

Grado en Fisioterapia

Trabajo Fin de Grado

Título:

Eficacia de los ejercicios excéntricos con restricción del flujo sanguíneo a baja carga frente a ejercicios excéntricos, en deportistas con tendinopatía rotuliana.

Alumno: Adrián del Cura Ruiz

Tutor: Dr. Néstor Pérez Mallada

Madrid, 18 de abril de 2025

Índice de contenido

Índice de tablas.....	3
Índice de gráficos.....	4
Índice de ilustración	5
Tabla de abreviaturas	6
Resumen	7
Abstract	8
1. Antecedentes y estado actual del tema.....	9
2. Evaluación de la evidencia.....	30
2.1 Estrategia de búsqueda.....	30
2.1.1 PubMed	31
2.1.2 EBSCO	33
2.2 Flujograma	36
3. Objetivos del estudio.....	37
3.1 Objetivo general	37
3.2 Objetivos específicos.....	37
4. Hipótesis conceptual	39
5. Metodología	40
5.1 Diseño	40
5.2 Sujetos de estudio.....	42
5.3 Variables	46
5.4 Hipótesis operativa.....	49
5.5 Recogida, Análisis de datos, contraste de hipótesis	51
5.6 Limitaciones del estudio	54
5.7 Equipo investigador.....	55
6. Plan de trabajo.....	56
6.1 Diseño de la intervención	56
6.2 Etapas del desarrollo.....	69
6.3 Distribución de tareas de todo el equipo investigador.....	69
6.4 Lugar de realización del proyecto.....	71
7. Listado de referencia.....	72
Anexos	77

Índice de tablas

Tabla 1. Abreviaturas y significado. Elaboración propia.	6
Tabla 2. Términos libres, términos Mesh y términos Decs utilizados durante la estrategia de búsqueda. Elaboración propia.	30
Tabla 3. Estrategia de búsqueda realizada en la base de datos PubMed. Elaboración propia	33
Tabla 4. Estrategia de búsqueda realizada en la base de datos EBSCO. Elaboración propia.	35
Tabla 5. Comparación entre los resultados de las diferentes bases de datos y el total entre ambas. Elaboración propia.	35
Tabla 6. Criterios de Inclusión y exclusión. Elaboración propia.	42
Tabla 7. Relación entre poder estadístico y nivel de significación. Elaboración propia.	43
Tabla 8. Tamaño de la muestra total y por grupos. Elaboración propia.	45
Tabla 9 .Variables. Elaboración propia.	46
Tabla 10. Calendario Grupo 1. Elaboración propia.	61
Tabla 11. Calendario Grupo 2. Elaboración propia.	61
Tabla 12. Calendario Grupo 3. Elaboración propia.	64
Tabla 13. Calendario Grupo 4. Elaboración propia.	64
Tabla 14. Calendario Grupo 5. Elaboración propia.	65
Tabla 15. Calendario Grupo 6. Elaboración propia.	68
Tabla 16. Etapas del desarrollo del estudio. Elaboración propia.	69
Tabla 17. Tabla Ejercicios ISOM y parámetros electroestimulación. Elaboración propia.	89

Índice de gráficos

Gráfico 1. Flujograma. Elaboración propia

36

Índice de ilustración

Ilustración 1. Neovascularización en el foco degenerativo del Tendón rotuliano (28).	14
Ilustración 2. Posición colocación mancuernas. Elaboración propia.	23
Ilustración 3. Colocación BFR. (53)	57
Ilustración 5. Dinamómetro PRIMUS RS, con herramienta 701. Elaboración propia.	59
Ilustración 4. Colocación del paciente en el dinamómetro. Elaboración propia.	59
Ilustración 6. Colocación para medición MVIC. Elaboración propia.	59
Ilustración 7. Posición final medición FMI. Elaboración propia.	60
Ilustración 8. Posición inicial medición FMI. Elaboración propia.	60
Ilustración 9. SLDS sin BFR. Elaboración propia.	61
Ilustración 10. Ejercicios ECC: 1, 2 y 3 - grupo 6. Elaboración propia.	62
Ilustración 11. SLDS con BFR. Elaboración propia.	65
Ilustración 12. Ejercicios 1, 2 y 3 - grupo 6 con BFR. Elaboración propia.	66
Ilustración 13. Ejercicios isométricos. (44)	89
Ilustración 14. Colocación electrodos. (44)	89
Ilustración 15. Escala EVA. (63)	94

Tabla de abreviaturas

ABREVIATURA	SIGNIFICADO
AOP	Presión de oclusión arterial
BFR	Restricción del flujo sanguíneo
CC	Concéntricos
cm	Centímetros
ECC	Excéntricos
ENV	Escala Numérico Verbal
ESWT	Ondas de Choque Extracorpóreas
EVA	Escala Visual Analógica
FMI	Fuerza máxima isocinética
FMT _r	Fuerza Máxima del Tendón Rotuliano
GRF	Fuerza de reacción del suelo
IBF	Flujo sanguíneo intratendinoso
IMC	Índice de masa corporal
ISOM	Isométricos
LL	Ejercicio de baja carga o Low-Load
MCID	Diferencia clínica mínima importante
MVC	Contracción máxima voluntaria
MVIC	Contracción isométrica máxima voluntaria
N	Newtons
REPS	Repeticiones
RM	Repeticiones máximas
RMN	Resonancia magnética
ROM	Rango de movimiento
TR	Tendinopatía rotuliana
SLDS	Single Leg Decline Squat
seg	Segundos
US	Ultrasonido
VISA-P	Victorian Institute of Sport Assessment-Patella

Tabla 1. Abreviaturas y significado. Elaboración propia.

Resumen

Antecedentes:

La tendinopatía rotuliana afecta a los deportistas que practican deportes en los que se requiere saltar y donde el mecanismo extensor soporta cargas elevadas y repetitivas, afecta al 30-45% de los deportistas que practican baloncesto o voleibol. Puede suponer o no el cese de su actividad deportiva. Existen factores de riesgo que afectan de manera directa o indirecta a esta patología ya sean intrínsecos o extrínsecos, que ayudan a identificar la lesión, prevenirla y abordarla. La neovascularización y engrosamiento también contribuye a su diagnóstico.

En cuanto al tratamiento, la elección habitual suele ser conservador, se utilizan técnicas como ondas de choque, plasma rico en plaquetas, electrolisis percutánea intratisular, electroestimulación además de la terapia manual. La mejor opción de ejercicio terapéutico suele ser los ejercicios excéntricos, aunque también se utilizan otros como los ejercicios de resistencia lenta pesada. Como alternativa, se ha comenzado a utilizar restricción del flujo sanguíneo. Esta oclusión permite mediante un ambiente hipóxico, producir un estrés metabólico y fatiga muscular, generando hipertrofia y fuerza muscular sin necesidad de aumentar en exceso las cargas del ejercicio.

Objetivo principal:

El principal objetivo de este estudio es valorar la eficacia de realizar ejercicios excéntricos con restricción del flujo sanguíneo a baja carga, frente a ejercicios excéntricos mediante distintos protocolos en deportistas con tendinopatía rotuliana.

Metodología:

Se llevará a cabo un estudio experimental, un ensayo clínico aleatorizado, con un enmascaramiento donde se cegará al investigador que realiza las mediciones, desconoce el tratamiento que se administra y al estadístico. El estudio se realizará mediante sujetos que hayan sido diagnosticados por un médico de tendinopatía rotuliana y deben cumplir los criterios propuestos para poder participar. Se dividirá en 6 grupos, 3 serán grupos control donde se van a realizar 3 protocolos excéntricos y otros 3 serán grupo intervención en el que adaptaremos esos protocolos excéntricos a protocolos con restricción del flujo sanguíneo.

Las variables que se van a evaluar serán dolor, funcionalidad, fuerza máxima isométrica voluntaria y fuerza máxima isocinética a diferentes velocidades del cuádriceps. Se realizarán dos mediciones durante el estudio, antes y después del tratamiento. Finalmente se elaborará un análisis estadístico para ver y comparar los resultados del estudio.

Palabras clave:

Restricción del flujo sanguíneo, Excéntrico, Tendinopatía, Tendón rotuliano, Fuerza.

Abstract

Background:

Patellar tendinopathy affects athletes who participate in sports that involve jumping and where the extensor mechanism is subjected to high and repetitive loads. It affects 30–45% of athletes who play basketball or volleyball. This condition may or may not lead to the cessation of sports activity. There are intrinsic and extrinsic risk factors that directly or indirectly influence the development of this pathology, aiding in its identification, prevention, and management. Neovascularization and tendon thickening also contribute to its diagnosis.

As for treatment, conservative approaches are typically preferred, employing techniques such as shockwave therapy, platelet-rich plasma, percutaneous electrolysis, electrostimulation, and manual therapy. The most effective therapeutic exercise option is usually eccentric exercises, although other modalities like heavy slow resistance exercises are also used. As an alternative, blood flow restriction has recently been introduced. This occlusion creates a hypoxic environment that induces metabolic stress and muscular fatigue, leading to muscle hypertrophy and strength gains without the need to excessively increase exercise loads.

Main objective:

The main objective of this study is to assess the effectiveness of performing low-load eccentric exercises with blood flow restriction compared to traditional eccentric exercise protocols in athletes with patellar tendinopathy.

Methodology:

An experimental study will be conducted in the form of a randomized clinical trial, with blinding applied to the assessor who performs the measurements and the statistician, both of whom will be unaware of the treatment provided. Participants will be individuals diagnosed by a physician with patellar tendinopathy and who meet the proposed inclusion criteria. The study will consist of six groups, three control groups following different eccentric protocols and three intervention groups adapting those eccentric protocols with blood flow restriction.

The variables to be evaluated include pain, functionality, maximum voluntary isometric strength, and maximum isokinetic strength at different quadriceps contraction speeds. Two assessments will be carried out during the study: one before and one after the treatment. Finally, a statistical analysis will be performed to observe and compare the results of the study.

Keywords:

Blood Flow Restriction, Eccentric, Tendinopathy, Patellar Tendon, Strength.

