

**TRABAJO FIN DE GRADO  
DEL GRADO EN CIENCIAS  
DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y  
DEL DEPORTE.**

**PROPUESTA DE UN PROGRAMA  
DE ENTRENAMIENTO PARA LA  
READAPTACIÓN DEL  
LIGAMENTO CRUZADO  
ANTERIOR MEDIANTE EL USO  
DE LA DINAMOMETRÍA  
ELECTROMECAÁNICA FUNCIONAL**

AUTOR: ANTONIO PEÑA MARTÍN  
TUTOR: LUIS JAVIER CHIROSA RÍOS  
MENTORA: INDYA DEL CUERPO RODRÍGUEZ

---



FACULTAD DE  
CIENCIAS DEL DEPORTE

Universidad de Granada



UNIVERSIDAD  
DE GRANADA



## ÍNDICE

RESUMEN .....	1
ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN REAL.....	2
1. LUGAR DE REALIZACIÓN.....	2
2. POBLACIÓN A LA QUE VA ORIENTADO .....	2
3. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN REAL.....	3
3.1. Anatomía de la rodilla .....	3
3.2. Epidemiología.....	9
3.3. Mecanismos lesionales .....	9
3.4. Factores de riesgo .....	10
4. EVALUACIÓN INICIAL.....	11
FUNDAMENTACIÓN.....	13
1. ORIGEN DEL PROBLEMA .....	13
2. ANÁLISIS DEL ENTORNO.....	14
3. RIESGOS DERIVADOS DE NUESTRO TRABAJO .....	15
ESTRATEGIA: PLANIFICACIÓN .....	17
1. OBJETIVOS .....	17
2. FASES DEL PROGRAMA DE READAPTACIÓN .....	18
3. ABORDAJE MULTIDISCIPLINAR .....	24
4. PROGRAMA DE INTERVENCIÓN .....	25
EVALUACIÓN DEL PROGRAMA.....	30
DESEMPEÑO Y DESARROLLO PROFESIONAL.....	37
BIBLIOGRAFÍA .....	38
ANEXOS .....	44
FASE 0.....	44
FASE 1 .....	44
FASE 2 .....	44
FASE 3 .....	48
FASE 4.....	50
FASE 5.....	50



### RESUMEN

---

En este proyecto se desarrolla un programa de readaptación para la rotura de ligamento cruzado anterior y su posterior reconstrucción, una de las lesiones más graves y frecuentes de rodilla. Es muy importante saber que el proceso de readaptación se tiene que abordar desde el punto de vista multidisciplinar, siendo la figura del graduado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte (CCAFyD) crucial en el mismo, ya que el fisioterapeuta y el médico tienen las competencias para hacer que el lesionado vuelva a ser funcional en su día a día, pero la mayoría de personas que padecen esta lesión son deportistas, y el que hace que el deportista vuelva al deporte y, sobre todo, al nivel previo a la lesión, es el readaptador, que será un graduado en CCAFYD, como hemos mencionado anteriormente. En el proyecto se incluye también una metodología innovadora en el campo de la readaptación, ya que el programa completo se realiza con dinamometría electromecánica funcional, que nos proporciona la posibilidad de evaluar inicialmente y de realizar todos los ejercicios del programa sabiendo en todo momento lo que está pasando en la musculatura implicada y de realizarlos con seguridad, ya que se puede determinar la carga, el recorrido, el modo de realizar los ejercicios, etc.

El programa de readaptación constará de seis fases, una preoperatoria y cinco que se llevarán a cabo tras la operación, en todas ellas participará el readaptador exceptuando la fase aguda post-operatoria. Antes de describir todas las fases del programa se realiza una contextualización en la que se analiza la situación real, dando unas nociones sobre anatomía de la rodilla, y se describen los factores de riesgo y los mecanismos lesionales. Se hace también una fundamentación explicando el origen del problema y haciendo un análisis de las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades que presenta nuestro proyecto, así como las acciones que se pueden realizar frente a las mismas. Tras la descripción del programa y la evaluación del mismo se introduce un apartado donde se describe el desempeño y el desarrollo profesional que se quiere tener tras la finalización de este trabajo y, por tanto, el grado. Para concluir el trabajo se anexa una propuesta de guía con ejercicios aconsejados para la readaptación de ligamento cruzado anterior realizados con dinamometría electromecánica funcional.

**Palabras claves:** readaptación, ligamento cruzado anterior, dinamometría electromecánica funcional.



## ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN REAL

---

### 1. LUGAR DE REALIZACIÓN

El proyecto desarrollado no se ha llevado a cabo en ningún centro, por lo que se trata de una propuesta de trabajo no realizada. Sin embargo, podemos describir un escenario hipotético en el que nos gustaría poder desarrollarlo.

El lugar donde nos gustaría llevarlo a cabo sería un centro multidisciplinar, donde se proporcionan servicios de fisioterapia, readaptación y entrenamiento. Este centro se encontraría en las afueras del centro de Granada, debido a los problemas de accesibilidad en coche que este presenta. Lo ideal sería un sitio al que lleguen frecuentemente transportes públicos, tanto autobuses de línea como el metro, y que no se encuentre muy lejos de la autovía A-44, para aquellas personas que deseen acceder al centro en su vehículo particular. Esto último nos lleva a alejarnos un poco más del centro, ya que es necesario que sea un sitio donde no sea extremadamente difícil encontrar aparcamiento, no haya mucho tráfico para evitar atascos, etc.

Para poder desarrollar el proyecto de trabajo es necesario que se cumplan una serie de condiciones. En primer lugar, se necesita que dentro de este centro se disponga de una sala de entrenamiento funcional, la cual no tiene que ser muy grande, pero sí lo suficiente como para poder estar ejercitándose al menos dos personas con comodidad. También es necesario disponer de una máquina de dinamometría electromecánica funcional, con la cual se desarrollará el proyecto de forma innovadora.

En el proyecto se trabajará junto a un equipo multidisciplinar, es decir, junto a un equipo de profesionales de diferentes ámbitos que confluyen en una misma área. Este equipo estará formado por médicos, fisioterapeutas y graduados en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte.

### 2. POBLACIÓN A LA QUE VA ORIENTADO

La población a la que irá dirigido el proyecto será a aquellas personas que hayan sufrido una lesión del ligamento cruzado anterior (LCA) en cualquier rodilla y esto haya requerido operación.

La rotura del LCA es la lesión de rodilla más común en atletas, y la rehabilitación y readaptación es la clave para superar satisfactoriamente esta lesión (Brinlee et al., 2021), por lo que la población será deportistas independientemente de su nivel.



### 3. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN REAL

En primer lugar, es necesario saber que según Gans et al., (2018) la rotura del LCA es una de las lesiones ortopédicas más estudiadas, con una incidencia de entre 30 a 78 personas por cada 100000 cada año, siendo una de las lesiones más comunes de rodilla. Después de la reconstrucción del LCA, entre el 61% y el 89% de los atletas vuelven a practicar deporte de forma satisfactoria transcurridos de 8 a 18 meses desde la operación, dependiendo del nivel.

Una vez sabido esto, para una mejor comprensión de la situación real en la que nos enmarcamos, se considera necesario dividir este apartado en los siguientes puntos.

#### 3.1. Anatomía de la rodilla

Al tratarse de una lesión, es imprescindible dedicar un breve apartado a analizar la anatomía ósea de la rodilla, los movimientos y los músculos que participan en ellos, así como la función del ligamento cruzado anterior, que es sobre el que se va a desarrollar el trabajo.

La rodilla es una articulación especialmente expuesta en el ser humano. Aunque resistente, las enormes cargas que soporta favorecen la aparición de lesiones por sobreuso, degeneración precoz y frecuentes traumatismos. En la rodilla encontramos las siguientes estructuras óseas:

- **Extremidad distal del fémur:** aquí se encuentran unos salientes que se orientan hacia la cara posterior de la rodilla, que se llaman cóndilos femorales, entre los que está la escotadura intercondílea, y que están coronados a cada lado por los epicóndilos externos e internos.



Figura 1. Extremidad distal del fémur. Recuperado de los apuntes de Anatomía Funcional del Aparato Locomotor.



- **Rótula:** es un hueso sesamoideo, por estar incluido dentro del cuerpo tendinoso del cuádriceps. Tiene forma acastañada, suavemente aplanada en donde se aprecia una parte superior que es la base rotuliana, en donde se fija el tendón del cuádriceps, una punta inferior que es el vértice o ápex, en donde se fija el tendón rotuliano.



Figura 2. La rótula. Recuperado de los apuntes de Anatomía Funcional del Aparato Locomotor.

- **Extremidad superior de la tibia:** consiste en una dilatación de la diáfisis tibial, que termina en la meseta tibial. En esta se aprecian dos zonas aplanado-cóncavas llamadas platillos tibiales interno y externo. Ambos platillos se separan por dos salientes llamados espinas de la tibia interna (siempre más grande) y externa. Las espinas de la tibia se enfrentan a la escotadura femoral, mientras que los platillos lo hacen con los cóndilos femorales.

La meseta tibial no es lineal respecto a la diáfisis, sino que se encuentra rechazada hacia atrás, formando un ángulo cuyo vértice es la espina tibial anterior. Esta espina es fácilmente palpable debajo de la piel y a partir de ella hacia abajo podemos palpar la cresta tibial anterior (espinilla) que dispone de un periostio muy sensible.

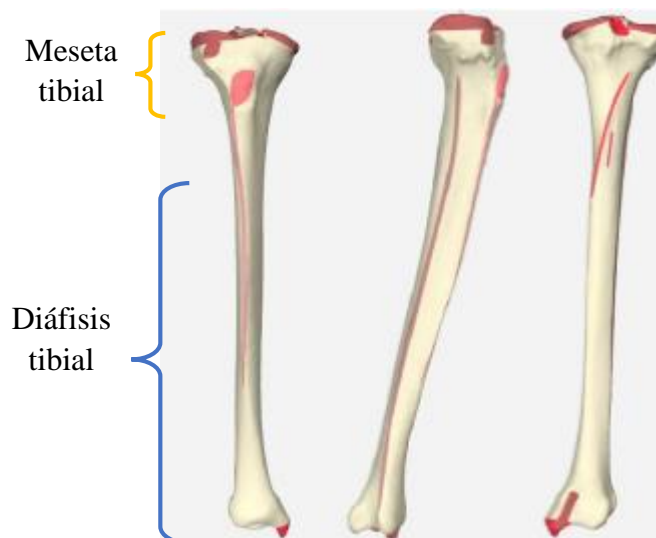


Figura 3. Tibia. Recuperado de los apuntes de Anatomía Funcional del Aparato Locomotor.



Figura 4. Meseta tibial. Recuperado de los apuntes de Anatomía Funcional del Aparato Locomotor.



En cuanto a las estructuras que unen la articulación de la rodilla se encuentran:

- **La cápsula articular:** tiene la forma de un manguito, al cual se le ha abierto una ventana en la cara anterior, en donde se aplica la rótula. Las funciones de la cápsula en este caso no son solamente las habituales (estabilizar, limitar el movimiento), sino que tienen un importante papel transmisor de presiones.
- **Meniscos:** tienen el fin de restablecer una congruencia articular. Sin ellos se produciría un exceso de concentración de cargas en las zonas medias de los platillos tibiales. Su defecto entorpecería la transmisión de presiones. Si no existieran los meniscos, las presiones se transmitirían en una sola línea de puntos de cada platillo tibial y se produciría un envejecimiento precoz.

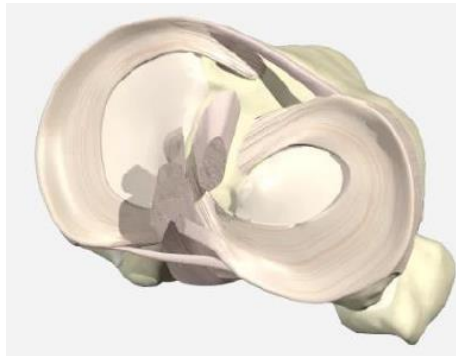


Figura 5. Meniscos. Recuperado de Anatomía Funcional del Aparato Locomotor.

- **Ligamentos:** hay anteriores, posteriores, laterales y cruzados los cuales refuerzan a la cápsula articular. Son:
  - Ligamentos laterales (interno y externo).
  - Ligamentos posteriores.
  - Ligamentos cruzados (anterior y posterior).

El **ligamento lateral interno (LLI)** es el más largo, el más grueso y el más potente que hay en la rodilla. Se origina en la cara lateral y un poco posterior del cóndilo femoral interno, y termina hacia abajo y adelante en la cara lateral de la tibia. En su trayecto toma fijaciones en el menisco interno.

El **ligamento lateral externo (LLE)** es más corto, más delgado y típicamente cordonal. Se origina en la cara lateral externa del cóndilo femoral, y termina en la cabeza del peroné también hacia abajo y atrás.

Ambos ligamentos colaterales tienen una característica común: sus orígenes están detrás y ligeramente por encima de los centros de giro de la rodilla. Esta particularidad les permite estar tensos en extensión, estabilizando la rodilla. Por el contrario, en flexión se destensan. Esto puede ser tanto un mecanismo de



defensa como un mecanismo de desequilibrio. Estos ligamentos están reforzados por la propia estructura ósea. Esta continúa las presiones desde el fémur a la tibia a través de los ligamentos laterales.



