



**ESCUELA
DE ENFERMERÍA
Y FISIOTERAPIA**



SAN JUAN DE DIOS

Grado en Fisioterapia

Trabajo Fin de Grado

Título:

Influencia de la terapia de restricción de flujo sanguíneo en la fase preoperatoria, en jugadores de baloncesto con rotura del ligamento cruzado anterior.

Alumno: Enmanuel Eduardo Sánchez Vásquez

Tutor: Dr. Néstor Pérez Mallada

Madrid, mayo de 2025

Índice:

Índice de tablas:	4
Índice de Gráficos:.....	5
Índice de Ilustraciones:.....	6
Glosario de términos:.....	7
RESUMEN:.....	8
ABSTRACT:	9
1. Antecedentes y estado actual del tema:	10
2. Evaluación de la evidencia.....	20
2.1 Estrategia de búsquedas:.....	20
2.2 Búsquedas bibliográficas:	22
Pubmed:.....	22
EBSCO:.....	23
2.3 Flujograma:	24
3. Objetivos	25
3.1 Objetivo principal.....	25
3.2 Objetivos secundarios	25
4. Hipótesis	27
5. Metodología:	28
5.1 Diseño:.....	28
5.2 Sujetos de estudio:.....	29
5.3 Variables:	32
5.4 Hipótesis Operativas:	34
5.5 Recogida, análisis de datos, contraste de hipótesis:.....	37
5.6 Limitaciones del estudio:	39
5.7 Equipo investigador:.....	39
6. Plan de trabajo:	40
6.1 Diseño de la intervención:	40
6.2 Etapas de desarrollo:	46

6.3	Distribución de tareas del equipo de investigación:.....	46
6.4	Lugar de realización del proyecto:.....	47
7.	Listado de Referencias:	48
8.	ANEXOS:	52
	ANEXO I: Tratamiento Postoperatorio	52
	ANEXO II: Solicitud al comité ético de investigación clínica	53
	ANEXO III: Diseño del estudio	54
	ANEXO IV: Información personal pacientes	56
	ANEXO V: Consentimiento informado	57
	ANEXO VI: hoja de revocación	57
	ANEXO VII: Protocolo Fuerza	58
	ANEXO VIII: Protocolo Pliométricos.....	64
	ANEXO IX: Escala KOOS	69
	ANEXO X: Colocación de dinamómetro.....	76

Índice de tablas:

Tabla 1: Glosario de términos. Fuente: Elaboración propia.....	7
Tabla 2: Lesiones en el baloncesto. Fuente: Andreoli et al (2).....	10
Tabla 3: Fase preoperatoria. Fuente: Giesche et al (25).....	15
Tabla 4: Tabla términos PICO. Fuente: Elaboración propia.	20
Tabla 5: Términos libre, Mesh y Decs. Fuente: Elaboración Propia.	21
Tabla 6: Búsquedas realizadas en la base de datos Pubmed. Fuente: Elaboración propia.....	22
Tabla 7: Búsquedas realizadas en la base de datos EBSCO. Fuente: Elaboración propia.....	23
Tabla 8: Criterios de inclusión y exclusión. Fuente: Elaboración propia.	29
Tabla 9: Tabla de contingencia. Fuente: Elaboración propia.....	30
Tabla 10: Variables dependientes. Fuente: Elaboración propia.	32
Tabla 11: Variables independientes. Fuente: Elaboración propia.....	32
Tabla 12: Primer mes de entrenamiento. Fuente: Elaboración propia.....	43
Tabla 13: Segundo mes de entrenamiento. Fuente: Elaboración propia.....	43
Tabla 14: Etapas de desarrollo. Fuente: Elaboración propia.	46
Tabla 15: Tratamiento postoperatorio. Fuente: Yáñez CME et al (27).	52

Índice de Gráficos:

Gráfico 1: Diagrama de flujo. Fuente: Elaboración propia.	24
--	----

Índice de Ilustraciones:

Ilustración 1: Posición de medición de rodilla. Fuente: Elaboración propia	41
Ilustración 2: Personalized Tourniquet System. Fuente: cita número (39).....	44
Ilustración 3: Colocación Manguito. Fuente: Elaboración propia	44
Ilustración 4: Calentamiento con bicicleta. Fuente: Cita número (40).....	58
Ilustración 5: Ejercicio sentadilla monopodal. Fuente: cita número (40).....	59
Ilustración 6: Ejercicio equilibrio sobre bosu. Fuente: cita número (40).....	60
Ilustración 7: Ejercicio prensa monopodal. Fuente: cita número (40).	60
Ilustración 8: Ejercicio extensión de cuádriceps en máquina. Fuente: cita número (40).	61
Ilustración 9: Ejercicio isquiotibiales en máquina. Fuente: cita número (40).....	62
Ilustración 10: Ejercicio sentadilla con barra. Fuente: cita número (40).	63
Ilustración 11: Calentamiento con bicicleta. Fuente: cita número (40)).	64
Ilustración 12: Ejercicio sentadilla monopodal. Fuente: cita número (40).....	65
Ilustración 13: Ejercicio equilibrio sobre bosu. Fuente: cita número (40).....	65
Ilustración 14: Ejercicio de pliométricos 1. Fuente: cita número (40).....	66
Ilustración 15: Ejercicio de pliométricos 2. Fuente: cita número (40).....	67
Ilustración 16: Ejercicio de pliométricos 3. Fuente: cita número (40).....	68
Ilustración 17: Longitud brazo de palanca. Fuente: Elaboración propia	76
Ilustración 18: Altura del dinamómetro. Fuente: Elaboración propia	77
Ilustración 19: Soporte de fijación de la silla. Fuente: Elaboración propia.....	77
Ilustración 20: Profundidad e inclinación. Fuente: Elaboración propia	78
Ilustración 21: Colocación eje del dinamómetro. Fuente: Elaboración propia	78

Glosario de términos:

Siglas	Término
AVD	Actividades de la Vida Diaria
BFm	Flujo sanguíneo muscular
BFR	Blood Flow Restriction
BFR-RT	BFR Resistance Training
CONV	Convencional
EMGs	Electromiografía de superficie
EXT	Extensión
FLEX	Flexión
GE	Game Exposure
HI	Hoja de informacion
HL-RT	Heavy Load Resistance Training
IC	Intervalo de confianza
KOOS	Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score
LCA	Ligamento Cruzado Anterior
LOP	Limb Occlusion Pressure
MVIC	Maximal Voluntary Isometric Contraction
PTS	Personalized Tourniquet System
QF	Quadriceps Femoris
RM	Repetición Máxima
ROM	Range of motion
RPE	Rating of Perceived Exertion

Tabla 1: Glosario de términos. Fuente: Elaboración propia.

RESUMEN:

Antecedentes: En el baloncesto, las lesiones en el miembro inferior son las más frecuentes, con un 63,7% de los casos y dentro de las cuales, las de tobillo representan un 21,9% y las de rodilla un 17,8%. La rotura del ligamento cruzado anterior (LCA) conlleva consecuencias tales como: osteoartritis, daño meniscal y disminución en el rendimiento y actividad física, lo que provoca que la reconstrucción quirúrgica sea considerada como tratamiento estándar en deportistas, por su prevención a medio y largo plazo.

Como complemento al tratamiento postoperatorio, el entrenamiento con la técnica de restricción de flujo sanguíneo (BFR) surge como alternativa eficaz, proporcionando mejorar la fuerza muscular sin sobrecargar la articulación, acelerando la recuperación funcional. Sin embargo, no se ha planteado como esta técnica puede influir en una etapa preoperatoria.

Objetivo principal: Evaluar la efectividad de la inclusión de la terapia de restricción de flujo sanguíneo en el tratamiento convencional, para jugadores de baloncesto con rotura de ligamento cruzado anterior, en una etapa preoperatoria.

Metodología: Se realizará un estudio experimental con jugadores de baloncesto, que hayan sido diagnosticados con rotura del ligamento cruzado anterior y que tengan propuestos una futura reconstrucción del ligamento. Se dividirán los pacientes en dos grupos de trabajo, uno que realizara el preoperatorio convencional y otro combinado con la técnica de BFR.

Se evaluarán las variables de fuerza isocinética máxima de flexores y extensores de rodilla, el rango de movimiento y la función autopercebida de la rodilla.

Palabras clave: Ligamento cruzado anterior; Restricción de flujo sanguíneo; preoperatorio.

ABSTRACT:

Background: In basketball, lower limb injuries are the most frequent, with 63,7% of cases and within which, ankle injuries represent 21,9% and knee injuries 17,8%. Rupture of the anterior cruciate ligament (ACL) has consequences such as: osteoarthritis, meniscal damage and a decrease in performance and physical activity, which means that surgical reconstruction is considered standard treatment for athletes, due to its prevention in the medium and long term.

As a complement to postoperative treatment, training with the blood flow restriction (BFR) technique emerges as an effective alternative, providing improved muscle strength without overloading the joint, accelerating functional recovery. However, it not been proposed how this technique can influence in a preoperative stage.

Main objective: To evaluate the effectiveness of the inclusion of blood flow restriction therapy in the conventional treatment for basketball players with anterior cruciate ligament rupture in a preoperative stage.

Methodology: An experimental study will be carried out with basketball players who have been diagnosed with anterior cruciate ligament rupture and who have proposed future reconstruction of the ligament. The patients will be divided into two working groups, one performing the conventional preoperative procedure and the other combined with the BFR technique.

The variables of maximum isokinetic strength of knee flexors and extensors, range of motion and self-perceived knee function will be evaluated.

Keywords: Anterior cruciate ligament; blood flow restriction; preoperative.

1. Antecedentes y estado actual del tema:

El baloncesto es uno de los deportes más populares en el mundo, en el cual la exigencia física demandada por el deportista para realizar diferentes saltos, desaceleración, cambios de ritmo y de dirección puede resultar en un mayor número de lesiones físicas (1).

En un estudio, escrito por Andreoli et al (2) donde se analizaron más de 12 000 lesiones de baloncesto, mediante la búsqueda en diversas bases de datos, para abordar la epidemiología de las lesiones deportivas en el deporte. Hubo más lesiones en los miembros inferiores (63,7%), sin tener en cuenta el nivel de los jugadores, el género o la edad. Dentro de los resultados las lesiones del miembro inferior, tales como, las de rodilla y las de tobillo son las más prevalentes, representando el 21,9% lesiones del tobillo y el 17,8% de rodillas. Como se puede observar en la [Tabla 2](#).

Región	Lesiones	Porcentaje
Tobillo (Total del estudio)	2832	21,9%
Rodilla (Total del estudio)	2305	17,8%
Pie y Tobillo (Atletas profesionales)	1310	24,8%
Muslo, cadera y pierna (Atletas profesionales)	1074	20,4%
Rodilla (Atletas profesionales)	1027	19,5%
Tronco y Columna Vertebral (Atletas profesionales)	586	11,1%

Tabla 2: Lesiones en el baloncesto. Fuente: Andreoli et al (2).

Al analizar por separado el estudio, se encontró que en el grupo de mujeres las lesiones en los tobillos conllevan el 19,5% del total, en cambio en las rodillas el 20,6%. Sin embargo, en el caso de los hombres, se habla de un 14,6% y 17,5% respectivamente. En cuanto a las categorías encontramos tres grupos: la de Infantiles y adolescentes, donde las lesiones de tobillo representan el 25,6% y las de rodilla el 16,3%; en la categoría de los profesionales, se

analizó un 17,5% en tobillo y un 19,5% en rodilla; finalizando con la categoría atletas máster, en los que se observa un 16,3% de pie y tobillo y un 26,8% en rodilla (2).

Existen otras lesiones donde al analizarse por separado los datos, se produce una mayor tendencia relacionada con el género o las categorías. Como es el caso de las mujeres donde hay una repetición de lesiones en los muslos, caderas y las piernas (17,5%). Otra de las tendencias se da en el grupo de los niños y adolescentes donde hay mayor frecuencia de lesiones en cabeza y cuello (13,7%), finalizando así con las lesiones en el tronco y la columna vertebral (11,1%) en la categoría de atletas profesionales. Sin embargo, estos datos no son significativamente relevantes en comparación con las lesiones de rodilla y tobillo (2-4).

En otros estudios, donde en ambos se realizaron una revisión sistemática acerca de datos relevantes, que informaran sobre las lesiones deportivas de jugadores de baloncesto, buscando aclarar las diferencias en cuanto a las lesiones en relación con la posición en la cancha, el género y otros factores. Se observó que, con respecto al tipo de lesión, el esguince de tobillo y la rotura del ligamento cruzado anterior de la rodilla, son los más comunes en ambos sexos (5,6).

A la hora de hablar de las probabilidades de lesiones, relacionada con la posición en la cancha, se analiza una incidencia en bases (29%), escoltas (29%), aleros (24%), pívots (10%) y en ala-pívots (8%), observándose una mayor incidencia en bases y escoltas (7).

Sin embargo, aunque el esguince de tobillo es la lesión más frecuente dentro del baloncesto, las que se dan en la rodilla son significativamente más limitantes que las de tobillo. Siendo la rotura del ligamento cruzado anterior (LCA) una de las lesiones de rodilla más frecuentes con un 0,09 por cada 1000 exposiciones al juego, conocido por el término en inglés, game exposure (GE), en comparación de otras lesiones en la rodilla como las de cartílago con un 0,008 por cada 1000 GE (8).

La lesión del LCA puede provocar diversas consecuencias, que incluyen la aparición de osteoartritis y daños en el menisco, a causa de la inestabilidad en la rodilla. Asimismo, los pacientes generalmente notan una disminución en su nivel de actividad. Diferentes investigaciones indican que el tratamiento conservador para la rotura del LCA es eficaz solo en pacientes con una demanda baja de actividad. Por ello, debido a las exigencias físicas de los jugadores, la reconstrucción del LCA es la alternativa habitual (9,10).

El tratamiento convencional, en estos casos, es la reconstrucción quirúrgica del LCA, con recuperación postoperatoria (11). Ya que se ha observado que al lesionarse el LCA, la realización de una operación de reconstrucción del ligamento dañado provoca menos

consecuencias a medio y a largo plazo, volviendo a recuperar la estabilidad de la rodilla o previniendo posible lesión en los meniscos provocados por la falta de estabilidad (9).

La reconstrucción del LCA es una de las operaciones de elección para restablecer la estabilidad de la rodilla. Existen diversos injertos para poder realizar la operación tales como los aloinjertos, sacados de donantes o los autoinjertos, que proviene del mismo paciente, siendo este último el elegido en su mayoría debido a sus ventajas, tales como una menor probabilidad de sufrir una respuesta inmunológica (12).

Igualmente, en los autoinjertos utilizados en la reconstrucción del LCA, existen varias opciones de tendones, con sus ventajas y sus desventajas: los tendones de los isquiotibiales, específicamente de semitendinoso y gracilis, los cuales al enrollarse crean un tendón fuerte, que proporciona menos dolor en la recuperación posquirúrgica, sin embargo, tienen mayor riesgo de atrofia muscular de isquiotibiales y déficit de fuerza a la flexión de rodilla, acompañado de mayor probabilidad de laxitud de rodilla hacia el valgo. Por otro lado, está el tendón rotuliano, el cual se extrae de la rótula con fragmentos de hueso, tanto del polo de la rótula como de la tuberosidad tibial, lo que da una rápida integración ósea. Este además incluye una alta resistencia y rigidez, para estabilizar la rodilla, lo que lo convierte en el tendón de elección en deportes de contacto que demandan potencia o salidas de velocidad como es el caso del baloncesto, aunque puede provocar dolor en la parte anterior de rodilla y comprometer la recuperación en el rango de movimiento posquirúrgico (13).

Por lo tanto, debido a la alta demanda física fruto de movimientos explosivos realizados en el baloncesto, acompañado de los cambios rápidos de dirección, la menor laxitud de rodilla postoperatoria comparada con el injerto de tendón de los isquiotibiales y una mayor tasa de retorno al deporte, el autoinjerto de tendón rotuliano es el de elección entre los deportistas (14).

En esta intervención quirúrgica, se realiza una reconstrucción anatómica del LCA, mediante una operación asistida por artroscopia, para luego tras la intervención, comenzar el proceso de recuperación (15,16).

El programa de fisioterapia está dividido en dos fases: Una primera etapa previa a la cirugía, conocida como fase preoperatoria, y otras tras el proceso de cirugía, denominado postoperatorio (15).

En cuanto al proceso de fisioterapia preoperatoria, existen diversos estudios que hablan del protocolo preoperatorio, por ejemplo, Abel et al (15), realizaron un protocolo en el cual con una muestra de (n = 114) con rotura del LCA y reconstrucción programa de LCA con autoinjerto de tendón de cuádriceps o isquiotibiales, serían asignados de manera aleatoria en

dos grupos. Un grupo intervención en el cual se realizarían entrenamiento preoperatorio guiado y estructurado, y otro grupo comparación, el cual realizarían entrenamiento en casa no guiado y autoadministrado. Donde se valoraría como principal variable la función de rodilla autopercebida por los participantes, medida por la escala KOOS (Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score), el rango de movimiento (ROM), fuerza de los músculos extensores y flexores de rodilla, el control postural funcional y la capacidad de salto. Todo esto medido el día de la anamnesis, 1-7 días antes de la reconstrucción, el día de la reconstrucción y tras 30, 60, 90 y 180 días después de la reconstrucción.