1. Antecedentes y estado actual del tema

La tendinopatía rotuliana (TR), se caracteriza por dolor focal, palpable en el polo inferior de la rótula, los síntomas dependerán de la carga. Presenta hallazgos histológicos similares a otros problemas tendinosos, distinguido por cambios en la vascularidad y celularidad del tendón, aumento del grosor, microrupturas no cicatrizadas y alteración en la distribución del colágeno (1,2).

La prevalencia de la TR afecta a los atletas que practican deportes en los que se requiere saltar y donde el mecanismo extensor soporta cargas elevadas y repetitivas (2,3). En jugadores no élite, la incidencia de esta condición es del 8,5%, pero en deportes que implican una mayor exigencia sobre el tendón, puede aumentar entre un 11,8% y un 14,4% en jugadores amateurs de voleibol y baloncesto. En deportistas de élite esta cifra aumenta con un 32% de los hombres que juegan al baloncesto, el 45% de los jugadores de voleibol, el 23% de atletas tanto en pista como en campo, 15% de balonmano y un 13% en futbolistas (1,3,4). El volei-playa también tiene un alto porcentaje de anomalías en el tendón rotuliano (63,6%) (5). En atletas de élite como velocistas o saltadores de altura el 23% sufre de TR (1) El 53% de los atletas con TR cesa su participación deportiva debido al dolor crónico de rodilla, lo que resulta ser el final de su carrera deportiva (6).

Un estudio de 95 jugadores masculinos de baloncesto universitario, 32 atletas (33,7%) presentaron hallazgos ecográficos asociados a anomalías en el tendón rotuliano, 20 atletas fueron diagnosticados de TR y 12 con anomalías en el tendón, pero sin dolor a la palpación. 10 jugadores tenían dolor a la palpación del tendón rotuliano, pero no presentaban ninguna anomalía. El 15% presentaban dolor en la rodilla derecha solo, el 14% en la izquierda y el 5% presentaba dolor en ambas rodillas. Más del 20% de los jugadores masculinos de baloncesto universitario presentaron anomalías del tendón rotuliano en pretemporada (7).

Podemos interpretar el sexo masculino como factor de riesgo, según el estudio de Owioye, O. B. A. et al (8). el estrógeno puede tener una función protectora en las mujeres. La prevalencia y la carga de la tendinopatía rotuliana son elevadas en los jugadores de baloncesto juveniles de competición masculinos (11-18 años) y femeninos (13-18 años); 1 de cada 4 jugadores y 1 de cada 5 jugadoras presentaron síntomas de TR en una temporada de competición.

Los jugadores de voleibol de sexo masculino con mayor fuerza en el cuádriceps, mayor velocidad de dorsiflexión del tobillo y mayor velocidad de flexión del tronco durante el aterrizaje

generaban una mayor carga del tendón rotuliano. El tendón rotuliano generaba una fuerza mayor al aterrizar en la pierna principal o dominante ($5,17 \pm 0,86$ PC) en comparación con la extremidad de seguimiento o no dominante ($4,56 \pm 0,85$ PC) (9). Las mujeres realizan un mayor esfuerzo sobre el tendón rotuliano en comparación con los hombres, lo que podría estar relacionado con una menor rigidez tendinosa en las mujeres. Los hombres presentaron menos tensión (8,3%) en comparación con las mujeres (13,8%). Según el autor, los hombres tienen mayor capacidad para resistir la tensión en el tendón que las mujeres, además morfológicamente la porción lateral del tendón en los hombres es más larga que la medial a diferencia que las mujeres (10). Hay estudios que nos dicen que una diferencia en los fascículos musculares durante las contracciones excéntricas (ECC) posiblemente atribuido a la elasticidad del tendón rotuliano entre hombres y mujeres (4). Por otro lado, otros estudios nos dicen que el género podría no ser realmente significativo (5).

En deportes como el rugby, en un estudio de 83 jugadores se vio que 30 (36,1%), tenían anomalías en el tendón a través de ultrasonido (US), el tendón se encontraba con zonas hipoecoicas o completamente engrosado. Los que tenían un US normal presentaban menos síntomas en la rodilla. Lo demostraron sus puntuaciones de Victorian Institute of Sport Assessment-Patella (VISA-P) significativamente más altas. 11 jugadores (13,3%) cumplían el diagnóstico clínico de TR basado en su examen clínico. La prevalencia de la TR fue del 9,6% según criterios clínicos y ecográficos. Esto es similar a los hallazgos entre los jugadores de baloncesto junior (11). Hay estudios que hablan de que la presencia de una región hipoecoica no está asociada a una TR sintomática, pero existen otros que nos dicen que una región hipoecoica y atletas adolescentes de élite que eran asintomáticos tenían 3-4 veces mayor riesgo de desarrollar síntomas. Un engrosamiento del tendón está relacionado con casos sintomáticos (5).

Tanto los deportistas de élite en voleibol, como los que compiten a nivel internacional, tienen el triple de probabilidad de desarrollar una TR en comparación con los que no han alcanzado este alto nivel representativo. Los jugadores masculinos de voleibol con una mayor capacidad de salto vertical son más propensos a desarrollar TR en comparación con los jugadores con un salto vertical menor podríamos decir que, es posible que una acumulación de alturas de salto repetidamente superiores contribuya a la mayor prevalencia de TR evidente en los jugadores de voleibol masculino de élite. Los deportistas de élite participaron en una cantidad significativa y sustancialmente mayor de horas totales de entrenamiento en pista a la semana en comparación con los atletas de sub-élite. Se observó que jugadores de voleibol masculino de élite (32%) desarrollaron TR en un periodo de 4 años, especialmente aquellos que entrenaban más de 15 horas a la semana en la pista. Esto podría explicar parte de la

disparidad en la prevalencia de lesiones entre los jugadores de voleibol de élite y los de sub-élite (14). Entre las jugadoras universitarias de voleibol la prevalencia era mucho menor, del 20,8%, de anomalías del tendón rotuliano (12).

En el estudio de Kraemer, R. y Knobloch, K. (13), se vio que se producen 3 lesiones de TR cada 1000 horas de actividad (sin contacto), existe una relación entre el tiempo dedicado a realizar ejercicios propioceptivos o de equilibrio y las lesiones en futbolistas. Tras implementar ejercicios de equilibrio se redujo a 1 lesión cada 1000 horas de juego. Cuando se redujo en un 58% los ejercicios de equilibrio de 1080 a 450 minutos, la tasa subió por 3, también se aumentaron las lesiones musculares de isquiotibiales y gastrocnemios, 2 y 15 veces respectivamente. Cuando se volvió a aumentar la duración del este tipo de entrenos propioceptivos, la tasa de lesiones disminuyó de nuevo a 12 cada 1000 horas de juego (3 veces menos). No solo eso, sino que, en deportistas con lesión, esto disminuyó el tiempo de recuperación.

Los atletas con menor rango de movimiento (ROM), pasivo de rotación interna de cadera ($\leq 40,76^\circ$) y menor alineación varo del pie ($\leq 16,95^\circ$) tenían un 76% menos probabilidad de desarrollar TR. Por otro lado, los atletas con menor rango de movimiento de rotación interna de la cadera, pero con mayor varo ($> 16,95^\circ$), tenían un 41% menos probabilidad de TR si la fuerza de rotación externa de la cadera era mayor de lo habitual, en cambio si la fuerza era menor ($\leq 0,31$ Nm/kg) la probabilidad de sufrir una TR era de un 55% más alta. Una mayor alineación del pie en varo puede provocar una rotación interna de la tibia aumentada y una pronación excesiva. Los atletas con mayor torque de los abductores de la cadera ($> 1,57$ Nm/kg) y mayor rango pasivo de rotación interna de la cadera ($> 44,46^\circ$) disminuyeron la probabilidad de TR, ya que los que tenían valores menores tanto de fuerza de abductores como de rango de rotación interna tenían tendencia a sufrir TR. Según este estudio los sujetos con rango pasivo de rotación interna entre $40,76^\circ$ y $44,46^\circ$ tenían un aumento de probabilidad de TR del 238%. Aunque un pie varo mayor, puede contribuir a una pronación excesiva y a una rotación interna de la tibia excesiva, la presencia de una fuerza adecuada de la rotación externa de la cadera puede ayudar a controlar la rotación interna de la extremidad inferior, mitigando así los posibles efectos adversos de este movimiento sobre el tendón rotuliano. Además, según el autor, tener una fuerza adecuada de aductores de cadera reducirá la aparición de TR en atletas con un rango pasivo de rotación interna elevado. Un ROM pasivo de rotación interna correcto y una alineación adecuada de los pies tienen menos posibilidades de desarrollar una rotación interna excesiva y la carga del tendón rotuliano se reducirá (14).

En cuanto al tipo de pie, según el estudio realizado por E. Lopezosa-Reca et al. (15) la TR más frecuente fue en los pies supinados (entorno al 30%), le siguen los pies pronados con un 20,7% y los neutros con 19,8%. Una menor dorsiflexión será un factor de riesgo ya que los atletas con TR tienen un rango de movimiento de la dorsiflexión estática del tobillo más limitado en comparación con pacientes sanos. Los músculos flexores plantares del tobillo se llevan el 40% de la energía cinética total absorbida por el sistema muscular durante los aterrizajes, esto limitará la activación de estos músculos para ejercer fuerzas de desaceleración durante el aterrizaje, lo que podría hacer que el tobillo sea menos capaz de reducir las fuerzas cerca del final de su rango de movimiento. Se produciría una alteración de la mecánica de aterrizaje y por lo tanto una mayor carga sobre la TR, al aumentar la fuerza de reacción del suelo (GRF) (6). La energía cinética generada al aterrizar tras un salto está dispersada por el mecanismo extensor del cuádriceps, incluido el tendón rotuliano, al actuar como la principal estructura. Cuando aterrizamos, el tendón rotuliano queda expuesto a una fuerza tan elevada como 7 veces el peso corporal de un individuo (9). El déficit de dorsiflexión y el aumento del varo de pie nos dará un exceso de pronación, aumentando la rotación interna que provocará una sobrecarga del tendón rotuliano (14,16).

El aumento del índice de masa corporal (IMC), la altura y el peso son factores de riesgo, puede deberse al aumento de las fuerzas que actúan sobre el tendón rotuliano con el aumento de la masa corporal (1,5,17). Por el contrario, otros artículos más actuales hablan de que la masa corporal no es un factor de riesgo asociado a la TR, así como el peso y la talla (7,18).

