domingo
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30

MAYO						
lunes	martes	miércoles	jueves	viernes	sábado	domingo
1	2	3	4	5	6	7

SEMANA DE TOMA DATOS
DÍA DE TOMA DE DATOS

Ilustración 11. Toma de datos según el calendario.

Al dividir la toma de datos en dos plazos (en los que se separaría entre los dos sprints y los cuatro tests restantes), se introdujeron diversos cambios en el proceso comparado con la prueba piloto.

Antes de comenzar la toma de datos, se le dijo a cada jugador de realizar los tests (tanto los de sprint como los tests para cada musculatura específica) con un calzado con el que se sintieran cómodos pero teniendo en cuenta que la superficie siempre sería césped artificial y que no podrían cambiarlo de una semana a otra.

Los jugadores seleccionados fueron citados antes sus entrenamientos físicos con la categoría, como se ha comentado previamente (evitando así la fatiga que podrían acumular si fuera posterior). Al haber sido informados por sus entrenadores del estudio, a la muestra voluntaria simplemente hubo que explicarle la metodología.

El tipo de calentamiento se mantuvo constante (tanto en semana 1-3 como 2) debido a la efectividad demostrada en la literatura científica: 10 minutos de carrera continua en los que durante los primeros cinco se intercalaban ejercicios de movilidad activa del tren inferior (flexo-extensiones, rotaciones y movimientos en plano transversal de cadera y flexo-extensiones de rodilla en cadera flexionada y extendida). Los cinco minutos restantes se dedicaron a aterrizajes y equilibrios unilaterales, pliometrías, aceleraciones-desaceleraciones y cambios de dirección.

Para la primera y tercera semana, se siguió un orden específico en la toma de datos (de los test específicos para cada músculo) que facilitara el poder testear al máximo número de participantes posible sin perder la calidad de medición. La secuencia fue la siguiente: “5 second adductor squeeze test”, CMJ unilateral, “calf raise test” y “single leg bridge test” (empezando los tres últimos por la pierna derecha). El primer test se

anotó en el momento ya que era un feedback instantáneo. En cambio, tanto el CMJ unilateral, como los tests de repeticiones se estudiaron posteriormente tanto en vídeo (los tests de isquiosurales y tríceps sural) como en la aplicación de MyJump 2 (CMJ unilateral).

Ya que para los dos últimos tests se evalúa el número de repeticiones en base a un recorrido fijo (al no completarlo una segunda vez se entenderían como finalizados), lo lógico habría sido que los jugadores los realizaran de forma individual mientras uno o varios observadores cuentan las repeticiones. Sin embargo, debido a la numerosa muestra que cada día iba a realizar los tests, se optó por grabar cada ejecución (de ambas piernas en todos los jugadores para los dos tests) y analizar a posteriori el número de repeticiones valorando la pérdida de recorrido. De esta forma, varios jugadores podían ser testeados de forma simultánea y no se introducía el sesgo de contabilizar una única vez el número de repeticiones en vivo.

El tiempo de descanso entre estas cuatro pruebas fue variable, dependiendo sobre todo del número de jugadores que realizaran los tests (cuando había cinco jugadores en vez de dos, el tiempo de descanso fue ligeramente superior) y entre qué pruebas se contabilizara. Por ejemplo, hubo mayor tiempo de descanso entre el test de tríceps sural y el de isquiosurales (ya que se hacía unilateral y se tardaba más tiempo en llegar al fallo técnico) que entre el de aductores y el CMJ unilateral (ya que en menos de 15 segundos se había cambiado de jugador). De forma general, se intentó controlar que el descanso no fuera inferior a un minuto ni superior a cinco, respetándose lo establecido como óptimo para mantener los niveles de fuerza.⁴¹

En cuanto a los tests de sprints, se siguió una metodología similar a la anterior. Una vez realizado el mismo calentamiento, se procedía a explicar el funcionamiento de los tests, primero del sprint en curva y después el cambio de dirección (una vez más se comenzó desde la derecha en ambos). Antes de testear a los participantes, se les permitió realizar una carrera de media intensidad como prueba, de cara a corregir aspectos técnicos para que la toma de datos no tuviera que repetirse.

El tiempo de descanso para los jugadores en los tests de sprint fueron de tres minutos en la misma prueba para las direcciones opuestas, y de unos 10 minutos entre pruebas. Esta diferencia de tiempo de descanso al pasar del CS17m con la izquierda al COD505 con la derecha, se debió a tener que cambiar la distribución de las fotocélulas, las cuales tenían que estar enchufadas a la corriente. Se ha adjuntado una foto del COD505 en el anexo 4 en la que puede observarse que la distancia estaba delimitada con unos conos para así poder garantizar la calidad de la medición.

El material utilizado fue: un cajón de 60 cm para el test de isquiosurales, las fotocélulas y un dispositivo móvil en el que pueda utilizarse la aplicación de MyJump 2 y una herramienta de ángulos integrada (para asegurarse de que se cumplen los 20 grados en el “single leg bridge test”). También, el dispositivo móvil se utilizó para grabar los tests de repeticiones de los participantes. Las imágenes de las herramientas utilizadas se adjuntarán en el anexo 4.

Variables a tener en cuenta e instrumentos, parte I (tests funcionales):

Durante el proceso de investigación de este estudio se han tenido en cuenta muchas variables obtenidas en diferentes momentos. De forma general, podrían separarse dos tipos, las pertenecientes a cuestionarios y a los tests. En el primer caso hay una gran

variedad de ellas, pero nos quedaremos con las que son claves para poder diferenciar entre grupos. Entre ellas encontramos:

- Variable 1: Localización de la lesión:

Se define la localización de la lesión como el grupo muscular exacto (de los cuatro a estudiar) donde los jugadores del grupo de lesionados tuvieron la lesión en esta temporada.

- Variable 2: Duración de la lesión:

Se define la duración de la lesión como el tiempo (medido en días) durante el cual se prolongó esa lesión que obligó al deportista a cesar la práctica del fútbol.

- Variable 3: Localización de la sensación de dolor:

Se define la localización de la sensación de dolor como el grupo muscular exacto (de los cuatro a estudiar) donde los jugadores del grupo de no lesionados pero con dolor tuvieron dicha sensación.

- Variable 4: Duración del dolor:

Se define la duración del dolor como el tiempo (medido en días) durante el cual se prolongó la sensación de dolor en el grupo muscular en concreto para el grupo mencionado en la variable 3

INSTRUMENTO	VALORACIÓN	Nº VARIABLE	VARIABLE	GRUPO AL QUE SE MIDE
Cuestionario		Variable nº 1	Localización lesión	Lesionados
		Variable nº 2	Duración de la lesión	
		Variable nº 3	Localización del dolor	No lesionados
		Variable nº 4	Duración del dolor	

Tabla 3. Variables de relevancia en el cuestionario previo. Fuente: Elaboración propia

Durante la ejecución de los tests existen otras variables de gran relevancia que nos permitirán establecer los porcentajes de asimetrías entre ambas piernas.

Corresponden a las siguientes:

- Variable 5: Repeticiones:

Se define las repeticiones como el número de veces que un sujeto es capaz de realizar una acción entre dos puntos inicial y final preestablecidos. Esta variable estará presente en el “single leg bridge test” y “calf raise test”.

- Variable 6: Escala numérica de dolor:

Se define la escala de dolor como una escala numérica desde el 0 hasta el 10 en el que el jugador debe identificar con un número comprendido entre estas cifras el nivel de dolor que siente al realizar una acción. Esta escala estará presente en el “5 second adductor squeeze test”.

- Variable 7: Tiempo de vuelo:

Se define el tiempo de vuelo como la cantidad de segundos que se tardan desde el último apoyo en el suelo en el despegue hasta el primer contacto del aterrizaje. Se medirá mediante la aplicación de MyJump, la cual está validada científicamente⁴², y estará presente en el CMJ unilateral. De forma indirecta y gracias al tiempo de vuelo se calculará la altura del salto en cm.

- Variable 8: “Completion time”:

Se define el “completion time” como el tiempo en segundos que un jugador tarda en completar una determinada distancia. Se medirá mediante fotocélulas y estará presente en el COD y CS.

INSTRUMENTO DE VALORACIÓN	Nº VARIABLE	VARIABLE	¿QUÉ MIDE?	GRUPO AL QUE SE MIDE	
Test funcionales	SLB, CR	Variable nº 5	Número repeticiones	Repeticiones al fallo	Todos los grupos
	5SASH	Variable nº 6	Escala numérica dolor	Dolor 1-10	
	CMJu	Variable nº 7	Tiempo de vuelo	Segundos	
	COD, CS	Variable nº 8	"Completion time"	Segundos	

Tabla 4.. Variables de referencia en los tests funcionales. Fuente: elaboración propia.

SLB: Single leg bridge CR: Calf raise 5SASH: 5 seconds adductor squeeze hold.

Análisis estadístico y resultados, parte I (tests funcionales):

Antes de comenzar con el estudio de significancias de los tests, es interesante ver el nivel físico de la muestra mediante gráficos “boxplot” (ilustración 16-17 del anexo 6), los cuales nos podrán ayudar a distinguir, entre otros elementos, los valores centrales, la dispersión de los mismos e incluso “outliers”. De forma general, los datos se concentran en torno a unos valores centrales entre los que pueden encontrarse la mayor parte de sujetos. Sin embargo, dependiendo del tipo de test, encontraremos más o menos dispersión (o incluso outliers), como es el caso del “single leg bridge”. Quizás una de las explicaciones para este hecho puede ser la heterogeneidad de la muestra (en cuanto a edad madurativa y diferencia de segmentos corporales) o el nivel físico que tengan previamente.

El análisis estadístico de los resultados de los tests se realizó mediante el software RStudio para garantizar la calidad y rigor necesarios requeridos.

Como el objetivo principal de este trabajo era el encontrar diferencias significativas entre las extremidades inferiores en diferentes tests, se ha empleado el T-test para muestras relacionadas para analizar estadísticamente la muestra. Esto se debe a varios motivos: En primer lugar, los resultados obtenidos en los seis tests siguen una distribución normal, tal y como puede apreciarse en las gráficas 18-21 del anexo 7

(CS17, COD505, "single leg bridge" y CMJ unilateral) lo que permite utilizar el T-test como forma de ver diferencias significativas.