El cuestionario KOOS, consta de cinco subescalas (Dolor, Síntomas, AVD, Deporte/Recreación y calidad de vida), con un total de 42 ítems, los cuales se puntúan de 0 a 4 cada uno. Tras realizar las subescalas, las puntuaciones se normalizan para generar una escala de 0 a 100, donde las puntuaciones más altas representan un mejor estado y las más bajas, mayor limitación autopercebida (17).

Otros estudios (18-20), concuerdan con que la terapia ha de fundamentarse en el incremento progresivo de los ejercicios, individualizados para cada uno de los pacientes, teniendo en cuenta su nivel de capacidad. Además de basarse en diferentes componentes que constituyen la terapia, en una fase preoperatoria. Estos componentes son:

-
- Optimizar la movilidad articular, movilizando la articulación de la rodilla.
 - Enfatizar el control neuromuscular del cuádriceps lesionado.
 - Aumentar el equilibrio dinámico y estático.
 - Recuperar la fuerza muscular del cuádriceps.
 - Educación con respecto al tiempo de tratamiento y la vuelta al deporte.
-

Hayley et al (21), identificaron predictores preoperatorios, con la capacidad de modificar el retorno a la actividad física tras la reconstrucción de LCA. Estos predictores se han identificado como factores de riesgo vinculados con el fracaso, a la hora de volver a practicar deporte después de la reconstrucción del ligamento cruzado, como la fuerza muscular, la puntuación en las pruebas de salto a una pierna o en resultados a nivel psicológico como el miedo o la seguridad.

En cuanto a la valoración de la fuerza muscular, existen diferentes maneras de hallarla, como con el dinamómetro isocinético, el cual permite evaluar la fuerza con la que la musculatura realiza un movimiento, a una velocidad constante. Como en el caso del estudio realizado por Mallada NP et al (22), que mediante el uso de un dinamómetro isocinético PRIMUS RS, evaluaron los datos de fuerza de rodilla, a diferentes velocidades, en jugadores sanos de baloncesto. Este estudio involucró a 42 participantes, donde se observaron diferencias

significativas entre el sexo y la altura ($p < 0,001$), revelando menor fuerza extensora de rodilla en mujeres, al compararlo con los hombres.

También, el estudio realizado por Coto Martín R et al (23), donde se analizó cómo la posición de la almohadilla puede afectar en las mediciones de fuerza de rodilla, medidas con un dinamómetro isocinético PRIMUS RS, o en cambio el de

Otro elemento que, puede limitar la evolución del paciente tras la operación, es la falta de un ROM completo de rodilla, en una etapa preoperatoria (24).

Este variable consta de diferentes herramientas para poder ser evaluada. En el estudio realizado por Hancock et al (25), se establecieron las diferencias mínimas entre diferentes métodos para hallar el ROM. El estudio constó de tres evaluadores, que mediante cinco métodos diferentes, midieron los ángulos de la rodilla, dando como resultado que la fiabilidad interevaluador fuera alta para todos los métodos ($p > 0,99$). El inclinómetro digital fue el más preciso, con una diferencia significativa mínima de 6° , luego el goniómetro de brazo largo con una diferencia de 10° , y por último la aplicación de móvil con 12° y la estimación visual y el goniómetro de brazo corto, ambos con una diferencia significativa mínima de 14° .

Por otro lado, la recuperación antes de la operación y la forma de abordar las ideas del paciente respecto a los resultados del tratamiento, han de tomarse en cuenta. Es necesario considerar aspectos como: la duración de la recuperación, tanto antes y como después de la operación, donde la terapia promedio dura 9 meses. Por lo tanto, es fundamental trabajar el incremento de la motivación del paciente y sus expectativas en la fase previa a la operación (21).

Numerosos son los estudios que destacan la importancia de la fase preoperatoria, después de una rotura del LCA. Sin embargo, no existe un protocolo definitivo que se aplique en esta etapa. Sin embargo, son varios los artículos que coinciden en los componentes clave que han de incluirse en esta fase. Estos exponen en la Tabla 3:

FASE PREOPERATORIA

Tipo/Contenido	<ul style="list-style-type: none"> • Fortalecimiento: Ejercicios de cadena cerrada y abierta. • Control muscular: Estabilidad y propiocepción. • ROM: Estiramientos, enfoque en el conseguir todo el ROM de rodilla. • Pliométricos: Saltos a una pierna, aterrizajes suaves y controlados. • OTROS: Movilizaciones de rotula y vendajes de kinesiotape.
Intensidad	<ul style="list-style-type: none"> • Progresión: 3-4 series de entre 12 repeticiones con aumento semanal del 10-15% de carga. • Estiramientos: 3 series de 30 segundos de duración. • Equilibrio: 3 series de 30 segundos hasta los 3 minutos (ojos abiertos/cerrados).
Duración/ Frecuencia	<ul style="list-style-type: none"> • Promedio: rango entre 4-6 semanas. • Frecuencia: 2-4 veces por semana. • Duración por sesión: 75-120 minutos (con calentamiento). • Duración por calentamiento: 10-20 minutos.

Tabla 3: Fase preoperatoria. Fuente: Giesche et al (25).

En cuanto al tratamiento postoperatoria se refiere, esta tiene características comunes a la preoperatoria; sin embargo, difiere en la búsqueda de los objetivos dependiendo de la fase del tratamiento postoperatorio, en la cual se da una primera fase centrada en el control de la inflamación, para luego cambiar de objetivos, buscando desde un aumento de fuerza hasta desarrollar movimientos complejos del deporte, donde dependiendo de la progresión del paciente los objetivos cambiarán (26,27). Las diferentes fases se explican en el Anexo I.

En los jugadores de baloncesto profesionales, los estudios biomecánicos han determinado que factores influyen en la probabilidad de una rotura del LCA en la rodilla: el valgo de rodilla, la flexión de la rodilla, la inclinación del tronco y la abducción de cadera con rotación interna. Estos factores predisponen a la lesión principalmente cuando la flexión de rodilla de 9º y aumenta hasta los 19º de manera brusco, en una inclinación del tronco que se dirige hacia la rodilla lesionada, común durante el contacto inicial con el suelo, o en el valgo de rodilla que

aumenta de manera notable, después de los momentos iniciales y posteriores al contacto con el suelo (28).

En lo que respecta a los mecanismos de lesión, se han identificado tres situaciones frecuentes en la rotura de LCA: el aterrizaje tras un salto, el primer paso después de recoger la pelota en el momento de atacar y las paradas en salto. Estos mecanismos generan circunstancias extremas para la rodilla, como por ejemplo en el caso de las paradas en salto, donde al detenerse repentinamente después de un salto, se produce una rotación interna de cadera y valgo de rodilla; o en el caso del aterrizaje tras un salto, donde la biomecánica lleva a un incremento en el valgo y flexión de la rodilla, favoreciendo la posibilidad de una rotura del LCA (3).

También, ha de tenerse en cuenta que la mayoría de las lesiones ocurren en contexto de ataque, como se observó en un análisis realizado por Gill VS et al (3), en el cual de 47 roturas de LCA (84,2%), fueron en situación de ataque, además de que las roturas del LCA no se dan mayoritariamente en una situación de contacto directo de rodilla, sino indirecto, con un porcentaje del (76,3%)

Tras lo mencionado, para disminuir el tiempo de recuperación, una de las terapias que acompañan al proceso fisioterapéutico luego de la operación quirúrgica de LCA, es la terapia de restricción de flujo sanguíneo, conocido por el término en inglés blood flow restriction (BFR) (29,30).

La BFR es una manera de disminuir la carga mecánica, al realizar ejercicios con una alta demanda en las articulaciones, tanto en personas sanas, al realizar actividades con cargas elevadas sin comprometer las mejoras en la fuerza, como en personas postoperadas o comprometidas con la carga, en las cuales la BFR proporciona una alternativa para prevenir la atrofia y aumentar la eficacia de recuperación (30).

Esta terapia consiste en una oclusión vascular controlada con un manguito que, al combinar entrenamiento de resistencia de baja intensidad, demuestran diversos beneficios a nivel tisular como el aumento de la fuerza, el tamaño muscular y la composición del glucógeno. Aunque los ejercicios de baja carga con BFR, no son significativamente más efectivos para el aumento de fuerza, en comparación a los ejercicios de resistencia de alta carga. Los ejercicios de baja carga combinado con el BFR, aportan la posibilidad de entrenar a una mayor frecuencia con un menor estrés mecánico en las articulaciones, lo que se traduce en un aumento de la exigencia y demanda muscular dentro de las sesiones de tratamiento. Pudiendo esto extrapolarse a pacientes postoperatorios, lesionados y atletas profesionales (29).

La técnica de BFR se debe utilizar en un entorno controlado y con un enfoque individualizado, donde su uso se lleve a cabo de forma segura. La herramienta utilizada para restringir parcialmente el flujo sanguíneo es el Personalized Tourniquet System (PTS), el cual se basa en la medición del LOP (Limb Occlusion Pressure, o presión de oclusión de la extremidad) que, al sacar la presión total necesaria para ocluir completamente el flujo sanguíneo en una extremidad, de forma automática y personalizada, restringe en un rango de entre 50-80% del flujo sanguíneo, ya que es el rango más citado en la literatura reciente, para optimizar la respuesta hipertrófica (31).

Existen diferentes mecanismos que puedan explicar los efectos de la BFR como: la inflamación celular, la aparición de especies reactivas de oxígeno, el daño muscular, hormonas sistémicas y localizadas. Sin embargo, la bibliografía concuerda con que el estrés metabólico y la tensión mecánica son los mecanismos primarios de los cambios metabólicos en el tejido muscular (32).

El estrés metabólico provoca un aumento de metabolitos durante el ejercicio, factor esencial para el crecimiento muscular, ya que produce una elevada concentración de hormonas sistémicas, aumentando la producción de reactivos de oxígenos y un mayor reclutamiento de fibras tipo II. Siendo estos factores, los encargados de controlar la comunicación de proteínas musculares y el aumento de células satélite, contribuyendo así al desarrollo muscular (33).

En relación con la tensión mecánica, es el otro mecanismo clave para el crecimiento muscular. La tensión ocurre cuando se realizan ejercicios con cargas lo bastante exigentes como para activar fibras musculares, provocando cambios a nivel celular. Se induce la hipertrofia mediante los mecanismos mencionados antes: el daño muscular, el incremento de las hormonas locales y la generación de reactivos de oxígeno (34)

Por lo que, en pacientes con patologías que limitan el uso de cargas elevadas en las articulaciones, pero que requieren un estímulo intenso para el aumento de la fuerza sin comprometer dichas articulaciones. La BFR se plantea como una alternativa, utilizando ejercicios con resistencias de baja intensidad. Ya que en el momento en el que el entrenamiento de baja exigencia se une al estrés metabólico, provocado por la restricción de flujo sanguíneo, los efectos de ambos mecanismos primarios (tensión mecánica y estrés metabólico) funcionan en conjunto como aditivos, aumentando así la tensión mecánica, con una menor carga pasando de necesitar intensidades superiores al 65% de la repetición máxima (RM) sin la BFR, a conseguir adaptaciones hipertróficas con intensidades <50% del 1 RM (32).

Algunos de los artículos, que exponen la función de la restricción de flujo sanguíneo en el tratamiento, en la rotura del LCA son:

Hughes et al (35) realizaron un estudio para evaluar la influencia de un entrenamiento de resistencia con BFR (BFR-RT, del inglés BFR resistance training), en comparación del entrenamiento con resistencia a cargas pesadas (HL-RT, del inglés heavy load resistance training), para evaluar el dolor de rodilla percibido, el dolor muscular y la valoración del esfuerzo percibido (RPE, del inglés rating of perceived exertion), en pacientes sometidos a cirugía de reconstrucción de LCA, con autoinjerto de isquiotibiales, todo esto valorado por las escalas de dolor y RPE Borg (1998). Para ello obtuvieron una muestra de veintiocho pacientes los cuales fueron asignados al azar, en dos grupos. Uno fue asignado a HL-RT al 70% de su (1RM) (n=14) y otro al BFR-RT al 30% de (1RM) (n=14). Ambos grupos completaron una recuperación, con un tiempo de ocho semanas de entrenamiento con prensa de piernas unilateral, repetida dos veces por semanas para ambas extremidades, realizando una evaluación del dolor de rodilla 24 horas después de cada entrenamiento. Como resultado se analizó una disminución en el dolor de rodilla percibido con BFR-RT durante el entrenamiento ($p < 0,05$) y a las 24 horas ($p < 0,05$), aunque el dolor muscular fue mayor con BFR-RT ($p < 0,05$) en comparación con HL-RT durante todas las sesiones. En cuanto al RPE, no se observaron cambios significativos ni para BFR-RT como para HL-RT ($P > 0,05$). Llegando a la conclusión de que la BFR-RT puede ser más beneficiosa en etapas iniciales del postoperatorio.

Lu et al (30), llevaron a cabo una revisión sistemática donde compararon la efectividad del entrenamiento de BFR a baja carga junto con un protocolo de fisioterapia tras la operación, en comparación a solo un protocolo convencional. Donde se observaron, estudios en los que se analizaron beneficios significativos en la hipertrofia muscular, la fuerza y en la sensación de dolor del paciente, a lo largo de la sesión (todos $p < 0,05$). En estos los periodos de oclusión variaron de 3 a 5 minutos, con descanso que oscilaban entre los 45 segundos a los 3 minutos.

Žargi et al (36), plasmaron un estudio en el que analizaron como disminuir la bajada de resistencia muscular del músculo cuádriceps femoral (QF), tras la reconstrucción, con el uso de ejercicio BFR de baja carga, en una etapa preoperatoria en un plazo de 8 días antes de la cirugía. Para ello utilizaron una muestra de veinte sujetos los cuales se realizarían una reconstrucción artroscópica del LCA. Con estos llevaron a cabo 5 sesiones de ejercicio, 8 días antes de la operación. Donde Los pacientes fueron asignados en dos grupos diferentes, en primer lugar, el grupo BFR, a quienes se les realizaría la restricción de flujo sanguíneo, y en segundo lugar el grupo impostor, quienes replicarían el mismo volumen de entrenamiento con una restricción simulada. Las variables analizadas fueron el flujo sanguíneo muscular (BFm, del término en inglés blood flow muscular), medida por una espectroscopia de infrarrojo cercano y la diferencia de potencial del QF durante una contracción isométrica al 30% del torque de contracción isométrica máxima (MVIC, del inglés maximal voluntary isometric

contraction), medido por una electromiografía de superficie (EMGs). Estas variables fueron medidas antes de la operación y tras 4 y 12 semanas de la cirugía. La conclusión a la que llegaron es que la resistencia del QF se mantuvo en las 4 semanas tras la operación en el grupo BFR, ya que la amplitud del EMGs aumentó ($p = 0,009$) en un $54 \pm 58\%$, además que el BFm aumentó ($p = 0,004$) en un $52 \pm 54\%$ en el grupo de BFR, en las 4 semanas tras la cirugía.

Aunque existen artículos que avalan la BFR, otros desmienten la eficacia significativa de la restricción en una etapa preoperatoria. Tramer et al (37) al realizar un estudio con una muestra de 45 pacientes con rotura de LCA, asignados a dos grupos, BFR ($n = 23$) y al grupo control ($n = 22$). Analizando la fuerza del cuádriceps medido con un dinamómetro de mano, para calcular la fuerza máxima, la fuerza promedio y el tiempo hasta llegar nuevamente a la fuerza máxima, en una extensión de rodilla. Medición realizada en el día inicial de la investigación y el día de la cirugía, además del rango de movimiento de rodilla y la circunferencia del cuádriceps. Como intervención, a los dos grupos se le pautaron ejercicios estandarizados domiciliarios el cual debían realizar 5 días a la semana, durante 2 semanas entre la visita a la clínica y la cirugía. Con respecto al grupo BFR, se les indicó realizar los ejercicios con un manguito neumático al 80% de la presión de oclusión, sobre la zona más proximal de la pierna afecta. En cuanto a los resultados encontrados, tras las dos semanas de ejercicios ambos grupos manifestaron una menor pérdida de fuerza en la pierna operada en comparación con la no operada ($P < 0,05$ para ambos), pero no se encontraron diferencias significativas entre los grupos.

Además, Hughes et al (38), realizaron una revisión sistemática y un metaanálisis, donde se analizó el impacto del BFR en el tratamiento musculoesquelético en clínica. Tras hacer búsquedas en SPORTDiscus, Pubmed y Science Direct, y que dos revisores independientes extrajeran las características de los estudios y las medidas de los resultados funcionales y musculoesqueléticos. Los resultados mostraron que, aunque la BFR con cargas bajas tuvo un efecto moderado en la ganancia de fuerza (g de hedges = 0,523; intervalo de confianza (IC) del 95%: 0,263 a 0,784; $p < 0,001$), fue menos que el aumento de fuerza con entrenamiento con cargas pesadas (g de hedges = 0,674; IC del 95%: 0,296 a 1,052; $P < 0,001$).

2. Evaluación de la evidencia

2.1 Estrategia de búsquedas:

Para realizar la estrategia de búsqueda se han utilizado las palabras clave de la pregunta PICO:

P	Anterior cruciate ligament reconstruction/injuries/surgery Knee injuries/surgery athletic injuries/epidemiology basketball athletes return to sport preoperative care/period/rehabilitation/exercise
I	physical therapy modalities Exercise therapy Blood Flow Restriction Therapy
C	NOTHING
O	Range of motion/articular muscle strength Pain quality of life

Tabla 4: Tabla términos PICO. Fuente: Elaboración propia.