Tayfur, A et al. (19) describen que una persona con TR no presenta limitaciones funcionales y cambios repentinos en los síntomas en comparación con los problemas de rodilla de inicio agudo. Solo habrá limitación de rodilla si la puntuación de la escala VISA-P es inferior a 75-89 (20). Aunque otros artículos nos hablan de que clínicamente la TR presenta disfunción y dolor (18). Los tendones responden de forma lenta al ejercicio y la carga, por lo que, si la magnitud o distribución temporal de la carga supera el umbral del tendón, podría provocar patología. Una carga inferior será otro factor predisponente de aparición de patología debido a la función del mismo en la acumulación y liberación repetida de energía (4).

Un estudio en el que se evaluó a jugadores de voleibol de élite demostró que la exposición a los partidos y la carga elevada de volumen de entrenamiento, eran factores de riesgo potenciales para el desarrollo de TR (11,21). En los jugadores jóvenes, se ha planteado la hipótesis de que el aumento del volumen de entrenamiento cuando pasan de la categoría juvenil a la absoluta es un factor de riesgo (11). Los deportistas adolescentes de élite en Estados Unidos pueden tener un mayor riesgo de lesión debido a que participan en una

temporada más larga que la temporada de voleibol universitario de aproximadamente 4 meses (5).

La mayoría de los cambios en el tendón ocurren durante la adolescencia, con el pico de velocidad de crecimiento asociado con un aumento normal en el área transversal del tendón rotuliano y un aumento en el porcentaje de haces de tendón alineados normalmente observados. Podemos clasificar un tendón como inmaduro si se observa una discontinuidad de las fibras tendinosas adyacentes al polo inferior de la rótula (22).

Los jugadores de voleibol con TR eran capaces de generar una mayor fuerza ECC en los cuádriceps, esta fuerza predice la carga del tendón rotuliano durante el aterrizaje (1). La contracción ECC que se da en el cuádriceps durante el aterrizaje carga el tendón por encima de su resistencia normal, causando microdesgarros y degeneración de las fibras del tendón (9). Se observó que el aterrizaje con flexión de tronco/cadera reducía un 8% la fuerza máxima del tendón rotuliano (FMTr) en comparación con el aterrizaje estándar. Hubo una disminución del 26% en la FMTr en el atleta 6 meses después de la intervención, lo que sugiere beneficios a largo plazo de la modificación de la mecánica de aterrizaje, esto reduciría la sobrecarga de TR. Tras 8 semanas de modificación de la estrategia de aterrizaje (aumentando la flexión de cadera/tronco) condujeron a mejoras sustanciales a largo plazo en el dolor y la función de un atleta de voleibol. Si aumenta la flexión del tronco durante los aterrizajes verticales se produce una menor activación electromiográfica de los cuádriceps, en comparación con aterrizar en una posición neutra del tronco, por lo que podría disminuir la demanda del cuádriceps. Una flexión de tronco de $12,7^{\circ}$ mayor que en un aterrizaje estándar, cambiará el brazo de palanca y de la fuerza del peso del tronco sobre la rodilla, dando como resultado menos dolor y una menor carga en el tendón (6).

En el estudio de Janssen. I et al. (23), se observa el patrón neuromuscular de activación en jugadores de voleibol. La activación concéntrica (CC) y ECC del cuádriceps sirve para controlar los movimientos de salto y aterrizaje en el voleibol, mientras que la ECC del cuádriceps es esencial para controlar la flexión de la rodilla durante el aterrizaje y para reducir la velocidad vertical del cuerpo al aterrizar. El vasto lateral y el recto femoral se activan rápido y mejora la respuesta al aterrizar sobre el suelo. Cuando el vasto medial se activa primero ayuda a estabilizar el aterrizaje y controlar las fuerzas. En un salto monopodal hacia delante, se reclutó inicialmente el semimembranoso, el vasto medial, el bíceps femoral, el vasto lateral y el recto femoral. El vasto medial se encarga del 20% de la dispersión de fuerzas en el aterrizaje mientras que el recto y el bíceps femorales el 10%.

El suministro sanguíneo del tendón rotuliano proviene directamente de la bolsa adiposa infrapatelar y del retináculo. El tendón presenta áreas de vascularidad reducida, especialmente en las inserciones proximal y distal, que se vinculan frecuentemente con la degeneración y el fallo del tendón. El estrés y la compresión también pueden contribuir a la distensión del tendón durante el movimiento. Los hallazgos histopatológicos típicamente sugieren una degeneración mucoide crónica en lugar de una respuesta inflamatoria aguda (15,24). Se caracteriza generalmente por un sobreuso con sensibilidad local e hinchazón. La diferencia entre la tendinitis y la tendinopatía es que la tendinitis es el proceso inflamatorio agudo presente al comienzo de la patología, mientras que en la tendinopatía como respuesta de una curación fallida se producen cambios en el tejido tendinoso dando un aumento celular y una desorganización de las fibras de colágeno (4). Hay una mayor concentración de colágeno tipo III en tendones patológicos, en comparación con la cantidad de colágeno tipo I predominante en el tejido tendinoso sano. Tanto a nivel visual como microscópico, las áreas afectadas de las fibras de colágeno del tendón aparecen más delgadas y desorganizadas con fibrosis asociada. A nivel celular, los cambios incluyen hiper celularidad caracterizada por proliferación celular y aumento de la actividad de los fibroblastos. También hay presente una proliferación vascular anormal o neovascularización, junto con un aumento en la concentración de proteoglicanos y contenido de agua. El tendón intenta sanar es por ello que, da como resultado estas respuestas patológicas, aumentando el grosor del tendón que a menudo caracteriza la TR (15,24). Un tendón normal está compuesto por un 55-70% de agua en masa, una inflamación y una elevada distensibilidad del tendón rotuliano podría estar asociado a un aumento de ese volumen de agua. El tendón responde a una carga ECC disminuyendo el grosor, lo que probablemente se debe a la exudación de agua y a la realineación del colágeno. Había una diferencia de 6,5% en reposo y del 6,2% post-carga entre un tendón y otro, por lo que el tendón afectado tras el ejercicio ECC redujo su contenido de agua en un 1,6% mientras que el sano lo hizo en un 1,3% (25).

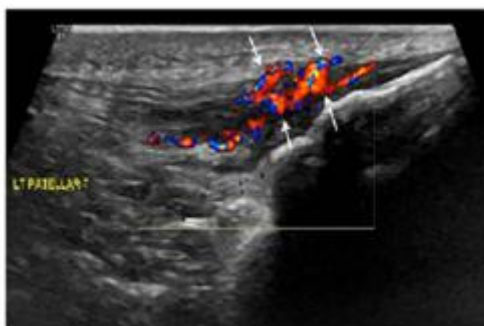


Ilustración 1. Neovascularización en el foco degenerativo del Tendón rotuliano (28).

En un estudio de 157 atletas y 25 de grupo control, casi el 20 % de los atletas inicialmente sanos se presentaron en la clínica ambulatoria con un diagnóstico de la región de la TR dentro

de los 3 años posteriores a la preparticipación. Las alteraciones del flujo sanguíneo intratendinoso (IBF) y de las hipoecogenicidades en los tendones rotulianos están asociadas con el desarrollo de tendinopatía. Esto indica la necesidad de su detección temprana en atletas asintomáticos con mayor riesgo dentro de la atención médica de rutina, así como en los exámenes de salud anuales (18).

Muchos estudios usan el US para detectar cambios estructurales en el tendón. Se utilizan para identificar el engrosamiento y la hipoecogenicidad (la curación desordenada del tendón altera la estructura) y la neovascularidad (crecimiento vascular disperso de un tendón en proceso de curación). Utilizamos el ultrasonido Doppler en color y el ultrasonido en escala de grises, para la evaluación del tendón rotuliano y confirmar clínicamente el diagnóstico. También podemos utilizar la resonancia magnética (RMN) donde se verán áreas de estructura alteradas de las fibras de colágeno y el aumento de la sustancia fundamental interfibrilar (3,12,26). El ejercicio ECC podría tener un efecto positivo sobre la estructura del tendón reduciendo la neovascularización del tendón, según la ecografía Doppler, lo cual podría disminuir el dolor y mejorar la función tendinosa. Podría causar una especie de “expulsión” del flujo sanguíneo a través de los neovasos. Este proceso se podría explicar por la acción mecánica de los músculos durante la fase ECC del movimiento, que pondría presión sobre los vasos sanguíneos recién formados, posiblemente contribuyendo a la resolución de la neovascularización. Las alteraciones en el flujo sanguíneo del tendón, la síntesis de colágeno y la producción de factores de crecimiento mejorará el estado del tendón, habrá una mejora clínica y del dolor. Hay poca evidencia que explique los mecanismos de acción, pero podría estar relacionado con la acción directa sobre la circulación microvascular, que se generan por las fuerzas de cizallamiento entre las capas de paratendón-fascia y el tendón (4,27).

Fazekas et al. (28), afirman que los puntajes de la escala VISA-P pueden ser útiles como herramienta de detección para identificar la presencia de áreas hipoecoicas en la ecografía del tendón rotuliano. En su estudio, que involucró a 31 atletas asintomáticos, los puntajes VISA-P fueron significativamente más bajos en las ecografías que mostraban regiones hipoecoicas que, en aquellas sin hallazgos hipoecoicos en la rodilla derecha, pero no en la rodilla izquierda. Para evaluar la gravedad del dolor del tendón patelar, la función y la participación en deportes, se desarrolló el cuestionario (VISA-P). Se utiliza este cuestionario para valorar los factores de riesgo con la evaluación clínica de los participantes y para evaluar las respuestas de los participantes sobre la gravedad de la TR. Dependiendo de la variable medida, se encontraron correlaciones moderadas a fuertes (0.60–0.90) (1). Una puntuación inicial en la escala VISA-P entre 90 y 93 puntos, indica que la población examinada es de alto riesgo. La lesión del tendón rotuliano no parece estar asociada a una limitación funcional de

rodilla a no ser que la puntuación VISA-P sea menor a 75-80 puntos (20).