Además, las muestras en sí están relacionadas, ya que se está comparando de un mismo sujeto la pierna con una posible lesión y la otra extremidad. De igual forma, es interesante utilizar el T-test cuando se comparan la misma muestra en situaciones diferentes (por ejemplo en un pre y post test o en este caso entre lesionada y no lesionada o con molestia y sin molestia)⁴³. También se ha decidido incluir en el análisis estadístico el porcentaje de diferencia que habría para un mismo test entre ambas extremidades (tabla 6, anexo 5)

Una vez reportado el P-value de los resultados en cada test, se ha establecido la significancia en valores inferiores al 0.1, a pesar de que lo comúnmente utilizado en la literatura científica es un P-value menor a 0.05. Esta discrepancia se debe a que tras este análisis estadístico, se realizarían pruebas ecográficas para corroborar la posibilidad de existencia lesional, con lo que si se descartaban aquellos jugadores que estuvieran por encima de 0,05 se corría el riesgo de reducir demasiado la muestra para este proceso, siendo más probable perder esos sujetos por cuestiones externas en el proceso ecográfico. Es cierto que de esta forma se permite un mayor error de tipo I (rechazar de forma incorrecta una hipótesis nula verdadera), pero el establecer ese P-value en 0,1 o menor como significativo también aportaría un valor estadístico lo suficientemente robusto.

Además del P-value, se ha decidido añadir en el estudio estadístico el porcentaje de diferencias entre extremidades por los siguientes motivos: Cuando la muestra es reducida (en este caso de 24), es más difícil que los valores de P alcancen la

significancia estadística establecida. Otra de las razones sería su simplicidad a la hora de realizar de forma sistemática o incluso en el propio campo. Por último, nos permite completar el análisis estadístico e incluso detectar cambios que quizás no son significativos desde el punto de vista del P-value, pero que tienen importancia clínica (por ejemplo una asimetría mayor al 10-15% podría ser interesante analizar médicamente, tal y como se ha mencionado con anterioridad³⁶).

Con respecto a la hipótesis inicial sería interesante destacar las siguientes conclusiones de los resultados obtenidos tras el estudio estadístico:

- De los ocho jugadores pertenecientes al grupo uno (lesionados), un total de tres jugadores han obtenido diferencias significativas (P-value menor a 0.1, más de un 10% de diferencias entre extremidades o ambas) en el grupo muscular de la extremidad donde se lesionaron.
- De los doce jugadores pertenecientes al subgrupo dos o de no lesionados con dolor, 8 jugadores han obtenido diferencias significativas (P-value menor a 0.1, más de un 10% de diferencias entre extremidades o ambas) en el grupo muscular de la extremidad en la que reportaron dolor. La distribución de los mismos es de tres jugadores en el isquiosural (de tres posibles), uno en los aductores (de tres posibles), dos en el cuádriceps (de tres posibles) y dos en el tríceps sural (de tres posibles).

Tanto los resultados como la significancia con P-value y porcentaje de las diferencias para cada extremidad, se adjuntarán en el anexo 5.

Muestra, parte II (Ecografías):

De acuerdo con el objetivo secundario de este trabajo, se realizaron ecografías a ciertos jugadores del subgrupo dos (dentro del grupo de los no lesionados). Lo que buscaba corroborarse era que los sujetos en los que coincidía mayor dolor en un grupo muscular de la extremidad inferior (comparado con su homólogo) y diferencias significativas de fuerza, tenían más probabilidad de tener una lesión en ese grupo muscular en concreto.

Para cumplir con estos requisitos, a la muestra de 24 jugadores que realizaron los seis tests funcionales, se les aplicaron ciertos criterios de exclusión:

- En primer lugar, no pertenecer al grupo de no lesionados pero sin dolor, con lo que se excluyeron a aquellos jugadores del grupo 1 (lesionados) y del subgrupo 1 dentro de los no lesionados (reduciendo así a la mitad la muestra).
- De estos doce jugadores, se descartaron aquellos que para el grupo muscular con dolor no tenían diferencias significativas de rendimiento (P-value mayor de 0.1 o menos de un 10% de diferencias) entre la extremidad dolorosa y la contraria.

En la tabla 8 del anexo 5 se señalarán los datos que hicieron que ciertos jugadores fuesen seleccionados mediante el color verde.

Esto redujo la muestra para las ecografías a 8 jugadores, de los cuales 3 tenían molestias y diferencias significativas en el isquiosural, 1 en el aductor, 2 en el cuádriceps y 2 en el gemelo. De estos 8 jugadores hubo una pérdida de posible muestra de 5, teniendo un jugador seleccionado para isquiosurales, cuádriceps y gemelo. Los dos primeros tenían para la pierna dolorosa un P-value menor a 0,05 y un

porcentaje de diferencias mayor al 15, mientras que el tercero tenía exclusivamente un porcentaje de diferencias mayor al 10%.

Es cierto que habría sido muy interesante tener una mayor muestra para las pruebas de imágenes, pero al haber introducido filtros tan selectivos, nos asegurábamos de que todos los que se realizaran las ecografías tuvieran diferencias significativas justo en el grupo muscular de la extremidad dolorosa.



Ilustración 8. Organización de la muestra para las ecografías. Fuente: Elaboración propia

Intervención, parte II (Ecografías):

Los jugadores seleccionados fueron el 9, 16 (P-value menor a 0.05 y porcentajes de diferencias mayores al 15 en la pierna dolorosa) y el 19 (porcentaje de diferencia mayor al 10 en la pierna dolorosa).

En la clínica se les realizó en primer lugar una breve anamnesis por el fisioterapeuta colaborador antes de las pruebas ecográficas. De esta forma se pudo conocer el historial del paciente, posibles causas del dolor y localización exacta en la musculatura en la que tuviera molestias y diferencias significativas en los tests.

El protocolo para la realización de las ecografías fue una palpación para encontrar la zona dolorosa (en caso de que el jugador no fuera capaz de señalar la localización concreta de la molestia) y la utilización del ecógrafo en la siguiente secuencia: En primer lugar con una disposición o corte longitudinal, a continuación uno transversal y para concluir, el mismo orden pero en la pierna no dolorosa. De esta forma, el jugador 9 y 19 comenzarían con la izquierda, mientras que el 16 lo haría por la derecha.

Variables a tener en cuenta e instrumentos, parte II (Ecografías):

En esta parte del proyecto se quiere estudiar si las ecografías de aquellos jugadores con diferencias significativas y dolor previo corresponden a lesiones, con lo que se utilizarán exclusivamente dos variables, el área (medida en píxeles) que ocupa el color blanco y el gris.

La explicación para esta consideración se encuentra en la propia física de las ecografías. Cuando el aparato ecográfico emite pulsos de ultrasonido, estos responden de forma diferente dependiendo de la estructura ante la que se encuentren, reflejando así diferentes colores en la imagen:⁴⁴

- Color blanco: Corresponde con tejidos hipercoicos o hipercogénicos. Reflejan gran cantidad o con mucha intensidad las ondas ecográficas. Suelen pertenecer a hueso, tejido tendinoso e incluso calcificaciones.

- Color gris: Corresponde a tejidos hipoecogénicos o hipoecoicos. Reflejan pocas ecografías y/o de baja intensidad. Suelen estar presentes en la musculatura.
- Color negro: Corresponde a tejidos anecogénicos o anecoicos. No son capaces de reflejar las ecografías. Corresponden a derrames, hematomas, cartílagos...

Tal y como se ha mencionado con anterioridad, en este trabajo solo se tendrá como objetivo analizar la cantidad de píxeles grises y blancos de las imágenes, ya que se quiere corroborar la existencia de menor cantidad de área coloreada en gris y/o una mayor cantidad de área blanca. Una de las explicaciones para este fenómeno podría ser la cicatrización menos eficiente (que haya generado mayor tejido conectivo o incluso calcificaciones ^{45 46}) posterior a una lesión muscular.

El dispositivo ecográfico utilizado es un aparato de la marca Philips llamado “Lumify”, el cual permite la utilización simultánea de una Tablet (para visualizar las imágenes) para poder transportar el ecógrafo y facilitar la exportación de datos. Se configuraron sus prestaciones para optimizar la calidad de su imagen, por ejemplo: Una frecuencia variable (en torno a 7 Hz) para el tríceps sural, el cual era más superficial, y una aproximada de 4 Hz para los más profundos como cuádriceps e isquiosurales. También se modificó el brillo de la imagen en base al tipo de tejido.

Análisis estadístico y resultados, parte II (Ecografías):

El análisis de las imágenes ecográficas se ha realizado mediante una aplicación, la cual permite separar la cantidad de píxeles de los tres colores en una imagen ecográfica. Este software, llamado ImageJ,⁴⁷ reporta en una escala de blancos, negros y grises el área en píxeles que ocupa cada tonalidad, pudiendo estudiar la cantidad que hay con

color blanco y gris, pero especialmente las diferencias en cuanto a porcentajes que hay con la extremidad sin dolor.

MUSCULATURA	TIPO DE CORTE Y PIERNA	ÁREA PÍXELES GRIS	ÁREA PÍXELES BLANCOS	% DIFERENCIA
ISQUIOSURAL (enfoque en la pierna izquierda)	LONGITUDINAL DERECHO	111297988	223	28,23739 (grises)
	LONGITUDINAL IZQUIERDO	79870337	176	21,07623 (blanco)
	TRANSVERSAL DERECHO	125030	227	35,56506 (grises)
	TRANSVERSAL IZQUIERDO	80563	507	55,22682 (blanco)
TRÍCEPS SURAL (enfoque en la pierna izquierda)	LONGITUDINAL DERECHO	79556	313	1,673035 (grises)
	LONGITUDINAL IZQUIERDO	78225	360	13,05556 (blanco)
	TRANSVERSAL DERECHO	79374	171	0,970091 (grises)
CUÁDRICEPS (enfoque en la pierna derecha)	TRANSVERSAL IZQUIERDO	78604	313	45,36741 (blanco)
	LONGITUDINAL DERECHO	39002024	355	28,24655 (grises)
	LONGITUDINAL IZQUIERDO	54355607	353	0,56338 (blanco)
	TRANSVERSAL DERECHO	42036676	395	4,827707 (grises)
	TRANSVERSAL IZQUIERDO	44169027	343	13,16456 (blanco)

Tabla 5. Cantidad de grises y blancos en las imágenes ecográficas. Fuente: Elaboración propia

El jugador 9 (dolencia y diferencias significativas en el isquiosural izquierdo) ha reportado en las imágenes ecográficas longitudinales y transversales un 28% y un 35% menos de área gris, respectivamente. En cuanto al área blanca, hay ciertas discrepancias, ya que en las imágenes transversales, tenía aproximadamente el doble de tejido que reflejaba color blanco (tejido conectivo y óseo entre otros), pero en las longitudinales la pierna con dolor, reportaba un 21% menos de área blanca. Sin embargo, para este último caso, también es interesante observar el ratio con el que aparecen comparado con el área gris. En la imagen longitudinal izquierda, por cada píxel blanco encontramos aproximadamente 453.809 píxeles grises, mientras que para la imagen derecha, el ratio sería de 499.094 píxeles grises. Esto simboliza que aun habiendo casi 1.5 veces más de color gris en la extremidad no dolorosa, el tejido blanco aparece con una frecuencia similar.