Tras analizar la pregunta PICO, se han elegido diversos términos libres, para comenzar a combinar entre sí, e iniciar las búsquedas bibliográficas del trabajo. Los términos elegidos fueron buscados en las páginas MeSH y DeCS, donde se encuentran descriptores en ciencias de la salud o terminología para realizar las búsquedas científicas.

<u>Término libre</u>	<u>Mesh</u>	<u>Decs</u>
Deporte	Sports/athletic injuries	Return to sports
Ligamento cruzado anterior	Anterior Cruciate Ligament Reconstruction	Anterior Cruciate Ligament Injuries
Preoperatorio	Preoperative Care	Preoperative period
Baloncestos	basketball	Basketball
Fisioterapia	Physical Therapy Modalities	physical therapy
Rodilla	Knee injuries/knee joint	Knee injuries in sports
Ejercicio terapeutico	Exercise Therapy	Exercise Therapy
Terapia de Restricción del Flujo Sanguíneo	Blood Flow Restriction Therapy	Blood Flow Restriction Therapy

Tabla 5: Términos libre, Mesh y Decs. Fuente: Elaboración Propia.

2.2 Búsquedas bibliográficas:

Se han utilizado las páginas de Pubmed y EBSCO, como bases de datos para buscar los artículos necesarios para el trabajo. Estas búsquedas fueron realizadas desde el 10/10/24 hasta 13/10/24, donde se utilizaron diferentes filtros y booleanos.

Pubmed:

	BUSQUEDAS	RESULTADOS
	((("Preoperative Care" [Mesh]) AND "Anterior Cruciate Ligament Injuries" [Mesh]) AND "Basketball" [Mesh])	1
	((("Knee Injuries" (Mesh)) OR "Knee Joint (Mesh)) AND "Physical Therapy Modalities" [Mesh] AND "Sports" (Mesh) AND ((aged [Filter]) AND (2019:2024[pdat])))	21
	((("Knee Injuries [Mesh]) AND "Basketball" (Mesh)) AND "Preoperative Care" [Mesh])	1
	((("Knee Joint" [Mesh] OR "Knee Injuries" (Mesh)) AND "Athletic Injuries" [Mesh]) AND "Rehabilitation" (Mesh) AND ((aged Filter]) AND (2015:2024[pdat]))	3
	((("Anterior Cruciate Ligament Injuries"[MeSH Terms] OR "Anterior Cruciate Ligament Reconstruction"[MeSH Terms]) AND "preoperative care"[MeSH Terms] AND "clinical trial"[Publication Type]) AND (clinicaltrial[Filter]))	22
	("Basketball"[MeSH Terms] AND "Anterior Cruciate Ligament Injuries"[MeSH Terms]) AND (2009:2024[pdat])	100
	"Blood Flow Restriction Therapy"[MeSH Terms] AND "Anterior Cruciate Ligament Injuries"[MeSH Terms]	6
	("Blood Flow Restriction Therapy"[Mesh]) AND "Return to Sport"[Mesh]	1

Tabla 6: Búsquedas realizadas en la base de datos Pubmed. Fuente: Elaboración propia.

RESULTADO TOTAL:	155
------------------	-----

EBSCO:

	BUSQUEDAS	RESULTADOS
	Basketball AND Preoperative Care AND Anterior cruciate ligament injury	32
	Knee injury AND Physical therapy modalities AND Knee joint AND sports (Ages: 2019-2024)	14
	Knee injury AND Knee joint AND Athletic injuries AND rehabilitation (Ages: 2019-2024/ English/ publicaciones académicas)	39
	Anterior cruciate ligament injury AND anterior cruciate ligament reconstruction AND preoperative care (Ages: 2019-2024/ English/ publicaciones académicas)	37
	Basketball AND anterior cruciate ligament injury (Ages: 2019-2024/ English/ publicaciones académicas/ texto completo)	124
	anterior cruciate ligament injury AND blood flow restriction therapy	11
	blood flow restriction therapy AND return to sport	12

Tabla 7: Búsquedas realizadas en la base de datos EBSCO. Fuente: Elaboración propia.

RESULTADO TOTAL	269
-----------------	-----

2.3 Flujograma:

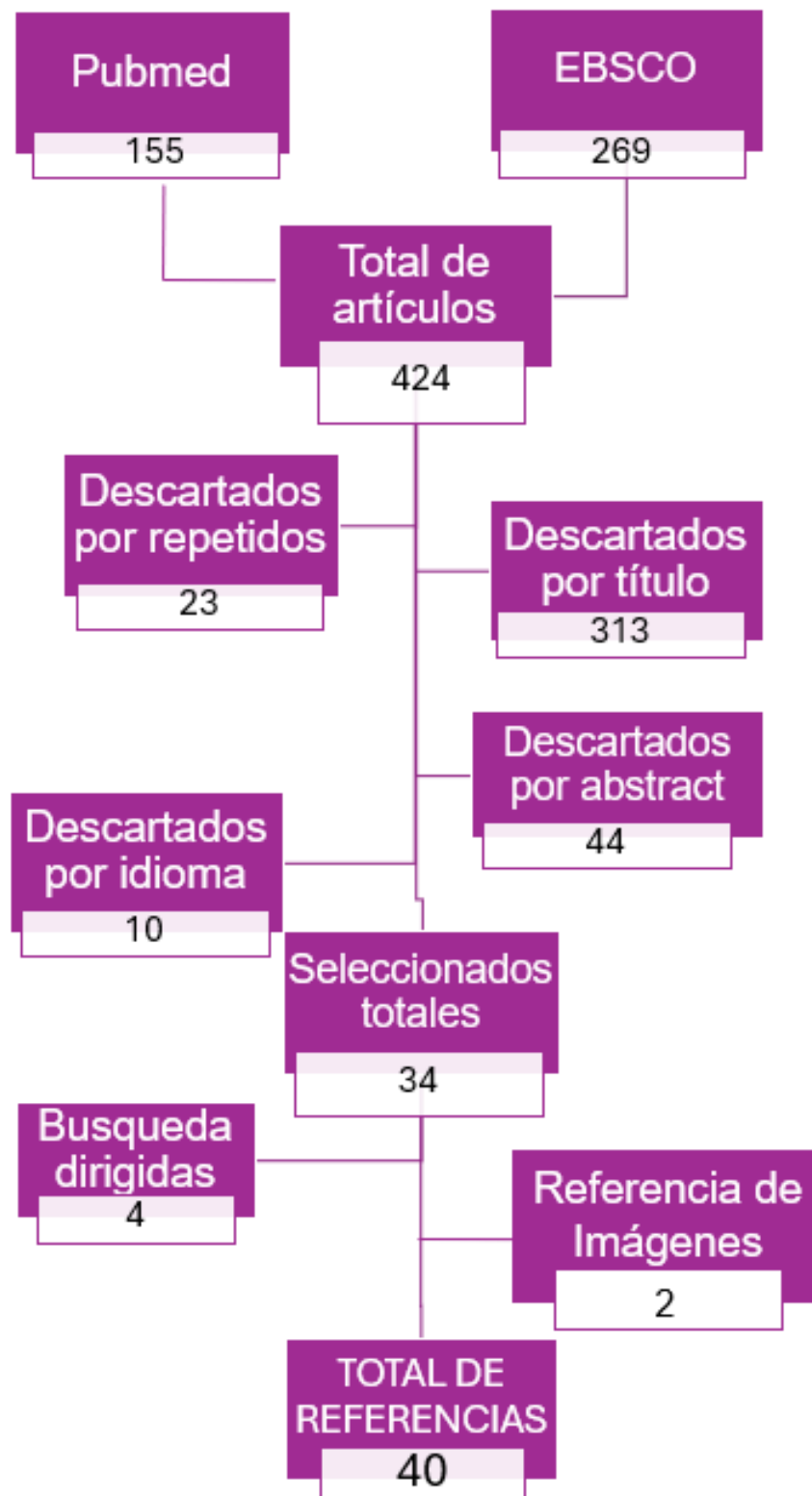


Gráfico 1: Diagrama de flujo. Fuente: Elaboración propia.

3. Objetivos

3.1 Objetivo principal

Inclusión de la terapia de restricción de flujo sanguíneo en el tratamiento convencional, versus solo la terapia convencional en una etapa preoperatoria, para roturas de ligamento cruzado anterior, en jugadores de baloncestos.

3.2 Objetivos secundarios

1. Valorar cambios en la función de la rodilla autopercibida, tras la inclusión de la terapia de restricción de flujo sanguíneo en el tratamiento convencional, en comparación con solo la terapia convencional, en una etapa preoperatoria, para roturas de ligamento cruzado anterior, en jugadores de baloncestos.
2. Valorar cambios producidos en el rango de movimiento de la rodilla, tras la inclusión de la terapia de restricción de flujo sanguíneo en el tratamiento convencional, en comparación con solo la terapia convencional, en una etapa preoperatoria, para roturas de ligamento cruzado anterior, en jugadores de baloncestos.
3. Valorar cambios producidos en la fuerza isocinética a 60°/segundo en extensores de rodilla, tras la inclusión de la terapia de restricción de flujo sanguíneo en el tratamiento convencional, en comparación con solo la terapia convencional, en una etapa preoperatoria, para roturas de ligamento cruzado anterior, en jugadores de baloncestos.
4. Valorar cambios producidos en la fuerza isocinética a 60°/segundo en flexores de rodilla, tras la inclusión de la terapia de restricción de flujo sanguíneo en el tratamiento convencional, en comparación con solo la terapia convencional, en una etapa preoperatoria, para roturas de ligamento cruzado anterior, en jugadores de baloncestos.
5. Influencia del sexo en cambios producidos en la escala KOOS, el rango de movimiento y la fuerza isocinética a 60°/segundo de extensores y flexores de rodilla, tras la inclusión de la terapia de flujo sanguíneo en el tratamiento convencional, en

comparación con solo la terapia convencional, en una etapa preoperatoria, para roturas de ligamento cruzado anterior, en jugadores de baloncestos.

4. Hipótesis

La inclusión de la terapia de restricción de flujo sanguíneo en el tratamiento convencional preoperatorio produce mejoras en la función de la rodilla autopercebida, en el rango de movimiento, la fuerza isométrica máxima en extensores y flexores de rodilla, en una etapa preoperatoria, en comparación a solo el uso de tratamiento convencional, para roturas de ligamento cruzado anterior, en jugadores de baloncesto.

5. Metodología:

5.1 Diseño:

Se realizará un estudio experimental, prospectivo, controlado, clínico y aleatorizado, en el cual el investigador que hace las mediciones no conoce el grupo asignado, con el objetivo de minimizar la probabilidad de sesgos que puedan afectar al estudio. No cabe la posibilidad de cegar al paciente, ya que se le entregará una hoja de información (HI) del estudio en la cual deberán estar redactados de forma detallada los diferentes grupos de intervención con sus respectivos tratamientos.

El tipo de estudio se escoge para analizar los posibles cambios provocados por el uso del BFR, en una etapa preoperatoria, en la rotura de LCA. A lo largo del estudio, se realizarán un número de 7 mediciones: Medición realizada el día de la anamnesis de los pacientes (m1), entre 1-7 días antes de la reconstrucción quirúrgica (m2), el día de la reconstrucción quirúrgica (m3), 30 días tras la reconstrucción (m4), 60 días tras la reconstrucción (m5), 90 días tras la reconstrucción (m6), y 180 días tras la reconstrucción (m7).

En cuanto a la muestra del estudio, se dividirán en dos grupos diferentes:

- Grupo BFR: llevarán a cabo un protocolo de tratamiento preoperatorio convencional, con la inclusión de la terapia BFR.
- Grupo convencional (CONV): llevarán a cabo un protocolo de tratamiento preoperatorio convencional.

El estudio cumple con los principios éticos para las investigaciones médicas en humanos, declaradas en el año 1964 en Helsinki. Antes de comenzar el ensayo será necesario la aprobación del Comité Ético de Investigación Clínica (Anexo II).

Todos los participantes deben leer un documento, donde se encuentra el diseño del estudio (Anexo III), antes de participar en el estudio. Además, deben completar una ficha (Anexo IV) con su información personal, la cual estará resguardada por el investigador principal (durante todo el estudio cada sujeto tendrá un número de identificación, por lo tanto, no se publicará información personal).

Para finalizar, deberán leer y firmar el consentimiento informado (Anexo V), mediante el cual se comprometen a participar en el estudio de forma voluntaria, cumpliendo con la Ley Orgánica de Protección de Datos 3/2018. Cualquier sujeto que desee abandonar el proyecto, podrá hacerlo sin ninguna consecuencia económica ni legal al completar una hoja de revocación (Anexo VI).

5.2 Sujetos de estudio:

La población diana del estudio estará compuesta por jugadores de baloncesto, diagnosticados con rotura de LCA, estos serán seleccionados mediante el método no probabilístico, muestreo por bola de nieve, en el cual el investigador principal irá de manera presencial a la federación de baloncesto de Madrid, para hablar con los diferentes médicos encargados de los distintos equipos, y así comentarles el estudio.

Tras ello, los respectivos médicos derivarán los sujetos que correspondan, al investigador principal. Se estipularán una serie de criterios de inclusión y exclusión, con el objetivo de dar con una muestra, tan homogénea como sea posible. Todo sujeto que cumpla con los criterios pautados para entrar al estudio tendrá que dar el consentimiento informado, donde se comprometen de forma voluntaria a participar en el mismo.

Criterios de Inclusión	Criterios de Exclusión
Jugadores de baloncesto	Trastornos cognitivos
diagnosticados con rotura total de LCA	Enfermedades cardiovasculares graves
Mayores de edad	Intervenciones o lesiones previas en la articulación de la rodilla en los últimos 5 años
Pacientes con indicación de reconstrucción de LCA	Embarazo
Entender el castellano, o el inglés	Enfermedades reumáticas subyacentes
Adscritos a la federación de baloncesto	Uso habitual de medicamentos analgésicos

Tabla 8: Criterios de inclusión y exclusión. Fuente: Elaboración propia.

La selección de la muestra será realizada por un muestreo no probabilístico consecutivo, ya que solo se aceptarán a los sujetos que cumplan con los criterios de inclusión, y que no contengan en ningún caso los criterios de exclusión. Con el objetivo de extrapolar los resultados a la población diana.

El tamaño de la muestra se calculará, con la siguiente fórmula, utilizada en estudios de contraste de hipótesis mediante la comparación de medias:

$$n = \frac{2K \times SD^2}{d^2}$$

Donde:

- n es el tamaño de la muestra, siendo este el número de sujetos en cada grupo del estudio. A este resultado se le sumará el 15%, de este mismo dato, por la posibilidad de pérdidas de participantes en el estudio.
- k es una constante calculada mediante el nivel de significación (α) y el poder estadístico ($1-\beta$).
- SD es la desviación típica, adquirido de otro estudio con variables distintas.
- d es la precisión.

Generalmente, se asume un nivel de significación $\alpha= 0,05$, es decir que se puede llegar a aceptar un 5% de probabilidades de cometer un error de tipo I. El error tipo I se da, cuando al rechazar la hipótesis nula, esta es cierta.

En cuanto a ($1-\beta$), se asumirá un poder estadístico del 80%. Tras esto para sacar k se utilizará una tabla de contingencia (*Tabla 8*). Dándose así un valor de $k = 7,8$.

	Nivel de significación α		
Poder estadístico ($1-\beta$)	5%	1%	0.10%
80%	7,8	11,7	17,1
90%	10,5	14,9	20,9
95%	13	17,8	24,3
99%	18,4	24,1	31,6

Tabla 9: Tabla de contingencia. Fuente: Elaboración propia.

El cálculo del tamaño muestral para cada variable dependiente, se realizará mediante datos estadísticos de un artículo de referencia. Tras esto, se elegirá el tamaño muestral máximo, dentro de todos los valores sacados, tras realizar el cálculo para cada variable dependiente.

Con el objetivo de obtener los valores que faltan para completar la ecuación antes comentada, se usará el estudio de Abel et al (15), en la cual se sacaran los datos de d y SD , para la variable “función de la rodilla autoinformada”; el artículo Mallada NP et al (22), para sacar los datos de la variable “Fuerza máxima isocinética a 60º/segundo en extensores” y “Fuerza máxima isocinética a 60º/segundo en flexores”; y por último el estudio realizado por Hancock et al (25) para la variable “ROM”.

Eligiendo entre estas la que permite conseguir el tamaño muestral que abarque todas las variables, que en este caso corresponde a la variable “función de la rodilla autoinformada”. Donde se encuentra una desviación típica de 15 puntos y una precisión de 10.

$$n = \frac{2(7,8) \times (15)^2}{(10)^2}$$

Luego de realizar la operación para hallar el cálculo muestral, nos sale como resultado 35. Tras sacar el valor n , se le sumará el 15% del resultado, por posibles pérdidas de participantes, dando así un tamaño muestral de 40 sujetos por grupo, que corresponde a un total de 80 personas como muestra final.