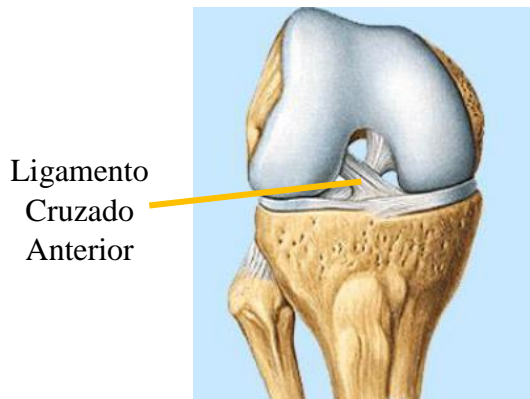
Figura 6. Ligamentos y meniscos. Recuperado de los apuntes de Anatomía Funcional del Aparato Locomotor.

Los **ligamentos posteriores** son engrosamientos de la cápsula articular. Aseguran la estabilidad anteroposterior de la rodilla. Son los casquetes capsulares, el ligamento arqueado, el ligamento oblicuo (nace en el tendón del m. Semimembranoso) y están reforzados por el músculo poplíteo, el semimembranoso, el bíceps (llega a la cabeza del peroné) y el ligamento lateral externo (que llega a la punta de la cabeza del peroné, muy atrás).

Los ligamentos cruzados son dos: el **ligamento cruzado anterior** y el **ligamento cruzado posterior**. Éstos deben su nombre a su posición en el espacio, ya que están triplemente cruzados entre sí, en el plano frontal, en el sagital y en el transversal. (Tirabuzón).

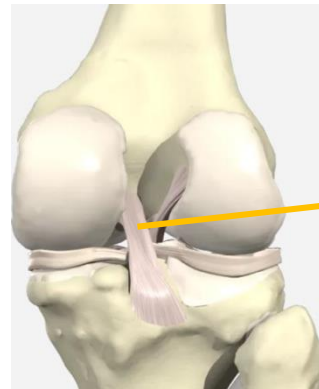
La función de los ligamentos cruzados es la de dar estabilidad antero-posterior, es decir, la de evitar que se produzcan movimientos de cajón (Parenti, 2013). En concreto, el que nos interesa a nosotros, que es el LCA, tiene como función impedir el cajón anterior, es decir, impedir que la tibia se desplace hacia delante.





Ligamento  
Cruzado  
Anterior

Figura 7. Visión anterior de la rodilla derecha flexionada. Recuperado de los apuntes de Anatomía Funcional del Aparato Locomotor.



Ligamento  
Cruzado  
Posterior

Figura 8. Visión posterior de la rodilla derecha extendida. Recuperado de los apuntes de Anatomía Funcional del Aparato Locomotor.

A continuación, se analizan los ejes y los movimientos que se dan en la rodilla. En este caso, se comienza hablando de los ejes de movimiento de la rodilla.

- **Ejes básicos:** en el plano frontal entre muslo y pierna se forma un ángulo con vértice hacia dentro de unos  $170^\circ$  o  $175^\circ$ . Este ángulo se llama valgo fisiológico, debido a que, en posición anatómica, la rodilla se encuentra debajo del centro de gravedad en la proyección de la pelvis buscando una trayectoria que va desde fuera hacia dentro; el fémur está inclinado para que los pies puedan estar juntos y permitir la transmisión de las cargas del centro de gravedad. Por debajo de  $160^\circ$  o  $165^\circ$  ya se considera un valgo patológico y no se pueden cerrar los pies, ya que chocan antes las rodillas. Mucho más frecuente es lo contrario, que el ángulo vaya aumentando y cuando es mayor de  $180^\circ$  ya tenemos lo que se llama varo. Todo varo es patológico u acelera el deterioro natural de la rodilla.

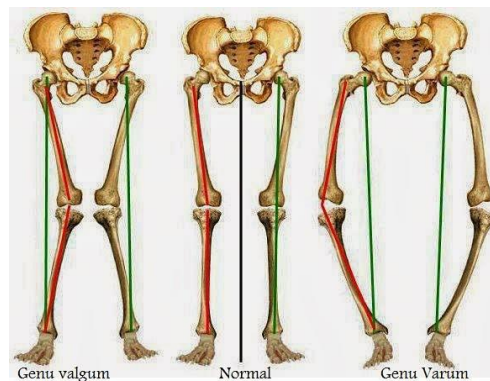


Figura 9. Ángulos en la rodilla. Recuperado de los apuntes de Anatomía Funcional del Aparato Locomotor.



- En cuanto a los **ejes articulares** se puede hablar de:
  - Un **eje transversal**, que entra por un cóndilo y sale por el otro, para los movimientos de flexo-extensión en la articulación fémoro tibial (troclear).
  - Un **eje sagital**, que entra por el polo inferior de la rótula.
  - Un **eje longitudinal**, que entra por detrás de la rótula sale por debajo de la misma, en la articulación fémoro patelar (condílea).

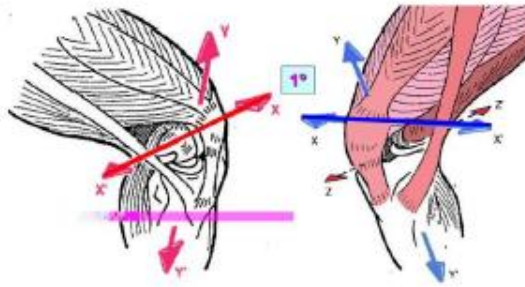


Figura 10. Ejes de articulación de la rodilla.  
Recuperado de los apuntes de Anatomía  
Funcional del Aparato Locomotor.

Profundizando en los movimientos de la rodilla, se analizarán los siguientes, teniendo siempre claro que en la articulación fémorotibial los movimientos están condicionados por los movimientos de la cadera.

**Flexión:** la flexión es un movimiento anti tropezón, evita tropezar con objetos de tamaño mediano, inferiores a la altura de la pierna, necesitando para ello una flexión mayor a  $90^\circ$  para evitar que la punta del pie choque con el objeto.

La flexión de rodilla está facilitada por la flexión de la cadera y puede ser activa (con flexión de unos  $140^\circ$ ) o pasiva (depende del volumen de las partes blandas, pero es fácil que alcance los  $160^\circ$ ). La flexión de la rodilla con la cadera extendida es mucho menor y no suele pasar de  $120^\circ$  salvo que se ejecute de forma pasiva (hasta  $140^\circ$  es lo normal).

**Extensión:** en posición anatómica ya estamos extendidos, por lo que tan solo podemos encontrar una hiperextensión (que puede ser pasiva o activa, de entre  $5^\circ$ -  $10^\circ$ ) en la última fase de impulsión de algunos saltos, así como con los pies fijos cuando el centro de gravedad se desequilibra hacia delante. Suele ser mayor en las mujeres.

**Rotación:** este movimiento tan solo se da cuando la rodilla está flexionada. Esto es debido a la relativa incongruencia de los fines de la rodilla: debe ser sólida y estable (para aguantar el peso, el salto, las cargas) y además muy móvil (para avanzar por el terreno, superar obstáculos).



Tabla 1. Creación propia. Movimientos de la rodilla y músculos que lo realizan. Recuperado de Parenti, (2013).

MOVIMIENTOS	MÚSCULOS QUE LO REALIZAN
Extensión	Cuádriceps
	Gemelo (con apoyo de pie)
Flexión	Bíceps crural
	Semimembranoso
	Semitendinoso
	Recto interno
	Sartorio
	Poplíteo
Rotación interna	Bíceps crural
	Tensor de la fascia lata
	Semitendinoso
	Semimembranoso
Rotación externa	Recto interno
	Poplíteo

### 3.2. Epidemiología

Según los estudios epidemiológicos de Schneider et al. (2019), Leyes et al. (2020) y Pollard et al. (2007), la incidencia de lesión es mayor en mujeres que en hombres, produciéndose la gran mayoría de ellas en deportes que requieren continuos cambios de dirección, saltos y aterrizajes. El 60% de las lesiones en mujeres tienen lugar con mecanismos de lesión sin contacto, mientras que el 59% de las lesiones en hombres se producen con un mecanismo de contacto (Agel et al., 2016).

### 3.3. Mecanismos lesionales

- **Aterrizajes**

La mayoría de lesiones en deportes de salto ocurren al aterrizar, de forma que los deportistas caen con un desequilibrio y con mayor carga generalmente en la rodilla que se lesiona.

- **Alteraciones en la alineación del tronco**

Otro mecanismo de lesión se produce cuando se rota notablemente el tronco en el plano transversal alejándose del lado de la rodilla lesionada, al mismo tiempo que se flexiona lateralmente el tronco en el plano frontal hacia el lado de la rodilla lesionada, sin alterar la alineación de los pies. Estas alteraciones en la alineación del tronco pueden indicar que el jugador, previamente a producirse la lesión, se estaba adelantando al siguiente movimiento o jugada antes de que se completara el aterrizaje (Stuelcken et al., 2016).



- **Valgo de rodilla + rotación interna de cadera**

En situaciones de juego, en cualquier deporte se pueden generar cargas muy altas sobre la rodilla. Ambos factores por separado pueden ser un factor de riesgo, ya que producen una tensión bastante alta sobre el LCA, aunque no siempre esta tensión supera el umbral para que se produzca la rotura. Sin embargo, cuando se combinan ambos factores, la tensión a la que se somete el LCA se incrementa exponencialmente, aumentando con ello el riesgo de rotura y, por lo tanto, de lesión. Por ello, aquellos sujetos que normalmente tienen unos momentos de valgo y de rotación interna muy altos, estarán siempre expuestos a un mayor riesgo de lesión (Shin et al., 2011).

- **Aterrizajes con un ángulo de flexión de rodilla menor de 30°**

Con ángulos de flexión menores a 30° en la rodilla, la extremidad inferior estará en una posición más extendida, y posiblemente no tenga capacidad para disipar la energía cinética que se produce durante el aterrizaje. Por ello, la rodilla presentará más rigidez y la fuerza de reacción del suelo será mayor, generando esto un riesgo para que se produzca la lesión de LCA (Zahradnik et al., 2017; Sakurai et al., 2017).

### **3.4. Factores de riesgo**

Como se ha comentado anteriormente, la lesión de LCA suele producirse mayoritariamente durante la realización de deportes, tanto de competición como recreativos, en los que se producen saltos y aterrizajes, continuos cambios de dirección o contacto con el oponente, siendo esto uno de los principales factores de riesgo que, combinados con factores como los que describimos a continuación, pueden resultar en lesión.

- **Valgo de rodilla**

El valgo de rodilla en el contacto inicial durante el paso lateral es un predictor de riesgo de lesión del LCA, siendo este riesgo más pronunciado en mujeres. Además, el momento máximo de valgo durante el paso lateral es más sensible en el contacto inicial cuando este se produce en flexión de cadera, y en posición de rotación interna (McLean et al., 2005; Sakurai et al., 2017). Este factor de riesgo estará muy presente en deportes donde hay que hacer continuos cambios de dirección, como pueden ser fútbol, balonmano, baloncesto, etc.

- **Poca flexión plantar del tobillo en caídas**

Un mayor ángulo de flexión plantar del tobillo en el contacto inicial está significativamente asociado con un menor momento de valgo de rodilla y de valgo combinado con rotación interna. Por lo tanto, los resultados sugieren que aumentar el ángulo de flexión del tobillo en el aterrizaje puede ser un factor importante para reducir los momentos de fuerza en el plano frontal y transversal, asociados al riesgo de lesión del LCA sin contacto (Lee & Shin, 2021).



- **Bajo índice de desarrollo de momento de fuerza (RTD) en abductor de la cadera.**

En conjunto, los resultados del estudio de Stearns-Reider et al., (2021) sugieren que las mujeres que presentan un pico más bajo de RTD en el abductor de la cadera durante los primeros 50 milisegundos después del inicio de la fuerza son más propensas a mostrar un mayor valgo de rodilla durante el aterrizaje. Por lo que se confirma que una disminución de la fuerza del abductor de cadera está asociada al valgo de rodilla, que es un factor de riesgo claro de la lesión de LCA.

- **Segunda tarea cognitiva**

Llevar a cabo una segunda tarea cognitiva al mismo tiempo que una tarea de salto-aterrizaje tiene consecuencias en las variables biomecánicas de las extremidades inferiores, haciendo que la carga en el LCA aumente y que la ejecución del salto sea peor. Por lo tanto, imponer un reto cognitivo simultáneamente puede afectar negativamente a la programación motora requerida para la ejecución segura del aterrizaje de un salto (Dai et al., 2018).

#### **4. EVALUACIÓN INICIAL**

La evaluación inicial de una lesión por parte de un readaptador es complicada, ya que en las primeras fases las competencias para tratar la rodilla del lesionado las tienen los médicos y los fisioterapeutas. Por lo tanto, la evaluación inicial que se realizará será a partir de la fase en la que se puede comenzar a trabajar como readaptador y previamente este estará en contacto con el fisioterapeuta sobre todo.

Cuando se recibe a la persona con la que se va a trabajar lo primero que se medirá será si se ha recuperado la movilidad completa, tanto de extensión como de flexión, para ver si esto puede ser un factor limitante para realizar los ejercicios. Según Cooper & Hughes. (2018), esta evaluación se puede realizar con un goniómetro y se comparará con la extremidad contralateral.