Al diagnóstico tanto por imagen como físico, podemos complementarlos añadiendo factores específicos del deporte como son: el tipo de deporte, duración del entrenamiento, nivel de juego, objetivo, y factores biopsicosociales como ver cuál es el lado lesionado, la edad, como es la hinchazón, si tiene dolor matutino, cuando es el inicio del dolor y su calidad de vida. Podría ayudarnos a la valoración y evaluación de la lesión en atletas de salto con TR para mejorar el manejo de la lesión (19).

La rotura del tendón rotuliano es poco frecuente. El análisis más extenso de la rotura tendinosa informó de que sólo el 6% de las roturas tendinosas en todo el cuerpo se produjeron en el tendón rotuliano (29). Los músculos cuádriceps están embriológicamente relacionados con los tendones rotulianos, la fuerza ECC específica del cuádriceps desempeña un papel importante en la protección de los tendones rotulianos durante las actividades deportivas (30).

Podemos clasificar el tendón rotuliano en 3 regiones: medial, central y lateral. Naoaki Ito, Scattone Silva. R (10), presentaron un estudio midiendo la carga de esfuerzo que tenían estas 3 áreas. Las regiones medial y lateral son las que más suelen presentar la TR ya que podrían presentar mayores niveles de esfuerzo (11,7%) junto a la lateral (14,6%) sin haber diferencias significativas entre ambas. La región central es la que menos tensión obtuvo (6,9%). La posición de la rodilla (a 60° y 90°) durante el ejercicio, la contracción isométrica máxima voluntaria (MVIC) a 60% no influyó en el esfuerzo del tendón.

Debemos tener en cuenta que, a pesar de tener dolor constante, los pacientes con TR siguen realizando su actividad física habitual, aunque tendrán una inestabilidad dinámica debido a un déficit propioceptivo y de fuerza (31).

El tratamiento con leukocyte-rich platelet-rich plasma (LR-PRP) presenta mejoría funcional y reducción del dolor para la TR en comparación con otras opciones de tratamiento a largo plazo para TR crónicas (32-34).

Podríamos tratar la TR con punción seca, técnica que consiste en la inserción repetida de agujas en la zona para crear microtraumatismos y generar una respuesta inflamatoria, estimulando la curación rompiendo las fibras de colágeno y creando sangrado interno, no es tan efectivo como LR-PRP pero alivia el dolor (30,32). La punción se haría sobre la musculatura flexora de cadera y gemelos, sobre la grasa de Hoffa, el nervio safeno y el tendón rotuliano (33).

La terapia con Ondas de Choque Extracorpóreas (ESWT) es otra alternativa de tratamiento de la TR, muestra buenos resultados en un plazo de 12 meses con una tasa del 90% de mejora frente al 50% del grupo control. Se han realizado estudios que lo combinan con el ejercicio ECC pero no presenta cambios significativos con respecto al placebo junto a ejercicio ECC (30,32). Se aplicó 2000 choques por sesión, a 2 bares de intensidad y una frecuencia de 15 Hz para los músculos de la cadera, muslos y pantorrillas. Con un cabezal de 20 mm para los músculos y un cabezal de 15 mm para el tendón rotuliano sintomático, con una frecuencia de 12 Hz (33).

Otro tipo de tratamiento es la Electrolisis Percutánea Intratisular (EPI) es un tratamiento electroquímico no térmico que provoca una lisis localizada, esto genera una reacción de inflamación localizada en esa región en la que hemos incidido, dará una regeneración rápida del tendón lesionado, con una tasa de satisfacción del 97.5% a los 10 meses de seguimiento (32). La EPI la podemos combinar junto al ejercicio ECC, F. Abat. et al. (35) realizó un estudio para ver cómo afecta el dolor, la función y el retorno al nivel previo de actividad en pacientes con TR y como aumenta los niveles de colágeno a través del ejercicio ECC (3 series de 10 repeticiones (REP)) cada repetición se realizó con la fase CC con ambas extremidades, mientras que la fase ECC sólo se realizó con la extremidad afectada a un máximo de 60° de flexión de rodilla (Los pacientes recibieron tratamiento EPI guiado por US hasta un máximo de diez sesiones). En el Grupo 1 (VISA-P inicial <50 puntos), la mejora fue de 45.8 a los 3 meses, alcanzando un puntaje medio VISA-P de 78.9 ± 14.4 . En el Grupo 2 (VISA-P inicial >50 puntos), la mejora de media en el puntaje VISA-P a los 3 meses fue de 15.6 puntos. A los 3 meses, el 80% restauraron su nivel previo de actividad. Y el 90% a los 10 años.

En cuanto a la terapia manual (TM), la manipulación fascial y el masaje de descarga del cuádriceps reducen el dolor en pacientes con TR, con movilización de la rótula, además la TM sobre tejidos blandos (ligamentos, músculos y fascia) en cadera, rodilla y tobillo, puede mejorar el control motor. Se realiza un calentamiento del tendón preactividad deportiva o sesión de tratamiento, de igual manera, una extensibilidad manual del tendón transversal, y longitudinal, estiramientos en tensión activa de cuádriceps aplicándolos también en la cadena posterior (33,36). Chaves. P et al. (37) diseñaron un estudio que planteaba el masaje transversal profundo como tratamiento para la TR, se vio que atletas que partían de un dolor entre 4-5 sobre 10, tras la intervención el dolor bajo a 0 independientemente de la presión aplicada sobre el tendón rotuliano. La reducción del dolor se podría explicar por una hiperemia, la teoría del "Gate control" y los mecanismos descendentes de la modulación del dolor. En cuanto a la fuerza, se midió la fuerza de los extensores de rodilla de forma isométrica con un

dinamómetro y no hubo cambios significativos en torno a los (± 20 N x m).

Actualmente se habla de la importancia de realizar un tratamiento precoz de la tendinopatía a diferencia del reposo e inmovilización de la que se hablaba anteriormente (4). Para obtener una mejora a corto plazo en un tratamiento conservador no invasivo, los ejercicios ECC son la mejor opción de tratamiento, ya que nos ayudará a mejorar la fuerza de la estructura musculo-tendón y así reducir la carga del tendón durante los ejercicios (32). El entrenamiento de resistencia con sobrecarga ECC, de alta intensidad y bajo volumen, durante la temporada puede aumentar la potencia muscular de las extremidades inferiores en jugadores de voleibol y baloncesto, sin provocar molestias en el tendón rotuliano (20). Un régimen de carga ECC de 12 semanas es actualmente el tratamiento de elección para la TR como tratamiento conservador. Aunque el tratamiento quirúrgico no tiene una ventaja clara con respecto al trabajo ECC de la TR, se dará cuando el tratamiento conservador fracase, las técnicas artroscópicas parecen ser igual de efectivas que la cirugía abierta para la TR (28,38). Los ejercicios ECC nos sirven además para ganar una mayor hipertrofia en comparación a los ejercicios CC o isométricos (ISOM), ya que estirar la musculatura a la vez de que se contrae, tendrá importancia sobre la TR para mejorar la función del cuádriceps y reducir la carga del tendón. En fase aguda de la TR, se realizan protocolos ECC 2 veces al día todos los días, 6 series de 10 REP, en la fase ECC (bajada), se trabaja con pierna afectada o ambas piernas, mientras que en la fase CC (subida), se trabaja la sana o ambas piernas. La carga se aumenta de forma progresiva. A esto se le suma un trabajo excéntrico manual de 4 series a 12 REP, donde el fisioterapeuta genera la resistencia para permitir que el músculo realice una contracción ECC controlada. Las sentadillas ECC en una tabla declinada produjeron una reducción estadísticamente significativa del dolor que no se observó en el grupo de sentadillas de entrenamiento excéntrico estándar, tanto bilaterales como unilaterales son igual de efectivas. En un estudio con 66 pacientes, 20 experimentaron alivio completo del dolor y los síntomas, mientras que 42 mostraron una mejora significativa. Se recomienda un reposo adecuado durante la temporada a los atletas que realizan estos ejercicios (36,39). Los ejercicios ECC reducen el flujo sanguíneo a través de los neovasos produciendo colapso y eliminan la función de los nervios encargados del dolor a consecuencia de la isquemia (40). Tendrán una mayor estimulación mecánica del tendón rotuliano, promoviendo la remodelación de las fibras de colágeno dentro del tendón (34). Estos, tienen un papel fundamental en la prevención de la TR, ya que los ejercicios de alta carga inducen una adaptación del tendón que atenuará los daños micromorfológicos comentados. Los ejercicios deben tener una alta intensidad para aumentar la tensión del tendón entre un 4,5 y un 6,5% durante 3 segundos con 5 series de 4 REP, 3 veces a la semana unos 15-20 minutos y así poder adaptar el tendón a la carga (41).

Stasinopoulos et al. (42) realizaron un estudio basado en ejercicio ECC, se hicieron 3 series de 15 repeticiones (REPS) de single-leg decline squat (SLDS) en una tabla declinada de 25°, las sentadillas eran lentas (30 segundos cada una), sin hacer la fase concéntrica (ayuda de la otra pierna para llegar a la posición inicial), es decir bajaban en ECC y subían con ambas piernas, 2 minutos de descanso por cada serie. Solo debían parar si eran incapaces de realizarlo por dolor. Si no había dolor, se aumentaba la carga con pesos a los lados. En uno de los grupos se realizan estiramientos estáticos en cuádriceps e isquiotibiales de 30 segundos con 1 minuto de descanso entre por cada uno. Estos entrenamientos se realizaron 1 vez al día, 5 veces a la semana durante 4 semanas. El dolor y la funcionalidad se evaluó con una escala VISA-P al inicio, al final y a los 6 meses del final del tratamiento. La puntuación media del VISA-P fue de 45 al inicio, en la semana 4, aumentó la puntuación VISA 42 unidades en el grupo de ECC con estiramiento (86 de puntuación) y 28 unidades en el grupo de entrenamiento excéntrico solo (74 de puntuación), a los 6 meses la puntuación del primer grupo fue 94 mientras que la del segundo (ECC solo) fue de 77, por lo que será mejor realizar ejercicios ECC con estiramientos que solo ejercicios ECC (4).