Continuando con el reparto de los sujetos, los participantes serán asignados a cada grupo con una asignación aleatoria, mediante un proceso de aleatorización simple, el cual consiste, en que cada participante sacará una bola de una caja, con la posibilidad de salir de color rojo (Grupo BFR) o azul (Grupo CONV).

5.3 Variables:

Las variables dependientes que se analizarán en el estudio son: función de la rodilla autopercebida, rango de movimiento de rodilla y fuerza isocinética en extensores y flexores de rodilla.

Variables dependientes	Tipo	Unidad de medida	Forma de medida
función de la rodilla autopercebida	Cuantitativa discreta	Puntuación de 0 a 100	Cuestionario KOOS
Rango de movimiento	Cuantitativa Continua	Grados	Goniómetro de brazo largo
Fuerza máxima isocinética a 60º/segundo en extensores	Cuantitativa Continua	Newton x metro (Nm)	Dinamómetro Isocinético
Fuerza máxima isocinética a 60º/segundo en flexores	Cuantitativa Continua	Newton x metro (Nm)	Dinamómetro Isocinético

Tabla 10: Variables dependientes. Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la variable independiente analizada en el estudio: el sexo.

Variables independientes	Tipo	Unidad de medida	Forma de medida
Sexo	Cualitativa dicotómica	X	0= Hombre 1= Mujer

Tabla 11: Variables independientes. Fuente: Elaboración propia.

En primer lugar, se valorará el estado de la rodilla percibida por el paciente, evaluada mediante la suma de las puntuaciones de las subescalas de la "Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score" (KOOS). Se recopilará datos funcionales de la rodilla del paciente autoinformada en ambos grupos, tal como indican Abel et al (15), en los siete momentos de medición, que van desde la anamnesis realizada en el hospital (m1), hasta 180 días tras la operación (m7).

Las puntuaciones obtenidas de cada subescala se suman, para luego transformarlas a valores normalizados que irán del 0 al 100 con la siguiente fórmula:

$$Puntuación = 100 - \left(\frac{Suma\ de\ los\ ítems}{Número\ Máximo\ posible\ de\ la\ Subescala} \right) \times 100$$

Obteniendo así con este resultado final, puntuaciones que al acercarse al 0 indican de un peor funcionamiento o una mayor cantidad de síntomas de rodilla, o en cambio valores puntuaciones cercanas al 100, indican mejor función y menor cantidad de síntomas.

Continuando con las variables del estudio, el rango de movimiento se medirá mediante un goniómetro de brazo largo, tanto en el periodo antes de la operación (m1 y m2), como tras la operación (m3, m4 y m5). La movilidad de la articulación de la rodilla se identifica con un código dividido en tres partes, que indican la extensión y flexión máxima de rodilla y la posición cero.

Finalizando con las variables, se analizará la fuerza máxima isocinética de extensores de la rodilla (cuádriceps) y de flexores de rodilla (isquiotibiales). Estos se registran en un primer momento en el día de la anamnesis y a los 90 días y 180 días posteriores a la reconstrucción del ligamento. La medición se hará mediante una prueba de fuerza isocinética, analizada con un dinamómetro isocinético, en un rango de movimiento de (0°/0°/90°), a 60°/seg, a máxima fuerza, esto se repetiría hasta 5 veces.

El terapeuta anotará el número de repeticiones, a las que los pacientes han llegado, tanto de la pierna lesionada, como de la pierna sana, para poder realizar una comparación y observar el progreso lado a lado (derecha/izquierda) de los pacientes.

En cuanto a la variable independiente sexo, se observarán a lo largo del estudio, posibles cambios aparentes entre hombres (0) y mujeres (1), que puedan ser significativos para el estudio.

5.4 Hipótesis Operativas:

Variable dependiente función de la rodilla autopercibida

Hipótesis nula (H_0): No existen diferencias estadísticamente significativas en la función de la rodilla autopercibida, medida con la escala KOOS, entre la inclusión de la BFR, en comparación con solo la terapia convencional, en una etapa preoperatoria para el tratamiento de rotura de LCA.

Hipótesis alternativa (H_a): Existen diferencias estadísticamente significativas en la función de la rodilla autopercibida, medida con la escala KOOS, entre la inclusión de la BFR, en comparación con solo la terapia convencional, en una etapa preoperatoria para el tratamiento de rotura de LCA.

Variable dependiente rango de movimiento

Hipótesis nula (H_0): No existen diferencias estadísticamente significativas en el rango de movimiento, medido con goniómetro, entre la inclusión de la BFR, en comparación con solo la terapia convencional, en una etapa preoperatoria para el tratamiento de rotura de LCA.

Hipótesis alternativa (H_a): Existen diferencias estadísticamente significativas en el rango de movimiento, medido con goniómetro, entre la inclusión de la BFR, en comparación con solo la terapia convencional, en una etapa preoperatoria para el tratamiento de rotura de LCA.

Variable dependiente fuerza máxima isocinética a 60°/segundo en extensores de rodilla:

Hipótesis nula (H_0): No existen diferencias estadísticamente significativas en la fuerza máxima isocinética a 60°/segundo en extensores de rodilla, medidos con un dinamómetro isocinético entre la inclusión de la BFR, en comparación con solo la terapia convencional, en una etapa preoperatoria para el tratamiento de rotura de LCA.

Hipótesis alternativa (H_a): Existen diferencias estadísticamente significativas en la fuerza máxima isocinética a 60°/segundo en extensores de rodilla, medidos con un dinamómetro isocinético, entre la inclusión de la BFR, en comparación con solo la terapia convencional, en una etapa preoperatoria para el tratamiento de rotura de LCA.

Variable dependiente fuerza máxima isocinética a 60°/segundo en flexores de rodilla:

Hipótesis nula (H_0): No existen diferencias estadísticamente significativas en la fuerza máxima isocinética a 60°/segundo en flexores de rodilla, medidos con un dinamómetro isocinético, entre la inclusión de la BFR, en comparación con solo la terapia convencional, en una etapa preoperatoria para el tratamiento de rotura de LCA.

Hipótesis alternativa (H_a): Existen diferencias estadísticamente significativas en la fuerza máxima isocinética a 60°/segundo en flexores de rodilla, medidos con un dinamómetro isocinético, entre la inclusión de la BFR, en comparación con solo la terapia convencional, en una etapa preoperatoria para el tratamiento de rotura de LCA.

Variable independiente sexo:

- *Función de la rodilla autopercebida*

Hipótesis nula (H_0): No existen diferencias estadísticamente significativas entre mujeres y hombres en la función de la rodilla autopercebida, medida con la escala KOOS, entre la inclusión de la BFR en el tratamiento convencional, en comparación con solo la terapia convencional, en una etapa preoperatoria para el tratamiento de rotura de LCA.

Hipótesis alternativa (H_a): Existen diferencias estadísticamente significativas entre mujeres y hombres en la función de la rodilla autopercebida, medida con la escala KOOS, entre la inclusión de la BFR en el tratamiento convencional, en comparación con solo la terapia convencional, en una etapa preoperatoria para el tratamiento de rotura de LCA.

- *Rango de movimiento*

Hipótesis nula (H_0): No existen diferencias estadísticamente significativas entre mujeres y hombres en el rango de movimiento, medido con goniómetro, entre la inclusión de la BFR en el tratamiento convencional, en comparación con solo la terapia convencional, en una etapa preoperatoria para el tratamiento de rotura de LCA.

Hipótesis alternativa (H_a): Existen diferencias estadísticamente significativas entre mujeres y hombres en el rango de movimiento, medido con goniómetro entre la inclusión de la BFR en el tratamiento convencional, en comparación con solo la terapia convencional, en una etapa preoperatoria para el tratamiento de rotura de LCA.

- *Fuerza máxima isocinética a 60°/segundo en extensores de rodilla*

Hipótesis nula (H_0): No existen diferencias estadísticamente significativas entre mujeres y hombres en la fuerza máxima isocinética a 60°/segundo en extensores de rodilla, medidos con un dinamómetro isocinético entre la inclusión de la BFR en el tratamiento convencional, en comparación con solo la terapia convencional, en una etapa preoperatoria para el tratamiento de rotura de LCA.

Hipótesis alternativa (H_a): Existen diferencias estadísticamente significativas entre mujeres y hombres en la fuerza máxima isocinética a 60°/segundo en extensores de rodilla, medidos con un dinamómetro isocinético entre la inclusión de la BFR en el tratamiento convencional, en comparación con solo la terapia convencional, en una etapa preoperatoria para el tratamiento de rotura de LCA.

- *Fuerza máxima isocinética a 60°/segundo en flexores de rodilla*

Hipótesis nula (H_0): No existen diferencias estadísticamente significativas entre mujeres y hombres en la fuerza máxima isocinética a 60°/segundo en flexores de rodilla, medidos con un dinamómetro isocinético entre la inclusión de la BFR en el tratamiento convencional, en comparación con solo la terapia convencional, en una etapa preoperatoria para el tratamiento de rotura de LCA.

Hipótesis alternativa (H_a): Existen diferencias estadísticamente significativas entre mujeres y hombres en la fuerza máxima isocinética a 60°/segundo en flexores de rodilla, medidos con un dinamómetro isocinético, entre la inclusión de la BFR en el tratamiento convencional, en comparación con solo la terapia convencional, en una etapa preoperatoria para el tratamiento de rotura de LCA.

5.5 Recogida, análisis de datos, contraste de hipótesis:

La recogida de los datos comienza, con la reunión del investigador principal con la federación madrileña de baloncesto, tras haber acordado una cita. Allí este comunicará el proyecto planteado, con los médicos de la federación, quienes son los encargados de derivar a los sujetos que cumplan con los criterios de inclusión del estudio, a la Escuela de Enfermería y Fisioterapia San Juan de Dios, donde el investigador principal realizará una primera entrevista a cada paciente, con el objetivo de verificar sus características y perfiles.

Tras esta primera entrevista, los sujetos seleccionados para la muestra deberán leer, rellenar y firmar diferentes documentos legales, necesarios para su participación en el proyecto, tales como:

- Hoja de información del paciente (Anexo III): Se informa de manera detallada, el proyecto a realizar.
- Hoja del consentimiento informado (Anexo V): Se muestra y certifica la participación voluntaria del sujeto en el proyecto.
- Ficha de datos personales (Anexo IV)

Además, se le asignará a cada individuo un número de identidad, para poder publicar los datos estadísticos garantizando la privacidad e intimidad de los sujetos del estudio. Este número de identidad se encontrará en las diferentes tablas de mediciones, para no usar en ningún caso los datos personales de los sujetos.

Una vez asignados los números de identidad y de recoger los datos en una hoja Excel, estos se transcribirán al sistema SPSS Statistics®, para así comenzar el análisis estadístico.

A la hora de interpretar los resultados estadísticos, se empleará un análisis por intención de tratar. Este enfoque consiste, en analizar los resultados de todos los pacientes asignados, de manera aleatoriza, independientemente de si completaron el tratamiento, abandonaron o si se llegaron a desviar del protocolo pautado en un principio.

Se elige este método de análisis, porque mantiene el balance en la comparabilidad de los grupos y permite a ensayos clínicos aleatorizados, como este, acercarse a la realidad de la práctica clínica.

Continuando con el análisis estadístico, este constará de dos partes: un análisis descriptivo y otro inferencial.

Primero se lleva a cabo un análisis descriptivo, con el objetivo de determinar las características de la población y la manera en la que esta se distribuye. Se realizará una valoración de los datos, procedentes de las variables del estudio. Estos son los datos de las medidas de tendencia central, es decir la media, mediana y moda, además de los datos de medidas de dispersión, que corresponden con el rango, desviación estándar y varianza.

Segundo se efectuará un análisis inferencial, que se basa en el contraste de hipótesis bilateral. Para su realización se creará en el programa SPSS, una nueva variable llamada "Diferencia de medias entre la medición pre- y post- tratamiento", con el objetivo de determinar si las diferencias entre las mediciones pre- y post- son estadísticamente significativas. Para llevar a cabo este proceso, se tomarán los siguientes pasos:

- Para probar si la muestra se distribuye de manera normal o no, se realizará la prueba no paramétrica de Kolmogorov-Smirnov:

- Si $p > 0,05$ se asume la normalidad de la muestra.
- Si $p < 0,05$ no se asume la normalidad de la muestra.

- Para determinar la homogeneidad de la varianza, se realizará el test de Levene:

- Si $P > 0,05$ la muestra presenta homogeneidad.
- Si $p < 0,05$ la muestra no presenta homogeneidad.

Luego de establecer la distribución de la muestra, si la muestra se distribuye de forma normal y homogeneidad ($p > 0,05$), se realizará la prueba paramétrica t de Student para muestras independientes. En cambio, si ,por el contrario, la muestra no presenta una distribución normal, ni homogeneidad ($p > 0,05$) se tomará la prueba no paramétrica U de MannWhitney.

Por lo tanto, si el resultado es $p < 0,05$, se aceptará la hipótesis alternativa (H_a), lo que implica que existirán diferencias estadísticamente significativas entre los resultados. Por el contrario, sí ($p > 0,05$), se rechazaría la hipótesis alternativa, dándose así la hipótesis nula (H_0) y no se darían diferencias significativas.

5.6 Limitaciones del estudio:

- Inexperiencia del investigador principal.
- Falta de recursos económicos, para poder acceder a artículos que se encontraban privados a la lectura del público.
- Única población específica, lo que no permite extrapolar los resultados a otras disciplinas deportivas.
- Tiempo limitado de realización del proyecto de investigación, lo que ha provocado un numeroso número de búsquedas dirigidas en el proyecto.

5.7 Equipo investigador:

El equipo de investigación del estudio este compuesto por:

Investigador principal:

Enmanuel Eduardo Sánchez Vásquez, Graduado en Fisioterapia.

Fisioterapeutas:

- Fisioterapeuta experto:

Graduado en Fisioterapia con Máster oficial en Biomecánica y Fisioterapia Deportiva, aplicado en traumatología del deporte y análisis biomecánico del movimiento, con experiencia en proyectos de investigación.

- Fisios de los grupos:

Cada grupo constará con 4 fisioterapeutas con conocimientos en patologías deportivas y cursos de expertos en fisioterapia deportiva, además de tener experiencia en el uso de la técnica de BFR.

Analista:

Experto en investigación y análisis de datos, con experiencia en proyectos de investigación del ámbito de las ciencias de la salud.

Médicos:

Médicos de la Federación de Baloncesto de Madrid.

6. Plan de trabajo:

6.1 Diseño de la intervención:

Luego de redactar y terminar de diseñar el estudio, es imprescindible enviar la solicitud al Comité de Ético de Investigación Clínica para su aprobación.

Tras haber conseguido el permiso por parte del Comité, para la realización del estudio, el investigador principal se encargará de ponerse en contacto con la federación de baloncesto, para comenzar a reunirse con los médicos y exponer así el diseño del proyecto. Después de realizarse las reuniones y explicar el proyecto, el investigador principal aportará sus datos (Teléfono y correo electrónico), para cuando sea oportuno, establecer la fecha de inicio, donde se empezarán a entrevistar a los sujetos que cumplen los criterios de inclusión.

A la vez, el investigador principal, se reunirá con el equipo del proyecto para informarles sobre el estudio, el lugar donde se realizará la entrevista y el tratamiento experimental, que se realizará en la Escuela de Enfermería y Fisioterapia San Juan de Dios, así como las respectivas responsabilidades, que a cada miembro les corresponde. Se les explicará a los fisioterapeutas responsables del tratamiento preoperatorio, el protocolo de BFR preoperatorio, para el grupo BFR, y el protocolo de fisioterapia preoperatorio convencional, para el grupo CONV. Además, se le explicará al analista, las herramientas a utilizar en el trabajo y al fisio experto el método de mediciones.

Una vez acordada la fecha de inicio, se irá citando a los sujetos para explicar el proyecto, su participación, y que realicen la firma de toda la documentación necesaria (consentimiento informado, ficha de datos personales y la HI). Tras firmar, se aleatorizará a los pacientes, mediante un proceso de aleatorización simple, para asignarles a uno de los dos grupos. Este proceso se realiza, al sacar una bola de una caja, con la posibilidad de salir de color rojo (Grupo BFR) o azul (Grupo CONV). Luego de finalizar el proceso de aleatorización de grupos, se les informará vía gmail o por teléfono a los sujetos y la fecha y hora, para la primera medición (m1).

En la primera medición (m1), comenzaremos con el ROM de rodilla tanto en EXT como en FLEX, para determinar el punto de partida de la muestra. El método reconocido para sacar los ángulos de rodilla consiste en medir el eje del fémur, encontrado en el centro del trocánter mayor y el epicóndilo lateral del fémur, y el eje de la tibia, localizado entre el epicóndilo femoral lateral y el centro del maléolo lateral. Esto se realizará con un goniómetro de brazo largo, el cual utilizaremos con el paciente en decúbito Supino en la camilla, con los brazos relajados. Se medirán tanto los grados en activo como en pasivo de la rodilla (25).

La reevaluación de esta variable, se realizarán entre 1 a 7 días antes de la cirugía (m2), el día de la cirugía (m3), y después a los 30 días (m4) y a los 60 días de la cirugía (m5).

Prosiguiendo con la variable de fuerza máxima isocinética, esta se realizará en el laboratorio de la escuela, el cual se encuentra equipado con un dinamómetro isocinético PRIMUS RS de BTE Technologies (Hanover, Maryland, EE. UU), que equiparemos con la herramienta PRIMUS RS 701, diseñada para evaluar los movimientos de flexión y extensión de la rodilla. Se realizará un proceso de autochequeo del sistema y confirmación del correcto funcionamiento del equipo (22).