Algo importante que se medirá también es la fuerza tanto de cuádriceps como de isquiotibiales de forma **isométrica** e **isocinética**, para ver de qué punto parte el lesionado. Según De Araujo Ribeiro Alvares et al. (2015), las técnicas de dinamometría isocinética dinámica son seguras y fiables en este tipo de lesiones. La evaluación de la fuerza máxima del cuádriceps y los isquiotibiales se realizará a 60°/s y 180°/s (Undheim et al., 2015).

Además, según Cooper & Hughes. (2018), en las primeras fases del proceso se mide la fuerza isométrica con la cadera y la rodilla en un ángulo de 90°, por lo que son las técnicas que se utilizarán.

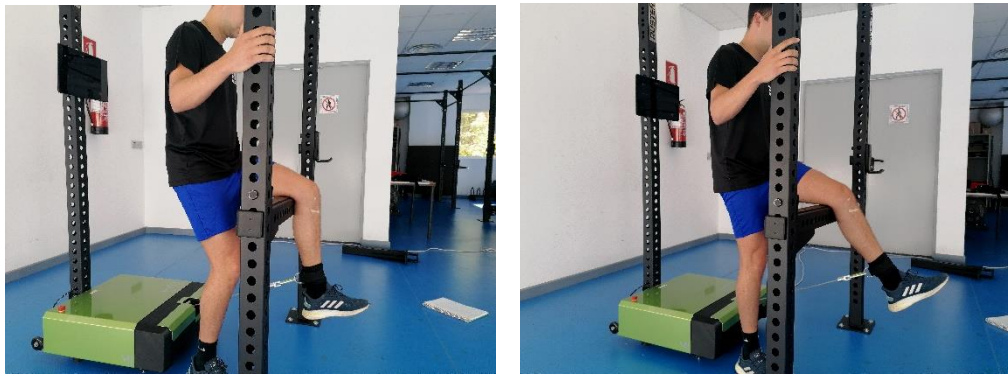


Figura 11. Elaboración propia. Evaluación isocinética de la fuerza del cuádriceps.



Figura 12. Elaboración propia. Evaluación isométrica de la fuerza del isquiotibial y del cuádriceps.



## FUNDAMENTACIÓN

---

### 1. ORIGEN DEL PROBLEMA

Como se ha expuesto anteriormente, la lesión de LCA es una de las lesiones de rodilla más comunes en el deporte. Afortunadamente, de manera general, un alto porcentaje de los deportistas que la han sufrido se vuelven a reincorporar nuevamente a su deporte. Sin embargo, este porcentaje se ve disminuido si se habla de la vuelta al deporte de alta competición (entre el 44% y el 55%). Las dos razones más comunes que impiden la vuelta al deporte, tanto general como de alta competición, son el miedo a la recaída y los problemas funcionales en la rodilla operada (Anderson et al., 2016).

De hecho, uno de los riesgos derivados de esta lesión es que aquellos que regresan al deporte de alta competición con cambios de dirección y pivotaje, después de una reconstrucción de LCA, tienen mayor riesgo de rotura del autoinjerto y de lesión de la rodilla contralateral. Y ese riesgo se incrementa especialmente en aquellos deportistas menores de veinte años (Webster et al., 2014).

La lesión LCA está asociada, además, a un mayor riesgo de artritis. Una lesión de menisco, una menisectomía o un autoinjerto del tendón patelar son posibles factores de riesgo para el desarrollo de artritis después de la reconstrucción de LCA (Anderson et al., 2016).

Otro de los problemas que se mencionan en Anderson et al. (2016), es que falta uniformidad en la literatura para definir unos criterios objetivos para la vuelta al deporte. En muchos casos, lo único que se tiene en cuenta es el tiempo transcurrido desde la operación, olvidando aspectos tan importantes como la asimetría de fuerza en ambas extremidades, o que puede existir un desentrenamiento que puede llevar a una rotura de LCA en la extremidad contralateral. Por ello, se hace indispensable establecer una evaluación que permita garantizar una vuelta al deporte lo más segura posible.



## 2. ANÁLISIS DEL ENTORNO

Una de las herramientas que se utiliza para analizar el entorno de los proyectos es el análisis DAFO. Este análisis evalúa características internas que son las Debilidades y Fortalezas, y las características externas, que son las Amenazas y las Oportunidades.

Tabla 2. Análisis DAFO

DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"><li>• Poca formación en readaptación durante el Grado en CCAFYD.</li><li>• Poca experiencia en trabajo con pacientes.</li><li>• Controversia en algunos temas de la rehabilitación y la readaptación.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Intrusismo laboral, ya que es un trabajo que normalmente lleva a cabo un fisioterapeuta.</li><li>• El dispositivo de dinamometría electromecánica funcional no es asequible para todo el mundo ni para todas las clínicas.</li><li>• En muchos casos el alta médica llega antes de que el deportista esté preparado para volver al deporte, por lo que se puede cuestionar nuestro trabajo por parte del paciente.</li></ul>
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Empleo de una tecnología puntera como medio de innovación para la readaptación de forma segura.</li><li>✓ Abordaje multidisciplinar.</li><li>✓ Experiencia en lesión y readaptación de LCA, por lo que será más fácil empatizar con el paciente.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Formación en valoración y entrenamiento funcional, así como en readaptación.</li><li>✓ Auge de las clínicas de fisioterapia que están optando por introducir un readaptador para abordar las lesiones desde un punto de vista multidisciplinar.</li><li>✓ Los deportistas se están dando cuenta de lo importante que es una buena readaptación para volver al rendimiento previo a la lesión.</li><li>✓ Posibilidad de trabajar con un dispositivo de dinamometría electromecánica funcional, que te permite tanto la valoración como el desarrollo de un programa funcional de fuerza.</li></ul>





A partir del análisis DAFO, se puede establecer una serie de estrategias y definir acciones que se van a realizar en función del resultado del análisis. Estas son las estrategias CAME, que consisten en: Corregir debilidades, Afrontar las amenazas, Mantener las fortalezas y Explotar las oportunidades.

Tabla 3. Estrategia CAME

<b>CORREGIR DEBILIDADES</b>	<b>AFRONTAR AMENAZAS</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Continuar mi formación mediante másteres y cursos en readaptación de lesiones.</li><li>• Pedir consejos a profesionales con más experiencia y tomarlos como referentes.</li><li>• Estar al día y realizar búsquedas documentales en la literatura científica sobre los temas de controversia.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Trabajar de forma multidisciplinar, pero diferenciando las competencias de cada uno.</li><li>• Aprovechar la oportunidad de trabajar con ella y difundir las ventajas que tiene.</li><li>• Fijar unos objetivos desde el principio y ganarme la confianza del paciente para ir con tranquilidad y cumpliendo los objetivos antes de volver al deporte.</li></ul>
<b>MANTENER FORTALEZAS</b>	<b>EXPLOTAR OPORTUNIDADES</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Aprovechar todas las posibilidades que me da el dispositivo.</li><li>✓ Trabajar conjuntamente con fisioterapeutas para una readaptación mucho más eficaz.</li><li>✓ Empatizar con el paciente y que se sienta apoyado por una persona que pasó por el mismo proceso.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Diferenciarme mediante el estudio de la valoración y entrenamiento funcional, y en readaptación.</li><li>✓ Aprovechar el auge de las clínicas multidisciplinarias para trabajar y obtener experiencia en una de ellas.</li><li>✓ Especializarme en este tipo de lesiones para poder ayudar a deportistas que la sufran.</li><li>✓ Sacar el máximo partido a todas las opciones que presenta el dispositivo de dinamometría electromecánica funcional.</li></ul>

### 3. RIESGOS DERIVADOS DE NUESTRO TRABAJO

Nuestro trabajo consiste en tratar con una persona que ha sufrido una lesión grave, por lo que se debe tener en cuenta que uno de los principales riesgos que se tienen que evitar es una recaída de la lesión. Para que lo anterior no suceda, hay que llevar a cabo una progresión en el programa de readaptación con la fijación de unos objetivos. Nuestro criterio para progresar será la consecución de unos objetivos, y no nos guiaremos tanto por la temporalidad. Esto nos garantizará que si el sujeto cumple los objetivos es porque



realmente está preparado para avanzar sin peligro de que haya una recidiva. Además, creo que es más motivante para el lesionado saber los objetivos que debe cumplir, en vez de darle un tiempo estimado hasta su vuelta a la competición.

Junto a la lesión de ligamento cruzado anterior suelen aparecer dañadas otras estructuras como los meniscos. Si esto ocurre, hay que tenerlas en cuenta ya que durante el proceso de readaptación puede que se inflamen y se tendrá que progresar más lentamente. Además, durante la readaptación, sobre todo en las fases de fortalecimiento y de carrera, aterrizajes y cambios de dirección, pueden surgir dolencias relacionadas con lo anterior o por sobrecarga muscular, ya que los músculos no estarán adaptados a estos estímulos. Es importante el abordaje multidisciplinar, sobre todo trabajar junto a un fisioterapeuta que nos ayude con esto y supervise junto a nosotros el proceso.

En conclusión, creo que algo clave en la readaptación de esta lesión para evitar riesgos es seguir una progresión para el cumplimiento de unos objetivos, además de centrarnos en ellos para avanzar de fase con seguridad.



## ESTRATEGIA: PLANIFICACIÓN

---

### 1. OBJETIVOS

El programa de readaptación tras la lesión del LCA que se ha desarrollado tendrá como objetivos generales (1) recuperar la funcionalidad de la rodilla lesionada, (2) volver a la actividad deportiva, tanto al deporte de alto rendimiento como al deporte recreacional, (3) volver al nivel de rendimiento previo a la lesión e (4) introducir la dinamometría electromecánica funcional como elemento innovador para la readaptación de lesiones.

Cuando una persona sufre una rotura de LCA lo primero que se tiene que tener en cuenta es la salud de esa persona y que en su día a día la lesión no se convierta en una limitación. Por ello, el **primer objetivo será recuperar la funcionalidad de la rodilla lesionada**, de forma que pueda andar sin problemas y sin que le suponga un reto desplazarse. Para poder alcanzar este objetivo general, se tiene que tener en cuenta los siguientes objetivos específicos:

- ✓ Recuperar la movilidad de la rodilla lesionada.
- ✓ Alcanzar la marcha normal.

La lesión de LCA la sufrirán deportistas de diferentes niveles, por lo que el siguiente objetivo general que se tiene en cuenta es **volver a la actividad deportiva de manera segura y disfrutar de la misma** sin que pensar en la rodilla constantemente sea un factor limitante. Dentro de este objetivo general, se encuentran también una serie de objetivos específicos:

- ✓ Recuperar la fuerza en la pierna lesionada.
- ✓ Restablecer el control neuromuscular.
- ✓ Recobrar el equilibrio y la propiocepción.
- ✓ Ser capaz de realizar acciones propias de los deportes: carrera, saltos y aterrizajes, pivotajes, etc.

Tanto en alto rendimiento como en el deporte recreacional, uno de los objetivos generales debe ser **volver al rendimiento previo a la lesión**. Esto se debe a que puede ser muy frustrante para el deportista ver que, tras la lesión, no es capaz de realizar acciones que previamente sí podía. Por ello, si queremos que la persona mantenga un buen nivel de adherencia al deporte, este objetivo debe ser muy importante. Los objetivos específicos serán:

- ✓ Realizar una progresión en el entrenamiento de las habilidades deportivas.
- ✓ Continuar con la readaptación y el entrenamiento una vez se haya vuelto al deporte.

El programa que se ha desarrollado tiene como objetivo **introducir la dinamometría electromecánica funcional como elemento innovador para la readaptación de lesiones**, ya que es una forma segura de llevar a cabo la misma, puesto que se pueden



controlar variables que pueden ser lesivas durante un proceso tan complicado como este, como pueden ser la velocidad o la carga y se tendrá un seguimiento durante todos los ejercicios de la fuerza de la musculatura implicada sin necesidad de estar constantemente realizando evaluaciones. Además, proporciona una gran variabilidad de ejercicios, ya que podemos realizar ejercicios en diferentes modos que son: tónico, cinético, isométrico, vibratorio, elástico, cónico e inercial. Como objetivos específicos se encuentran:

- ✓ Usar la dinamometría electromecánica funcional para la evaluación de la fuerza durante todo el programa de readaptación de LCA.
- ✓ Utilizar la dinamometría electromecánica funcional para el desarrollo de un programa de readaptación de LCA.
- ✓ Aprovechar la versatilidad y las ventajas de la dinamometría electromecánica funcional.

## 2. FASES DEL PROGRAMA DE READAPTACIÓN

El programa de readaptación que se llevará a cabo se dividirá en una serie de fases en las que participará un equipo multidisciplinar. Aunque la mayoría de las veces se plantea una readaptación según criterios temporales, en esta ocasión nosotros seguiremos como criterio el cumplimiento de los objetivos de cada fase para poder seguir progresando hacia la siguiente. Si bien lo anterior es cierto, según Grindem et al. (2016), por cada mes que se retrasa la vuelta al deporte hasta los nueve meses, se reduce el riesgo de recidiva en un 51%, por lo que este será el tiempo estimado en el que llevaremos a cabo nuestro programa.