Cabe destacar que Zwerver, J. et al. (16) demostraron que la SLDS en una tabla declinada entre 15° y 30° de inclinación genera un 40% más de momento de fuerza en la rodilla y, por ende, en el tendón patelar. En ángulos menores de 0° a 5° la dorsiflexión del tobillo es extrema y el GRF se anterioriza reduciendo el momento de la rodilla. Ángulos >60° la fuerza de contacto patelofemoral aumenta 9 veces el peso corporal por lo que debemos evitar flexiones de rodilla mayores a 60°.

El programa ECC fue definido anteriormente por Purdam, consistía en que los sujetos realizaban 3 series de 15 REP, se utilizaba una tabla declinada de 25° y se les pedía que hicieran una sentadilla (debía durar mínimo 3 segundos el ejercicio), esto se repitió 2 veces al día durante 12 semanas, descansando 2 minutos entre series, se revisaba el entrenamiento 1 vez a la semana y si la disfunción era bilateral podían usar los brazos para realizar una buena técnica. Solo se permitía un dolor de 30 en la Escala Visual Analógica (EVA) durante el ejercicio (43).

Otro de los programas de ejercicio fue el realizado por Young, el cual consistía en comparar el protocolo de la tabla declinada con los saltos ECC en jugadores de voleibol durante la temporada, ambos mejorar tanto dolor como función, pero el grupo de la tabla declinada mejoró su capacidad para realizar el deporte a final de temporada. Podría estar relacionado con que la sentadilla en la tabla de 25° tiene como objetivo los extensores de rodilla. Si lo

comparamos con otro estudio realizado por Jonsson y Alfredson, que comparaba ejercicio ECC y CC en la tabla declinada, aumentando el peso gradualmente. En la semana 12 el grupo ECC presento una puntuación EVA menor y una VISA-P mayor, mientras que el CC dejó el programa y fueron incapaces de volver a su actividad. A largo plazo el grupo ECC se recuperó completamente mientras que el grupo CC no lo hizo. Además, nos habla de que es mejor incorporar el protocolo de saltos ECC diariamente a la actividad deportiva durante la temporada que interrumpir la actividad deportiva, ya que podían mantener la fuerza muscular, la potencia máxima y su capacidad de salto (4).

Basas, A. et al. (44) presentaron un estudio que consistía en un protocolo que combinaba ejercicios ECC con electroestimulación. El estudio se realizó sobre atletas de élite de triple salto y de salto de longitud con TR. El protocolo duró 12 semanas en la pretemporada de invierno y 10 semanas en pretemporada de verano durante 36 meses. Se realizaron mediciones y un protocolo de ejercicios durante este tiempo. El objetivo de los ejercicios era el fortalecimiento, sometiendo al tendón a cargas progresivas, hasta situaciones de carga máxima. Son ejercicios que combinaban la estimulación eléctrica con ISOM en estiramiento, y otros con contracciones ECC, ISOM y CC. La fase ECC de los ejercicios (de bajada), consistía en pasar de bipedestación a posición de semi-sentadilla con las rodillas y caderas a 90° enganchado con una banda inelástica debajo de las rodillas para mantener esa posición, aumentando el peso en un 15% desde un 15% del peso corporal y bajando en la fase ECC 3 segundos, manteniendo la fase ISOM 3 segundos y volviendo a posición inicial (fase CC) en todos los ejercicios. En el segundo se bajaba a 90° de flexión de rodilla, pero con cadera a 0°. En el tercero, se realizaba unilateral con flexión de rodilla de 75°. Los ejercicios se llevaban a cabo 3 días por semana en días alternos durante 2 semanas. Para no sobrecargar el tendón, a partir de la tercera semana se redujo a 2 veces por semana, cada 3 semanas hasta la semana 12, coincidiendo con los microciclos de entrenamiento que realizaban los atletas donde la primera semana es de alta intensidad, la segunda es mayor y la tercera baja la intensidad para favorecer a la regeneración. Para evaluar el dolor se utilizó la escala EVA del 0 al 10 donde 0 es la ausencia de dolor y 10 un dolor máximo que no le permita al atleta entrenar o competir, se midió antes de comenzar a los 6, 12, 18, 24, 30, 36 y 42 meses. Al inicio hubo una puntuación de $7,67 \pm 1,96$, mientras que al final (a los 12 meses) fue de $2,50 \pm 1,52$, por lo que se obtuvo una diferencia significativa en la reducción del dolor.

Los ejercicios de resistencia pesada y lenta (Heavy Slow Resistance, HSR) son otra de las posibilidades de tratamiento para la TR a través del ejercicio terapéutico. Kongsgaard et al. (43) para este protocolo, realizan ejercicios como prensa de pierna, sentadillas y hack squat, completando tanto la fase ECC como CC de los movimientos con una velocidad controlada (3

segundos por fase). El rango de carga variaba desde 15 repeticiones máximas (RM) la 1ª semana, 12RM la semana 2-3, 10 RM las semanas 4-5, 8 RM las semanas 6-8 y 6 RM las semanas 9-12, todos los ejercicios se hacían de 90° de flexión de rodilla a extensión completa y viceversa. Demostraron que combinar entrenamiento ECC y CC pesado y lento mejora la morfología del tendón y la función subjetiva de forma más efectiva que los ejercicios excéntricos por sí solos. Mejorando el tejido y la síntesis de colágeno, y teniendo un buen resultado a corto y largo plazo. La satisfacción del paciente fue mayor (70%) con ejercicios de HSR que con ejercicios ECC (20%). Aunque un enfoque de ambos, CC y ECC puede ser el tratamiento más efectivo (34,39). Tras otro estudio de Kongsgaard et al. (45) para comprobar la morfología del tendón se vio que hubo un aumento en el área de sección transversal del cuádriceps (tamaño muscular) de $7\% \pm 1\%$, el momento pico de extensión de rodilla aumentó en $10\% \pm 2\%$, mejorando la fuerza de extensión de rodilla tras las 12 semanas de HSR. La rigidez del tendón disminuyó un $9\% \pm 6\%$ (de 3185 ± 187 N/mm a 2701 ± 201 N/mm). Al igual que la densidad de las fibrillas aumentó en un $70\% \pm 18\%$, el área media de las fibrillas disminuyó en un $26\% \pm 2\%$, aumento significativo en el número de fibrillas por micrómetro cuadrado en los intervalos de diámetro de 50-60 nm y 60-70 nm. Lo que nos hace pensar que ejercicios HSR mejoran la morfología de las fibrillas, aumentando la densidad fibrilar y disminuyendo el área media de la fibrilla. Los resultados clínicos medidos por la escala VISA-P y EVA demostraron una mejora significativa. Demostró también que como no hubo fracción de las fibrillas, no se afectaron las propiedades mecánicas.

En el tratamiento de la TR se pueden incluir ejercicios de HSR para hipertrofiar el tendón, los ejercicios deben ir aumentando de manera progresiva, primero ejercicios bilaterales y posteriormente unilaterales al igual que la carga. A medida que vemos una mejora, los ejercicios deben ser más funcionales teniendo en cuenta la cadena cinética e incorporar ejercicios pliométricos y específicos del deporte. Los factores que van a determinar la progresión serán la propia patología, la disfunción y el dolor del individuo. Todo el ejercicio y la carga debe estar cuantificado y monitorizado (39). El objetivo es aumentar progresivamente la FMTr en función de los principios de sobrecarga suprafisiológica y supercompensación sin agravar la TR (46).

Por el contrario, en el estudio realizado por Agergaard et al. (47) no hay diferencias entre realizar HSR o carga moderada, ambos nos sirven para mejorar el dolor y la función, no se encontró diferencia entre realizar un ejercicio al 90% del 1RM como al 55% del 1RM. El aumento de la fuerza fue del 15% en el grupo HSR y 10% en el grupo de carga moderada, hubo una mejora en la puntuación de VISA-P tras la evaluación en la semana 52 pero no se reguló por completo el grosor, por lo que la recuperación total podría ser mayor de 1 año.

Recientes investigaciones han visto que ejercicios progresivos de carga tendinosa (PTLE), como el protocolo de 4 Etapas de PTLE: que incluye ejercicios isométricos, isotónicos, explosivos y específicos para el deporte, resultó en mejores resultados funcionales a las 24 semanas en comparación con solo realizar ejercicios ECC. Esto servirá para desarrollar una tolerancia progresiva a la carga y tratamiento inicial de la TR (34).

Además de ejercicios de fuerza se pueden realizar ejercicios de equilibrio o propioceptivos, en el estudio realizado por Robert Kraemer y Karsten Knobloch (13), se llevaron a cabo una serie de ejercicios específicos para futbolistas como ejercicios de equilibrio monopodal con saltos, hacia adelante y hacia detrás, laterales, sortear obstáculos, superficies inestables.

Una de las herramientas utilizadas es la TR es el uso de una cincha sobre el tendón rotuliano ante el déficit propioceptivo, de Vries et al. (48) elaboraron un estudio sobre el efecto de las cinchas rotulianas o el vendaje deportivo, para la reducción de la tensión en el tendón rotuliano (intentar aliviar el dolor) y para dar un estímulo propioceptivo de conciencia corporal. El 25% de los participantes utilizó una cincha rotuliana, el 25% utilizó vendaje deportivo, el 25% utilizó la condición placebo y el 25% no utilizó ninguna órtesis durante el ejercicio de SLDS (10 REP). Tras la prueba vimos que los pacientes con cincha rotuliana tuvieron una reducción de 14 mm en la puntuación de dolor sobre la EVA (de 0 a 100), mientras que con el vendaje rotuliano se redujo 13mm. Y en la prueba de salto vertical a una pierna con la cincha se redujo 11,5 mm. Aunque no hubo diferencias significativas con respecto el grupo placebo. En otras pruebas como triple salto o salto vertical vimos una reducción del dolor durante el ejercicio tanto con la cincha, el vendaje y el grupo placebo (-7mm, -6mm y -5mm de puntuación respectivamente), en el grupo control no hubo cambios. Tras la práctica también se redujo la puntuación en los 3 grupos. Pero tras una semana los grupos con la cincha y el vendaje notaron una reducción del dolor mientras que el placebo no. Por lo que podemos decir que tiene un efecto analgésico a corto plazo. Algunas herramientas como las correas de Cho-Pat y los vendajes como el Kinesio-tape o McConnell taping se utilizan con ejercicio excéntrico para mejorar el dolor en la zona anterior de la rodilla aumentando el área de contacto patelofemoral, se utilizan más para el dolor patelofemoral que para TR crónicas ya que no disminuyen la carga en la inserción patelas (40).