El jugador 16 (dolencia y diferencias significativas en el cuádriceps derecho) ha reportado en las imágenes transversales y longitudinales un casi 5% y 28% menos de

color gris con respecto a la pierna no dolorosa, respectivamente. En cuanto a los colores blancos, solo habría que destacar el 13% superior de diferencia que se encuentra en el corte transversal para la pierna afectada. Con lo cual, el jugador 16 presenta en el corte longitudinal casi la misma cantidad de píxeles blancos, pero un 30% menos de color gris, es decir, el tejido que podría representar al conectivo u óseo aparece con mayor frecuencia en menor cantidad de posible masa muscular. En cuanto al corte transversal, para casi la misma cantidad de tejido que podría simbolizar masa muscular, hay alrededor de un 15% más de tejido posiblemente óseo y/o tendinoso.

Por último, el jugador 19 (dolencias y diferencias significativas en el tríceps sural izquierdo) ha tenido en ambos cortes alrededor de la misma cantidad de color que simboliza la masa muscular, pero un 13% y cerca del doble de tejido que podría representar el conectivo u óseo (para el corte longitudinal y transversal en la pierna izquierda).

Algunas de las imágenes ecográficas (y su estudio con ImageJ) realizadas se adjuntarán en el anexo 8.

Discusión:

Interpretación de los resultados y relación con la literatura científica:

Para poder extraer conclusiones importantes del estudio, considero necesario analizar los casos de los jugadores 9-16-19:

- El jugador 9 reportó en el cuestionario inicial dolencias en el isquiosural izquierdo. Cuando se le realizó el test funcional para este grupo muscular, se encontraron diferencias significativas (tanto P-value menor a 0.1 como porcentaje de diferencia mayor al 15) justo en esa pierna dolorosa. Esta

coincidencia podía hacer entender que la relación estaría causada por una lesión muscular no detectada con anterioridad en el isquiosural izquierdo. Con lo cual, se le realizó la ecografía en la zona dolorosa, y se comparó con la contralateral, siendo los hallazgos muy interesantes:

En el corte longitudinal izquierdo, es probable que haya en menos área de masa muscular, cifras muy similares de área de lo que podría ser tejido conectivo u óseo (indicadores de una hipotética cicatriz formada con menor eficiencia tras una lesión). Además, en el corte transversal hubo un 35% menos de tejido que simboliza masa muscular y alrededor del doble de tejido que representa tejido conectivo o incluso óseo.

- El jugador 16 (dolencias y significancia tanto con P-value como con porcentaje de diferencias en el cuádriceps derecho) tuvo en el corte longitudinal del cuádriceps izquierdo, menor tejido que puede reflejar masa muscular y la misma cantidad de tejido que refleja el color blanco. Esto simbolizaría que ante menor cantidad de masa muscular, hay mayor cantidad de tejido que podría haberse formado defectuosamente en la posible cicatriz de una lesión.
- El jugador 19 (diferencias significativas con porcentaje mayor al 10 entre tríceps sural izquierdo y derecho) mostró para la pierna dolorosa en el corte longitudinal de las ecografías, menor cantidad de tejido muscular (alrededor de un 2%) y significativamente más tejido que reflejaba color blanco en la ecografía (casi un 15%). En el corte transversal tenía una situación similar, ya que, aunque había en cuanto a porcentajes un área similar de color grisáceo, demostraba una mayor existencia de tejido de color blanco.

Estos resultados se alinean con la bibliografía científica ya expuesta. En primer lugar, las lesiones causan pérdidas de fuerza, con lo que tiene sentido evaluar estas pérdidas de rendimiento con tests unilaterales que permitan comparar ambas extremidades. Además, también se ha expuesto cómo una cicatrización de una lesión muscular puede tener mayor porcentaje del indicado de tejido conectivo o incluso óseo (en las calcificaciones).

Esto puede hacer que la zona de un músculo que se haya lesionado, refleje más tejido de color blanquecino y/o menos grisáceo en la cicatrización, y que estas lesiones con menor calidad tisular que no sean detectadas médicamente (o bien por ser prematuras o de menor gravedad), pudieran ser localizadas con el uso de tests funcionales.

Limitaciones del estudio:

Este estudio no está exento de limitaciones y sesgos, con lo que para mejorar el avance científico y quizás minimizarlos en posteriores publicaciones, habría que destacar:

- El tamaño de la muestra: A pesar de haber 24 jugadores conformando la muestra, estos se han dividido en tres grupos, habiendo como mucho 12 por cada subgrupo. Esto reduce la validez de los resultados, ya que quizás sería más interesante centrar un único estudio en cada grupo muscular afectado y así poder tanto incluir más muestra total, como comparar ecográficamente a los diferentes grupos (desafortunadamente no ha sido posible en este trabajo a pesar de los interesantes resultados que podría arrojar).
- La muestra final para las ecografías: Por diversos motivos explicados con anterioridad, la muestra de las ecografías solo pudo ser de tres jugadores, no llegando tan siquiera a un jugador por cada grupos muscular. Esto hace que ni

puedan estudiarse todos los grupos musculares, ni que sea posible observar diferencias inter sujeto para el mismo grupo muscular.

- Organización de los tests: La toma de datos tuvo que dividirse en tres semanas, y aunque se separaron los tests de sprint de los test de fuerza específicos con alrededor de siete días de recuperación, lo óptimo (para evitar sesgos) habría sido incluirlos todos el mismo día. Sin embargo, por el volumen de la muestra, de los tests y por la organización del propio club, esta disposición era imposible.
- “5 seconds adductor squeeze test”: A pesar de ser un test validado científicamente, el depender de unos resultados subjetivos como es la percepción del dolor, introducen sesgos importantes. En primer lugar, el propio concepto del dolor, ya que muchos jugadores la confunden la sensación de tensión y activación. Además, no es fácil discernir entre la sensación subjetiva entre ambas piernas y el reportar en una escala numérica el dolor posteriormente.

Tal y como se mencionará en el apartado de futuras recomendaciones, considero de gran interés encontrar un test con resultados objetivos (por ejemplo repeticiones tal y como se reportan en los tests de isquiosurales y tríceps sural) para mejorar la calidad de las investigaciones científicas que decidan incluirlo.

- Color blanco de los tejidos en las ecografías: A pesar de que está bien estudiado que el color blanco puede representar tejido tendinoso o calcificaciones, no hay una correlación absoluta entre una mayor aparición de esta tonalidad y la existencia de una cicatriz de menor calidad. Aunque es cierto que puede ser uno de los motivos, dicha afirmación es una teoría o posible explicación, sobre

todo porque hay mucha variabilidad inter e intra sujetos en la distribución miotendinosa.

Sin embargo, este hecho no desvirtúa la posible relación entre las variables expuestas en este trabajo, abriendo una línea de investigación que podría aportar mucha calidad científica a la preparación física y prevención/detección de lesiones.

Conclusiones:

Tests funcionales:

De todos los jugadores que han tenido una lesión muscular (N=8) o dolencia en uno de los cuatro grupos musculares de estudio (N=12), más de la mitad (N=11) han tenido diferencias significativas ya sea con P-value menor a 0.1 y/o un porcentaje de asimetría mayor al 10%. Cuando se acota aún más la significancia a 0.05 para el P-value y/o a 15 o más para el porcentaje de asimetría, la muestra baja a 10. Con lo que si se tiene en cuenta algo tan sencillo como la sensación de dolor o las lesiones previas (al menos con la muestra de este estudio), un 50% de jugadores deberían ser estudiados por fisioterapeutas o readaptadores para evitar que los casos de desequilibrios se desarrollen en lesiones o recidivas.

Tal y como se ha mencionado en el apartado inicial de mecanismos lesivos y factores de riesgo, las lesiones en ciertos grupos musculares del tren inferior pueden ser más probables con déficits de fuerza o afectaciones en otros grupos musculares colindantes. Por ejemplo, las lesiones en el cuádriceps/recto femoral pueden verse con mayor probabilidad cuando ya se tienen lesiones previas de aductores y gemelos²⁴. Por ejemplo, el jugador 8 (con lesión previa confirmada de tríceps sural), ha tenido

diferencias significativas en el test para el cuádriceps, lo que puede comenzar a ser uno de los síntomas de la lesión en este grupo muscular. A este caso, puede añadirse el de las lesiones en isquiosurales o tríceps sural como factores de riesgo lesionales para tríceps sural e isquiosurales, respectivamente. En esta situación, podemos encontrarnos a 3 de los 4 lesionados de estos dos grupos musculares seleccionados para los tests.

En cuanto a los tests de sprint, solo ha habido 1 jugador para el test en curva de 17 metros y 6 jugadores para el de cambio de dirección de 5 metros que haya tenido diferencias significativas (P-value menor a 0.1 o más de un 10% de diferencias). En este tipo de pruebas, es mucho más clave el aspecto técnico y coordinativo comparado con otros tests como el “single leg calf raise” o el CMJ unilateral, con lo que es más complejo aportar un motivo en concreto y no atribuirlos a una combinación de los mismos. Sin embargo, tal y como se exponen en estudios anteriores^{35,37,38}, los cuatro grupos musculares de estudios están altamente involucrados electromiográficamente. Debido a esto, podría teorizarse que uno de los motivos que explicarían las diferencias significativas podría ser la debilidad muscular, ya sea por una lesión o falta de entrenamiento.

Ecografías:

Para evitar sesgos en esta parte del estudio, se ha decidido eliminar la interpretación ecográfica del fisioterapeuta y centrarse en un estudio de cantidad de área según cada color. Aunque no son conclusiones definitivas, el hecho de que para toda la muestra (N=3) hubiera diferencias interesantes en cuanto a tejido que representa la masa muscular y/o diferencias de proporción en cuanto a los tejidos óseos y tendinosos,

hace pensar que uno de los motivos de esas diferencias significativas podría ser una lesión.

¿Responden los resultados a los objetivos de la investigación?

Durante este estudio ha habido resultados interesantes en cuanto a los jugadores que tenían dolor o lesión muscular y los que han tenido diferencias significativas en ese grupo muscular (en tests específicos). Esto podría ayudar como método preventivo de lesiones con un costo casi nulo, ya que uno de los factores de riesgo de mayor relación con las lesiones musculares es la falta de fuerza⁴⁸ o la asimetría en la misma entre agonistas-antagonistas⁴⁹.