Figura 13. Creación propia. Fases de recuperación de LCA.

Como se ha mencionado antes, se va a plantear un programa de readaptación de seis fases (Figura 13), donde habrá una fase pre-quirúrgica y otras cinco que se desarrollarán después de la operación. Cada fase tendrá una serie de objetivos que habrá que evaluar y cumplir para poder progresar a la siguiente fase con un riesgo reducido de recaída.

**Fase 0: Pre-quirúrgica**

Tabla 4. Creación propia. Cuadro resumen de la fase pre-quirúrgica

FASE	0
	PRE-QUIRÚRGICA
OBJETIVOS	<ul style="list-style-type: none"><li>- Controlar la inflamación.</li><li>- Restablecer la movilidad completa</li><li>- Recuperar el 90% de la fuerza en cuádriceps e isquios comparados con la otra pierna.</li></ul>
EJERCICIOS	<ul style="list-style-type: none"><li>- De recuperación la movilidad.</li><li>- Aeróbicos de bajo impacto.</li><li>- De fortalecimiento progresivamente.</li></ul>
INTERVENCIÓN	<ul style="list-style-type: none"><li>- Médico</li><li>- Fisioterapeuta</li><li>- Readaptador</li></ul>

Llevar a cabo una fase pre-quirúrgica está demostrado que es muy importante. Según Grindem et al. (2015), aquellos que realizan una fase pre-operatoria en su rehabilitación mostrarán mayores beneficios en su recuperación tanto inmediata como a largo plazo (incluso dos años después de la reconstrucción de LCA), comparado con aquellos que no realizan esta fase. Es por esto que en nuestro programa de readaptación es indispensable alcanzar una serie de objetivos previos a la operación.

Los objetivos de esta fase serán: controlar la inflamación de la rodilla, recuperar la movilidad completa, tanto flexión como extensión y recuperar como mínimo entre el 85% y el 90% de la fuerza en cuádriceps e isquiotibiales, comparado con la fuerza con la de la extremidad no lesionada (Cooper & Hughes, 2018). Cumplir con los objetivos propuestos antes de la operación se asocia con una mejor recuperación después de la misma (Brinlee et al., 2021).

Una vez que se consiguen los objetivos de esta fase, el deportista se someterá a la operación, y, después de la misma, se avanzará hacia la fase aguda post-operatoria.

**Fase 1: Aguda post-operación.**

Tabla 5. Creación propia. Cuadro resumen de la fase aguda post-operación.

FASE	1
	AGUDA POST-OPERACIÓN
<b>OBJETIVOS</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Controlar el dolor y la inflamación.</li><li>- Minimizar los efectos de la inmovilización.</li><li>- Obtener extensión completa activa y pasiva de la rodilla respecto a la no lesionada.</li><li>- Conseguir flexión entre 100°-120°</li><li>- Preservar la función muscular del cuádriceps.</li><li>- Restaurar la habilidad de realizar un levantamiento de pierna completamente extendida sin fallo del cuádriceps.</li><li>- Soportar el peso completo del cuerpo con una sola pierna.</li><li>- Alcanzar la marcha normal.</li></ul>
<b>EJERCICIOS</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Para la recuperación de la movilidad</li><li>- Isométricos de cuádriceps.</li><li>- Elevación de una sola pierna extendida, progresando hacia el levantamiento en todos los planos.</li><li>- De cambio de peso de un pie a otro e ir progresando hacia actividades básicas de equilibrio a una sola pierna.</li><li>- Técnica de marcha.</li></ul>
<b>INTERVENCIÓN</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Médico.</li><li>- Fisioterapeuta.</li></ul>

Lo primero tras la operación será controlar el dolor y la inflamación siguiendo las recomendaciones del médico, y, a partir de ahí, trabajar para conseguir los objetivos que nos proponemos para poder progresar en nuestro proceso. Esta fase debe comenzar desde el primer día después de la operación, con ejercicios que tengan como objetivo la recuperación de la extensión de la rodilla y preservar la función muscular del cuádriceps (Filbay & Grindem, 2019).

Recuperar el rango de movilidad en esta fase es crucial para que no aparezcan desviaciones ni compensaciones posteriores en la marcha o en la carrera por lo que tenemos que introducir ejercicios para recuperar la extensión tanto activa como pasiva de la rodilla, así como ejercicios para recuperar la flexión primeramente entre 100° y 120° (si existe una lesión en el menisco el primer objetivo de flexión será 90° y progresaremos un poco más lento en cuanto a movilidad). Preservar la función del cuádriceps es muy importante también durante esta fase, por lo que realizaremos ejercicios enfocados a ello.

La progresión hacia soportar todo el peso corporal en una pierna y alcanzar la marcha normal son pasos necesarios que tenemos que hacer antes de progresar a la siguiente fase.



Una vez que el lesionado comienza a tolerar quedarse con todo el peso de una pierna, se comenzará a realizar ejercicios de fortalecimiento de la musculatura de las extremidades inferiores, así como ejercicios de estiramiento de los músculos, no solo de isquiotibiales o cuádriceps, sino también de los músculos de la cadera o el sóleo (Yabroudi & Irrgang, 2013).

Cuando se alcanza la marcha normal, que es el último objetivo, el sujeto estará preparado para progresar a la fase de fortalecimiento y control neuromuscular.

### *Fase 2: Fortalecimiento y control neuromuscular*

Tabla 6. Creación propia. Cuadro resumen de la fase de fortalecimiento y control neuromuscular.

FASE	2
	FORTALECIMIENTO Y CONTROL NEUROMUSCULAR
OBJETIVOS	<ul style="list-style-type: none"><li>- Restablecer la simetría de fuerza del 80% en ambas piernas.</li><li>- Incrementar el control neuromuscular.</li><li>- Mejorar propiocepción (equilibrio y coordinación).</li></ul>
EJERCICIOS	<ul style="list-style-type: none"><li>- De cadena cinética abierta y cerrada</li><li>- Con componente excéntrica.</li><li>- Progresión de ejercicios con dos piernas hacia ejercicios unilaterales.</li><li>- Músculos de estabilización lumbo-pélvica y compensatorios.</li><li>- Actividades aeróbicas de bajo impacto.</li><li>- Equilibrio con y sin perturbaciones.</li></ul>
INTERVENCIÓN	<ul style="list-style-type: none"><li>- Médico.</li><li>- Readaptador.</li><li>- Fisioterapeuta.</li></ul>

En esta fase se tiene que combinar el entrenamiento para el fortalecimiento muscular, y el trabajo para mejorar el control neuromuscular.

Por un lado, es necesario recuperar la fuerza y la potencia muscular necesarias para que el paciente vuelva a hacer deporte, tanto de alta competición como recreacional (Fibay & Grindem, 2019; Bieler et al., 2014). Por ello, desarrollaremos un programa de fortalecimiento muscular con progresión de ejercicios en cuanto a bilateralidad, carga externa, velocidad y planos de ejecución.

Por otro lado, el entrenamiento neuromuscular tiene como objetivo mejorar la estabilidad de la rodilla estableciendo estrategias más beneficiosas de propiocepción y control motor. En la progresión de ejercicios podemos modificar variables como las perturbaciones, obstáculos o superficies inestables (Filbay & Grindem, 2019).



Una fuerza, rango de movimiento y estabilidad apropiadas durante las actividades con perturbaciones y equilibrio ayudan a asegurar una buena base para la introducción de actividades funcionales (Yabroudi & Irrgang, 2013).

Una vez se consiguen los objetivos de esta fase, significa que se está preparado para progresar hacia ejercicios más funcionales y relacionados directamente con los deportes, que son los que se realizarán en la fase de aterrizajes, carrera y cambios de dirección.

### *Fase 3: Aterrizajes, carrera y cambios de dirección*

Tabla 7. Creación propia. Cuadro resumen de la fase de aterrizajes, carrera y cambios de dirección.

FASE	3
	ATERRIZAJES, CARRERA Y CAMBIOS DE DIRECCIÓN
OBJETIVOS	<ul style="list-style-type: none"><li>- Alcanzar una ejecución de salto-aterrizaje excelente.</li><li>- Introducir progresivamente la carrera.</li><li>- Progresar satisfactoriamente en un programa de agilidad y de juego modificado.</li><li>- Alcanzar niveles de fuerza y equilibrio completos, LSI mayor o igual a 90% tanto en fuerza como en tests de saltos.</li></ul>
EJERCICIOS	<ul style="list-style-type: none"><li>- Pliometría.</li><li>- Se comienza la carrera progresiva.</li><li>- Ejercicios de agilidad y coordinación.</li><li>- Fortalecimiento y control neuromuscular.</li></ul>
INTERVENCIÓN	<ul style="list-style-type: none"><li>- Médico</li><li>- Fisioterapeuta</li><li>- Readaptador</li></ul>

Durante esta fase continuaremos progresando con el programa de fortalecimiento, ya que es importante alcanzar unos niveles de fuerza y de simetría óptimos para poder volver al deporte, y recuperaremos poco a poco la carrera.

Se comenzará también un programa de ejercicios de salto-aterrizaje, en el que deberemos tener en cuenta la técnica y la calidad de movimiento de los mismos, particularmente, en la fase de deceleración en el aterrizaje. Es importante perfeccionar los aterrizajes y los pivotajes antes de vuelta al deporte, ya que son acciones muy específicas de los mismos (Cooper & Hughes, 2018).

Al final de esta fase es cuando se llevará a cabo la batería de tests que describimos en el apartado EVALUACIÓN DEL PROGRAMA, consistente en cinco tests, uno de medición de fuerza, tres de saltos y uno de agilidad. El atleta estará preparado para la vuelta al deporte si los valores de simetría entre la extremidad lesionada y la no lesionada son mayores o iguales a 90% en ambas (Filbay & Grindem, 2019; Rivera-Brown et al., 2022; Brinlee et al., 2021) y si supera el test de agilidad. Si no consigue estos objetivos,





continuaremos más tiempo en esta fase de la readaptación, modificando el programa para conseguirlos. Sería interesante realizarle esta batería de tests al principio de esta fase también, para ver cuál es el punto de partida y hacer una aproximación de cuánto puede durar.

#### ***Fase 4: Vuelta a la actividad física y al deporte***

Tabla 8. Creación propia. Cuadro resumen de la fase de vuelta a la actividad física y el deporte.

FASE	4 VUELTA A LA AF Y AL DEPORTE
OBJETIVOS	<ul style="list-style-type: none"><li>- Completar el espectro de rehabilitación funcional completo.</li><li>- Recuperar el rendimiento previo a la lesión.</li><li>- Volver al deporte.</li></ul>
EJERCICIOS	<ul style="list-style-type: none"><li>- Actividades de esfuerzo máximo en sprint, cambios de dirección y pliométricos.</li></ul>
INTERVENCIÓN	<ul style="list-style-type: none"><li>- Fisioterapeuta</li><li>- Readaptador</li></ul>

Aunque se vuelva al deporte, se continuará con los ejercicios de fortalecimiento y control neuromuscular, ya que será fundamental para poder recuperar el rendimiento y prevenir lesiones asociadas o una recaída, y un entrenamiento con situaciones de juego real progresivo, de más a menos restrictivos, acabando con la vuelta a la competición (Cooper & Hughes, 2018).

Será necesario entrenar acciones propias de los deportes como sprints, saltos, cambios de dirección, aterrizajes con perturbaciones, etc. (Yabroudi & Irrgang, 2013).

Volver al deporte es el objetivo final de un deportista, y como profesionales del deporte tenemos que hacer que esto sea posible y que la vuelta sea con el rendimiento adecuado. Sin embargo, nuestro programa de readaptación no termina aquí, ya que quizás cuando se alcanza la meta llega lo más importante.

**Fase 5: Prevención de recaída**

Tabla 9. Creación propia. Cuadro resumen de la fase de prevención de recaída.

FASE	5
	PREVENCIÓN DE RECAÍDA
OBJETIVOS	- Evitar una recidiva, mediante programas específicos de prevención.
EJERCICIOS	- Ejercicios pliométricos, de equilibrio y fortalecimiento. - Programas como: ✓ Sportsmetrics Program ✓ The 11+ Warm Up ✓ The PEP Program ✓ The KNEE Program - Netball Australia ✓ The FootyFirst Program – AFL
INTERVENCIÓN	- Readaptador - Fisioterapeuta

Quizá sea la fase más importante del programa, ya que un alto porcentaje de deportistas recaen en su lesión, además, según Brinlee et al, (2021), Filbay & Grindem, (2019) y Cooper & Hughes, (2018), se debe llevar a cabo un programa de prevención de recaída al menos dos veces a la semana después de haber vuelto al deporte.

**3. ABORDAJE MULTIDISCIPLINAR**

Como se ha podido observar en los cuadros resúmenes de cada fase, en el programa de readaptación intervendrán diferentes profesionales de la salud, teniendo funciones diferentes cada uno de ellos.