Tras esto, se colocará al paciente en un asiento que le permita posicionarse en paralelo al dinamómetro, para alinear así el eje del dinamómetro con el cóndilo femoral externo de la pierna a evaluar. Se ajustará el asiento para colocar al paciente a una altura e inclinación, que lo disponga en una posición con 90° de flexión de rodilla y con una disposición de 110° de flexión de cadera. La almohadilla se coloca con un brazo de palanca de 30 cm en todos los sujetos, en la zona anterior de la tibia, y no se utilizarán cinturones de sujeción ni en el tronco, cadera o muslos del paciente, para evitar posibles compensaciones, por puntos de apoyos fijos adicionales, dejando cinta de sujeción solo en la almohadilla. Antes de las mediciones, se llevarán a cabo diez repeticiones submáximas a 180°/seg, como calentamiento (23).



Ilustración 1: Posición de medición de rodilla. Fuente: Elaboración propia

El protocolo de medición se lleva a cabo, de manera continua y sin descanso entre movimientos de flexión/extensión, realizando cuatro contracciones máximas a 60°/seg, comenzando con la pierna a 90°, se le instruirá al paciente que contraiga lo máximo que

podiera y mantuviera la contracción en todo el rango (22). El valor elegido en la prueba corresponderá con el pico máximo de fuerza registrado, el cual se medirá en N x m.

Esta prueba se reevaluará entre 1-7 días antes de la operación, y a los 90 y 180 días tras la operación, cuando el ROM de rodilla es óptimo para poder evaluar la fuerza.

Para finalizar con la primera medición, se utilizará el cuestionario KOOS (Anexo IX), que consta de 42 ítems, el cual evalúa de manera específica la condición autopercebida de la articulación de la rodilla, percibida por el paciente, especialmente tras lesiones de rodilla, como en el caso de la rotura del LCA (15).

Este cuestionario consta de cinco subescalas (Dolor, Síntomas, AVD, Deporte/Recreación y calidad de vida), los cuales se puntúan de 0 a 4 cada uno. Tras realizar las subescalas, las puntuaciones se normalizan para generar una escala de 0 a 100, donde las puntuaciones más altas representan un mejor estado y las más bajas, mayor limitación autopercebida. El valor que se tomará será la puntuación de la escala, la cual se reevaluará en cada una de las mediciones planeadas para los pacientes a lo largo del estudio (17).

Tras realizar la primera medición y aleatorizar la muestra, es momento de explicar el protocolo a seguir por cada uno de los grupos de estudio, comenzando con el grupo **CONV**.

El programa preoperatorio, realizado por el grupo CONV, se basa en el estudio realizado por Eitzen et al (20). Este une dos tipos de ejercicios para tratar la rotura de LCA en una etapa preoperatoria: En primer lugar, entrenamiento de fuerza progresiva, mediante ejercicios con máquinas y sentadilla con peso, además de añadirse, ejercicios de propiocepción del miembro inferior, mediante sentadillas a una pierna en almohadillas o con bosu. Todos los ejercicios se encuentran explicados, con sus repeticiones, orden y series en el (Anexo VII).

En segundo lugar, ejercicios de tipo pliométricos, para el aumento del rendimiento neuromuscular y el desarrollo de la fuerza. Se realizaron los pliométricos, mediante variaciones de saltos con ambas piernas, centrados en mantener la estabilidad de la rodilla y controlar la caída en los periodos de aterrizaje suaves, que se caracterizan por caer con la punta para minimizar cargas lesivas en la articulación. Estos se encuentran explicados en el (Anexo VIII).

Cabe destacar, que la progresión de los ejercicios fue guiada por el marco teórico dosis-respuesta, en el cual la carga de los ejercicios, principalmente en las sesiones de fuerza, incrementa de manera progresiva, utilizando el “principio +2”, donde, se les indica a los pacientes que realicen tantas repeticiones como puedan en la última serie. Si pueden aumentar 2 repeticiones adicionales, se les aumentará la carga en la siguiente sesión de entrenamiento (20).

En cuanto al reparto de las sesiones a continuación, se muestra el calendario de sesiones que realizará este grupo, el cual se divide en 5 semanas, donde el color **NARANJA** representa las sesiones centradas en fuerzas y las de color **AZÚL**, las sesiones de pliometría:

Mes 1							
	L	M	X	J	V	S	D
SEM 1	FUERZA	Descanso	PLIOMETRÍA	Descanso	FUERZA	Descanso	Descanso
SEM 2	FUERZA	Descanso	PLIOMETRÍA	Descanso	FUERZA	Descanso	Descanso
SEM 3	FUERZA	Descanso	PLIOMETRÍA	Descanso	FUERZA	Descanso	Descanso
SEM 4	FUERZA	Descanso	PLIOMETRÍA	Descanso	FUERZA	Descanso	Descanso

Tabla 12: Primer mes de entrenamiento. Fuente: Elaboración propia.

Mes 2							
	L	M	X	J	V	S	D
SEM 5	FUERZA	Descanso	PLIOMETRÍA	Descanso	FUERZA	Descanso	Descanso

Tabla 13: Segundo mes de entrenamiento. Fuente: Elaboración propia.

Con respecto al grupo BFR, seguirá un protocolo basado en el estudio realizado por Lu et al (30). Dicho estudio realiza una revisión sistemática, de las metodologías que implantan la técnica de BFR, como método de tratamiento. Con los datos obtenidos de ese estudio, el grupo BFR, seguirá el mismo protocolo de entrenamiento pautado previamente para el grupo CONV, conservando la misma estructura en cuanto a sesiones, ejercicios y repeticiones. No obstante, se incluirá la metodología del entrenamiento con BFR, exclusivamente en los días de entrenamiento de fuerza del protocolo preoperatorio.

Para integrar el programa de fuerza con la técnica BFR, es necesario el uso de una herramienta que realice la restricción parcial del flujo sanguíneo. En este estudio, se plantea el uso del dispositivo PTS, un dispositivo diseñado para aplicar la restricción de flujo, de manera personalizada y segura. El funcionamiento del PTS se basa en la medición del LOP, que determina la presión total necesaria para ocluir completamente el flujo sanguíneo en una extremidad. A partir de esta medición, el sistema de manera automática calcula la presión

personalizada, necesaria para restringir el flujo sanguíneo de manera parcial durante el entrenamiento de fuerza (31).



Ilustración 2: Personalized Tourniquet System. Fuente: cita número (39).

En cuanto a la aplicación del PTS en paciente con rotura de LCA, se deben realizar adaptaciones específicas en las sesiones de fuerza. En primer lugar, se prepara al paciente en la zona o máquina donde hará el ejercicio. A continuación, se ajustará el manguito, con una anchura de 12-18 cm, en la zona cercana a la ingle de la pierna lesionada. Posteriormente, se medirá el LOP con la PTS, el cual aplicará una restricción del 50%-80% del flujo sanguíneo.



Ilustración 3: Colocación Manguito. Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la carga de los ejercicios, esta se iniciará con intensidad baja, comenzando con el peso corporal de los pacientes, progresando gradualmente hasta el 30% del 1RM, como máximo. Los ejercicios se realizarán en intervalos de 3 a 5 minutos, con periodos de descanso entre serie de entre 45 segundos a los 3 minutos.

Durante los ejercicios, los fisioterapeutas encargados del tratamiento monitorizarán constantemente la condición del paciente, para detectar posibles signos de incomodidad, dolor o cambios en la piel. Además, de informar a los pacientes de la posibilidad de parestesias temporales, hematomas y dolor muscular de aparición tardía, que pueden resultar tras un uso rutinario del BFR.

La reconstrucción quirúrgica se pautará para la sexta semana después de dar comienzo el tratamiento preoperatorio, reservando una semana de intervalo entre el fin del tratamiento y a la intervención. A lo largo de esta sexta semana, se llevará a cabo la segunda medición, en la que se reevaluarán el ROM, la fuerza muscular y la puntuación en la escala KOOS. Además, el día de la cirugía, se realizará la tercera y última de las mediciones hechas en la etapa preoperatoria, donde se evaluarán tanto el ROM como el puntaje KOOS.

Posteriormente, ambos grupos realizarán el mismo protocolo de fisioterapia postoperatorio, explicado en el Anexo I. Donde, se les realizarán evaluaciones adicionales a los 30, 60, 90 y 180 días tras la cirugía.

Tras finalizar las mediciones, se le entregarán todos los datos al analista, el cual los recopilará en una hoja Excel, para analizar estadísticamente, todo mediante el programa IBM ® SPSS ® Statistics v. 29.0.

Una vez, se analicen los datos, el analista entregará los resultados al investigador principal, que redactará los resultados, dando así las conclusiones del estudio.

6.2 Etapas de desarrollo:

En la siguiente tabla, se mostrarán las fechas que seguirá el proyecto para llevarse a cabo:

Etapas de desarrollo	Fechas
Redacción del proyecto	octubre 2024 - Abril 2025
Solicitud al Comité de ética de investigación	Mayo 2025 - Junio 2025
Reunión con la federación de baloncesto y equipo de investigación	Agosto 2025
Entrevista inicial y primera medición (m1)	Septiembre 2025
Intervención preoperatoria	06-October/07-Noviembre 2025
Segunda medición (m2)	10 -14 de Noviembre 2025
Cirugía (m3)	últimas dos semanas de Noviembre 2025
Tratamiento postoperatorio (m4), (m5), (m6) y (m7)	Enero 2026- Abril 2026
Recogida y análisis de datos	Mayo 2026
Redacción de conclusiones	Junio-julio 2026
Publicación del estudio	Agosto 2026

Tabla 14: Etapas de desarrollo. Fuente: Elaboración propia.

6.3 Distribución de tareas del equipo de investigación:

- **Investigador principal:**

Se encarga de la creación, planificación, diseño y redacción del proyecto, concretando tanto la elección de los miembros del equipo de investigación, como de la asignación de las tareas. Este además participa, en la elección de los sujetos para la muestra, realizando la entrevista personal.

- **Fisioterapeuta experto:**

Se encarga de realizar las mediciones de las variables de estudio, tanto en la etapa preoperatoria, como postoperatoria.

- **Fisioterapeutas:**

Profesionales titulados en el grado de Fisioterapia, encargados de explicar los protocolos de tratamiento preoperatorio, de BFR y postoperatorio, de dirigir las sesiones, y de garantizar la correcta ejecución del protocolo.

- **Médicos de la Federación:**

Son los profesionales que derivan a los diferentes jugadores, de la federación de baloncesto, que cumplan con los criterios de inclusión al investigador principal, para realizarles la primera entrevista.

- **Analista:**

Miembro encargado del análisis estadístico de los datos, la interpretación de estos y de realizar el informe final, el cual será entregado al investigador principal.

6.4 Lugar de realización del proyecto:

En un primer momento, se debe ir a la Federación de Baloncesto de Madrid, para poder colaborar con estos. Esta se encuentra en:

- Avda. Salas de los Infantes, 1 Edificio "El Barco" Plantas 7º y 8º, 28034, Madrid

Luego las mediciones se realizarán en el laboratorio de la Escuela de enfermería y fisioterapia San Juan de Dios en la Universidad Pontificia Comillas, que se encuentra ubicada en:

- Avda. San Juan de Dios, 1 - 28350 Ciempozuelos (Madrid)

En esta misma localización se realizarán los tratamientos de los grupos BFR y CONV, tanto en la etapa preoperatoria, como en la postoperatoria.

7. Listado de Referencias:

1. Russell JL, McLean BD, Stolp S, Strack D, Coutts AJ. Quantifying Training and Game Demands of a National Basketball Association Season. *Front Psychol.* 2021;12:793216.
2. Andreoli CV, Chiaramonti BC, Buriel E, Pochini AdC, Ejnisman B, Cohen M. Epidemiology of sports injuries in basketball: integrative systematic review. *BMJ Open Sport Exerc Med.* 2018;4(1):e000468.
3. Gill VS, Tummala SV, Boddu SP, Brinkman JC, McQuivey KS, Chhabra A. Biomechanics and situational patterns associated with anterior cruciate ligament injuries in the National Basketball Association (NBA). *Br J Sports Med.* 2023;57(21):1395–9.
4. Collings TJ, Bourne MN, Barrett RS, du Moulin W, Hickey JT, Diamond LE. Risk Factors for Lower Limb Injury in Female Team Field and Court Sports: A Systematic Review, Meta-analysis, and Best Evidence Synthesis. *Sports Med.* 2021;51(4):759–76.
5. Aksović N, Bubanj S, Bjelica B, Kocić M, Lilić L, Zelenović M, et al. Sports Injuries in Basketball Players: A Systematic Review. *Life (Basel).* 2024;14(7):898.
6. Messina DF, Farney WC, DeLee JC. The incidence of injury in Texas high school basketball. A prospective study among male and female athletes. *Am J Sports Med.* 1999;27(3):294–9.
7. Tosarelli F, Buckthorpe M, Di Paolo S, Grassi A, Rodas G, Zaffagnini S, et al. Video Analysis of Anterior Cruciate Ligament Injuries in Male Professional Basketball Players: Injury Mechanisms, Situational Patterns, and Biomechanics. *Orthop J Sports Med.* 2024;12(3):23259671241234880.
8. Tummala SV, Morikawa L, Brinkman J, Crijns TJ, Economopoulos K, Chhabra A. Knee Injuries and Associated Risk Factors in National Basketball Association Athletes. *Arthrosc Sports Med Rehabil.* 2022;4(5):e1639–45.
9. van Yperen DT, Reijman M, van Es EM, Bierma-Zeinstra SMA, Meuffels DE. Twenty-Year Follow-up Study Comparing Operative Versus Nonoperative Treatment of Anterior Cruciate Ligament Ruptures in High-Level Athletes. *Am J Sports Med.* 2018;46(5):1129–36.
10. Konrads C, Reppenhagen S, Belder D, Goebel S, Rudert M, Barthel T. Long-term outcome of anterior cruciate ligament tear without reconstruction: a longitudinal prospective study. *Int Orthop.* 2016;40(11):2325–30.
11. van Melick N, van Cingel REH, Brooijmans F, Neeter C, van Tienen T, Hullegie W, et al. Evidence-based clinical practice update: practice guidelines for anterior cruciate ligament rehabilitation based on a systematic review and multidisciplinary consensus. *Br J Sports Med.* 2016;50(24):1506–15.
12. Setuain I, Izquierdo M, Idoate F, Bikandi E, Gorostiaga EM, Aagaard P, et al. Differential Effects of 2 Rehabilitation Programs Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *J Sport Rehabil.* 2017;26(6):544–55.

13. Radice F, Chamorro C, Yañez R, Vergara F, Gonzalez F, Zelaya G. Retorno deportivo en atletas de alto rendimiento después de reconstrucción de ligamento cruzado anterior de rodilla: análisis de factores y estrategias. *Artrosc.(B.Aires)*. 2010;233–240.
14. Aglietti P, Buzzi R, Zaccherotti G, De Biase P. Patellar tendon versus doubled semitendinosus and gracilis tendons for anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*. 1994;22(2):211–7; discusión 217-8.
15. Abel R, Niederer D, Offerhaus C, Shafizadeh S, Glowa A, Froböse I, et al. Effects of exercise prehabilitation before anterior cruciate ligament reconstruction on functional outcomes during pre- and postoperative rehabilitation - protocol for a single-blinded randomised controlled trial. *Trials*. 2023;24(1):752.
16. Hauger AV, Reiman MP, Bjordal JM, Sheets C, Ledbetter L, Goode AP. Neuromuscular electrical stimulation is effective in strengthening the quadriceps muscle after anterior cruciate ligament surgery. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2018;26(2):399–410.
17. Fältström A, Hägglund M, Kvist J. Patient-reported knee function, quality of life, and activity level after bilateral anterior cruciate ligament injuries. *Am J Sports Med*. 2013;41(12):2805–13.
18. Carter HM, Webster KE, Smith BE. Current preoperative physiotherapy management strategies for patients awaiting Anterior Cruciate Ligament Reconstruction (ACLR): A worldwide survey of physiotherapy practice. *Knee*. 2021;28:300–10.
19. Giesche F, Niederer D, Banzer W, Vogt L. Evidence for the effects of prehabilitation before ACL-reconstruction on return to sport-related and self-reported knee function: A systematic review. *PLoS One*. 2020;15(10):e0240192.
20. Eitzen I, Moksnes H, Snyder-Mackler L, Risberg MA. A progressive 5-week exercise therapy program leads to significant improvement in knee function early after anterior cruciate ligament injury. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2010;40(11):705–21.
21. Carter HM, Lewis GN, Smith BE. Preoperative predictors for return to physical activity following anterior cruciate ligament reconstruction (ACLR): a systematic review. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2023;24(1):471.
22. Mallada NP, Beltrán MJM, Nuño MAS, Ribeiro ASF, Villa IdM, Molina CM, et al. Biomechanical Factors Predisposing to Knee Injuries in Junior Female Basketball Players. *Sports (Basel)*. 2024;12(2):60.
23. Coto Martín R, Martínez Beltrán MJ, Pérez Mallada N, Cuéllar Marín L, Otín Arroyo Ó, Borrás Luján PJ, et al. Dynamometer Resistance Pad Position Influences Knee Strength and Hamstring/Quadriceps Ratio in Professional Basketball Players: Retrospective Observational Study. 2025;15(7):4000.
24. Quelard B, Sonnery-Cottet B, Zayni R, Ogassawara R, Prost T, Chambat P. Preoperative factors correlating with prolonged range of motion deficit after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*. 2010 ;38(10):2034–9.
25. Hancock GE, Hepworth T, Wembridge K. Accuracy and reliability of knee goniometry methods. *J Exp Orthop*. 2018;5(1):46.