La FMTr no varía, en función de donde coloque el peso externo en una zancada hacia delante, aumenta linealmente con el aumento de la masa de un peso externo. Tanto la FMTr como de la articulación patelofemoral se produce a un ritmo más lento que el aumento de la masa, ya que tanto la rodilla, como la cadera y el tronco hacen de resistencia en la zancada hacia

delante. Teniendo en cuenta la fuerza de reacción del suelo, los picos de fuerza son mayores cuando el peso externo se lleva en las dos manos a un lado del tronco y en el lado ipsilateral a la pierna adelantada/dominante en comparación con delante del tronco, o al lado contrario al de la pierna adelantada (49)



Ilustración 2. Posición colocación mancuernas. Elaboración propia.

El aumento del peso de las fuerzas externas incrementa la FMTr y de la articulación patelofemoral en la misma medida en las diferentes posiciones de carga de las pesas. Los picos de fuerza mostraron incrementos lineales al aumentar la masa de 0,1 a 0,3 PC. Por cada aumento de 0,1 PC en la masa de los pesos externos, el pico de FMTr aumentó con 0,414 a 0,887 PC. Las barras, mancuernas o kettlebells son los pesos que se utilizan habitualmente para aumentar progresivamente la FMTr y la fuerza de contacto de la articulación femoropatelar durante la zancada hacia delante. Para medir la FMTr se calculó como la suma escalar de las fuerzas producidas por las cuatro unidades músculo-tendinosas del cuádriceps, todas dan lugar al tendón rotuliano. Los datos de cinemática, fuerza de reacción del suelo y fuerzas músculo-tendinosas se utilizaron para calcular las fuerzas de reacción articular en la herramienta de análisis de reacción articular OpenSim (49). Uno de los ejercicios de HSR que se realizan para medir los picos de FMTr, es la SLDS en tabla descendente, ya que hay evidencias de que hacerlo declinado da picos mayores que en el suelo. Se debe incrementar el peso de forma progresiva entre el 70-90% del 1RM. En el estudio de Hagen, M. et al. (46), los participantes realizaron a single-leg barbell back squat hasta 90° de flexión de rodilla, tanto en el suelo como en una tabla declinada de 20°. Se realizaron 10 REPS al 50% de la 1RM, 5 REPS al 80% de la 1RM, después 1 repetición al 95% de la 1RM y aumentando 5 kg el peso por cada repetición buena. Tuvieron un periodo de descanso entre series de 3 minutos o lo que el participante necesitara. Los 5 hombres y las 7 mujeres tenían 24 ± 3 años, una masa corporal de 77 ± 18 kg y una altura de 175 ± 9 cm (centímetros). Los valores mínimos y máximos de 1RM oscilaban entre 30-110 kg en la tabla declinada y 33-125 kg en suelo. No había diferencias significativas en el aumento pico de FMTr entre subir el peso del 70 al 90% del 1RM, pero el pico fue mayor en la tabla declinada. En comparación con el suelo, el brazo de momento del GRF aumenta a la altura de la rodilla y disminuye a la altura de la cadera y el tobillo.

Para calcular la fuerza del tendón rotuliano se calculó de la siguiente forma: peso corporal (PC), el momento de la articulación de la rodilla dividido por el brazo del momento del tendón rotuliano, estimado mediante una ecuación de regresión utilizando el ángulo de flexión de la rodilla. Y para calcular la tasa de carga de la fuerza del tendón rotuliano (PC por segundo), la tasa de carga desde el contacto inicial pie-suelo hasta el momento de la fuerza máxima del tendón rotuliano (9)

Sería ideal un equilibrio entre la carga impuesta sobre la estructura dolorosa y la capacidad de carga de dicha estructura en la TR y síndrome de dolor femoropatelar. Debemos adaptar las estructuras lesionadas a una dosis óptima y progresiva de carga mecánica, las cargas máximas son las más importantes a tener en cuenta. Además de la carga, debemos tener en cuenta la debilidad muscular y control alterado de los movimientos articulares a lo largo de la cadena cinética de la extremidad inferior y el tronco. Teniendo esto en cuenta, fortaleceremos la musculatura y mejoraremos el control neuromuscular de los músculos de esta cadena cinética a través de ejercicios funcionales multiarticulares (49).

Podemos considerar los resultados clínicos (funcionalidad y síntomas), como cambio significativo a pesar de que la imagen, es decir, que en la estructura del tendón no se observen cambios significativos, considerando que el dolor se ha disminuido con el tratamiento. Para medir el dolor pre-post tratamiento, se utilizó una Escala Numérico Verbal (ENV) durante el SLDS para evaluar el dolor en base al tratamiento y una escala de funcionalidad VISA-P (50).

Tanto las contracciones ISOM e isotónicas, como los ejercicios ISOM con carga pesada y los isotónicos progresivos cargados pesados (Heavy-loaded isometric exercises) and (progressive heavy-loaded isotonic exercises) son efectivas para reducir el dolor del tendón patelar en atletas durante la temporada a corto plazo (en 4 semanas). No solo eso, sino que las contracciones isométricas reducían el dolor inmediatamente después de la intervención, proporcionando alivio hasta 45 minutos post-intervención en comparación con las contracciones isotónicas que es más gradual. Para medirlo se realizaron ejercicios en una máquina de extensión de cuádriceps, 5 series de 45 segundos de contracciones isométricas de una sola pierna, a un 80% de la contracción máxima voluntaria (MVC), con un ángulo de rodilla de 60°. Y 4 series de 8 REPS de contracciones isotónicas de una sola pierna, a un 80% de la RM, con una fase CC de 3 segundos seguida de una fase ECC de 4 segundos. Aumento de peso semanal del 2.5% si era posible, con descansos de 15 segundos entre series. Si no puede completar las REPS totales, se les bajaba el peso para completar la sesión. Para medir el dolor se utilizaron las escalas ENV durante la SLDS y VISA-P con una diferencia clínica mínima importante (MCID) de 2 y 13 respectivamente (51,52).

Una de las propuestas de tratamiento es el uso de la restricción del flujo sanguíneo (BFR). Aunque principalmente la BFR se utilizaba para problemas y lesiones musculares, Cuddeford y Brumitt pensaron que también se podía utilizar para TR (34). La literatura dice que esta técnica crea un entorno hipóxico local mediante la BFR durante el ejercicio de baja carga o Low-Load (LL). Para ello se utiliza un manguito presurizado en la zona proximal de la extremidad que queremos trabajar, lo que reducirá el retorno venoso durante el desarrollo de la actividad. Los ejercicios a LL se suelen realizar a un 20-40% del 1RM, por lo que es una buena herramienta para pacientes que no toleran altas cargas. Esto permite al paciente que mediante una LL obtenga los beneficios asociados a la alta intensidad (70%–85% de 1RM) (53,54). Hay estudios que nos dicen que estos ejercicios de LL con restricción de flujo sanguíneo (LL-BFR) inducen adaptaciones tanto musculares como tendinosos, dando adaptaciones mecánicas y morfológicas en tendón de Aquiles, pero hay otros que nos dicen que en TR no hay evidencia (54,55). Parece ser igualmente efectivo para generar hipertrofia muscular, aunque inferior en el desarrollo de fuerza muscular en comparación con el entrenamiento de resistencia de alta carga (56). Hay varios mecanismos que nos hablan del aumento de fuerza durante el entrenamiento BFR: la acumulación de metabolitos, activación del complejo 1 de la diana, la inflamación celular y la liberación de hormona del crecimiento, también ese estrés metabólico provoca un nivel de lactato alto en sangre. Tanto la liberación de hormona del crecimiento como el lactato pueden contribuir a un mayor metabolismo de colágeno, facilitando la remodelación del tendón induciendo las adaptaciones mecánicas y morfológicas (53,56).

La BFR reduce el volumen de oxígeno en los músculos, provocando una fatiga precoz de las fibras de contracción lenta y un reclutamiento temprano de las fibras de contracción rápida para mantener la producción de fuerza (57). El ambiente hipóxico, produce un estrés metabólico y fatiga muscular aumentado la señal anabólica y hormonal, lo que incluye la hormona del crecimiento y el aumento de las citoquinas inflamatorias, ese estrés metabólico estimula células musculares satélite y es lo que hace que aumente la fuerza y la hipertrofia muscular, a niveles comparables con los ejercicios a cargas altas. Lo que dará una mejora en la función cardiopulmonar, en la rigidez vascular, en la función ósea, función neuromuscular, y en la capacidad aeróbica y anaeróbica (58). No hay un consenso sobre la presión del manguito, pero estudios sugieren entre un 50% y un 80% de la presión de oclusión arterial (AOP). Presiones por encima del 80% pueden mejorar características cardiovasculares como el tono vascular, pero pueden llegar a causar fatiga prematura y mayor incomodidad. Las presiones más altas generan mayor actividad neuromuscular, pero desaturación durante el ejercicio, las menores a ese rango serían insuficientes para provocar un estrés metabólico, aunque no hay una presión universalmente aceptada (59). Para medir la AOP, Behringer, M

et al. (57), colocan al sujeto en una posición similar a la que se va a utilizar durante el ejercicio, se colocó un manguito en el tercio proximal del cuádriceps de alrededor 12-13 cm de ancho. Por otro lado, para determinar el flujo sanguíneo que se va a restringir utiliza un US Doppler y se localiza la arterial tibial posterior y se mide el flujo que pasa a través de ella para ver en qué momento se bloquea completamente, el manguito se inflará de forma progresiva hasta llegar a ese punto (AOP) y se disminuye 10-20 mmHg donde todavía hay flujo arterial.