Recomendaciones para investigaciones futuras:

Podría ser muy interesante el valorar de forma individual cada test incluido en el presente estudio y cómo un déficit de rendimiento entre extremidades podría o no tener relación con lesiones.

Además, aunque es de una gran dificultad, sería clave para la prevención de lesiones el poder establecer de forma binaria desde unos tests funcionales, el hecho de tener o no riesgo de lesiones, especialmente para facilitar a los preparadores físicos su tarea.

Por último, considero de gran interés el aumentar los tests funcionales y sin tecnología de elevado coste que permitan estudiar diferencias significativa en los aductores. Esto se debe a que a pesar de la validación científica del “5 second adductor squeeze test”, la prueba depende de sensaciones subjetivas, lo que puede introducir sesgos que contaminen la investigación.

Aplicabilidad práctica:

Tal y como se ha ido mencionando durante todo el estudio, esta investigación y las otras ya existentes en el ámbito, ofrecen a los clubes con escasos recursos económicos, la posibilidad de testear a sus jugadores casi sin material o incluso especialistas. Con lo cual, la principal utilidad del estudio es la de incluir estos tests como métodos de “screening” periódicos de la plantilla. De forma esporádica, los jugadores irían realizando los test y en base a la evolución y los resultados, podría establecerse un control de cargas de los mismos. Incluso podría incorporarse la metodología del “semáforo” del test funcional de aductores, en la que dependiendo de las diferencias con pasadas mediciones, se establecieran resultados a partir de los cuales los jugadores deben pasar previamente por un análisis médico o pueden continuar con la práctica deportiva.

Agradecimientos:

Me gustaría agradecer en primer lugar a mis tutores del TFM, Sara González Millán y Lluís Albesa Albiol, por escuchar mi proposición y no solo dejarme llevarla a cabo, si no también por ayudarme en todo lo posible y garantizar que todos los procesos se llevasen con el rigor que un estudio científico requiere.

También quiero mostrar mis agradecimientos al centro de alta tecnificación académico-deportiva “Marcet” de Barcelona, por permitirme realizar el estudio con sus jugadores. A pesar de que ha sido un proceso largo, siempre han visto con buenos ojos lo que les planteaba. En especial a todos los jugadores que se han prestado voluntarios sin otra recompensa alguna que la de ayudar en el progreso científico. Del mismo modo, a los grandes profesionales que me han asistido con la selección y la toma de datos, entre

los que hay que destacar a los preparadores Javier Iglesias y Jesús Rodricio, el readaptador Eugenio Pedregal, y el equipo médico compuesto por Mario Plaza y Javier Carrión. Sin todos ellos no habría sido posible este trabajo.

Por último, también a Sergi Romani, fisioterapeuta del centro “Movement Lab” de Barcelona, por prestarse a ayudarme con las ecografías con tan poco tiempo de antelación.

Anexos:

Anexo 1: Información para los participantes:

El/la estudiante Alejandro Mayofret Castillo del Máster Universitario en Entrenamiento Personal y Readaptación Físico-Deportiva, dirigido/a por Sara González Millán y Lluís Albesa Albiol, está llevando a cabo el proyecto de investigación de “CAPACIDAD PREDICTORA DE LESIONES DE UNA BATERÍA DE TESTS FUNCIONALES EN LOS GRUPOS MUSCULARES CON MAYOR ÍNDICE LESIONAL DEL FÚTBOL”.

El proyecto tiene como objetivo principal el confirmar que mediante una batería de tests funcionales pueden predecirse las lesiones musculares con mayor incidencia del fútbol. En el contexto de esta investigación, le pedimos su colaboración para que nos aporte ciertos datos a través de un cuestionario y participe en las subsiguientes fases de testeo e incluso ecografía, ya que usted cumple los siguientes criterios de inclusión: No ha tenido lesiones tendinosas o ligamentosas del tren inferior en la presente temporada, si ha tenido lesiones musculares del tren inferior ya tiene el alta deportiva o incluso durante esta temporada no ha tenido ninguna lesión de índole muscular en isquiotibiales, aductores, cuádriceps y tríceps sural.

Esta colaboración implica participar en cinco fases: La primera fase corresponderá a unos cuestionarios para responder y así conocer a la muestra. A continuación podrá ser seleccionado para una prueba piloto que permita al investigador organizar de forma óptima la intervención. La tercera etapa incluirá la toma de datos mediante tests, y la última será exclusivamente para aquellos jugadores que sea interesantes estudiar mediante una ecografía.

Se asignará a todos los participantes un código, por lo que es imposible identificar al participante con las respuestas dadas, garantizando totalmente la confidencialidad. Los datos que se obtengan de su participación no se utilizarán con ningún otro fin distinto del explicitado en esta investigación y pasarán a formar parte de un fichero de datos, del que será máximo

responsable el investigador principal. Dichos datos quedarían protegidos mediante [EXPLICAR EL SISTEMA DE PROTECCIÓN], y únicamente [IDENTIFICAR LAS PERSONAS CON ACCESO].

El fichero de datos del estudio estará bajo la responsabilidad del investigador principal, ante el cual podrá ejercer en todo momento los derechos que establece la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales y el Reglamento general (UE) 2016/679, de 27 de abril de 2016, de protección de datos (RGPD).

Todos los participantes tienen derecho a retirarse en cualquier momento de una parte o de la totalidad del estudio, sin expresión de causa o motivo y sin consecuencias. También tienen derecho a que se les clarifiquen sus posibles dudas antes de aceptar participar y a conocer los resultados de sus pruebas.

Nos ponemos a su disposición para resolver cualquier duda que pueda surgirle.

Anexo 2: Consentimiento informado del participante:

Yo, [NOMBRE Y APELLIDOS DEL PARTICIPANTE], mayor de edad, con DNI [NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN], actuando en nombre e interés propio,

Yo, [NOMBRE Y APELLIDOS DEL PADRE, MADRE o TUTOR/A LEGAL], mayor de edad, con DNI [NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN], actuando en nombre e interés de [NOMBRE Y APELLIDOS DEL PARTICIPANTE],

DECLARO QUE:

He recibido información sobre el proyecto “CAPACIDAD PREDICTORA DE LESIONES DE UNA BATERÍA DE TESTS FUNCIONALES EN LOS GRUPOS MUSCULARES CON MAYOR ÍNDICE LESIONAL DEL FÚTBOL”, del que se me ha entregado hoja informativa anexa a este consentimiento y para el que se solicita mi participación. He entendido su significado, me han sido aclaradas las dudas y me han sido expuestas las acciones que se derivan del mismo. Se me ha informado de todos los aspectos relacionados con la confidencialidad y protección de datos en cuanto a la gestión de datos personales que comporta el proyecto y las garantías tomadas en cumplimiento de la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales y el Reglamento general (UE) 2016/679, de 27 de abril de 2016, de protección de datos (RGPD).

Mi colaboración en el proyecto es totalmente voluntaria y tengo derecho a retirarme del mismo en cualquier momento, revocando el presente consentimiento, sin que esta retirada pueda influir negativamente en mi persona en sentido alguno. En caso de retirada, tengo derecho a que mis datos sean cancelados del fichero del estudio.

[CUANDO PROCEDA:] Así mismo, renuncio a cualquier beneficio económico, académico o de cualquier otra naturaleza que pudiera derivarse del proyecto o de sus resultados.

Por todo ello,

DOY MI CONSENTIMIENTO A:

1. Participar en el proyecto “CAPACIDAD PREDICTORA DE LESIONES DE UNA BATERÍA DE TESTS FUNCIONALES EN LOS GRUPOS MUSCULARES CON MAYOR ÍNDICE LESIONAL DEL FÚTBOL”
2. Que Alejandro Mayofret Castillo y su director/a Sara González Millán y Lluís Albesa Albiol puedan gestionar mis datos personales y difundir la información que el proyecto genere. Se garantiza que se preservará en todo momento mi identidad e intimidad, con las garantías establecidas en la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales y el Reglamento general (UE) 2016/679, de 27 de abril de 2016, de protección de datos (RGPD).
3. Que los investigadores conserven todos los registros efectuados sobre mi persona en soporte electrónico, con las garantías y los plazos legalmente previstos, si estuviesen establecidos, y a falta de previsión legal, por el tiempo que fuese necesario para cumplir las funciones del proyecto para las que los datos fueron recabados.

En [CIUDAD], a [DIA/MES/AÑO]

[FIRMA PARTICIPANTE]

[FIRMA DEL ESTUDIANTE] [FIRMA DEL DIRECTOR/A]

Anexo 3: Cuestionarios para grupos de lesionados y no lesionados:

A continuación se adjuntarán los enlaces a los cuestionarios que se han mencionado con anterioridad en el apartado de la muestra.

Para la muestra de jugadores lesionados se han mandado dos cuestionarios de Google Form, siendo el primero en inglés y el segundo en español:

<https://forms.gle/FHcxwvNku3inRj3J8>

<https://forms.gle/jhzQNkb99L8AiHyo7>

Para los jugadores no lesionados se han compartido tres cuestionarios, añadiendo el idioma del francés para que el máximo número de jugadores pueda participar (el primer enlace correspondería al cuestionario en inglés, el segundo en español y el tercero en francés):

<https://forms.gle/vddyZQGYLHhY75Ki8>

<https://forms.gle/Zt9Ph7fDdSaw69g18>

<https://forms.gle/U6NhJ5cengmpdb5t7>

Anexo 4, Imágenes de los instrumentos utilizados y proceso de la toma datos:



Ilustración 9. Step de 60 cm utilizado en el single leg bridge test



Ilustración 14. Montaje de las fotocélulas para los tests de sprint



Ilustración 15. Toma de datos del COD505

Anexo 5, Tablas de los resultados de la toma de datos y análisis estadístico:

JUGADOR (CATEGORÍA)	GRUPO	CS 17 m		COD 505		SINGLE LEG BRIDGE		5" ADD SQU. TEST		CMJ UNILATERAL		UNILAT. HEEL RAISE	
		a dcha	a izda	a dcha	a izda	a dcha	a izda	a dcha	a izda	a dcha	a izda	a dcha	a izda
JUGADOR 1 (J1)	LES, ISQ	2,463	2,532	2,065	1,846	27	22	1	1	22,49	22,6	32	36
JUGADOR 2 (C2)	LES, ISQ	3,06	3,13	2,49	2,21	10	12	2	2	13,36	18,34	14	21
JUGADOR 3 (C2)	LES, ADD	3,28	3,11	2,74	2,4	16	19	3	1	13,32	15,77	25	29
JUGADOR 4 (J1)	LES, ADD	2,541	2,534	1,937	1,803	25	16	1	1	19,1	19,01	38	40
JUGADOR 5 (J2)	LES, QUA	2,913	2,703	2,127	2,002	23	20	1	1	16,02	16,06	42	44
JUGADOR 6 (J4)	LES, QUA	2,266	2,422	2,52	2,502	17	13	1	1	16,09	16,1	27	26
JUGADOR 7 (J1)	LES, GEM	2,426	2,519	1,998	1,998	25	15	1	1	16,07	16,17	30	29
JUGADOR 8 (J3)	LES, GEM	2,543	2,567	1,937	1,947	30	32	1	3	15,91	18,97	42	41
JUGADOR 9 (J4)	NL, ISQ	3,27	2,994	3,256	2,457	29	24	1	1	7,51	10,82	29	33
JUGADOR 10 (J3)	NL, ISQ	2,636	2,743	1,97	2,047	17	20	3	3	20,85	22,25	19	22
JUGADOR 11 (J4)	NL, ISQ	2,58	2,81	2,236	2,394	12	7	2	2	13,46	12,86	23	29
JUGADOR 12 (J4)	NL, ADD	2,827	2,702	2,422	2,301	31	27	3	1	12,77	15,79	24	30
JUGADOR 13 (J3)	NL, ADD	2,77	2,796	2,062	2,037	13	10	1	1	18,9	15,83	45	43
JUGADOR 14 (J4)	NL, ADD	2,269	2,441	2,264	2,193	14	17	1	1	18,91	16,12	23	31
JUGADOR 15 (J3)	NL, QUA	2,501	2,417	1,847	1,867	19	17	1	1	25,86	26,69	49	40
JUGADOR 16 (J3)	NL, QUA	3,11	3,075	2,12	2,21	29	30	3	3	21,38	25,59	28	41
JUGADOR 17 (J3)	NL, QUA	3,335	3,16	2,435	2,3	21	22	1	1	15,93	13,42	39	46
JUGADOR 18 (J4)	NL, GEM	3,005	2,882	2,247	2,095	31	29	1	1	15,65	18,96	47	37
JUGADOR 19 (J3)	NL, GEM	2,587	2,622	2,359	2,117	16	17	2	2	22,3	26,03	30	26
JUGADOR 20 (J3)	NL, GEM	2,635	2,555	2,009	2,826	22	30	2	2	21,37	25,93	32	31
JUGADOR 21 (J3)	NL, sd	2,718	2,702	2,22	2,182	34	38	1	1	19,18	19,24	49	36
JUGADOR 22 (J3)	NL, sd	2,685	2,837	2,185	2,162	15	10	1	1	13,4	19,28	46	50
JUGADOR 23 (J4)	NL, sd	2,49	2,552	1,986	2,009	26	22	1	1	16,18	19,43	35	35
JUGADOR 24 (J4)	NL, sd	2,456	2,413	1,984	2,012	20	20	1	1	16,15	22,54	30	30

Tabla 6. Resultados de los tests funcionales. Fuente: Elaboración propia.

-J1: 1ª categoría de juvenil J2: 2ª categoría de juvenil J3: 3ª categoría de juvenil J4: 4ª categoría de juvenil

C1; 1ª categoría cadete C2: 2ª categoría cadete

-CS: Curve sprint COD: Change of direction SQU.: Squeeze CMJ: Couter-movement jump UNILAT: Unilateral

-LES: Lesionado NL: No lesionado NL, sd: No lesionado, sin dolor ISQ: Isquiosurales ADD: Aductores

QUA: Cuádriceps GEM: Gemelo/tríceps sural

JUGADOR (CATEGORÍA)	GRUPO	CS 17 m		COD 505		SINGLE LEG BRIDGE		5" ADD SQU. TEST		CMJ UNILATERAL		UNILAT. HEEL RAISE	
		% difer.	P-Value	% difer.	P-Value	% difer.	P-Value	% difer.	P-Value	% difer.	P-Value	% difer.	P-Value
JUGADOR 1 (J1)	LES, ISQ	2,725118	0.6014	10,60533	0.124	18,51852	0.0192179	0	1	0,486726	0.7074	11,11111	0.5468
JUGADOR 2 (C2)	LES, ISQ	2,236422	0.5137	11,24498	0.109	16,66667	0.450171	0	1	27,15376	0.0021	33,33333	0.0556
JUGADOR 3 (C2)	LES, ADD	5,182927	0.2812	12,40876	0.201	15,78947	0.0897721	66,66667	0.284	15,53583	0.2692	13,7931	0.5597
JUGADOR 4 (J1)	LES, ADD	0,275482	0.9574	6,917914	0.157	36	0.0001865	0	1	0,471204	0.7912	5	0.7164
JUGADOR 5 (J2)	LES, QUA	7,209063	0.2079	5,876822	0.126	13,04348	0.266869	0	1	0,249066	0.9118	4,545455	0.7726
JUGADOR 6 (J4)	LES, QUA	6,440958	0.3049	0,714286	0.893	23,52941	0.0004838	0	1	0,062112	0.9828	3,703704	0.8477
JUGADOR 7 (J1)	LES, GEM	3,691941	0.4822	0	1.0	40	0.0008285	0	1	0,618429	0.7637	3,333333	0.8477
JUGADOR 8 (J3)	LES, GEM	0,934944	0.8517	0,513611	0.928	6,25	0.207602	66,66667	0.103	16,13073	0.0723	2,380952	0.8477
JUGADOR 9 (J4)	NL, ISQ	8,440367	0.0728	24,53931	0.016	17,24138	0.0032928	0	1	30,5915	0.0457	12,12121	0.4299
JUGADOR 10 (J3)	NL, ISQ	3,900838	0.4346	3,761602	0.332	15	0.143674	0	1	6,292135	0.3265	13,63636	0.4838
JUGADOR 11 (J4)	NL, ISQ	8,185053	0.1848	6,599833	0.235	41,66667	0.148144	0	1	4,457652	0.6403	20,68966	0.1721
JUGADOR 12 (J4)	NL, ADD	4,421648	0.3487	4,995871	0.302	12,90323	0.160172	66,66667	0.284	19,12603	0.0764	20	0.1721
JUGADOR 13 (J3)	NL, ADD	0,9299	0.8385	1,212415	0.774	23,07692	0.192225	0	1	16,24339	0.0929	4,444444	0.5597
JUGADOR 14 (J4)	NL, ADD	7,046293	0.2889	3,136042	0.563	17,64706	0.235096	0	1	14,7541	0.1117	25,80645	0.1979
JUGADOR 15 (J3)	NL, QUA	3,358657	0.5733	1,071237	0.687	10,52632	0.443637	0	1	3,109779	0.6975	18,36735	0.2728
JUGADOR 16 (J3)	NL, QUA	1,125402	0.8033	4,072398	0.412	3,333333	0.580555	0	1	16,45174	0.0073	31,70732	0.0366
JUGADOR 17 (J3)	NL, QUA	5,247376	0.2717	5,544148	0.463	4,545455	0.662822	0	1	15,75643	0.1245	15,21739	0.3148
JUGADOR 18 (J4)	NL, GEM	4,093178	0.3612	6,764575	0.297	6,451613	0.0992282	0	1	17,45781	0.0544	21,2766	0.1555
JUGADOR 19 (J3)	NL, GEM	1,334859	0.7947	10,25858	0.043	5,882353	0.284365	0	1	14,32962	0.0067	13,33333	0.5179
JUGADOR 20 (J3)	NL, GEM	3,036053	0.5406	28,91012	0.202	26,66667	0.0003683	0	1	17,58581	0.0019	3,125	0.9622
JUGADOR 21 (J3)	NL, sd	0,588668	0.9045	1,711712	0.907	10,52632	0.0109389	0	1	0,31185	0.8803	26,53061	0.0187
JUGADOR 22 (J3)	NL, sd	5,357772	0.3051	1,052632	0.838	33,33333	0.139293	0	1	30,49793	0.0212	8	0.5586
JUGADOR 23 (J4)	NL, sd	2,429467	0.6188	1,144848	0.904	15,38462	0.122265	0	1	16,72671	0.0553	0	1
JUGADOR 24 (J4)	NL, sd	1,750814	0.7589	1,39165	0.947	0	1	0	1	28,3496	0.0121	0	1

Tabla 7. Análisis estadístico (con % de diferencias y P-Value) de los resultados obtenidos en los tests funcionales