- **Médico:** estará presente durante todas las fases hasta que el deportista vuelva al deporte, ya que será el que diagnostique la lesión y realice la operación. Además, después de la misma llevará un seguimiento del paciente para comprobar que no surgen daños en la rodilla y que progresa adecuadamente.
- **Fisioterapeuta:** estará presente durante todas las fases del programa, pero su función variará dependiendo del progreso del paciente. En las fases pre-quirúrgica (fase 0) y aguda post-operación (fase 1), será el que realice los ejercicios para recuperar movilidad, ya que requieren de terapia manual que los readaptadores no podemos realizar. Además, serán los que se encarguen de los primeros ejercicios terapéuticos que tiene que realizar el paciente justo después de la lesión y de la operación. Cuando el lesionado comienza con la fase de fortalecimiento, la fase de aterrizajes, carrera y cambios de dirección, la vuelta al deporte y la fase de prevención, la función del fisioterapeuta será la de manipulación terapéutica para aliviar al paciente dolencias que le puedan surgir durante el programa como consecuencia de sobrecargas musculares, la aparición de líquido en la rodilla que haya que drenar, etc.



- **Readaptador:** su función será principalmente la realización de un programa de intervención con ejercicios para la mejora de la fuerza durante la fase 0. En la fase 1 no intervendrá, ya que la manipulación de la rodilla siempre la llevará a cabo un fisioterapeuta. A partir de la fase de fortalecimiento y control neuromuscular es cuando el readaptador adquirirá mayor importancia, ya que tendrá que ayudar al lesionado con ejercicios para mejorar tanto la fuerza como las habilidades propias de los deportes hasta alcanzar el nivel necesario para volver al mismo. Una vez que el lesionado ha conseguido volver al deporte, el readaptador debería seguir trabajando con el deportista con el objetivo de llevar a cabo programas de prevención de recaída de lesiones.

#### 4. PROGRAMA DE INTERVENCIÓN

A continuación, desarrollaremos una propuesta de programa de intervención con todas las fases mencionadas anteriormente, en el que iremos desarrollando los ejercicios y las progresiones que realizaremos en todas ellas. En ANEXO tenemos una guía donde podemos ver el programa desarrollado con un dispositivo de dinamometría electromecánica funcional.

##### *Fase 0: pre-quirúrgica*

La fase 0 es la primera de nuestro programa. En ella tendrá importancia sobre todo el médico y el fisioterapeuta. El médico será quién diagnostique la lesión al deportista, y llegarán a un consenso sobre el tratamiento que requiere la misma. En nuestro caso, operación y posterior readaptación. Por otro lado, el fisioterapeuta intervendrá para restaurar la movilidad y comenzar con ejercicios terapéuticos. Por último, el readaptador se encargará de que no haya pérdidas de fuerza significativas después de la operación.

En esta primera fase, lo primero será controlar y optimizar el proceso inflamatorio. Una vez conseguimos que la rodilla se desinflame, pasaremos a realizar ejercicios para ganar rango de movimiento. Cuando esto se consiga, progresaremos a un programa de fortalecimiento hasta conseguir que la simetría de fuerza de los cuádriceps e isquiotibiales esté entre un 85% y un 90% respecto a la otra pierna.

Como se ha comentado anteriormente, durante esta fase se llevarán a cabo varios tipos de ejercicios. En primer lugar, se trabajarán ejercicios para recuperar la movilidad que consisten, sobre todo, en ejercicios de flexo-extensión pasivos y activos asistidos, hasta conseguir unos rangos de movilidad que nos permitan llevar a cabo ejercicios de fortalecimiento. Estos ejercicios serán ejecutados por el fisioterapeuta, que es el que tiene las competencias para la manipulación de la extremidad en esta fase de la lesión.

Por otra parte, los ejercicios de fortalecimiento muscular tendrán el objetivo de no perder la fuerza muscular de la extremidad lesionada, principalmente habrá que preservar la función del cuádriceps, y consistirán en su mayor parte isométricos ya que son los más



seguros en estas primeras fases. (Van Melik et al., 2016). Estos ejercicios pueden ser sentadillas isométricas en la pared, ejercicios de extensión de rodilla o curl de isquios con resistencia con aplicada por un fisioterapeuta o con un dispositivo de dinamometría electromecánica funcional (siempre con supervisión por parte del fisioterapeuta), etc.

Durante esta fase evitaremos ejercicios y actividades con cambios de dirección agresivos (Cooper & Hughes, 2018).

Para saber más sobre los ejercicios ver ANEXO: FASE 0

### ***Fase 1: aguda post-quirúrgica***

Tras la operación nos encontraremos en esta fase. Será muy parecida a la anterior, ya que muchos objetivos serán iguales que antes de la operación y, por lo tanto, los ejercicios que realizaremos también lo serán. El médico y el fisioterapeuta seguirán siendo los que más protagonismo tengan, ya que el médico realizará un seguimiento del lesionado tras la operación, y el fisioterapeuta será encargado de restaurar la movilidad con ejercicios pasivos y activos asistidos que requieren de manipulación de la extremidad será el, igual que en la fase 0.

En primer lugar, habrá que recuperar la movilidad de la rodilla, especialmente la extensión de la misma. Los ejercicios que se pueden realizar para recuperar movilidad son, por ejemplo, deslizamientos de talón, estiramientos de isquiotibiales y del resto de la musculatura como los músculos de la cadera o del sóleo, ejercicios de flexión tanto activos como pasivos o bicicleta estática progresando en el rango de movimiento (Filbay & Grindem, 2019; Yabroudi & Irrgang, 2013).

Para preservar y recuperar la función del cuádriceps, según Van Melik et al. (2016) y Yabroudi & Irrgang, (2013) es seguro realizar, desde la primera semana después de la operación, ejercicios isométricos de cuádriceps, como pueden ser contracciones de este con la rodilla extendida. Otro ejercicio que debe ser incluido en esta fase es la flexión de cadera unilateral con la pierna completamente extendida, progresando poco a poco hacia el levantamiento de la pierna en todos los planos para trabajar el otra la musculatura como los abductores y aductores. También se llevarán a cabo ejercicios de técnica marcha (Yabroudi & Irrgang, 2013).

Cuando se tolera mantener todo el peso del cuerpo en una sola pierna, se recupera la movilidad completa y se alcanza la marcha normal, podremos comenzar con el programa de fortalecimiento.

Para saber más sobre los ejercicios ver ANEXO: FASE 1

### ***Fase 2: Fortalecimiento y control neuromuscular***

En esta fase vuelve a aparecer la figura del readaptador, que durante la anterior simplemente se limitaba a estar en contacto con el fisioterapeuta y al seguimiento del paciente. En esta fase será el que lleve a cabo el programa de fortalecimiento y control



neuromuscular, mientras que el fisioterapeuta se encargará de otras funciones, como puede ser el tratamiento en caso de que surjan dolencias o sobrecargas.

Cuando el cuádriceps se ha reactivado correctamente, utilizaremos ejercicios de componentes concéntricos y excéntricos para sustituir los ejercicios que estábamos haciendo isométricamente (Van Melik et al., 2016). Es muy importante enfatizar el componente excéntrico, ya que este tipo de ejercicios son muy efectivos en la ejecución funcional de ejercicios tras la reconstrucción de LCA (Gerber et al., 2009).

Para el fortalecimiento muscular es adecuado introducir ejercicios tanto de cadena cinética abierta (CCA) como de cadena cinética cerrada (CCC), realizando siempre una progresión para recuperar la fuerza y la potencia (Fibay & Grindem, 2019; Yabroudi & Irrgang, 2013; Van Melik et al., 2016). Algunos ejemplos de ejercicios de CCC que podemos hacer en esta fase son: sentadilla isométrica en pared, sentadilla parcial, prensa, zancada, zancada lateral, etc. Por otra parte, ejercicios de CCA son, por ejemplo: extensión de rodilla con/sin carga, curl de isquiotibiales, etc. También es fundamental, según Yabroudi & Irrgang (2013), el fortalecimiento de la musculatura de estabilización lumbo-pélvica y de cadera, así como los músculos compensatorios del tren inferior para ganar estabilidad general.

El programa de fortalecimiento seguirá una progresión en sus ejercicios en cuanto a bilateralidad, carga externa, velocidad y planos de ejecución. Se progresará de ejercicios bilaterales hacia ejercicios unilaterales con el objetivo de reducir asimetrías entre la extremidad lesionada y la normal hasta alcanzar un índice de simetría mayor o igual al 80% entre ambas (Filbay & Grindem, 2019).

En cuanto a carga externa, es necesario una progresión de cargas livianas a cargas más pesadas, ya que se ha demostrado que el entrenamiento de fuerza de alta intensidad contribuye a una recuperación más rápida de la potencia de extensión de los músculos de la pierna en comparación con el entrenamiento de fuerza de baja intensidad, y sin producir efectos adversos en la estabilidad de la articulación de la rodilla (Bieler et al., 2014).

Por último, es muy importante durante la readaptación de la lesión tener en cuenta el índice de desarrollo de la fuerza (RFD), ya que es la capacidad de generar la máxima fuerza en el menor tiempo posible, y se encuentra presente en acciones diarias como pueden ser bajar una escalera o andar rápido. Además, y lo que es más importante, se realiza en acciones deportivas como pueden ser sprints, saltos, chutes a portería, etc. Según lo comentado anteriormente, los métodos de entrenamiento para mejorar el RFD deben ser introducidos en la readaptación después de la reconstrucción de LCA (Turpeinen et al., 2020). Por lo tanto, en nuestro programa de fortalecimiento se llevará a cabo una progresión en cuanto a la velocidad de ejecución de los ejercicios para poder avanzar hacia la fase de ejercicios funcionales propios de los deportes donde se requerirá de un alto RFD.



Por otro lado, el entrenamiento neuromuscular tiene como objetivo mejorar la estabilidad de la rodilla estableciendo estrategias más beneficiosas de propiocepción y control motor. En la progresión de ejercicios podemos modificar variables como las perturbaciones, obstáculos o superficies inestables (Filbay & Grindem, 2019).

Al final de esta fase se le aplicará la batería de tests que se describen en el apartado de EVALUACIÓN DEL PROGRAMA para ver en primera instancia la simetría de fuerza entre ambas extremidades, y si supera el 80% se podrá progresar a la siguiente fase y realizarle los tests de saltos descritos en ese apartado para ver el punto de partida del paciente y progresar a partir de ahí con las habilidades propias de los deportes como son saltos, aterrizajes y agilidad.

Para saber más sobre los ejercicios ir a ANEXO: FASE 2

### *Fase 3: Aterrizajes, carrera y cambios de dirección*

Durante esta fase es muy importante continuar con los ejercicios de fortalecimiento y control neuromuscular para preservar de esta forma la fuerza de los miembros inferiores y poder hacer frente a las demandas del deporte con un menor riesgo de lesión. De nuevo, el encargado de desarrollar esta fase será el readaptador con el apoyo del fisioterapeuta, igual que en la fase anterior.

Al principio de esta fase se comenzará a realizar pliometría de manera que nos permita ir introduciendo la carrera poco a poco. Se irá progresando desde actividades de salto y aterrizaje bilateral hacia ejercicios unilaterales (Yabroudi & Irrgang, 2013). Además, según Jarvis et al. (2016), los ejercicios con rebotes son más intensos que únicamente los de caídas.

Teniendo en cuenta lo anterior, la progresión que seguiremos en nuestro programa será:

1. Ejercicios al nivel del suelo.
2. Ejercicios con caídas desde cajón, progresando en altura y primero caída bilateral y luego unilateral.
3. Ejercicios con caídas desde cajón con rebote, siguiendo la misma progresión que en el punto 2.

Tras esta progresión, comenzarán ejercicios de aterrizajes con perturbaciones. Además, el entrenamiento de los cambios de dirección debe ser incluido en esta fase también, ya que entrenar la técnica para realizarlos es una de las modalidades de entrenamiento más efectivas para reducir las cargas en la rodilla durante los mismos (Dos'Santos et al., 2019).

Es importante la realización de ejercicios de agilidad como pueden ser slaloms, sprints o incluso ejercicios de agilidad con escalera (Cooper & Hughes, 2018), así como el entrenamiento progresivo del propio deporte, partiendo del juego modificado hacia situaciones más reales de juego (Filbay & Grindem, 2019).



Al final de esta fase se volverá a someter al deportista a la batería de tests de fuerza y funcionales descritos en el apartado de EVALUACIÓN DEL PROGRAMA, y tendrá que cumplir los requisitos allí descritos para poder progresar a la siguiente fase que es la de la vuelta al deporte.

Para saber más sobre los ejercicios ir a ANEXO: FASE 3

### ***Fase 4: Vuelta a la actividad física y al deporte***

El entrenamiento de fortalecimiento y control neuromuscular seguirá presente, y debería de mantenerse a lo largo de la carrera deportiva del sujeto ya que será fundamental para poder recuperar el rendimiento y prevenir lesiones asociadas o una recaída. El readaptador y el fisioterapeuta serán los que estén presentes en estas fases con las mismas funciones anteriormente mencionadas.

Será necesario entrenar acciones propias de los deportes como sprints, saltos, cambios de dirección, aterrizajes con perturbaciones, etc. que son elementos comunes de todos los deportes (Yabroudi & Irrgang, 2013).

Se llevará a cabo un entrenamiento con situaciones de juego real progresivo, de más a menos restrictivos, acabando con la vuelta a la competición (Cooper & Hughes, 2018), por lo que esta parte de la readaptación será individualizada y dependerá del deporte que realice cada sujeto.