Centner. C et al. (55) realizaron un estudio que comparaba los LL-BFR con altas cargas. Se realizaban 3 sesiones por semana durante 14 semanas con un día de descanso al menos entre sesiones. Se realizaron 4 ejercicios: prensa bilateral, extensiones de rodilla y elevaciones de talón de pie y sentado. En los ejercicios con altas cargas, se incrementó progresivamente la carga de entrenamiento cada semana, comenzaba con 12 REPS a 70% 1 RM y bajaba 2 REPS a la vez que subía un 5% del 1RM cada 4 semanas hasta el 85% del 1RM. Se realizaron con un rango completo de movimiento, y cada serie se descansaba 1 minuto, con 3 minutos de descanso entre ejercicios. En los ejercicios con LL-BFR se realizaron los mismos ejercicios, pero la carga comenzó en el 20% del 1RM y aumentaba un 5% cada 4 semanas hasta llegar al 35% del 1RM. En cada ejercicio se realizaban 4 series con 30 REPS en las tres series restantes. Se llevaron a cabo pruebas dinámicas de 1RM para ajustar la carga al nivel de fuerza actual. Los ejercicios se realizaron con un torniquete neumático de nylon de 12 cm de ancho, firme en la parte más proximal de cada muslo. Con el paciente sentado, antes de cada ejercicio, el torniquete se incrementó progresivamente hasta que el pulso arterial en la arteria tibial posterior dejó de detectarse mediante ultrasonido Doppler (punto de 100% de AOP), los ejercicios se realizaron al 50% del AOP, se mantuvo inflado incluso durante el minuto de descanso entre series. Se desinfló 3 minutos entre cada ejercicio. El 1RM en la prensa de piernas aumentó en el grupo HL de 192.0 ± 71.0 a 263.9 ± 89.9 kg y en el grupo LL-BFR de 186.4 ± 60.7 a 248.9 ± 68.8 kg, el 1RM en la extensión de rodilla aumentó de 81.2 ± 17.6 a 112.0 ± 26.2 kg en el grupo HL y de 92.5 ± 32.1 a 139.6 ± 33.8 kg en el grupo LL-BFR. En el grupo de LL-BFR se dio una mejora de fuerza medido con el 1 RM en el ejercicio de extensión de rodilla. Hubo una adaptación tendinosa que incrementó las propiedades mecánicas, morfológicas y muscular, con hipertrofia en ambos grupos. La región proximal tuvo una menor hipertrofia en comparación con las altas cargas, esto puede deberse a que la presión del torniquete de BFR podría provocar un estrés excesivo y/o una mecánica alterada durante el ejercicio.

El estudio realizado por Tyler Cuddeford y Jason Brumitt (53), estaba enfocado a 2 atletas con TR. La intervención se llevó a cabo con un AOP del 80% mediante un manguito (sistema de torniquete personalizado Delfi) colocado en la parte proximal de la extremidad inferior. Los

atletas realizaron 2 ejercicios progresivos con BFR, prensa de pierna unilateral y SLDS con tabla declinada a 25°. Durante las primeras 2 semanas solo realizaba la prensa unilateral y se introdujo la SLDS en la 3ª semana para aclimatar al atleta al BFR. La prensa unilateral se realizaba al 30% del 1RM desde 90° de flexión de rodilla, 4 series, la primera 30 REPS y las 3 siguientes 15 REP, 2 segundos por fase CC y ECC. Con un descanso de 30 segundos entre serie y un tiempo de oclusión total de 8 minutos. A partir de la 3ª semana se realizaba primero la prensa unilateral y después el SLDS con un descanso de unos 5 minutos y media entre ambos. Para el ejercicio de SLDS se volvía a aplicar el manguito de BFR para realizar 4 series con REPS progresivas la primera 30 REPS y las 3 siguientes 15 REPS en la tabla declinada de 25°, centrándonos en la carga ECC del tendón rotuliano (baja a 60° de flexión de rodilla y sube con la otra pierna la fase CC), 8 minutos totales de oclusión. De la semana 5 a la 12 se realizaron ambos ejercicios sin descanso entre ellos (manteniendo el descanso de 30 segundos en el primer ejercicio). Descanso de 30 segundos antes del ejercicio de SLDS, durante este ejercicio se realizaron 3 series de 15 REPS omitiendo las 30 primeras REPS ya que se no se retiraba el torniquete entre ejercicios y el propósito era aumentar la producción de lactato (mejorando el reclutamiento de unidades motoras y libera hormona del crecimiento). Con un tiempo total de oclusión de 15 minutos. El atleta 1 obtuvo ganancias de fuerza, su 1RM de prensa de pierna aumentó de 104,33 kg a 167,83 kg y el SLDS aumento la flexión de rodilla de 125° a 150°. Hubo una mejora en la puntuación del dolor en la EVA, de 2/10 a 0/10 en reposo y de 8/10 a 0/10 durante la actividad. Y mejoró a su vez la funcionalidad según la VISA-P de 45/100 a 82/100 superando la diferencia mínima de 13 puntos. Mientras que el atleta 2 también mostró mejoras aumentando su 1RM en el ejercicio de prensa de 58.97 kg a 79.38 kg, y el SLDS aumento la flexión de rodilla de 55° a 90°, su dolor también mejoró en la EVA de 2/10 a 0/10 en reposo y de 8/10 a 3/10 durante el ejercicio. Sin embargo, la VISA-P solo aumento 11 puntos.

Otros estudios como el de Skovlund et al. (56) presentan un programa de entrenamiento de 3 semanas con 9 sesiones de ejercicios de LL-BFR realizándolos 3 veces por semana en días no consecutivos. Durante los ejercicios de prensa de pierna y extensión de rodilla, se colocó un manguito de poliéster de 15 cm de ancho, en la zona más proximal del muslo, a un AOP de 120 mmHg mientras los participantes estaban sentados en la máquina de ejercicio. Consistió en 6 series de cada ejercicio con un descanso de 30 segundos entre series manteniendo la presión durante las series y desinflándolo 3 minutos entre ejercicios. Las REPS serán hasta el fallo voluntario o hasta alcanzar el numero definido de REPS de 30, 25, 20,15, 10, 5 respectivamente en las series con un máximo de 105 repeticiones totales por cada ejercicio, a una carga de 30% del 1RM, se permitió dolor durante el ejercicio siempre y cuando no supere el 3/10 de la ENV. Se produjo un 50% de disminución del dolor durante el

SLDS (test para provocar el dolor), además hubo cambios estructurales ya que la vascularidad del tendón medida con el Doppler disminuyó un 31%, sin cambios en el grosor del tendón.

Behringer.M et al. (57) llevan a cabo un estudio donde realizan un protocolo de extensión de rodilla ECC unilateral de 4 series hasta el fallo muscular. El ROM se estableció en 90° (de 100° a 10° de extensión de rodilla), con una resistencia del 75% del 1RM CC, la fase CC se realizaba con la pierna contralateral al 50% de la carga ECC, en un periodo de tiempo de 2 segundos la ECC y 1 segundos la CC y 30 segundos de descanso. Se utilizó un AOP de 197 ± 33.7 mmHg sobre el manguito para los ejercicios de BFR. En cuanto a los resultados, no hubo diferencias significativas con respecto al estrés metabólico y la respuesta endocrina, las concentraciones de lactato fueron similares en ambos grupos.

En el estudio diseñado por Lauver. M et al. (60), la mitad de los sujetos realizaban ejercicio ECC y la otra mitad CC, dentro de cada grupo, cada sujeto se dividía: una pierna realizaba ejercicio con BFR y la otra sin ello. Se usó un dinamómetro isocinético para ver la MVIC de los extensores de rodilla. Durante los ejercicios, los sujetos realizaron una serie de 30 REPS y tres series de 15 REP, con 1 minuto de descanso entre series a un 30% del torque ECC máximo a diferencia de otros estudios que utilizan en 1RM CC. Con una AOP del 130%, la velocidad de contracción se ajustó a 30°/segundo (seg). Como resultado, se observó que el ejercicio ECC con BFR daba una excitación muscular que no se había observado antes. La fatiga no limitó el ejercicio.

Hay pocos estudios que nos hablan de la combinación del BFR con el trabajo ECC, algunos no han llegado al fallo muscular y por eso puede que no hubiera un buen resultado y en otros, el estudio dio resultados positivos con respecto a la hipertrofia, pero fue realizado con ratas (57). Estudios preliminares de LL-BFR en tendinopatías han demostrado una mejora clínica, seguridad y viabilidad en su aplicación. Sobre tendones sanos se ha demostrado una mejoría en el grosor, la vascularidad, la rigidez, la temperatura de la piel, y por último en la neovascularización. Este tipo de protocolos con baja carga demuestran que son efectivos para reducir el dolor, mejorar la función, aumentar la fuerza y la hipertrofia en trastornos musculoesqueléticos. Podría ser una alternativa, para las personas incapaces de realizar un protocolo con altas cargas (58).

Tras esta revisión de la bibliografía, se pueden realizar diferentes tratamientos para la TR, se ha visto que lo más efectivo son los ejercicios ECC: con respecto la BFR se han realizado estudios por si sola, pero ninguna con evidencia significativa sumando la BFR a los ejercicios excéntricos sobre humanos, es por ello que el objetivo del estudio es valorar la eficacia y

comparar estos protocolos excéntricos con y sin BFR para el tratamiento de TR.

Para medir la fuerza de extensores de rodilla Mallada, N.P. et al.(61) elaboraron un artículo donde utilizaban un protocolo en el cual, mediante un dinamómetro, se medía la fuerza isocinética de los extensores y flexores de rodilla. Para el protocolo de medición isocinético se utilizó un brazo de palanca de 30 cm para medir la flexión-extensión isocinética de la rodilla en modo CC-CC, de forma bilateral en la pierna dominante. La prueba se realiza a 3 velocidades: 30º/segundo con 3 REP, 120º/segundo con 5 REP, 180º/segundo con 10 REP, con un descanso de 1 minuto entre pruebas. Para la MVIC se realizan 3 REP, una contracción de 6 segundos, con 12 segundos de descanso después de cada esfuerzo máximo. Con esto se comprobaba cual era la fuerza máxima isocinética (FMI), tanto en extensores como en flexores, todo ello medido en Newtons (N).

2. Evaluación de la evidencia

2.1 Estrategia de búsqueda

Se han elegido una serie de términos para poder realizar las búsquedas.