26. Malempati C, Jurjans J, Noehren B, Ireland ML, Johnson DL. Current Rehabilitation Concepts for Anterior Cruciate Ligament Surgery in Athletes. *Orthopedics*. 2015;38(11):689–96.
27. Yáñez CME, Bolívar NR, Quintero AMR. Ligamento cruzado anterior: prevención, rehabilitación pre operatoria y post operatoria en atletas. *Revista Digital: Actividad Física y Deporte*. 2018;4(1):5.
28. Krosshaug T, Nakamae A, Boden BP, Engebretsen L, Smith G, Slauterbeck JR, et al. Mechanisms of anterior cruciate ligament injury in basketball: video analysis of 39 cases. *Am J Sports Med*. 2007;35(3):359–67.
29. Cognetti DJ, Sheean AJ, Owens JG. Blood Flow Restriction Therapy and Its Use for Rehabilitation and Return to Sport: Physiology, Application, and Guidelines for Implementation. *Arthrosc Sports Med Rehabil*. 2022;4(1):e71–6.
30. Lu Y, Patel BH, Kym C, Nwachukwu BU, Beletsky A, Forsythe B, et al. Perioperative Blood Flow Restriction Rehabilitation in Patients Undergoing ACL Reconstruction: A Systematic Review. *Orthop J Sports Med*. 2020;8(3):2325967120906822.
31. Kelly MR, Cipriano KJ, Bane EM, Murtaugh BT. Blood flow restriction training in athletes. *Current Physical Medicine and Rehabilitation Reports*. 2020;8(4):329–41.
32. Pearson SJ, Hussain SR. A review on the mechanisms of blood-flow restriction resistance training-induced muscle hypertrophy. *Sports Med*. 2015;45(2):187–200.
33. Takada S, Okita K, Suga T, Omokawa M, Kadoguchi T, Sato T, et al. Low-intensity exercise can increase muscle mass and strength proportionally to enhanced metabolic stress under ischemic conditions. *J Appl Physiol*. 2012;113(2):199–205.
34. Spangenburg EE, Le Roith D, Ward CW, Bodine SC. A functional insulin-like growth factor receptor is not necessary for load-induced skeletal muscle hypertrophy. *J Physiol*. 2008;586(1):283–91.
35. Hughes L, Patterson SD, Haddad F, Rosenblatt B, Gissane C, McCarthy D, et al. Examination of the comfort and pain experienced with blood flow restriction training during post-surgery rehabilitation of anterior cruciate ligament reconstruction patients: A UK National Health Service trial. *Phys Ther Sport*. 2019;39:90–8.
36. Žargi T, Drobnič M, Stražar K, Kacin A. Short-Term Preconditioning With Blood Flow Restricted Exercise Preserves Quadriceps Muscle Endurance in Patients After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Front Physiol*. 2018;9:1150.
37. Tramer JS, Khalil LS, Jildeh TR, Abbas MJ, McGee A, Lau MJ, et al. Blood Flow Restriction Therapy for 2 Weeks Prior to Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Did Not Impact Quadriceps Strength Compared to Standard Therapy. *Arthroscopy*. 2023;39(2):373–81.
38. Hughes L, Paton B, Rosenblatt B, Gissane C, Patterson SD. Blood flow restriction training in clinical musculoskeletal rehabilitation: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2017;51(13):1003–11.

39. Personalized BFR [Internet]. delfi. 2021 [citado el 19 de abril de 2025]. Disponible en: <https://www.delfimedical.com/personalized-bft/>

40. Physitrack® [Internet]. Physitrack.com. [citado el 19 de abril de 2025]. Disponible en: <https://es.physitrack.com/exercises>

8. ANEXOS:

ANEXO I: Tratamiento Postoperatorio

FASES POSTOPERATORIAS	
<p><u>FASE 1:</u></p> <p>POSTOPERATORIO TEMPRANO</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Duración: Inmediatamente después de la cirugía, hasta 4 semanas. ● Puntos Clave: <ul style="list-style-type: none"> ○ Centrarse en la normalización del rango de movimiento. ○ Controlar la inflamación. ○ Prevención de adherencias. ● Objetivos: <ul style="list-style-type: none"> ○ Activación correcta de cuádriceps e isquiotibiales. ○ Extensión completa de la rodilla.
<p><u>FASE 2:</u></p> <p>POSTOPERATORIO INTERMEDIO</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Duración: Entre 5-12 semanas después de la cirugía. ● Puntos Clave: <ul style="list-style-type: none"> ○ Propiocepción básica. ○ Reeduación neuromuscular. ○ Progresar en los ejercicios de fuerza. ● Objetivos: <ul style="list-style-type: none"> ○ Fuerza de cuádriceps, isquiotibiales y cadera al 70-80% de la pierna no operada. ○ ROM completo (0°-110° o +)
<p><u>FASE 3:</u></p> <p>MOVIMIENTO AVANZADO E IMPACTO</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Duración: Entre 3-6 meses después de la cirugía. ● Puntos Clave: <ul style="list-style-type: none"> ○ Reentrenamiento en movimientos complejos. ○ Practicar mecánicas del deporte. ○ Potenciación excéntrica. ● Objetivos: <ul style="list-style-type: none"> ○ Trote controlado. ○ Movimientos multidireccionales.
<p><u>FASE 4:</u></p> <p>REGRESO AL DEPORTE</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Duración: Entre 6-12 meses. ● Puntos Clave: <ul style="list-style-type: none"> ○ Transición progresiva al deporte. ○ Entrenamiento en un entorno abierto. ● Objetivos: <ul style="list-style-type: none"> ○ Fuerza y equilibrio simétrico. ○ Enfrentamientos 1 a 1 sin contacto.

Tabla 15: Tratamiento postoperatorio. Fuente: Yáñez CME et al (27).

ANEXO II: Solicitud al comité ético de investigación clínica

Don Enmanuel Eduardo Sánchez Vásquez en calidad de Investigador Principal, con Documento Nacional de Identidad _____ y domicilio social en _____, Madrid.

Expone, que desea llevar a cabo el estudio “Influencia de la terapia de restricción de flujo sanguíneo en la fase preoperatoria, en jugadores de baloncesto con rotura del ligamento cruzado anterior”. Que será realizado en la Escuela de Enfermería y Fisioterapia “San Juan de Dios”.

El estudio se realizará tal y como se ha planteado, respetando la normativa legal aplicable para los ensayos clínicos que se realicen en España, y siguiendo las normas éticas internacionalmente aceptadas. (Declaración de Helsinki, última revisión).

Adjunto la siguiente documentación:

- Copia del protocolo de ensayo clínico.
- Copia del Manual del Investigador.
- Copia de idoneidad de las instalaciones, del investigador principal y de los colaboradores.
- Copia de la hoja de información del estudio para sujetos.
- Copia de los consentimientos informados de los sujetos.

Firmado:

Enmanuel Eduardo Sánchez Vásquez
Investigador principal

En Ciempozuelos a ____ de _____ del 20__.

ANEXO III: Diseño del estudio

En este documento, se encuentra reflejado todas las pautas y características del estudio en el que se está interesado entrar. Para poder participar en este, es necesario entender cada uno de los apartados que lo conforman.

El proyecto “Influencia de la terapia de restricción de flujo sanguíneo en la fase preoperatoria, en jugadores de baloncesto con rotura del ligamento cruzado anterior” comenzará una vez conseguida la aprobación del Comité Ético de Investigación Clínica.

Para participar en este, se deberá rellenar un documento con los datos personales, los cuales no se podrán publicar, ni usar. Estos serán guardados de manera confidencial según dictamina la Ley Orgánica de Protección de Datos 3/2018. Se le asignará un código numérico de identificación, desde el momento en el que entre al estudio.

El estudio se llevará a cabo en la Escuela de Enfermería y Fisioterapia San Juan de Dios, localizada en la Avda. San Juan de Dios, 1 - 28350 Ciempozuelos (Madrid).

El fin de este estudio es determinar la efectividad de la terapia de restricción de flujo sanguíneo (BFR), en una etapa preoperatoria, como manera de tratar las roturas de ligamento cruzado anterior, antes de la reconstrucción quirúrgica, en jugadores de baloncesto. Para ello se medirán las siguientes variables:

- Función de la rodilla autopercebida. Se valorará el estado de la rodilla percibida por el paciente, evaluada mediante la suma de las puntuaciones de las subescalas de la “Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score” (KOOS). Las puntuaciones obtenidas de cada subescala se suman, para luego transformarlas a valores normalizados que irán del 0 al 100. Obteniendo así con este resultado final, puntuaciones que al acercarse al 0 indican un peor funcionamiento o una mayor cantidad de síntomas de rodilla, o, en cambio, valores cercanos al 100, que indican mejor función y menor cantidad de síntomas
- Rango de movimiento. Se medirá mediante un goniómetro de brazo largo, tanto en el periodo antes de la operación (m1 y m2), como tras la operación (m3, m4 y m5). La movilidad de la articulación de la rodilla se identifica con un código dividido en tres partes, que indican la extensión y flexión máxima de rodilla y la posición cero, medido en grados.
- Fuerza máxima isocinética a 60º/segundo en extensores de rodilla. Se registra en un primer momento en el día de la anamnesis y a los 90 días y 180 días posteriores a la reconstrucción del ligamento. La medición se hará mediante una prueba de fuerza isocinética, analizada con un dinamómetro isocinético, en un rango de movimiento de (0º/0º/90º), a 60º/seg, a máxima fuerza, esto se repetirá hasta 5 veces.
- Fuerza máxima isocinética a 60º/segundo en flexores de rodilla. Al igual que los extensores, se registran en un primer momento en el día de la anamnesis y a los 90 días y 180 días posteriores a la reconstrucción del ligamento. La medición se hará mediante una prueba de fuerza isocinética, analizada con un dinamómetro isocinético, en un rango de movimiento de (0º/0º/0º), a 60º/seg, a máxima fuerza, que se repetirá hasta 5 veces.

Se realizará un número de 7 mediciones a lo largo del estudio: Medición realizada el día de la anamnesis de los pacientes (m1), entre 1-7 días antes de la reconstrucción quirúrgica (m2), el día de la reconstrucción quirúrgica (m3), 30 días tras la reconstrucción (m4), 60 días

tras la reconstrucción (m5), 90 días tras la reconstrucción (m6), y 180 días tras la reconstrucción (m7).

El estudio consta de 2 grupos de trabajo, en los que se repartirán de manera aleatoria a los diferentes sujetos. Es necesario que los días en los que se acuda a la escuela, tanto para mediciones como para tratamiento, se traiga zapatillas de deporte, toalla y pantalón corto de deporte.

El grupo convencional (CONV), donde el programa preoperatorio se basa en el entrenamiento de la fuerza progresiva, mediante ejercicios con máquinas y sentadilla con peso, ejercicios de propiocepción del miembro inferior, mediante sentadillas a una pierna en almohadillas o con BOSU. Además, se incluyen ejercicios de tipo pliométricos, para el aumento del rendimiento neuromuscular y el desarrollo de la fuerza.

El grupo BFR, seguirá el mismo protocolo de entrenamiento pautado previamente para el grupo CONV, conservando la misma estructura en cuanto a sesiones, ejercicios y repeticiones. No obstante, se incorporará la filosofía del entrenamiento con BFR en el programa de fuerza, que consiste en una oclusión vascular controlada con un manguito, que al combinar con entrenamiento de resistencia de baja intensidad, demuestran diversos beneficios a nivel tisular como el aumento de la fuerza, el tamaño muscular y en la composición del glucógeno.

Tras el periodo preoperatorio, ambos grupos se realizarán la reconstrucción del ligamento cruzado anterior y seguirán el mismo protocolo de tratamiento fisioterapéutico postoperatorio.

Referir complicaciones asociadas al ejercicio o a la técnica BFR: posibles signos de incomodidad, dolor o cambios en la piel. En el caso que el paciente sienta alguno de estos signos, la sesión será detenida automáticamente.

El paciente podrá abandonar el estudio en cualquier momento, rellenando la hoja de revocación

Con la firma del presente documento afirma que ha recibido la información necesaria sobre el diseño del estudio, sus objetivos y posibles riesgos.

Firmado:

En Ciempozuelos a __ de _____ del 20__.

ANEXO IV: Información personal pacientes

Estos datos serán guardados de manera confidencial por los investigadores que realizan el estudio. No aparecerá ningún dato personal durante el estudio ni serán publicados. Cada sujeto recibirá un código numérico con el que será identificado durante el mismo. Estos datos se recogen con el fin de informar y de enviar los resultados obtenidos tras la finalización del estudio a cada participante de forma digital (vía email) y de forma física (dirección postal).

Por favor rellene cada ítem con letras mayúsculas.

Nombre:

Apellidos:

Edad:

Correo electrónico:

Dirección:

Código postal:

Localidad:

Firma:

En Ciempozuelos, a ____ de _____ del 20____.

ANEXO V: Consentimiento informado

SUJETO

D/Dña. _____ con DNI _____

Se me ha informado sobre la terapia que me van a realizar, y ha sido explicada en cuanto al consentimiento informado la importancia de la firma que este documento posee. He tenido la oportunidad de hacer preguntas sobre los procedimientos e intervenciones del estudio. Firmando abajo consiento que se me apliquen los procedimientos que se me ha explicado de forma suficiente y comprensible.

Entiendo que tengo el derecho de rehusar en cualquier momento. Entiendo mi plan de trabajo y consiento en ser tratado por un fisioterapeuta colegiado. Declaro no encontrarme en ninguno de los casos de las contraindicaciones especificadas en este documento.

Declaro haber facilitado de manera leal y verdadera los datos sobre el estado físico y salud de mi persona que pudiera afectar a los procedimientos que se me van a realizar. Asimismo, decido dar mi conformidad, libre, voluntaria y consciente a los procedimientos que se me han informado.

Firma:

En Ciempozuelos, a ____ de _____ del 20____.

Tiene derecho a prestar consentimiento para ser sometido a los procedimientos necesarios para la realización del presente estudio, previa información, así como a retirar su consentimiento en cualquier momento previo a la realización de los procedimientos o durante ellos.

ANEXO VI: hoja de revocación

REVOCACIÓN

D/Dña. _____ con DNI _____

El día ____ del mes _____ y año _____, revoco el consentimiento firmado el _____ en virtud de mi propio derecho. Para que conste y haga efecto, firmo el presente documento.

Firma:

En Ciempozuelos, a ____ de _____ del 20____.

ANEXO VII: Protocolo Fuerza

1º. Bicicleta estática para mejorar el rango de flexión de rodilla:

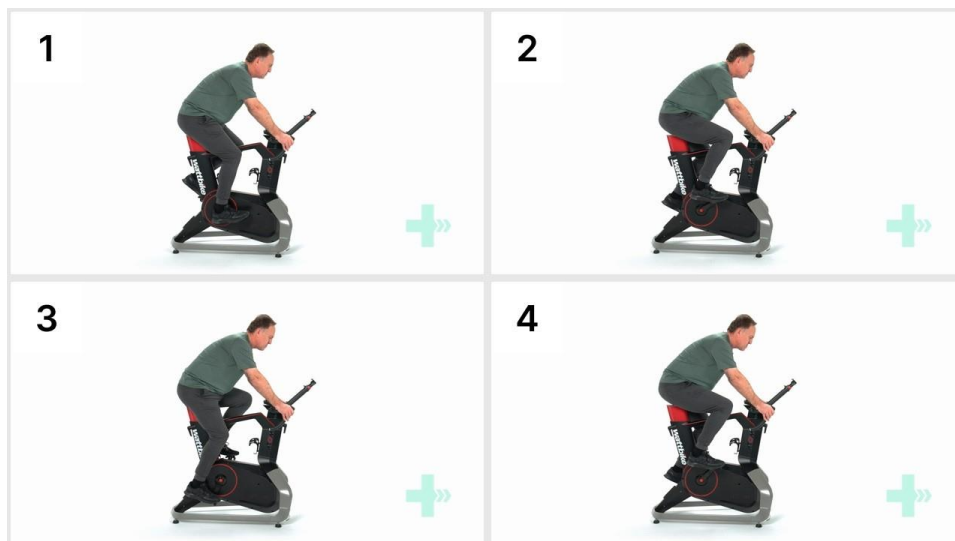


Ilustración 4: Calentamiento con bicicleta. Fuente: Cita número (40).

Tiempo
10 minutos

Siéntese en una bicicleta estática.

Comience balanceando los pedales hacia adelante y hacia atrás, alternando entre doblar y estirar la rodilla.

En cada repetición, intente doblar más la rodilla.

A medida que entre en calor y se sienta cómodo, comience a pedalear hacia atrás en círculos completos.

Ayúdese con la otra pierna si fuera necesario.