Una vez que el sujeto vuelve al deporte será primordial que recupere el rendimiento que tenía previo a la lesión, y, sobre todo, que no se dé una recidiva, por lo que se llevará a cabo una última fase.

Para saber más sobre los ejercicios ir a ANEXO: FASE 4

### ***Fase 5: Prevención de una recaída***

Para que el deportista no vuelva a caer en la lesión, el readaptador se encargará de que continúe con el entrenamiento tanto de fortalecimiento y control neuromuscular como con el entrenamiento específico de su deporte, pero como hemos visto en el apartado FASES DEL PROGRAMA DE READAPTACIÓN: FASE 5, es recomendable realizar aparte unos programas de prevención.

Estos programas pueden contener ejercicios pliométricos, de equilibrio y de fortalecimiento, a continuación, mostramos algunos programas que se proponen en la Melbourne ACL Guide 2.0:

- ✓ Sportsmetrics Program
- ✓ The 11+ Warm Up
- ✓ The PEP Program
- ✓ The KNEE Program - Netball Australia
- ✓ The FootyFirst Program – AFL



## EVALUACIÓN DEL PROGRAMA

Según Paterno et al, (2010), las asimetrías biomecánicas y neuromusculares entre las extremidades inferiores se han identificado como factores de riesgo para una posterior lesión del LCA al volver a la competición deportiva. Por esta razón, es necesario que, durante los programas de rehabilitación y readaptación, realicemos una serie de **pruebas para medir variables** como la **fuerza** o la **agilidad**, así como la **capacidad para llevar a cabo habilidades propias de los deportes**, como pueden ser saltos o cambios de dirección.

Después de la operación, para medir la fuerza de los músculos flexores y extensores utilizaremos técnicas de **dinamometría isocinética**, que según De Araujo Ribeiro Alvares et al, (2015) es segura y fiable en este tipo de lesiones. Esta medida de la fuerza se realiza siguiendo procedimientos estandarizados, en una posición sentada con una velocidad fija seleccionada y una resistencia acomodada (Rivera-Brown et al., 2022).

Después de la fase inicial de rehabilitación que sigue a la reconstrucción de LCA, la evaluación de la **fuerza máxima del cuádriceps y los isquiotibiales** es recomendable, siendo 60°/s y 180°/s las velocidades de evaluación más frecuentes (Undheim et al., 2015).

Las medidas de fuerza muscular las utilizamos para calcular dos parámetros importantes: el **ratio isquiotibial-cuádriceps** (ratio H:Q) y el **índice de simetría entre las dos extremidades inferiores** (LSI).

El **ratio H:Q** es el ratio de fuerza de los isquiotibiales y de los cuádriceps de la misma extremidad en una velocidad angular dada. Cuando lo medimos a 60°/s el ratio H:Q debería estar próximo a 0.60 en las dos extremidades inferiores, en un rango entre 0,50 y 0,75 (Coombs & Garbutt, 2002).

El **LSI** se utiliza para evaluar déficits en la extremidad con la reconstrucción de LCA. Este índice se calcula con el mayor valor de torque de la extremidad afectada dividido entre el mayor valor de torque de la extremidad no lesionada, multiplicado por cien. **Un LSI mayor o igual al 85-90% está considerado como aceptable** (Barber-Westin & Noyes, 2011).

Un **ratio H:Q menor de 0.50 indica que los isquiotibiales están débiles** (ratio H:Q cerca de 0.60 sería aceptable) y deben ser fortalecidos antes de progresar a los tests funcionales (Kellis et al., 2022). Además, como hemos mencionado anteriormente, un LSI mayor o igual a 85-90% es considerado como aceptable, por lo que seguiremos estos criterios para progresar hacia los tests funcionales que requieren movimientos explosivos, aceleraciones y desaceleraciones, cambios de direcciones o fuerzas rotacionales, ya que tendremos que adecuar la fuerza muscular de las extremidades a dichas necesidades.





Una vez superados los criterios de fuerza y asimetrías en las extremidades inferiores, pasaremos a valorar las habilidades funcionales específicas de los deportes para evaluar la capacidad de volver al deporte.

La valoración de diversas capacidades físicas es usada para determinar el nivel de preparación del atleta para enfrentarse a fuerzas propias de los deportes con un riesgo reducido de lesión. Cuando durante los tests **se identifican deficiencias, el programa de readaptación debe ser modificado para reducirlas** en fuerza, velocidad, agilidad, equilibrio, coordinación, control neuromuscular y propiocepción, antes de permitir al deportista realizar actividades deportivas (Rivera-Brown et al., 2022).

Los test funcionales que se usan comúnmente incluyen: **test de saltos, test de agilidad y sprint lineal y test de subida de escalera**. Estos tests combinan una o varias habilidades y movimientos como desplazamientos verticales y horizontales, aterrizajes, rebotes, cambios de dirección, velocidad, equilibrio dinámico, aceleración, deceleración y acciones rotacionales. La valoración de estas acciones proporciona información sobre el nivel de estabilidad de la rodilla y las extremidades inferiores durante acciones explosivas o mientras se desarrolla fatiga muscular durante el entrenamiento y competiciones deportivas a nivel real. Estos test son fáciles de administrar sin equipamiento sofisticado. Es recomendable también incluir mediciones de calidad del movimiento usando test para determinar el valgo dinámico, la flexión de rodilla, las mecánicas del tronco y estrategias de compensación (Davies et al., 2020).

A continuación, describiremos los tests funcionales y haremos una propuesta de evaluación combinando varios de ellos:

Los **tests de salto** incluyen despegues y aterrizajes en la extremidad donde se ha llevado a cabo la reconstrucción de LCA y en la extremidad que no se ha lesionado y que nos sirve como referencia estándar para la evaluación de deficiencias (Abrams et al., 2014). Los tests de salto más usados incluyen: saltar con una sola pierna y en un solo salto la máxima distancia posible, saltar seis metros en un tiempo determinado, saltar la máxima distancia posible con un triple salto, saltar la máxima distancia posible con saltos cruzados, salto vertical con una pierna, saltar con doble salto la máxima distancia posible tras caída de un cajón y saltar de lado a lado el máximo de veces posibles en 30 segundos. Durante los saltos en los que se mide la distancia, el atleta lleva a cabo saltos a una pierna en el plano vertical, horizontal o cruzando en diagonal sobre una línea hasta tres veces (Figura 14). Durante los saltos cronometrados, mediremos el tiempo que se tarda en recorrer una distancia dada (Rivera-Brown et al., 2022).

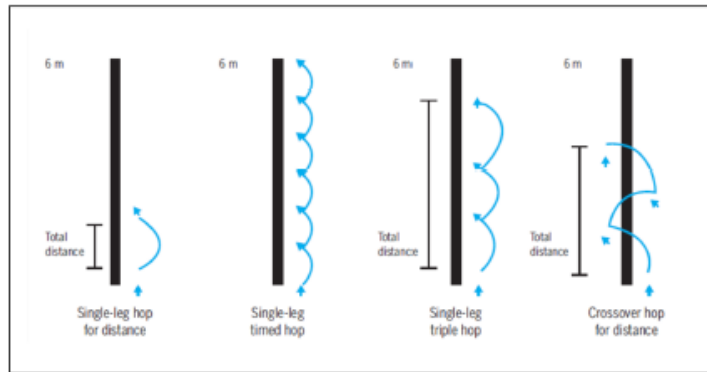


Figura 14. Rivera-Brown et al., (2022). Tests de saltos. Recuperado de Evidence for isokinetic and functional testing in return to sport decisions following ACL surgery.

Varios tests de saltos se combinan en una batería con tests de agilidad, de sprint lineal, de escalada y/o tests de calidad de movimiento, para evaluar diferentes aspectos de la función de la rodilla, así como diferentes propiedades psicológicas y mecánicas del sistema neuromuscular (Figura 15).

Test and description	Skills examined
<b>Hop tests</b>	
<b>Single hop for distance<sup>a</sup></b> One hop forward on a single leg as far as possible landing on the same leg (Figure 2).	Concentric and eccentric strength and power; neuromuscular coordination; knee stability upon landing.
<b>6-m timed hop<sup>a</sup></b> Hops forward as fast as possible on a single leg over 6 m (Figure 2).	Power of knee extensors and flexors; speed
<b>Triple hop for distance<sup>a</sup></b> Three successive hops as far as possible landing on the same leg (Figure 2).	Concentric and eccentric strength; neuromuscular coordination; knee stability; ability to absorb force upon landing.
<b>Crossover hop for distance<sup>a</sup></b> Three hops as far as possible crisscrossing over a 15-cm-wide line on each hop (Figure 2).	Coordination and strength in the frontal, sagittal, and transverse planes; ability to dynamically control tibial translation during application of frontal and rotational forces.
<b>Vertical hop</b> One hop upwards, attempting to maximize the height jumped. A contact mat can be used.	Knee extensors muscle force production, proprioception. Greater knee work contribution compared to single hop for distance.
<b>Drop jump with double hop for distance</b> Stand on a box (30-cm height). Jump down on one leg and behind a 45-cm line and then immediately perform two one-legged maximum hops forward.	Concentric and eccentric strength and power; neuromuscular coordination; knee stability.
<b>Side-to-side hops in 30 seconds</b> Hop side to side on one leg, between two parallel lines (40 cm apart) as many times as possible in 30 s. Touching the tape is an error. If >25% errors, a second trial is performed.	Knee strength and stability under muscle fatigue state.

Figura 15. Rivera-Brown et al., (2022). Descripción de los tests funcionales y habilidades que miden. Recuperado de Evidence for isokinetic and functional testing in return to sport decisions following ACL surgery.



Los **tests de correr y de agilidad** que tendremos en cuenta incluyen: el sprint lineal de 30 metros (Biscotti et al., 2016), el T-test (Semerick, 1990), el test carioca (Jang et al., 2014). Estos tests consisten en correr linealmente o con cambios de direcciones y correr hacia delante y hacia atrás combinado con pasos laterales. El tiempo será comparado con tiempos estándar de atletas no lesionados.

A continuación, pasaremos a realizar una propuesta de batería de evaluación, pero previamente tenemos que tener en cuenta algunos aspectos. Lo primero que debemos considerar es que según Gustavsson et al, (2006) y Reid et al, (2007), los tests de salto evalúan habilidades que están relacionadas con la función de la rodilla y tienen una alta fiabilidad.

Otro aspecto a tener en cuenta es que se debe evitar incluir en una misma batería de ejercicios más de un test que evalúe lo mismo. Esto se hace así con el objetivo de minimizar la fatiga y medir diferentes habilidades durante una sesión de evaluación (Hewett et al., 2019). Se ha demostrado que es suficiente realizar entre cuatro y cinco medidas de habilidades predictoras del riesgo de volver a lesionarse (Grindem et al., 2016; Kyritsis et al., 2016; Hewett et al., 2019).

La batería de tests que realizaremos en nuestra evaluación será la que encontramos en Rivera-Brown et al, (2022). Esta batería de ejercicios incluye una evaluación de la fuerza, cuatro tests de saltos y un test de agilidad. Como hemos visto anteriormente, lo primero será evaluar la fuerza tanto de flexores como de extensores de la rodilla con dinamometría isocinética para ver si el deportista está preparado para realizar los tests funcionales.

Si el LSI es mayor o igual a 85% para flexores y extensores a 60°/s, el atleta realizará la batería de tests funcionales en otro día para que no afecte la fatiga. Los tests que requieren una alta habilidad, potencia y coordinación son aquellos que realizaremos primero, seguidos de aquellos que inducen la fatiga, en el siguiente orden: **1) salto vertical** (Figura 16); **2) saltar la máxima distancia posible unilateralmente con un solo salto** (Figura 17); **3) saltar la máxima distancia posible con saltos cruzados** (Figura 18); **4) saltos de lado a lado** (Figura 19) y **5) T-test** (Figura 20). Estos tests funcionales combinan maniobras de aceleración y desaceleración y simulan patrones de movimientos propios de los deportes, como el equilibrio, los aterrizajes, esprines y cambios de dirección.



Como hemos visto anteriormente, lo primero en nuestra batería de evaluación será medir la fuerza isocinética de la musculatura, y una vez que conseguimos un LSI igual o mayor al 90% y un ratio H:Q igual o mayor al 60% podremos pasar a la evaluación funcional. El primer test que se realizará es el test de salto vertical que vemos en la figura 16.

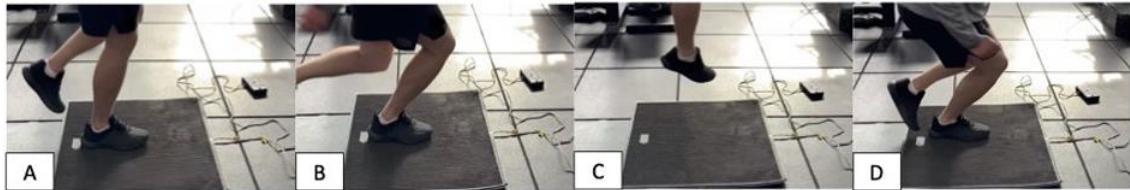


Figura 16. Zarro et al., (2021). Vertical hop test. Recuperado de Single-Leg Vertical Hop Test Detects Greater Limb Asymmetries Than Horizontal Hop Tests After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in NCAA Division 1 Collegiate Athletes.