-%difer,: porcentaje de diferencia

JUGADOR (CATEGORÍA)	GRUPO	CS 17 m		COD 505		SINGLE LEG BRIDGE		5" ADD SQU. TEST		CMJ UNILATERAL		UNILAT. HEEL RAISE	
		% difer.	P-Value	% difer.	P-Value	% difer.	P-Value	% difer.	P-Value	% difer.	P-Value	% difer.	P-Value
JUGADOR 1 (J1)	LES, ISQ	2,725118	0.6014	10,60533	0.124	18,51852	0.0192179	0	1	0,486726	0.7074	11,11111	0.5468
JUGADOR 2 (C2)	LES, ISQ	2,236422	0.5137	11,24498	0.109	16,66667	0.450171	0	1	27,15376	0.0021	33,33333	0.0556
JUGADOR 3 (C2)	LES, ADD	5,182927	0.2812	12,40876	0.201	15,78947	0.0897721	66,66667	0.284	15,53583	0.2692	13,7931	0.5597
JUGADOR 4 (J1)	LES, ADD	0,275482	0.9574	6,917914	0.157	36	0.0001865	0	1	0,471204	0.7912	5	0.7164
JUGADOR 5 (J2)	LES, QUA	7,209063	0.2079	5,876822	0.126	13,04348	0.266869	0	1	0,249066	0.9118	4,545455	0.7726
JUGADOR 6 (J4)	LES, QUA	6,440958	0.3049	0,714286	0.893	23,52941	0.0004838	0	1	0,062112	0.9828	3,703704	0.8477
JUGADOR 7 (J1)	LES, GEM	3,691941	0.4822	0	1.0	40	0.0008285	0	1	0,618429	0.7637	3,333333	0.8477
JUGADOR 8 (J3)	LES, GEM	0,934944	0.8517	0,513611	0.928	6,25	0.207602	66,66667	0.103	16,13073	0.0723	2,380952	0.8477
JUGADOR 9 (J4)	NL, ISQ	8,440367	0.0728	24,53931	0.016	17,24138	0.0032928	0	1	30,5915	0.0457	12,12121	0.4299
JUGADOR 10 (J3)	NL, ISQ	3,900838	0.4346	3,761602	0.332	15	0.143674	0	1	6,292135	0.3265	13,63636	0.4838
JUGADOR 11 (J4)	NL, ISQ	8,185053	0.1848	6,599833	0.235	41,66667	0.148144	0	1	4,457652	0.6403	20,68966	0.1721
JUGADOR 12 (J4)	NL, ADD	4,421648	0.3487	4,995871	0.302	12,90323	0.160172	66,66667	0.284	19,12603	0.0764	20	0.1721
JUGADOR 13 (J3)	NL, ADD	0,9299	0.8385	1,212415	0.774	23,07692	0.192225	0	1	16,24339	0.0929	4,444444	0.5597
JUGADOR 14 (J4)	NL, ADD	7,046293	0.2889	3,136042	0.563	17,64706	0.235096	0	1	14,7541	0.1117	25,80645	0.1979
JUGADOR 15 (J3)	NL, QUA	3,358657	0.5733	1,071237	0.687	10,52632	0.443637	0	1	3,109779	0.6975	18,36735	0.2728
JUGADOR 16 (J3)	NL, QUA	1,125402	0.8033	4,072398	0.412	3,333333	0.580555	0	1	16,45174	0.0073	31,70732	0.0366
JUGADOR 17 (J3)	NL, QUA	5,247376	0.2717	5,544148	0.463	4,545455	0.662822	0	1	15,75643	0.1245	15,21739	0.3148
JUGADOR 18 (J4)	NL, GEM	4,093178	0.3612	6,764575	0.297	6,451613	0.0992282	0	1	17,45781	0.0544	21,2766	0.1555
JUGADOR 19 (J3)	NL, GEM	1,334859	0.7947	10,25858	0.043	5,882353	0.284365	0	1	14,32962	0.0067	13,33333	0.5179
JUGADOR 20 (J3)	NL, GEM	3,036053	0.5406	28,91012	0.202	26,66667	0.0003683	0	1	17,58581	0.0019	3,125	0.9622
JUGADOR 21 (J3)	NL, sd	0,588668	0.9045	1,711712	0.907	10,52632	0.0109389	0	1	0,31185	0.8803	26,53061	0.0187
JUGADOR 22 (J3)	NL, sd	5,357772	0.3051	1,052632	0.838	33,33333	0.139293	0	1	30,49793	0.0212	8	0.5586
JUGADOR 23 (J4)	NL, sd	2,429467	0.6188	1,144848	0.904	15,38462	0.122265	0	1	16,72671	0.0553	0	1
JUGADOR 24 (J4)	NL, sd	1,750814	0.7589	1,39165	0.947	0	1	0	1	28,3496	0.0121	0	1

Tabla 8. Selección de jugadores para las pruebas ecográficas. En gris aquellos que no pertenecen al subgrupo 2 del grupo de lesionados (N=12) o que pertenecen pero no tienen diferencias significativas (N=4). En verde la muestra (N=8) que cumple los criterios para ser seleccionados para las pruebas ecográficas.

Anexo 6, gráficos "boxplot" para algunos tests:

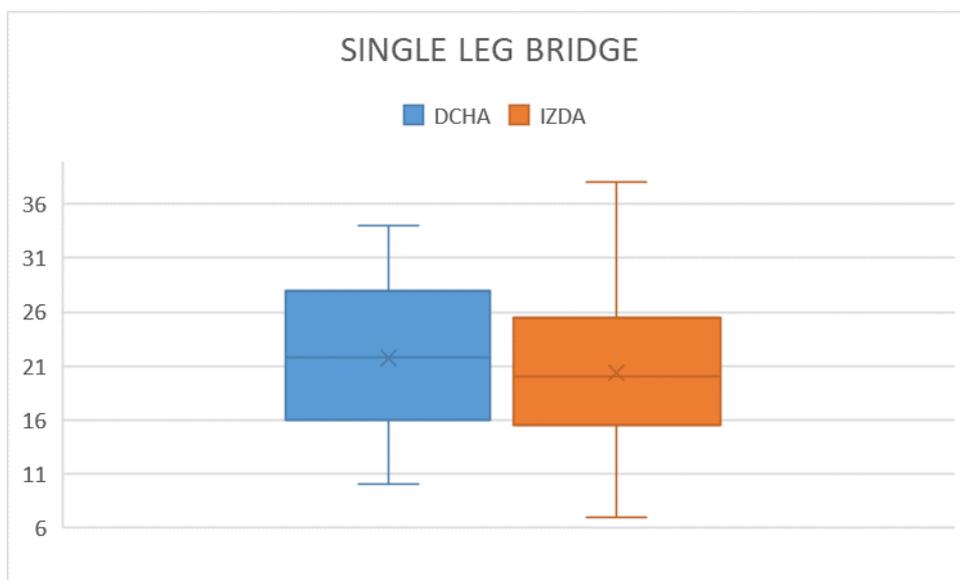


Ilustración 16. Gráfico "boxplot" para el test de isquiosurales (derecha e izquierda)

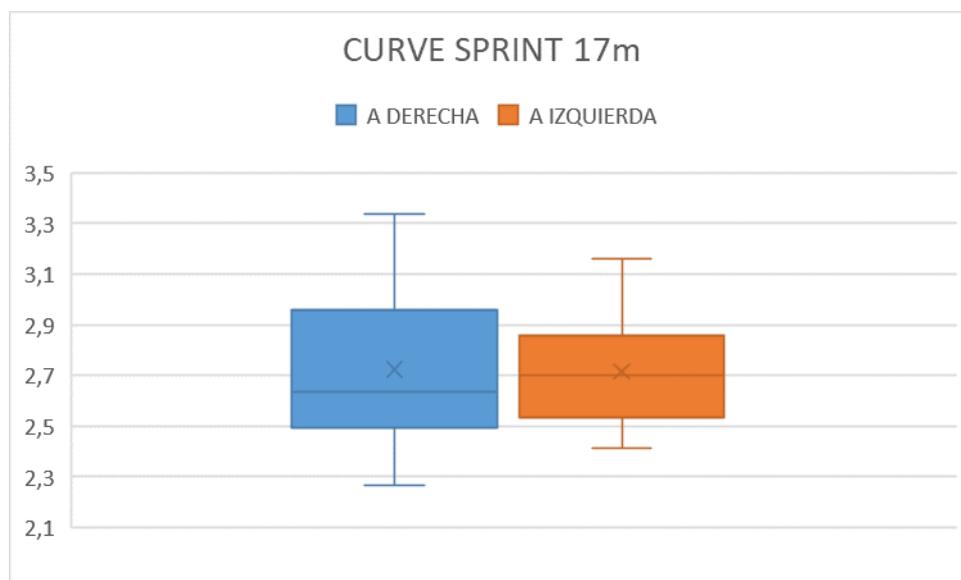


Ilustración 17. Gráfico "boxplot" para el Curve sprint (hacia derecha e izquierda)

Anexo 7, distribuciones normales de determinados ejercicios:

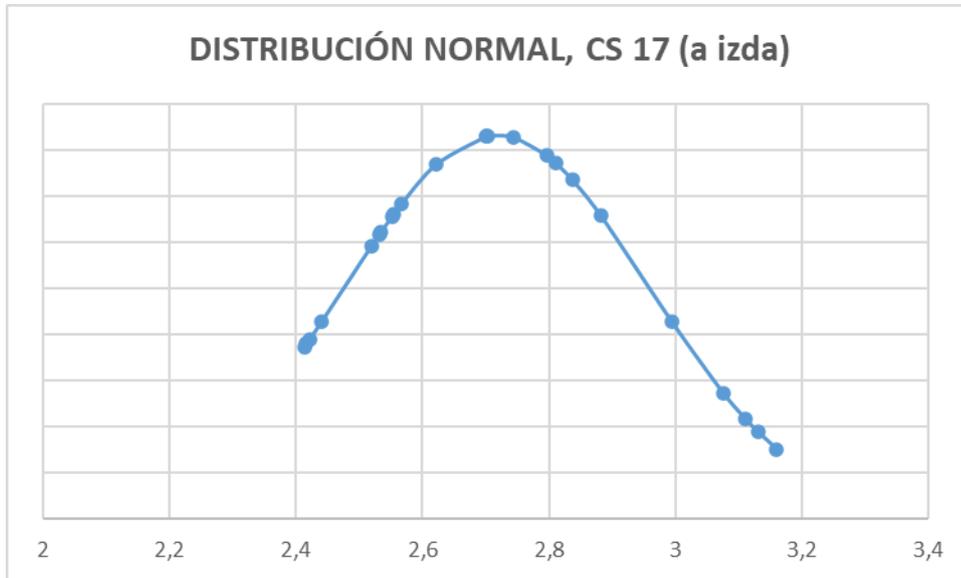


Ilustración 18. Distribución normal del CS17 (hacia la izquierda)

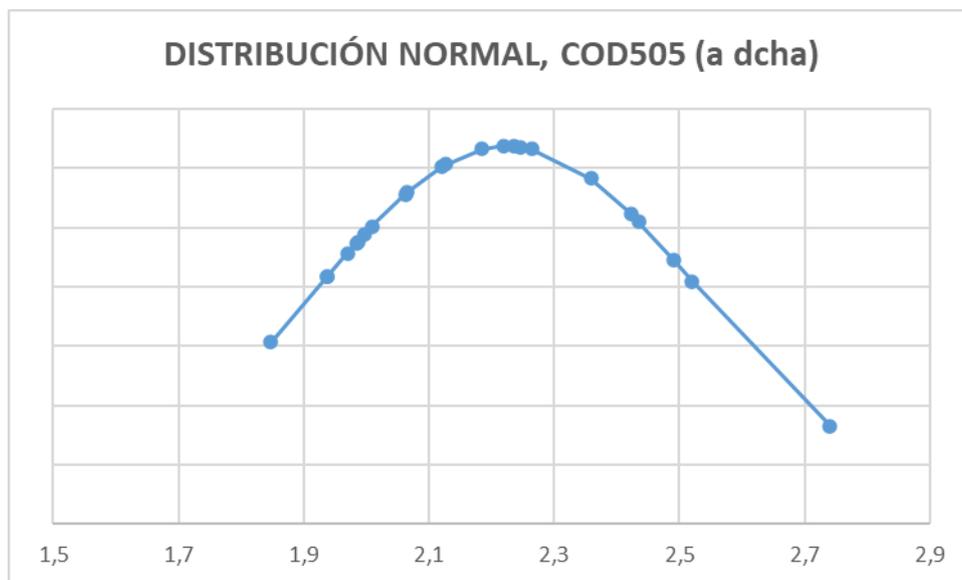


Ilustración 19. Distribución normal del COD505 (hacia la derecha)