Intente mantener la pelvis nivelada mientras pedalea para que el movimiento se produzca desde las rodillas.

Cuando esté listo, cambie la dirección y finalmente comience a pedalear hacia adelante.

Continúe durante el tiempo indicado.

Durante su entrenamiento, si lo desea, puede aumentar la flexión de la rodilla ajustando el asiento a una posición más baja.

Después, comience balanceándose y pedaleando hacia atrás hasta que se sienta listo para pedalear hacia adelante de nuevo.

2º. Sentadilla con una pierna en silla con peso (pierna libre doblada):



Ilustración 5: Ejercicio sentadilla monopodal. Fuente: cita número (40).

SERIES	REPETICIONES
3	8

Comience sentado en una silla con una pesa en ambas manos.

Levante una pierna del suelo y dóblela debajo de la silla.

Empújese hasta ponerse de pie y estire completamente la cadera y la rodilla.

Siéntese de nuevo en la silla de manera controlada.

Sienta cómo trabajan los músculos de los muslos y los glúteos.

3º. Equilibrio sobre una sola pierna en bosu:

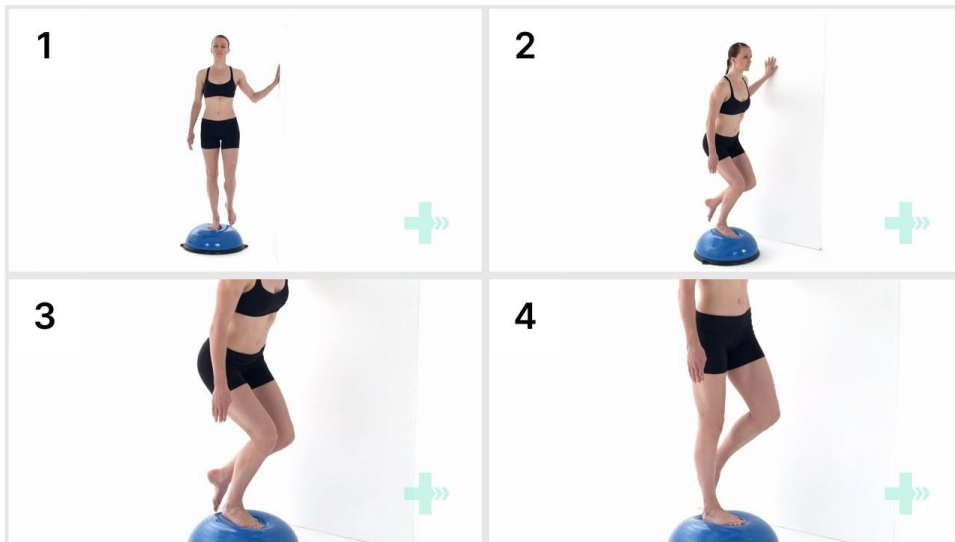


Ilustración 6: Ejercicio equilibrio sobre bosu. Fuente: cita número (40)).

SERIES	REPETICIONES
2	20

Colóquese sobre su pierna afectada en el medio de una superficie inestable como un Bosu. Trate de mantener el equilibrio mientras realiza una sentadilla sobre una pierna, manteniendo la espalda recta.

4º. Prensa de pierna:



Ilustración 7: Ejercicio prensa monopodal. Fuente: cita número (40)).

SERIES	REPETICIONES
3	6

Ajuste el asiento a una posición inicial cómoda para las rodillas y las caderas.

Coloque los pies cómodamente en los reposapiés, con los dedos de los pies apuntando ligeramente hacia fuera.

Empuje la placa de los pies hasta que sus piernas estén completamente extendidas.

Vuelva a la posición inicial.

5º. Extensión de rodilla – máquina:

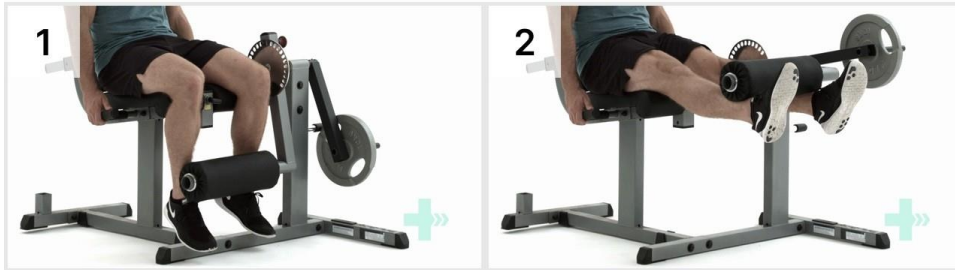


Ilustración 8: Ejercicio extensión de cuádriceps en máquina. Fuente: cita número (40).

SERIES	REPETICIONES
4	6

Configure la longitud del asiento, la altura y los soportes de las piernas para que se adapten. Con las almohadillas inferiores en la parte inferior de las espinillas, extienda y enderece suavemente las piernas.

Haga una breve pausa en la parte superior del movimiento y luego baje las piernas de nuevo hacia abajo de una manera lenta y controlada.

6º. Curl de isquiotibiales sentado – máquina:



Ilustración 9: Ejercicio isquiotibiales en máquina. Fuente: cita número (40).

SERIES	REPETICIONES
3	8

Coloque las pesas y los soportes para las piernas.

La posición inicial consiste en las piernas extendidas y los soportes en la parte superior del muslo y descansando en la parte inferior de las pantorrillas.

Flexiones suavemente las piernas hacia la zona glútea.

Haga una breve pausa en la parte superior del movimiento y luego suelte la pesa de manera lenta y controlada.

7º. Sentadilla - con barra:

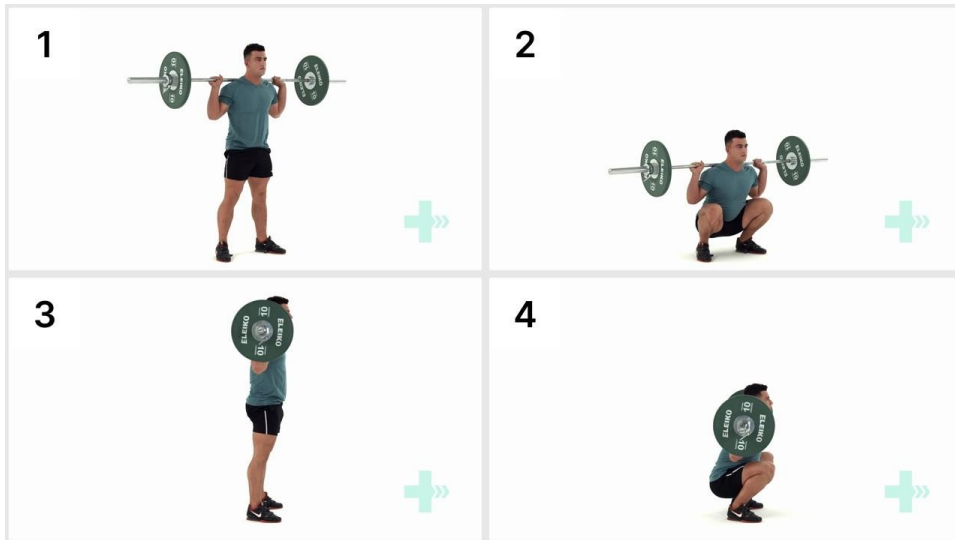


Ilustración 10: Ejercicio sentadilla con barra. Fuente: cita número (40).

SERIES	REPETICIONES
3	8

Póngase de pie sosteniendo una barra en la parte posterior de sus hombros.

Inicie el movimiento flexionando las caderas, rodillas y tobillos hasta que los muslos estén paralelos al suelo.

La espalda debe permanecer recta y erguida durante todo el movimiento con la cabeza levantada y la mirada hacia adelante.

Mantenga las rodillas en línea con los dedos de los pies y no permita que los talones se levanten del suelo.

Póngase de pie empujando a través de las caderas y volviendo a la posición de pie.

ANEXO VIII: Protocolo Pliométricos

1º. Bicicleta estática para mejorar el rango de flexión de rodilla:

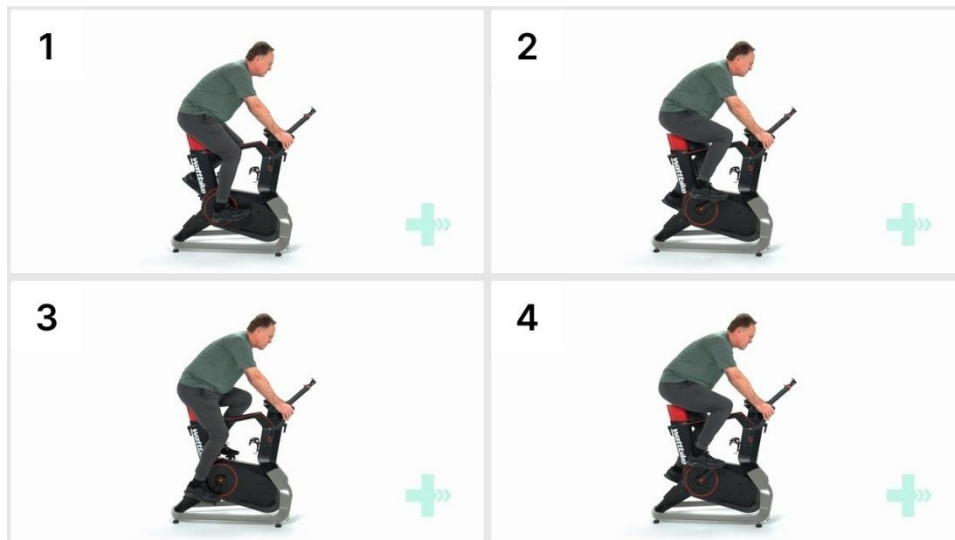


Ilustración 11: Calentamiento con bicicleta. Fuente: cita número (40)).

Tiempo
10 minutos

Siéntese en una bicicleta estática.

Comience balanceando los pedales hacia adelante y hacia atrás, alternando entre doblar y estirar la rodilla.

En cada repetición, intente doblar más la rodilla.

A medida que entre en calor y se sienta cómodo, comience a pedalear hacia atrás en círculos completos.

Ayúdese con la otra pierna si fuera necesario.

Intente mantener la pelvis nivelada mientras pedalea para que el movimiento se produzca desde las rodillas.

Cuando esté listo, cambie la dirección y finalmente comience a pedalear hacia adelante.

Continúe durante el tiempo indicado.

Durante su entrenamiento, si lo desea, puede aumentar la flexión de la rodilla ajustando el asiento a una posición más baja.

Después, comience balanceándose y pedaleando hacia atrás hasta que se sienta listo para pedalear hacia adelante de nuevo.

2º. Sentadilla con una pierna en silla con peso (pierna libre doblada):

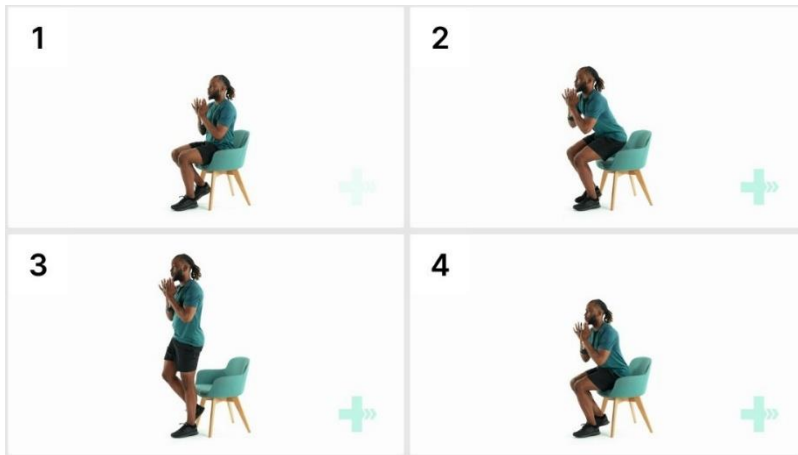


Ilustración 12: Ejercicio sentadilla monopodal. Fuente: cita número (40).

SERIES	REPETICIONES
3	8

Comience sentado en una silla con una pesa en ambas manos.

Levante una pierna del suelo y dóblela debajo de la silla.

Empújese hasta ponerse de pie y estire completamente la cadera y la rodilla.

Siéntese de nuevo en la silla de manera controlada.

Sienta cómo trabajan los músculos de los muslos y los glúteos.

3º. Equilibrio sobre una solo pierna en bosu:



Ilustración 13: Ejercicio equilibrio sobre bosu. Fuente: cita número (40).

SERIES	REPETICIONES
2	20

Colóquese sobre su pierna afectada en el medio de una superficie inestable como un Bosu. Trate de mantener el equilibrio mientras realiza una sentadilla sobre una pierna, manteniendo la espalda recta.

4º. Pliométricos - pasos adelante:

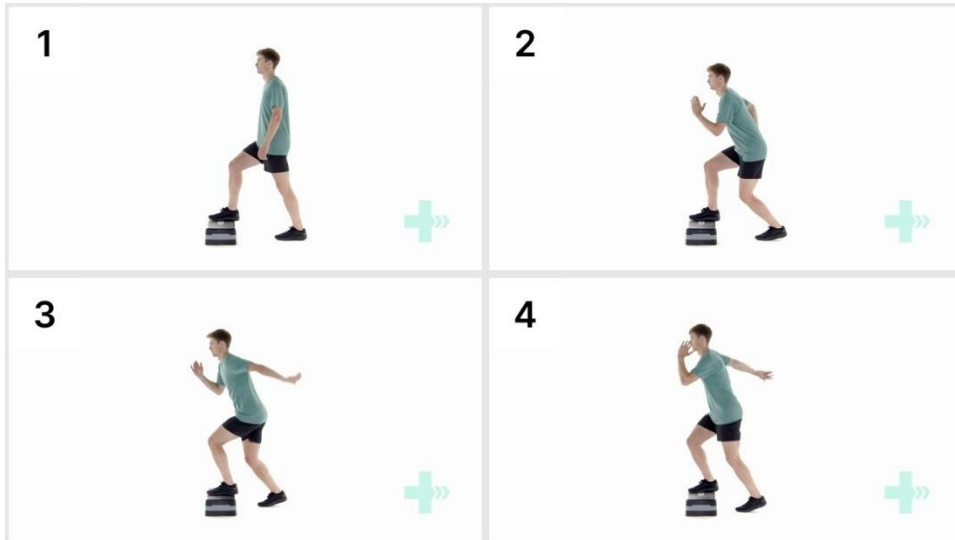


Ilustración 14: Ejercicio de pliométricos 1. Fuente: cita número (40).

SERIES	REPETICIONES
3	20

Manténgase de pie recto con un escalón delante de usted.

Ponga un pie en el escalón.

Usando los brazos para generar un impulso ascendente, salte alto y cambie rápidamente su pie de arriba por el del suelo.

Aterrice con ambos pies simultáneamente.

Inmediatamente vuelva a la posición inicial de la misma manera, pasando el menor tiempo posible en contacto con el suelo.

Repita con ritmo.

5º. Pliométricos - salto desde caída - dos pies en el suelo y salto hacia adelante (con balanceo de brazos):



Ilustración 15: Ejercicio de pliométricos 2. Fuente: cita número (40).

SERIES	REPETICIONES
3	15

Póngase de pie en una caja a la altura que le indique su terapeuta.

Cuando esté listo, saque una pierna del borde de la caja.

Manteniendo el pecho en alto, caiga de la caja y asegúrese de no saltar.

Al aterrizar, salte directamente hacia adelante tan rápido y tan lejos como pueda, usando sus brazos para generar impulso.

Aterrice suavemente con las rodillas separadas a la anchura de los hombros.

Mantenga esta posición.

Repita.

7º. Pliométricos - salto desde caída - aterrizar con una sola pierna y saltar sobre BOSU con dos piernas (con balanceo de brazos):



Ilustración 16: Ejercicio de pliométricos 3. Fuente: cita número (40).

SERIES	REPETICIONES
3	15

Póngase de pie en una caja a la altura que le indique su terapeuta.

Cuando esté listo, saque una pierna del borde de la caja.

Manteniendo el pecho en alto, caiga de la caja asegurándose de no saltar.

Al aterrizar sobre una pierna, salte directamente hacia adelante tan rápido como pueda sobre un BOSU, usando sus brazos para generar impulso.

Aterrice suavemente sobre ambos pies con las rodillas al ancho de los hombros y recupere el equilibrio.

ANEXO IX: Escala KOOS

ENCUESTA KOOS PARA LA EVALUACIÓN RODILLA

Fecha actual: ____/____/____ Fecha nacimiento: _____

Nombre: _____

Instrucciones: Esta encuesta recoge su opinión sobre su rodilla intervenida o lesionada. La información que nos proporcione, servirá para saber como se encuentra y la capacidad para realizar diferentes actividades.

Responda a cada pregunta marcando la casilla apropiada y solo una casilla por pregunta. Señale siempre la respuesta que mejor refleja su situación.

Síntomas:

Responda a estas preguntas considerando los síntomas que ha notado en la rodilla durante la última semana

S1. ¿Se le hincha la rodilla?

Nunca	Rara vez	A veces	Frecuentemente	Siempre

S2. ¿Siente crujidos, chasquidos u otro tipo de ruidos cuando mueve la rodilla?

Nunca	Rara vez	A veces	Frecuentemente	Siempre

S3. Al moverse, ¿siente que la rodilla falla o se bloquea?