Tras el test de salto vertical realizaremos el test de salto unilateral intentando saltar la mayor distancia posible (Figura 17). En un primer intento se salta con la pierna donde se ha sufrido la lesión aterrizando con la misma pierna, y posteriormente se realiza un salto con la extremidad contralateral. Después de cada salto se medirá la distancia y tras los dos intentos se comparan las distancias.



Figura 17. Itoh et al., (1998). Single hop test for distance. Recuperado de Evaluation of functional deficits determined by four different hop tests in patients with anterior cruciate ligament deficiency.

El siguiente test que se realiza es el triple salto unilateral (Figura 18), cuyo objetivo también será alcanzar la máxima distancia posible tras los tres saltos. De la misma forma que en test anterior, en un primer intento se salta con la pierna donde se ha sufrido la lesión aterrizando con la misma pierna, y posteriormente se realiza un salto con la extremidad contralateral. Después de los tres saltos se medirá la distancia y tras los dos intentos se comparan las distancias.

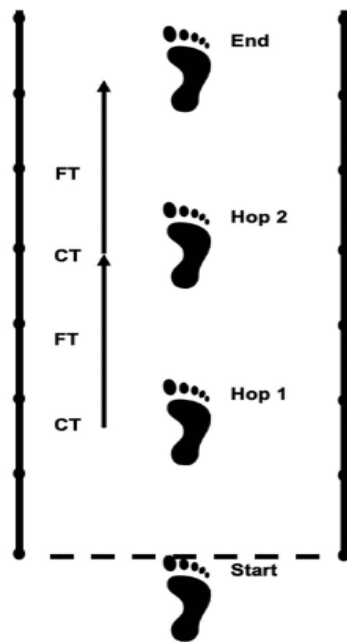


Figura 18. Lloyd et al., (2020) Triple hop for distance. Recuperado de Individual hop analysis and reactive strength ratios provide better discrimination of ACL reconstructed limb deficits than triple hop for distance scores in athletes returning to sport.

Figura 19. Gustavsson et al., (2006). Side-to-side hop test. Recuperado de A test battery for evaluating hop performance in patients with an ACL injury and patients who have undergone ACL reconstruction.

En el test de saltos de lado a lado (Figura 10) se salta de forma unilateral también, es decir, primero con la pierna lesionada y después con la otra. Se pintarán dos líneas paralelas, separadas 40 centímetros una de la otra, y el sujeto tendrá que saltar por encima de este espacio todas las veces que pueda durante tres segundos. Si se tocan las líneas o el interior, es un error, y si se produce un 25% de errores durante el test, este se repetirá. Cuando se realiza con las dos piernas se compararán los resultados y se realizará un porcentaje.

Por último, se realizará el test de agilidad T-test (Figura 20), que consiste en correr diez metros hacia delante hasta un primer cono (A-B), desplazarse lateralmente hacia la izquierda (B-C), posteriormente lateralmente hacia la derecha (C-D), desplazamiento de nuevo lateralmente hacia la izquierda (D-B), y, por último, se vuelve con un desplazamiento de espalda hacia el punto de salida (B-A).

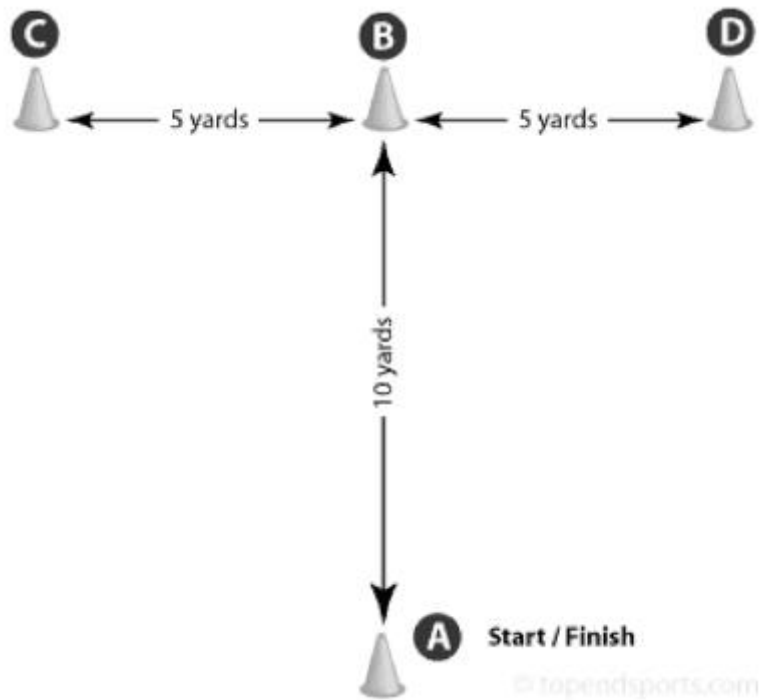


Figura 20. Rivera-Brown et al., (2022). T-test. Recuperado de Evidence for isokinetic and functional testing in return to sport decisions following ACL

Una vez que se realizan los tests, se tiene que cumplir de nuevo un LSI mayor o igual al 90% (Rivera-Brown et al., 2022), si este requisito se cumple, el deportista estará listo para la vuelta al deporte con muy poco riesgo de volver a caer en la lesión.



## DESEMPEÑO Y DESARROLLO PROFESIONAL

---

Mi motivación personal al desarrollo de este proyecto es que durante la carrera me he ido dando cuenta de que la parte del deporte que más me llama la atención es la readaptación y readaptación de lesiones de los deportistas, ya que creo que las lesiones son la parte más complicada de la carrera de los mismos y cuando se les ayuda a salir de ellas es algo muy reconfortante. Además, durante el inicio de este curso he tenido la mala suerte de sufrir una de las peores lesiones que se pueden sufrir como deportista, en septiembre experimenté una rotura de LCA, menisco y ligamento interno, por eso elegí hacer este trabajo sobre la lesión de LCA, porque he experimentado por mí mismo y he podido poner en práctica muchas de las cosas que he aprendido durante la realización de este trabajo.

Durante la realización del TFG he aprendido a utilizar un dispositivo de dinamometría electromecánica funcional, así como a planificar un programa de readaptación con el mismo. Esto puede ser novedoso en el mundo de la readaptación ya que permite tanto evaluar, como trabajar la fuerza de una forma segura, pues en todo momento se pueden controlar las variables que deseemos como pueden ser la carga, la velocidad o el modo de trabajar, es decir, solo con esa máquina podemos realizar varias funciones sin necesidad de movernos de sitio, algo que creo que es muy ventajoso respecto a otros métodos. Además, esta máquina nos permite recopilar gran cantidad de información, y ver qué está experimentando el deportista en cada momento, por lo que nos permite hacer un seguimiento a medida y ver cuándo el deportista está listo para progresar o cuando es necesario un cambio en el programa que estamos llevando a cabo ya que no es posible avanzar por diferentes circunstancias.

El proyecto se ha podido realizar gracias a los conocimientos que he recibido durante el transcurso de la carrera, si bien es cierto que presento algunas carencias formativas en el ámbito de la readaptación de lesiones, ya que no es un tema en el que se profundice plenamente durante el grado.

Por ello creo que es necesario seguir formándome en este ámbito, no solo en la readaptación del LCA, sino en readaptación en general. También creo que es muy importante formarme en la evaluación tanto inicial como durante el proceso y final en un programa de readaptación, ya que creo que es algo básico a tener en cuenta para ver el progreso del deportista y cuándo está preparado para volver a realizar deporte después de una lesión. Para conseguir lo anterior creo que es importante seguir leyendo de forma crítica los artículos que me interesan sobre readaptación, asistir a formaciones y cursos relacionados con la misma y realizar másteres sobre readaptación o aspectos relacionados con la misma, por ello el año que viene uno de los másteres que quiero realizar es el de Valoración Anatómica Funcional.

Aun así, creo que gran parte del conocimiento se adquiere con la práctica, por lo que en un futuro me gustaría estar en un centro multidisciplinar donde trabajen fisioterapeutas y readaptadores, para poder seguir aprendiendo y cogiendo experiencia poco a poco.



## BIBLIOGRAFÍA

- Abrams, G. D., Harris, J. D., Gupta, A. K., McCormick, F. M., Bush-Joseph, C. A., Verma, N. N., Cole, B. J., & Bach, B. R., Jr. (2014). Functional performance testing after anterior cruciate ligament reconstruction: A systematic review: A systematic review. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 2(1), 2325967113518305. <https://doi.org/10.1177/2325967113518305>
- Agel, J., Rockwood, T., & Klossner, D. (2016). Collegiate ACL injury rates across 15 sports: National collegiate athletic association injury surveillance system data update (2004-2005 through 2012-2013). *Clinical Journal of Sport Medicine: Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 26(6), 518–523. <https://doi.org/10.1097/JSM.0000000000000290>
- Anderson, M. J., Browning, W. M., 3rd, Urbaniak, C. E., Kluczynski, M. A., & Bisson, L. J. (2016). A systematic summary of systematic reviews on the topic of the anterior cruciate ligament. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 4(3), 2325967116634074. <https://doi.org/10.1177/2325967116634074>
- Barber-Westin, S. D., & Noyes, F. R. (2011). Factors used to determine return to unrestricted sports activities after anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery: Official Publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association*, 27(12), 1697–1705. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2011.09.009>
- Bieler, T., Sobol, N. A., Andersen, L. L., Kiel, P., Løfholm, P., Aagaard, P., Magnusson, S. P., Krogsgaard, M. R., & Beyer, N. (2014). The effects of high-intensity versus low-intensity resistance training on leg extensor power and recovery of knee function after ACL-reconstruction. *BioMed Research International*, 2014, 278512. <https://doi.org/10.1155/2014/278512>
- Bisciotti, G. N., Quaglia, A., Belli, A., Carimati, G., & Volpi, P. (2019). Return to sports after ACL reconstruction: a new functional test protocol. *Muscles, ligaments and tendons journal*, 06(04), 499. <https://doi.org/10.32098/mltj.04.2016.12>
- Brinlee, A. W., Dickenson, S. B., Hunter-Giordano, A., & Snyder-Mackler, L. (2021). ACL reconstruction rehabilitation: Clinical data, biologic healing, and criterion-based milestones to inform a return-to-sport guideline. *Sports Health*, 19417381211056870. <https://doi.org/10.1177/19417381211056873>





- Buckthorpe, M. (2019). Optimising the late-stage rehabilitation and return-to-sport training and testing process after ACL reconstruction. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 49(7), 1043–1058. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01102-z>
- Coombs, R., & Garbutt, G. (2002). Developments in the use of the hamstring/quadriceps ratio for the assessment of muscle balance. *Journal of Sports Science & Medicine*, 1(3), 56–62.
- Cooper, R., & Hughes, M. (2018). Melbourne ACL Rehabilitation Guide 2.0. 31.
- Dai, B., Cook, R. F., Meyer, E. A., Sciascia, Y., Hinshaw, T. J., Wang, C., & Zhu, Q. (2018). The effect of a secondary cognitive task on landing mechanics and jump performance. *Sports biomechanics*, 17(2), 192–205. <https://doi.org/10.1080/14763141.2016.1265579>
- Davies, W. T., Myer, G. D., & Read, P. J. (2020). Is it time we better understood the tests we are using for return to sport decision making following ACL reconstruction? A critical review of the hop tests. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 50(3), 485–495. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01221-7>
- de Araujo Ribeiro Alvares, J. B., Rodrigues, R., de Azevedo Franke, R., da Silva, B. G. C., Pinto, R. S., Vaz, M. A., & Baroni, B. M. (2015). Inter-machine reliability of the Biodex and Cybex isokinetic dynamometers for knee flexor/extensor isometric, concentric and eccentric tests. *Physical Therapy in Sport: Official Journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine*, 16(1), 59–65. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2014.04.004>
- Dos'Santos, T., Thomas, C., Comfort, P., & Jones, P. A. (2019). The effect of training interventions on change of direction biomechanics associated with increased anterior cruciate ligament loading: A scoping review. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 49(12), 1837–1859. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01171-0>
- Filbay, S. R., & Grindem, H. (2019). Evidence-based recommendations for the management of anterior cruciate ligament (ACL) rupture. *Best Practice & Research. Clinical Rheumatology*, 33(1), 33–47. <https://doi.org/10.1016/j.berh.2019.01.018>
- Gans, I., Retzky, J. S., Jones, L. C., & Tanaka, M. J. (2018). Epidemiology of recurrent anterior cruciate ligament injuries in National Collegiate Athletic Association sports: The Injury Surveillance Program, 2004-2014. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 6(6), 2325967118777823. <https://doi.org/10.1177/2325967118777823>