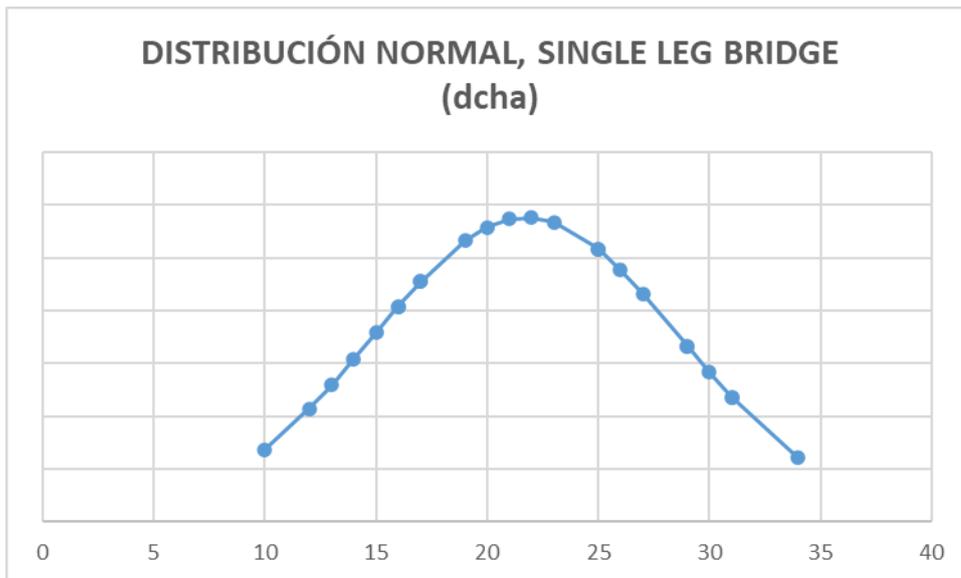


Ilustración 20. Distribución normal del single leg bridge (derecha)

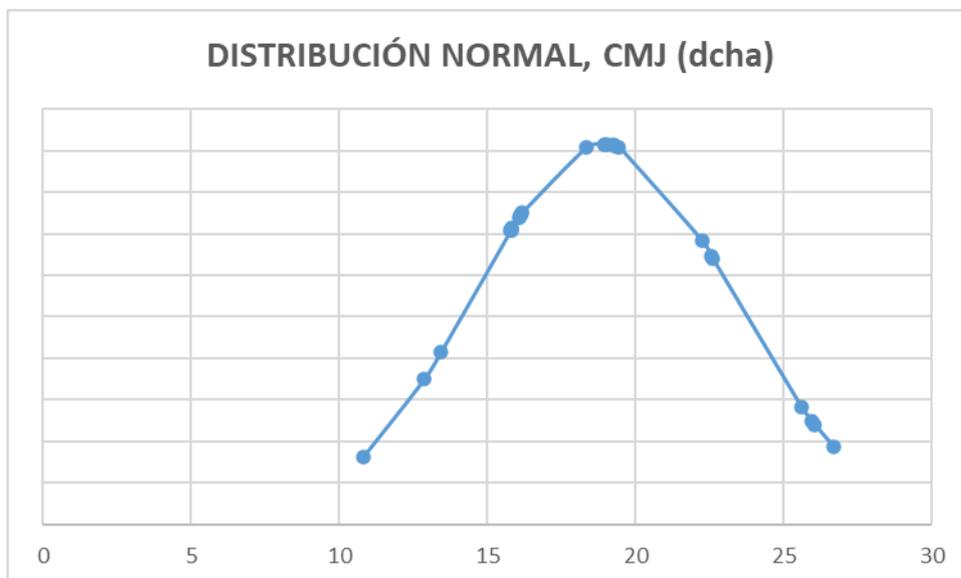


Ilustración 21. Distribución normal del CMJ unilateral (derecha)

Anexo 8, imágenes ecográficas y capturas del análisis desde el software ImageJ:

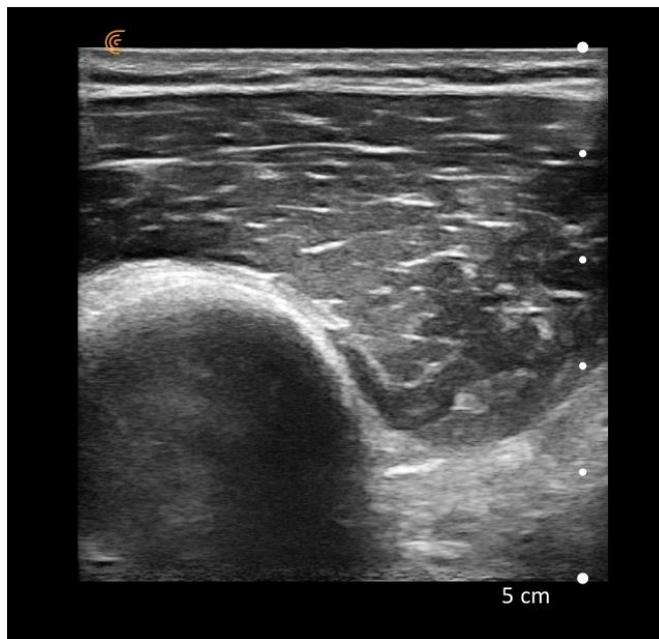


Ilustración 22. Corte longitudinal del cuádriceps derecho

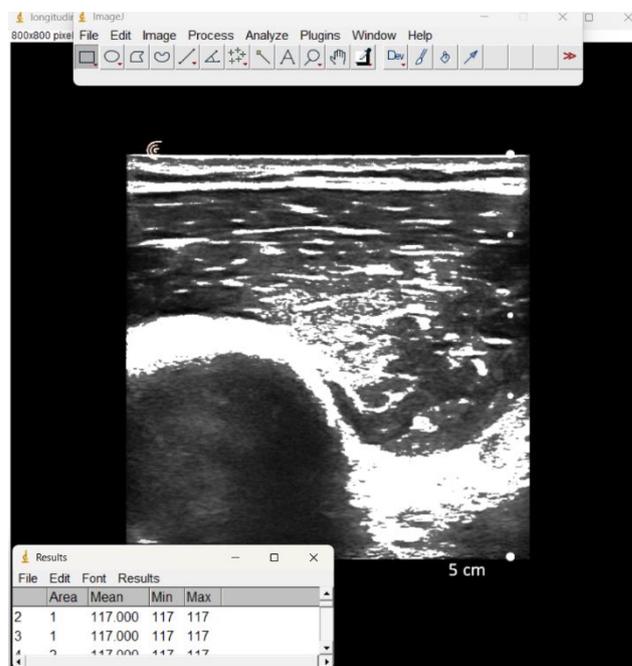


Ilustración 23. Estudio con ImageJ de la ilustración 19



Ilustración 24. Corte longitudinal del tríceps sural izquierdo

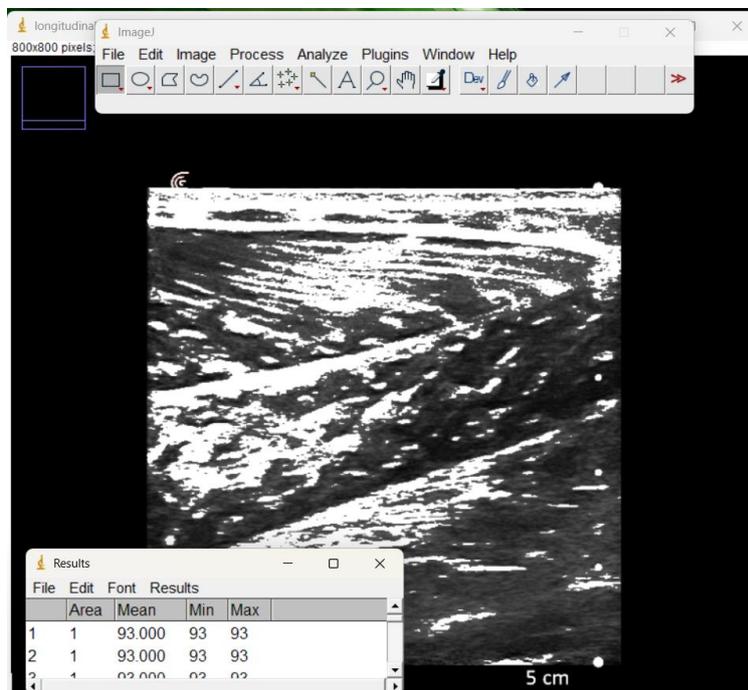


Ilustración 25. Estudio con ImageJ de la ilustración 21

Bibliografía:

1. Faude O, Rößler R, Junge A. Football injuries in children and adolescent players: Are there clues for prevention? *Sports Medicine*. 2013;43(9):819-837. doi:10.1007/s40279-013-0061-x
2. Herrero H, Salinero JJ, Del Coso J. Injuries among spanish male amateur soccer players: A retrospective population study. *American Journal of Sports Medicine*. 2014;42(1):78-85. doi:10.1177/0363546513507767
3. Brink MS, Visscher C, Arends S, Zwerver J, Post WJ, Lemmink KAPM. Monitoring stress and recovery: New insights for the prevention of injuries and illnesses in elite youth soccer players. *Br J Sports Med*. 2010;44(11):809-815. doi:10.1136/bjsm.2009.069476
4. Jaspers A, Kuyvenhoven JP, Staes F, Frencken WGP, Helsen WF, Brink MS. Examination of the external and internal load indicators' association with overuse injuries in professional soccer players. *J Sci Med Sport*. 2018;21(6):579-585. doi:10.1016/j.jsams.2017.10.005
5. Neil ER, Winkelmann ZK, Edler JR. Defining the term "Overuse": An evidence-based review of sports epidemiology literature. *J Athl Train*. 2018;53(3):279-281. doi:10.4085/1062-6050-84-16
6. Harøy J, Clarsen B, Thorborg K, Hölmich P, Bahr R, Andersen TE. Groin Problems in Male Soccer Players Are More Common Than Previously Reported. *American Journal of Sports Medicine*. 2017;45(6):1304-1308. doi:10.1177/0363546516687539
7. Roos KG, Marshall SW, Kerr ZY, et al. Epidemiology of overuse injuries in collegiate and high school athletics in the United States. *American Journal of Sports Medicine*. 2015;43(7):1790-1797. doi:10.1177/0363546515580790
8. Kary JM. Diagnosis and management of quadriceps strains and contusions. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2010;3(1-4):26-31. doi:10.1007/s12178-010-9064-5
9. Askling C, Saartok T, Thorstensson A. Type of acute hamstring strain affects flexibility, strength, and time to return to pre-injury level. *Br J Sports Med*. 2006;40(1):40-44. doi:10.1136/bjsm.2005.018879
10. Carling C, Gall FL, Reilly TP. Effects of physical efforts on injury in elite soccer. *Int J Sports Med*. 2010;31(3):180-185. doi:10.1055/s-0029-1241212
11. Stubbe JH, Van Beijsterveldt AMMC, Van Der Knaap S, et al. Injuries in professional male soccer players in the Netherlands: A prospective cohort study. *J Athl Train*. 2015;50(2):211-216. doi:10.4085/1062-6050-49.3.64
12. Ekstrand J, Häggglund M, Kristenson K, Magnusson H, Waldén M. Fewer ligament injuries but no preventive effect on muscle injuries and severe injuries: An 11-year follow-up of the UEFA Champions League injury study. *Br J Sports Med*. 2013;47(12):732-737. doi:10.1136/bjsports-2013-092394
13. Ergün M, Denerel HN, Binnet MS, Ertat KA. Injuries in elite youth football players: A prospective three-year study. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2013;47(5):339-346. doi:10.3944/AOTT.2013.3177