Nunca	Rara vez	A veces	Frecuentemente	Siempre

S4. ¿Puede estirar completamente la rodilla?

Nunca	Rara vez	A veces	Frecuentemente	Siempre

S5. ¿Puedo doblar completamente la rodilla?

Nunca	Rara vez	A veces	Frecuentemente	Siempre

Rigidez articular:

La rigidez o entumecimiento es una sensación de limitación o lentitud en el movimiento de la rodilla. Las siguientes preguntas indagan el grado de rigidez que ha experimentado, en la rodilla, durante la última semana.

S6. ¿Cuál es el grado de rigidez de su rodilla al levantarse por la mañana?

No tengo	Leve	Moderada	Intensa	Muy intensa

S7. ¿Cuál es el grado de rigidez de la rodilla después de estar sentado, recostado o descansando?

No tengo	Leve	Moderada	Intensa	Muy intensa

Dolor:

P1. ¿Con qué frecuencia ha tenido dolor en su rodilla?

Nunca	Mensual	Semanal	Diario	Continuo

¿Cuánto dolor ha tenido en la rodilla en la última semana al realizar las siguientes actividades?

P2. Girar o pivotar sobre su rodilla

No tengo	Leve	Moderada	Intensa	Muy intensa

P3. Estirar completamente la rodilla

No tengo	Leve	Moderada	Intensa	Muy intensa

P4. Doblar completamente la rodilla

No tengo	Leve	Moderada	Intensa	Muy intensa

--	--	--	--	--

P5. Al caminar, sobre una superficie plana

No tengo	Leve	Moderada	Intensa	Muy intensa

P6. Al subir o bajar escaleras

No tengo	Leve	Moderada	Intensa	Muy intensa

P7. Por la noche, en la cama

No tengo	Leve	Moderada	Intensa	Muy intensa

P8. Al estar sentado o recostado

No tengo	Leve	Moderada	Intensa	Muy intensa

P9. Al estar de pie

No tengo	Leve	Moderada	Intensa	Muy intensa

Actividades cotidianas:

Las siguientes preguntas indagan sobre sus actividades físicas, es decir, su capacidad para moverse y valerse por sí mismo.

Para cada una de las actividades mencionadas a continuación, indique el grado de dificultad experimentado en la última semana a causa de su rodilla

A1. Al bajar escaleras

No tengo	Leve	Moderada	Intensa	Muy intensa

A2. Al subir escaleras

No tengo	Leve	Moderada	Intensa	Muy intensa

A3. Al levantarse de una silla o sillón

No tengo	Leve	Moderada	Intensa	Muy intensa

A4. Al estar de pie

No tengo	Leve	Moderada	Intensa	Muy intensa

A5. Al agacharse o recoger algo del suelo

No tengo	Leve	Moderada	Intensa	Muy intensa

A6. Al caminar, sobre una superficie plana

No tengo	Leve	Moderada	Intensa	Muy intensa

A7. Al subir o bajar del coche

No tengo	Leve	Moderada	Intensa	Muy intensa

A8. Al ir de compras

No tengo	Leve	Moderada	Intensa	Muy intensa

A9. Al ponerse los calcetines o las medias

No tengo	Leve	Moderada	Intensa	Muy intensa

--	--	--	--	--

A10. Al levantarse de la cama

No tengo	Leve	Moderada	Intensa	Muy intensa

A11. Al quitarse los calcetines o las medias

No tengo	Leve	Moderada	Intensa	Muy intensa

A12. Estando acostado, al dar la vuelta en la cama o cuando mantiene la rodilla en una posición fija

No tengo	Leve	Moderada	Intensa	Muy intensa

A13. Al entrar o salir de la bañera

No tengo	Leve	Moderada	Intensa	Muy intensa

A14. Al estar sentado

No tengo	Leve	Moderada	Intensa	Muy intensa

A15. Al sentarse o levantarse del inodoro

No tengo	Leve	Moderada	Intensa	Muy intensa

A16. Realizando trabajos pesados de la casa (mover objetos pesados, lavar al suelo, etc.)

No tengo	Leve	Moderada	Intensa	Muy intensa

A17. Realizando trabajos ligeros de la casa (cocinar, barrer, etc)

No tengo	Leve	Moderada	Intensa	Muy intensa

Función, actividades deportivas y recreacionales:

Las siguientes preguntas indagan sobre su función al realizar actividades que requieran un mayor nivel de esfuerzo. Las preguntas deben responderse pensando en el grado de dificultad experimentado con su rodilla, en la última semana

SP1. Ponerse en cuclillas

No tengo	Leve	Moderada	Intensa	Muy intensa

SP2. Correr

No tengo	Leve	Moderada	Intensa	Muy intensa

SP3. Saltar

No tengo	Leve	Moderada	Intensa	Muy intensa

SP4. Girar o pivotar sobre la rodilla afectada

No tengo	Leve	Moderada	Intensa	Muy intensa

SP5. Arrodillarse

No tengo	Leve	Moderada	Intensa	Muy intensa

Calidad de vida:

Q1. ¿Con qué frecuencia es consciente del problema de su rodilla?

Nunca	Mensualmente	Semanalmente	A diario	Siempre

Q2. ¿Ha modificado su estilo de vida para evitar actividades que puedan lesionar su rodilla?

No	Levemente	Moderadamente	Drásticamente	Totalmente

Q3. ¿En qué medida está preocupado por la falta de seguridad en su rodilla?

Nunca	Levemente	Moderadamente	Mucho	Excesivamente

Q4. En general, ¿cuántas dificultades le crea su rodilla?

Ninguna	Algunas	Pocas	Muchas	Todas

Muchas gracias por contestar a todas las preguntas de este cuestionario

ANEXO X: Colocación de dinamómetro.

En las próximas imágenes se registran la posición en las que se realizó la primera medición, donde encontramos:

- Longitud del brazo de palanca.
- Altura del dinamómetro.
- Soporte de fijación de la silla al eje del dinamómetro.
- Profundidad e inclinación del respaldo.
- Colocación eje del dinamómetro.

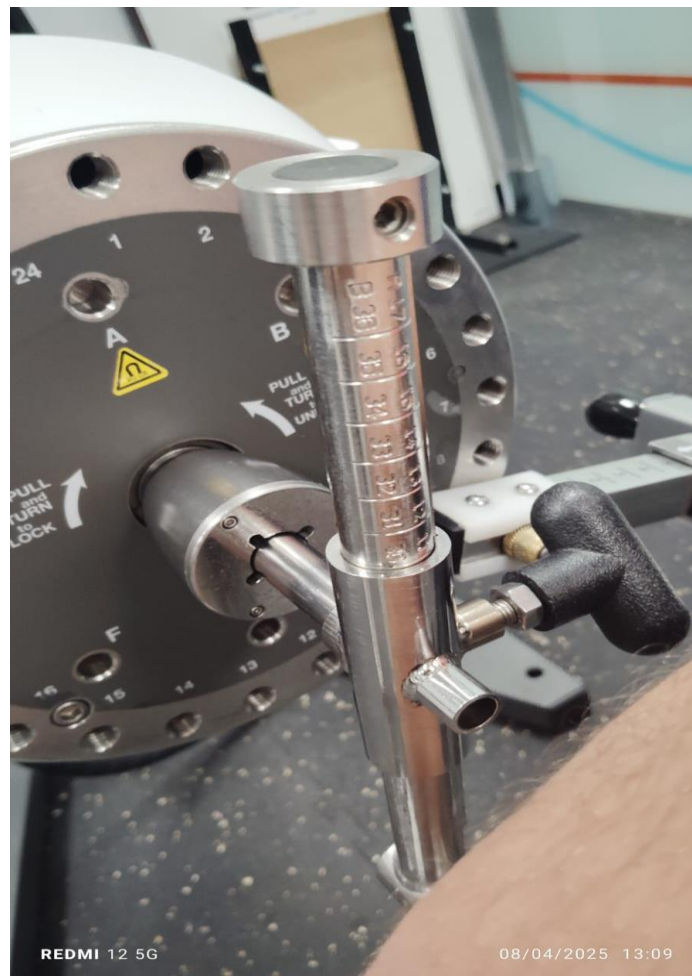


Ilustración 17: Longitud brazo de palanca. Fuente: Elaboración propia

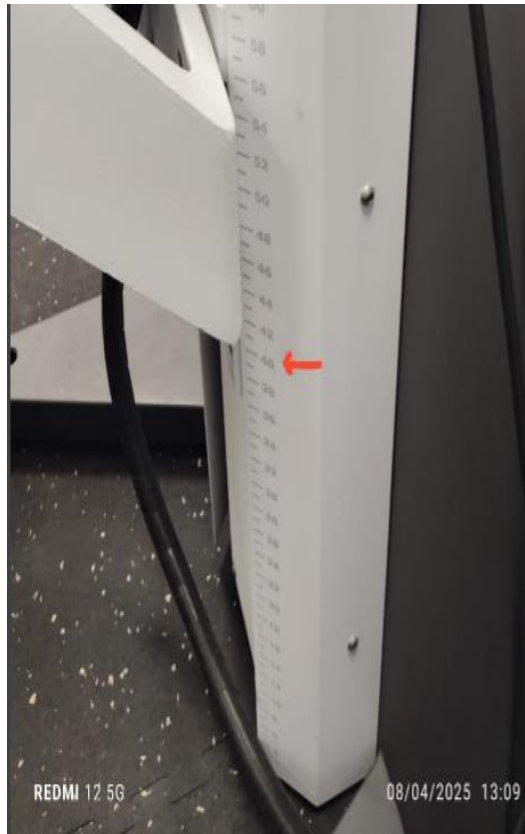


Ilustración 18: Altura del dinamómetro. Fuente: Elaboración propia

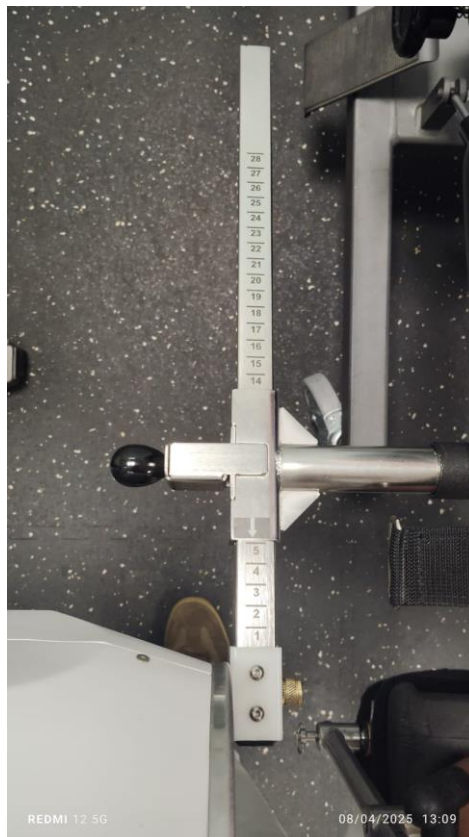


Ilustración 19: Soporte de fijación de la silla. Fuente: Elaboración propia



Ilustración 20: Profundidad e inclinación. Fuente: Elaboración propia

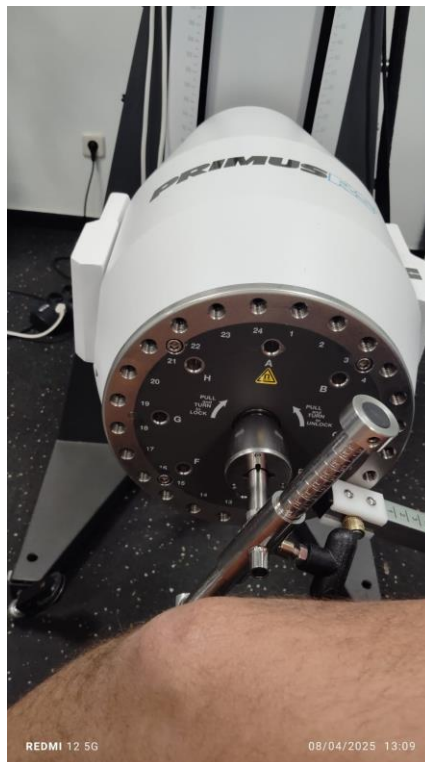


Ilustración 21: Colocación eje del dinamómetro. Fuente: Elaboración propia

AUTORIZACIÓN PARA LA DIGITALIZACIÓN, DEPÓSITO Y DIVULGACIÓN EN RED DE PROYECTOS FIN DE GRADO, FIN DE MÁSTER, TESIS O MEMORIAS DE BACHILLERATO

1º. Declaración de la autoría y acreditación de la misma.

El autor D. Enmanuel Eduardo Sánchez Vásquez.

DECLARA ser el titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra:

Influencia de la terapia de restricción de flujo sanguíneo en la fase preoperatoria, en jugadores de baloncesto con rotura del ligamento cruzado anterior,

que ésta es una obra original, y que ostenta la condición de autor en el sentido que otorga la Ley de Propiedad Intelectual.

2º. Objeto y fines de la cesión.

Con el fin de dar la máxima difusión a la obra citada a través del Repositorio institucional de la Universidad, el autor **CEDE** a la Universidad Pontificia Comillas, de forma gratuita y no exclusiva, por el máximo plazo legal y con ámbito universal, los derechos de digitalización, de archivo, de reproducción, de distribución y de comunicación pública, incluido el derecho de puesta a disposición electrónica, tal y como se describen en la Ley de Propiedad Intelectual. El derecho de transformación se cede a los únicos efectos de lo dispuesto en la letra a) del apartado siguiente.

3º. Condiciones de la cesión y acceso

Sin perjuicio de la titularidad de la obra, que sigue correspondiendo a su autor, la cesión de derechos contemplada en esta licencia habilita para:

- a) Transformarla con el fin de adaptarla a cualquier tecnología que permita incorporarla a internet y hacerla accesible; incorporar metadatos para realizar el registro de la obra e incorporar “marcas de agua” o cualquier otro sistema de seguridad o de protección.
- b) Reproducirla en un soporte digital para su incorporación a una base de datos electrónica, incluyendo el derecho de reproducir y almacenar la obra en servidores, a los efectos de garantizar su seguridad, conservación y preservar el formato.
- c) Comunicarla, por defecto, a través de un archivo institucional abierto, accesible de modo libre y gratuito a través de internet.
- d) Cualquier otra forma de acceso (restringido, embargado, cerrado) deberá solicitarse expresamente y obedecer a causas justificadas.
- e) Asignar por defecto a estos trabajos una licencia Creative Commons.
- f) Asignar por defecto a estos trabajos un HANDLE (URL *persistente*).

4º. Derechos del autor.

El autor, en tanto que titular de una obra tiene derecho a:

- a) Que la Universidad identifique claramente su nombre como autor de la misma
- b) Comunicar y dar publicidad a la obra en la versión que ceda y en otras posteriores a través de cualquier medio.
- c) Solicitar la retirada de la obra del repositorio por causa justificada.

- d) Recibir notificación fehaciente de cualquier reclamación que puedan formular terceras personas en relación con la obra y, en particular, de reclamaciones relativas a los derechos de propiedad intelectual sobre ella.

5º. Deberes del autor.

El autor se compromete a:

- a) Garantizar que el compromiso que adquiere mediante el presente escrito no infringe ningún derecho de terceros, ya sean de propiedad industrial, intelectual o cualquier otro.
- b) Garantizar que el contenido de las obras no atenta contra los derechos al honor, a la intimidad y a la imagen de terceros.
- c) Asumir toda reclamación o responsabilidad, incluyendo las indemnizaciones por daños, que pudieran ejercitarse contra la Universidad por terceros que vieran infringidos sus derechos e intereses a causa de la cesión.
- d) Asumir la responsabilidad en el caso de que las instituciones fueran condenadas por infracción de derechos derivada de las obras objeto de la cesión.

6º. Fines y funcionamiento del Repositorio Institucional.

La obra se pondrá a disposición de los usuarios para que hagan de ella un uso justo y respetuoso con los derechos del autor, según lo permitido por la legislación aplicable, y con fines de estudio, investigación, o cualquier otro fin lícito. Con dicha finalidad, la Universidad asume los siguientes deberes y se reserva las siguientes facultades:

- La Universidad informará a los usuarios del archivo sobre los usos permitidos, y no garantiza ni asume responsabilidad alguna por otras formas en que los usuarios hagan un uso posterior de las obras no conforme con la legislación vigente. El uso posterior, más allá de la copia privada, requerirá que se cite la fuente y se reconozca la autoría, que no se obtenga beneficio comercial, y que no se realicen obras derivadas.
- La Universidad no revisará el contenido de las obras, que en todo caso permanecerá bajo la responsabilidad exclusiva del autor y no estará obligada a ejercitar acciones legales en nombre del autor en el supuesto de infracciones a derechos de propiedad intelectual derivados del depósito y archivo de las obras. El autor renuncia a cualquier reclamación frente a la Universidad por las formas no ajustadas a la legislación vigente en que los usuarios hagan uso de las obras.
- La Universidad adoptará las medidas necesarias para la preservación de la obra en un futuro.
- La Universidad se reserva la facultad de retirar la obra, previa notificación al autor, en supuestos suficientemente justificados, o en caso de reclamaciones de terceros.

Madrid, a 19 de abril de 2025

ACEPTA

Fdo.....