- Gerber, J. P., Marcus, R. L., Dibble, L. E., Greis, P. E., Burks, R. T., & LaStayo, P. C. (2009). Effects of early progressive eccentric exercise on muscle size and function after anterior cruciate ligament reconstruction: a 1-year follow-up study of a randomized clinical trial. *Physical Therapy*, 89(1), 51–59. <https://doi.org/10.2522/ptj.20070189>
- Grindem, H., Granan, L. P., Risberg, M. A., Engebretsen, L., Snyder-Mackler, L., & Eitzen, I. (2015). How does a combined preoperative and postoperative rehabilitation programme influence the outcome of ACL reconstruction 2 years after surgery? A comparison between patients in the Delaware-Oslo ACL Cohort and the Norwegian National Knee Ligament Registry. *British Journal of Sports Medicine*, 49(6), 385–389. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-093891>
- Grindem, H., Snyder-Mackler, L., Moksnes, H., Engebretsen, L., & Risberg, M. A. (2016). Simple decision rules can reduce reinjury risk by 84% after ACL reconstruction: the Delaware-Oslo ACL cohort study. *British Journal of Sports Medicine*, 50(13), 804–808. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096031>
- Gustavsson, A., Neeter, C., Thomeé, P., Silbernagel, K. G., Augustsson, J., Thomeé, R., & Karlsson, J. (2006). A test battery for evaluating hop performance in patients with an ACL injury and patients who have undergone ACL reconstruction. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy: Official Journal of the ESSKA*, 14(8), 778–788. <https://doi.org/10.1007/s00167-006-0045-6>
- Hewett, T. E., Webster, K. E., & Hurd, W. J. (2019). Systematic selection of key logistic regression variables for risk prediction analyses: A five-factor maximum model: A five-factor maximum model. *Clinical Journal of Sport Medicine: Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 29(1), 78–85. <https://doi.org/10.1097/jsm.0000000000000486>
- Itoh, H., Kurosaka, M., Yoshiya, S., Ichihashi, N., & Mizuno, K. (1998). Evaluation of functional deficits determined by four different hop tests in patients with anterior cruciate ligament deficiency. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy: Official Journal of the ESSKA*, 6(4), 241–245. <https://doi.org/10.1007/s001670050106>
- Jang, S. H., Kim, J. G., Ha, J. K., Wang, B. G., & Yang, S. J. (2014). Functional performance tests as indicators of returning to sports after anterior cruciate ligament reconstruction. *The Knee*, 21(1), 95–101. <https://doi.org/10.1016/j.knee.2013.08.017>



- Jarvis, M. M., Graham-Smith, P., & Comfort, P. (2016). A Methodological approach to quantifying plyometric intensity. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(9), 2522–2532. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000518>
- Kellis, E., Sahinis, C., & Baltzopoulos, V. (2022). Is hamstrings-to-quadriceps torque ratio useful for predicting anterior cruciate ligament and hamstring injuries? A systematic and critical review. *Journal of Sport and Health Science*. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2022.01.002>
- Kyritsis, P., Bahr, R., Landreau, P., Miladi, R., & Witvrouw, E. (2016). Likelihood of ACL graft rupture: not meeting six clinical discharge criteria before return to sport is associated with a four times greater risk of rupture. *British Journal of Sports Medicine*, 50(15), 946–951. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095908>
- Lee, J., & Shin, C. S. (2021). Association between ankle angle at initial contact and biomechanical ACL injury risk factors in male during self-selected single-leg landing. *Gait & Posture*, 83, 127–131. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2020.08.130>
- Leyes, J. Y., Meca, S. M., Serrallach, X. A., Grivé, R. P., & Rodas, G. (2020). 293 Futbol club Barcelona ACL injury epidemiology. *British Journal of Sports Medicine*, 54(Suppl 1), A120-A120.
- Lloyd, R. S., Oliver, J. L., Kember, L. S., Myer, G. D., & Read, P. J. (2020). Individual hop analysis and reactive strength ratios provide better discrimination of ACL reconstructed limb deficits than triple hop for distance scores in athletes returning to sport. *The Knee*, 27(5), 1357–1364. <https://doi.org/10.1016/j.knee.2020.07.003>
- McLean, S. G., Huang, X., & van den Bogert, A. J. (2005). Association between lower extremity posture at contact and peak knee valgus moment during sidestepping: implications for ACL injury. *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)*, 20(8), 863–870. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2005.05.007>
- Parenti, S. D. (2013). La rodilla: Influencias anatomofuncionales en su biomecánica. *In 10mo Congreso Argentino de Educación Física y Ciencias*. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Departamento de Educación Física.
- Paterno, M. V., Schmitt, L. C., Ford, K. R., Rauh, M. J., Myer, G. D., Huang, B., & Hewett, T. E. (2010). Biomechanical measures during landing and postural stability predict second anterior cruciate ligament injury after anterior cruciate ligament reconstruction and return to sport. *The American Journal of Sports Medicine*, 38(10), 1968–1978. <https://doi.org/10.1177/0363546510376053>



- Pollard, C. D., Sigward, S. M., & Powers, C. M. (2007). Mechanisms of acl injury: Current perspectives. *Journal of Biomechanics*, *40*, S254. [https://doi.org/10.1016/s0021-9290\(07\)70250-6](https://doi.org/10.1016/s0021-9290(07)70250-6)
- Reid, A., Birmingham, T. B., Stratford, P. W., Alcock, G. K., & Giffin, J. R. (2007). Hop testing provides a reliable and valid outcome measure during rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *Physical Therapy*, *87*(3), 337–349. <https://doi.org/10.2522/ptj.20060143>
- Rivera-Brown, A. M., Frontera, W. R., Fontánez, R., & Micheo, W. F. (2022). Evidence for isokinetic and functional testing in return to sport decisions following ACL surgery. *PM & R: The Journal of Injury, Function, and Rehabilitation*. <https://doi.org/10.1002/pmrj.12815>
- Sakurai, T., Shibusaka, K., Kubo, Y., & Sasaki, S. (2017). Biomechanical analysis for the different types of jump shot in basketball – A research of risk factors for ACL injury. *Journal of science and medicine in sport*, *20*, 23–24. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.09.235>
- Semenick, D. (1990). TESTS AND MEASUREMENTS: The T-test. *National Strength & Conditioning Association Journal*, *12*(1), 36. [https://doi.org/10.1519/0744-0049\(1990\)012<0036:ttt>2.3.co;2](https://doi.org/10.1519/0744-0049(1990)012<0036:ttt>2.3.co;2)
- Shin, C. S., Chaudhari, A. M., & Andriacchi, T. P. (2011). Valgus plus internal rotation moments increase anterior cruciate ligament strain more than either alone. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *43*(8), 1484–1491. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31820f8395>
- Stearns-Reider, K. M., Straub, R. K., & Powers, C. M. (2021). Hip abductor rate of torque development as opposed to isometric strength predicts peak knee Valgus during landing: Implications for anterior cruciate ligament injury. *Journal of Applied Biomechanics*, *37*(5), 471–476. <https://doi.org/10.1123/jab.2020-0398>
- Stuelcken, M. C., Mellifont, D. B., Gorman, A. D., & Sayers, M. G. L. (2016). Mechanisms of anterior cruciate ligament injuries in elite women's netball: a systematic video analysis. *Journal of Sports Sciences*, *34*(16), 1516–1522. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1121285>
- Turpeinen, J.-T., Freitas, T. T., Rubio-Arias, J. Á., Jordan, M. J., & Aagaard, P. (2020). Contractile rate of force development after anterior cruciate ligament reconstruction—a comprehensive review and meta-analysis. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *30*(9), 1572–1585. <https://doi.org/10.1111/sms.13733>



- Undheim, M. B., Cosgrave, C., King, E., Strike, S., Marshall, B., Falvey, É., & Franklyn-Miller, A. (2015). Isokinetic muscle strength and readiness to return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction: is there an association? A systematic review and a protocol recommendation. *British Journal of Sports Medicine*, *49*(20), 1305–1310. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-093962>
- van Melick, N., van Cingel, R. E. H., Brooijmans, F., Neeter, C., van Tienen, T., Hullegie, W., & Nijhuis-van der Sanden, M. W. G. (2016). Evidence-based clinical practice update: practice guidelines for anterior cruciate ligament rehabilitation based on a systematic review and multidisciplinary consensus. *British Journal of Sports Medicine*, *50*(24), 1506–1515. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095898>
- Webster, K. E., Feller, J. A., Leigh, W. B., & Richmond, A. K. (2014). Younger patients are at increased risk for graft rupture and contralateral injury after anterior cruciate ligament reconstruction. *The American Journal of Sports Medicine*, *42*(3), 641–647. <https://doi.org/10.1177/0363546513517540>
- Yabroudi, M. A., & Irrgang, J. J. (2013). Rehabilitation and return to play after anatomic anterior cruciate ligament reconstruction. *Clinics in Sports Medicine*, *32*(1), 165–175. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2012.08.016>
- Zahradnik, D., Jandacka, D., Farana, R., Uchytíl, J., & Hamill, J. (2017). Identification of types of landings after blocking in volleyball associated with risk of ACL injury. *European Journal of Sport Science: EJSS: Official Journal of the European College of Sport Science*, *17*(2), 241–248. <https://doi.org/10.1080/17461391.2016.1220626>
- Zarro, M. J., Stitzlein, M. G., Lee, J. S., Rowland, R. W., Gray, V. L., Taylor, J. B., Meredith, S. J., Packer, J. D., & Nelson, C. M. (2021). Single-leg vertical hop test detects greater limb asymmetries than horizontal hop tests after anterior cruciate ligament reconstruction in NCAA Division 1 collegiate athletes. *International Journal of Sports Physical Therapy*, *16*(6), 1405–1414. <https://doi.org/10.26603/001c.29595>





ANEXOS

GUÍA DE EJERCICIOS

FASE 0

En esta fase el encargado de realizar los ejercicios de recuperación de movilidad y ejercicios funcionales para recuperar fuerza es el fisioterapeuta, al final de esta fase el readaptador puede introducir los ejercicios isométricos con dinamometría electromecánica funcional que se muestran a continuación:

Ejercicios isométricos	Cuádriceps	
	Isquiotibiales	


FASE 1

En esta fase no participa el readaptador, se encargará el médico del tratamiento, y el fisioterapeuta de la recuperación de la movilidad y los primeros ejercicios de fortalecimiento.

FASE 2

EJERCICIOS DE CADENA CINÉTICA ABIERTA	Curl de isquiotibiales	
	Extensión de cuádriceps	



	Aducción con pierna extendida	
<b>EJERCICIOS DE CADENA CINÉTICA CERRADA</b>	Sentadilla parcial	
	Sentadilla parcial unilateral	
	Zancada	
	Sentadilla búlgara	
<b>EJERCICIOS DE CADENA CINÉTICA CERRADA</b>	Peso muerto	



	<p>Peso muerto unilateral</p>	
	<p>Hip thrust</p>	
	<p>Hip thrust unilateral</p>	
	<p>Hip thrust con deslizamiento</p>	
<p><b>EJERCICIOS DE CADENA CINÉTICA CERRADA</b></p>	<p>Hip thrust con deslizamiento unilateral</p>	





	<p>Ejercicio de aductor</p>	
<p><b>EJERCICIOS PARA EL DESARROLLO DEL RFD</b></p>	<p>Empuje con cambio de plano a máxima velocidad</p>	
	<p>Levantamiento a máxima velocidad</p>	
<p><b>EJERCICIOS PARA EL DESARROLLO DEL RFD</b></p>	<p>Subir al banco a máxima velocidad</p>	



	<p>Swing a máxima velocidad</p>	
	<p>Tirón lo más rápido posible</p>	
	<p>Sentadilla a máxima velocidad</p>	

**FASE 3**

<p><b>EJERCICIOS DE TÉCNICA DE CARRERA</b></p>	<p>Frontal</p>	
	<p>Lateral</p>	



<b>PLIOMETRÍA</b>	Asistida bilateral	
	Asistida unilateral	
	Caída desde banco y salto bilateral asistido	 
	Caída desde banco y salto unilateral asistido	 
<b>CAMBIO DE DIRECCIÓN</b>	Empuje lateral	 



Cambios de dirección



#### FASE 4

En esta fase se continua con el programa descrito anteriormente y con ejercicios más intensos y relacionados con los deportes, estos ejercicios lo más adecuado es que se realicen en el propio terreno de juego del deporte específico.

#### FASE 5

En esta fase se llevarán a cabo programas específicos de prevención como:

Programas como:

- ✓ Sportsmetrics Program
- ✓ The 11+ Warm Up
- ✓ The PEP Program
- ✓ The KNEE Program - Netball Australia
- ✓ The FootyFirst Program – AFL



ugr

Universidad  
de Granada

### Declaración de Originalidad del TFG

(Este documento debe adjuntarse cuando el TFG sea depositado para su evaluación)

D./Dña. ANTONIO PEÑA MARTÍN, con DNI  
(NIE o pasaporte) 49163610Y, declaro que el presente Trabajo de  
Fin de Grado es original, no habiéndose utilizado fuente sin ser citadas debidamente. De  
no cumplir con este compromiso, soy consciente de que, de acuerdo con la [Normativa  
de Evaluación y de Calificación de los estudiantes de la Universidad de Granada](#) de 20  
de mayo de 2013, esto *conllevará automáticamente la calificación numérica de cero  
[...]independientemente del resto de las calificaciones que el estudiante hubiera  
obtenido. Esta consecuencia debe entenderse sin perjuicio de las responsabilidades  
disciplinarias en las que pudieran incurrir los estudiantes que plagie.*

Para que conste así lo firmo el 1 de junio de 2022 (FECHA)

Firmado por PEÑA  
MARTIN ANTONIO -  
\*\*\*6361\*\* el día  
01/06/2022 con un  
certificado emitido  
por AC FNMT Usuarios

Firma del alumno