14. Clausen MB, Zebis MK, Møller M, et al. High injury incidence in adolescent female soccer. *American Journal of Sports Medicine*. 2014;42(10):2487-2494. doi:10.1177/0363546514541224
15. Erickson LN, Sherry MA. Rehabilitation and return to sport after hamstring strain injury. *J Sport Health Sci*. 2017;6(3):262-270. doi:10.1016/j.jshs.2017.04.001
16. Gronwald T, Klein C, Hoenig T, et al. Hamstring injury patterns in professional male football (soccer): a systematic video analysis of 52 cases. *Br J Sports Med*. 2022;56(3):165-171. doi:10.1136/bjsports-2021-104769
17. Small K, McNaughton LR, Greig M, Lohkamp M, Lovell R. Soccer fatigue, sprinting and hamstring injury risk. *Int J Sports Med*. 2009;30(8):573-578. doi:10.1055/s-0029-1202822
18. Charnock BL, Lewis CL, Garrett WE, Queen RM. Adductor longus mechanics during the maximal effort soccer kick. *Sports Biomech*. 2009;8(3):223-234. doi:10.1080/14763140903229500
19. Dupré T, Lysdal FG, Funken J, et al. Groin Injuries in Soccer: Investigating the Effect of Age on Adductor Muscle Forces. *Med Sci Sports Exerc*. 2020;52(6):1330-1337. doi:10.1249/MSS.0000000000002243
20. Mendiguchia J, Alentorn-Geli E, Idoate F, Myer GD. Rectus femoris muscle injuries in football: A clinically relevant review of mechanisms of injury, risk factors and preventive strategies. *Br J Sports Med*. 2013;47(6):359-366. doi:10.1136/bjsports-2012-091250
21. Green B, Lin M, Schache AG, et al. Calf muscle strain injuries in elite Australian Football players: A descriptive epidemiological evaluation. *Scand J Med Sci Sports*. 2020;30(1):174-184. doi:10.1111/sms.13552
22. Nsitem V. Diagnosis and rehabilitation of gastrocnemius muscle tear: a case report. *J Can Chiropr Assoc*. 2013;57(4).
23. McCall A, Carling C, Nedelec M, et al. Risk factors, testing and preventative strategies for non-contact injuries in professional football: current perceptions and practices of 44 teams from various premier leagues. *Br J Sports Med*. 2014;48(18):1352-1357. doi:10.1136/bjsports-2014-093439
24. Häggglund M, Waldén M, Ekstrand J. Risk factors for lower extremity muscle injury in professional soccer: The UEFA injury study. *American Journal of Sports Medicine*. 2013;41(2):327-335. doi:10.1177/0363546512470634
25. Sanfilippo JL, Silder A, Sherry MA, Tuite MJ, Heiderscheidt BC. Hamstring strength and morphology progression after return to sport from injury. *Med Sci Sports Exerc*. 2013;45(3):448-454. doi:10.1249/MSS.0b013e3182776eff
26. Freckleton G, Cook J, Pizzari T. The predictive validity of a single leg bridge test for hamstring injuries in Australian rules football players. *Br J Sports Med*. 2014;48(8):713-717. doi:10.1136/bjsports-2013-092356
27. Bourne MN, Williams M, Jackson J, et al. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*® Downloaded from *Www.*; 2019. *www.jospt.org*

28. Markovic G, Šarabon N, Pausic J, Hadžić V. Adductor muscles strength and strength asymmetry as risk factors for groin injuries among professional soccer players: A prospective study. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(14):1-9. doi:10.3390/ijerph17144946
29. Thorborg K, Branci S, Nielsen MP, Langelund MT, Hölmich P, Thorborg K. Copenhagen five-second squeeze: a valid indicator of sports-related hip and groin function. Published online 2016. doi:10.1136/bjsports-2016-096675
30. Bishop C, Weldon A, Hughes J, et al. Seasonal Variation of Physical Performance and Inter-limb Asymmetry in Professional Cricket Athletes. *J Strength Cond Res*. 2021;35(4):941-948. doi:10.1519/JSC.0000000000003927
31. Bishop C, Abbott W, Brashill C, Turner A, Lake J, Read P. Bilateral vs. Unilateral Countermovement Jumps: Comparing the Magnitude and Direction of Asymmetry in Elite Academy Soccer Players. *J Strength Cond Res*. 2022;36(6):1660-1666. doi:10.1519/JSC.0000000000003679
32. Hébert-Losier K, Schneiders AG, Newsham-West RJ, Sullivan SJ. Scientific bases and clinical utilisation of the calf-raise test. *Physical Therapy in Sport*. 2009;10(4):142-149. doi:10.1016/j.ptsp.2009.07.001
33. Hébert-Losier K, Newsham-West RJ, Schneiders AG, Sullivan SJ. Raising the standards of the calf-raise test: A systematic review. *J Sci Med Sport*. 2009;12(6):594-602. doi:10.1016/j.jsams.2008.12.628
34. Pruna R, Andersen TE, Clarsen B, Mccall A, Griffin S, Windt J. *MUSCLE INJURY GUIDE: PREVENTION OF AND RETURN TO PLAY FROM MUSCLE INJURIES.*; 2019.
35. Falch HN, Rædergård HG, Van Den Tillaar R. Relationship of performance measures and muscle activity between a 180° change of direction task and different countermovement jumps. *Sports*. 2020;8(4). doi:10.3390/sports8040047
36. Dos'Santos T, Thomas C, Jones PA, Comfort P. Assessing Asymmetries in Change of Direction Speed Performance: Application of Change of Direction Deficit. *J Strength Cond Res*. 2019;33(11):2953-2961. doi:10.1519/JSC.0000000000002438
37. Pietraszewski P, Gofaś A, Krzysztofik M. Comparison of Muscle Activity during 200 m Indoor Curve and Straight Sprinting in Elite Female Sprinters. *J Hum Kinet*. 2021;80(1):309-316. doi:10.2478/hukin-2021-0111
38. Filter A, Olivares-Jabalera J, Santalla A, et al. Curve Sprinting in Soccer: Kinematic and Neuromuscular Analysis. *Int J Sports Med*. 2020;41(11):744-750. doi:10.1055/a-1144-3175
39. Filter A, Beltrán-Garrido V, Dos'Santos T, et al. The Relationship between Performance and Asymmetries in Different Multidirectional Sprint Tests in Soccer Players. *J Hum Kinet*. 2021;79(1):155-164. doi:10.2478/hukin-2021-0069
40. Fernandes A de A, Silva CD da, Costa IT da, Marins JCB. The "FIFA 11+" warm-up programme for preventing injuries in soccer players: a systematic review. *Fisioterapia em Movimento*. 2015;28(2):397-405. doi:10.1590/0103-5150.028.002.ar01

41. Grgic J, Schoenfeld BJ, Skrepnik M, Davies TB, Mikulic P. Effects of Rest Interval Duration in Resistance Training on Measures of Muscular Strength: A Systematic Review. *Sports Medicine*. 2018;48(1):137-151. doi:10.1007/s40279-017-0788-x
42. Vieira A, Ribeiro GL, Macedo V, et al. Evidence of validity and reliability of Jumbo 2 and MyJump 2 for estimating vertical jump variables. *PeerJ*. 2023;11. doi:10.7717/peerj.14558
43. Field A. *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics*. 5th ed. Sage Publications.; 2018.
44. Aires B, Alegre P, Ventura Ríos L. *Manual de Ecografía Musculoesquelética*. www.medicapanamericana.com
45. Järvinen TAH, Järvinen TLN, Kääriäinen M, et al. Muscle injuries: optimising recovery. *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2007;21(2):317-331. doi:10.1016/j.berh.2006.12.004
46. Järvinen TAH, Järvinen TLN, Kääriäinen M, Kalimo H, Järvinen M. Muscle injuries: Biology and treatment. *American Journal of Sports Medicine*. 2005;33(5):745-764. doi:10.1177/0363546505274714
47. Seynnes OR, Cronin NJ. Simple muscle architecture analysis (SMA): An ImageJ macro tool to automate measurements in B-mode ultrasound scans. *PLoS One*. 2020;15(2). doi:10.1371/journal.pone.0229034
48. Thorborg K, MSportsphysio, Branci S, et al. Eccentric and isometric hip adduction strength in male soccer players with and without adductor-related groin pain: An assessor-blinded comparison. *Orthop J Sports Med*. 2014;2(2). doi:10.1177/2325967114521778
49. Opar DA, Williams MD, Shield AJ. Hamstring strain injuries: Factors that Lead to injury and re-Injury. *Sports Medicine*. 2012;42(3):209-226. doi:10.2165/11594800-000000000-00000
50. Tak I, Langhout R. Groin injury in soccer: Steps towards a sportspecific approach. From hypothesis to physical examination and treatment. *Aspetar Sports Medicine Journal*. Published online 2014:272-277.
51. Morgan C, Konopinski M, Dunn A, Milsom J. *Rehabilitation of Rectus Femoris Injuries in Kicking Athletes*.; 2018.
52. Pamuk Ö, Makaracı Y, Ceylan L, et al. Associations between Force-Time Related Single-Leg Counter Movement Jump Variables, Agility, and Linear Sprint in Competitive Youth Male Basketball Players. *Children*. 2023;10(3):427. doi:10.3390/children10030427
53. Vallance P, Hasani F, Crowley L, Malliaras P. Self-reported pain with single leg heel raise or single leg hop offer distinct information as measures of severity in men with midportion and insertional Achilles tendinopathy: An observational cross-sectional study. *Physical Therapy in Sport*. 2021;47:23-31. doi:10.1016/j.ptsp.2020.10.009