N.º	Término libre	Termino en español	Termino en ingles	Mesh	Decs
1	Patellar tendon	Tendón rotuliano	Patellar tendon	Patellar Ligament	Patellar Ligament
2	Tendinopathy	Tendinopatía	tendinopathy	Tendinopathy	Tendinopathy
3	Physiotherapy	Fisioterapia	Physiotherapy	Physical Therapy Modalities	Physical Therapy Specialty
4	Athletes	Deportistas	Athletes	Athletes	Athletes
5	Sport	Deporte	Sport	-	-
6	Quadriceps	Cuádriceps	Quadriceps	Quadriceps Muscle	Quadriceps Muscle
7	BFR (Blood Flow restriction)	Terapia de Restricción del Flujo Sanguíneo	Blood Flow Restriction Therapy	Blood Flow Restriction Therapy	Blood Flow Restriction Therapy
8	Therapeutic exercise	Ejercicio terapéutico	Therapeutic exercise	Exercise Therapy	Exercise Therapy
9	Eccentric	Excentrico	Eccentric	-	-
10	HSR (Heavy Slow Resistance)	Resistencia enta pesada	Heavy slow resistance	-	-
11	Strength	Fuerza	Strength	-	-
12	Pain	Dolor	Pain	Pain	-
13	isometric	isometrico	isometric	Isometric contraction	-
14	isokinetic	isocinetico	isokinetic	-	-
15	Epidemiology	Epidemiología	Epidemiology	Epidemiology	Epidemiology

Tabla 2. Términos libres, términos Mesh y términos Decs utilizados durante la estrategia de búsqueda. Elaboración propia.

Se ha ajustado la búsqueda bibliográfica a las necesidades del investigador en relación con el tema a tratar de la forma más concreta posible.

Para ello se han utilizado diferentes bases de datos como Pubmed y EBSCO con ayuda de términos que hemos encontrado en los tesauros como lo son MeSH (Medical Subject Headings) y DeCS (Descriptores en ciencias de la salud).

Hemos combinado las palabras con el objetivo de obtener una búsqueda precisa de información para el trabajo a realizar.

No se ha realizado ninguna restricción ni limitación. Como caracteres booleanos hemos elegido “AND” para combinar los términos. Como carácter de truncamiento hemos variado entre: “Physical Therapy Modalities” y “Physical Therapy Speciality”

2.1.1 PubMed

Para la primera búsqueda utilizaremos la base de datos conocida como PubMed, combinando las palabras claves necesarias para obtener información precisa en nuestro trabajo.

Número de Búsqueda	Estrategia	Artículos Encontrados
1	1 AND 2 AND 15 ((patellar ligament) AND (tendinopathy)) AND (epidemiology) 12:32 03/10/24	38
2	1 AND 2 AND 5 AND 8 AND 15 (((patellar ligament) AND (sports)) AND (tendinopathy)) AND (Exercise Therapy)) AND (epidemiology) 11:40 07/10/2024	3
3	1 AND 2 AND 4 AND 8 (((patellar ligament) AND (tendinopathy)) AND (exercise therapy)) AND (Athletes) 12:12 07/10/2024	103
4	1 AND 2 AND 8 AND 9 (((patellar ligament) AND (tendinopathy)) AND (exercise therapy)) AND (eccentric) 12:23 07/10/2024	59

5	1 AND 2 AND 8 AND 13 (((patellar ligament) AND (tendinopathy)) AND (exercise therapy)) AND (isometric) 17:36 09/10/2024	113
6	1 AND 2 AND 3 AND 12 (((patellar ligament) AND (tendinopathy)) AND (pain)) AND (Physical Therapy Modalities) 17:42 09/10/2024	59
7	1 AND 2 AND 3 AND 11(((patellar ligament) AND (tendinopathy)) AND (Physical Therapy Modalities)) AND (Strength) 17:47 09/10/2024	20
8	1 AND 2 AND 10 ((patellar ligament) AND (tendinopathy)) AND (Heavy slow resistance) 17:51 09/10/2024	11
9	1 AND 2 AND 8 AND 10(((patellar ligament) AND (tendinopathy)) AND (Exercise Therapy)) AND (Heavy slow resistance) 17:58 09/10/2024	10
10	1 AND 6 AND 8 AND 11 (((patellar ligament) AND (Quadriceps Muscle)) AND (Strength)) AND (Exercise Therapy) 18:05 09/10/2024	30
11	1 AND 6 AND 8 AND 11 AND 9 (((patellar ligament) AND (Quadriceps Muscle)) AND (Strength)) AND (Exercise Therapy)) AND (eccentric): 18:07 09/10/2024	5
12	1 AND 6 AND 8 AND 11 AND 2 AND 13((((patellar ligament) AND (Quadriceps Muscle)) AND (Strength)) AND (Exercise Therapy)) AND (isometric)) AND (tendinopathy) 18:15 09/10/2024	2
13	2 AND 7(tendinopathy) AND (Blood Flow Restriction Therapy) 11:00 10/10/2024	5
14	1 AND 7 (patellar ligament) AND (blood flow restriction) 11:04 10/10/2024	4

15	1 AND 2 AND 8 AND 4 AND 9 (((patellar ligament) AND (tendinopathy)) AND (exercise therapy)) AND (athletes)) AND (eccentric) 11:40 10/10/2024	15
16	1 AND 6 AND 14 AND 5 AND 4 AND 8 (((((patellar ligament) AND (quadriceps muscle)) AND (isokinetic)) AND (sport)) AND (athletes)) AND (Exercise Therapy) 13:42 12/10/2024	6
17	6 AND 7 AND 3 AND 5 (((quadriceps muscle) AND (Blood Flow Restriction Therapy)) AND (Physical Therapy Modalities)) AND (sport) 13:52 12/10/2024	27

Tabla 3. Estrategia de búsqueda realizada en la base de datos PubMed. Elaboración propia

Tras realizar la búsqueda en la base de datos: PubMed, se han sacado un total de 547 resultados, de los cuales he eliminado 325 por ser duplicados por lo que finalmente, hemos obtenido 222 artículos.

2.1.2 EBSCO

Para realizar a búsqueda en EBSCO hemos seleccionado las siguientes bases de datos con el objetivo de recopilar más información para este proyecto.

- Academic Search Complete, CINAHL Complete, MEDLINE Complete, E-Journals

Número de Búsqueda	Estrategia	Artículos Encontrados
1	1 AND 2 AND 15 ((patellar ligament) AND (tendinopathy)) AND (epidemiology) 14:10 12/10/2024	37
2	1 AND 2 AND 5 AND 8 AND 15 (((patellar ligament) AND (sports)) AND (tendinopathy)) AND (Exercise Therapy)) AND (epidemiology) 14:14 12/10/2024	1
3	1 AND 2 AND 4 AND 8 (((patellar ligament) AND (tendinopathy)) AND (exercise therapy)) AND	32

	(Athletes) 13:44 13/10/2024	
4	1 AND 2 AND 8 AND 9 (((patellar ligament) AND (tendinopathy)) AND (exercise therapy)) AND (eccentric) 13:50 13/10/2024	44
5	1 AND 2 AND 8 AND 13 (((patellar ligament) AND (tendinopathy)) AND (exercise therapy)) AND (isometric) 13:54 13/10/2024	15
6	1 AND 2 AND 3 AND 12 (((patellar ligament) AND (tendinopathy)) AND (pain)) AND (Physical Therapy Modalities) 13:57 13/10/2024	2
7	1 AND 2 AND 3 AND 11 (((patellar ligament) AND (tendinopathy)) AND (Physical Therapy Modalities)) AND (Strength) 14:12 13/10/2024	1
8	1 AND 2 AND 10 ((patellar ligament) AND (tendinopathy)) AND (Heavy slow resistance) 14:15 13/10/2024	12
9	1 AND 2 AND 8 AND 10 (((patellar ligament) AND (tendinopathy)) AND (Exercise Therapy)) AND (Heavy slow resistance) 14:22 13/10/2024	5
10	1 AND 6 AND 8 AND 11 (((patellar ligament) AND (Quadriceps Muscle)) AND (Strength)) AND (Exercise Therapy) 18:05 09/10/2024	10
11	1 AND 6 AND 8 AND 11 AND 9 (((patellar ligament) AND (Quadriceps Muscle)) AND (Strength)) AND (Exercise Therapy)) AND (eccentric): 18:07 09/10/2014	2
12	1 AND 6 AND 8 AND 11 AND 2 AND 13 (((patellar ligament) AND (Quadriceps Muscle)) AND (Strength)) AND (Exercise Therapy)) AND (isometric)) AND (tendinopathy) 18:15 09/10/2024	1
13	2 AND 7(tendinopathy) AND (Blood Flow Restriction Therapy)	12

	11:00 10/10/2024	
14	1 AND 7 (patellar ligament) AND (blood flow restriction) 11:04 10/10/2024	4
15	1 AND 2 AND 8 AND 4 AND 9 (((patellar ligament) AND (tendinopathy)) AND (exercise therapy)) AND (athletes)) AND (eccentric) 11:40 10/10/2024	19
16	1 AND 6 AND 14 AND 5 AND 4 AND 8 (((((patellar ligament) AND (quadriceps muscle)) AND (isokinetic)) AND (sport)) AND (athletes)) AND (Exercise Therapy) 13:42 12/10/2024	0
17	6 AND 7 AND 3 AND 5 (((quadriceps muscle) AND (Blood Flow Restriction Therapy)) AND (Physical Therapy Modalities)) AND (sport) 13:52 12/10/2024	10

Tabla 4. Estrategia de búsqueda realizada en la base de datos EBSCO. Elaboración propia.

Tras realizar la búsqueda en la base de datos: EBSCO, se han sacado un total de 207 resultados, de los cuales he eliminado 75 por ser duplicados por lo que finalmente, hemos obtenido 132 artículos.

En total entre ambas bases de datos hemos obtenido un total de 354 entre ambas bases de datos, hemos eliminado los duplicados y nos han quedado un total de 247 artículos.

PUBMED	EBSCO	TOTAL
222	132	354
		247

Tabla 5. Comparación entre los resultados de las diferentes bases de datos y el total entre ambas. Elaboración propia.

354 – 107 eliminados por duplicados = 247 artículos (tras quitar duplicados).

2.2 Flujograma

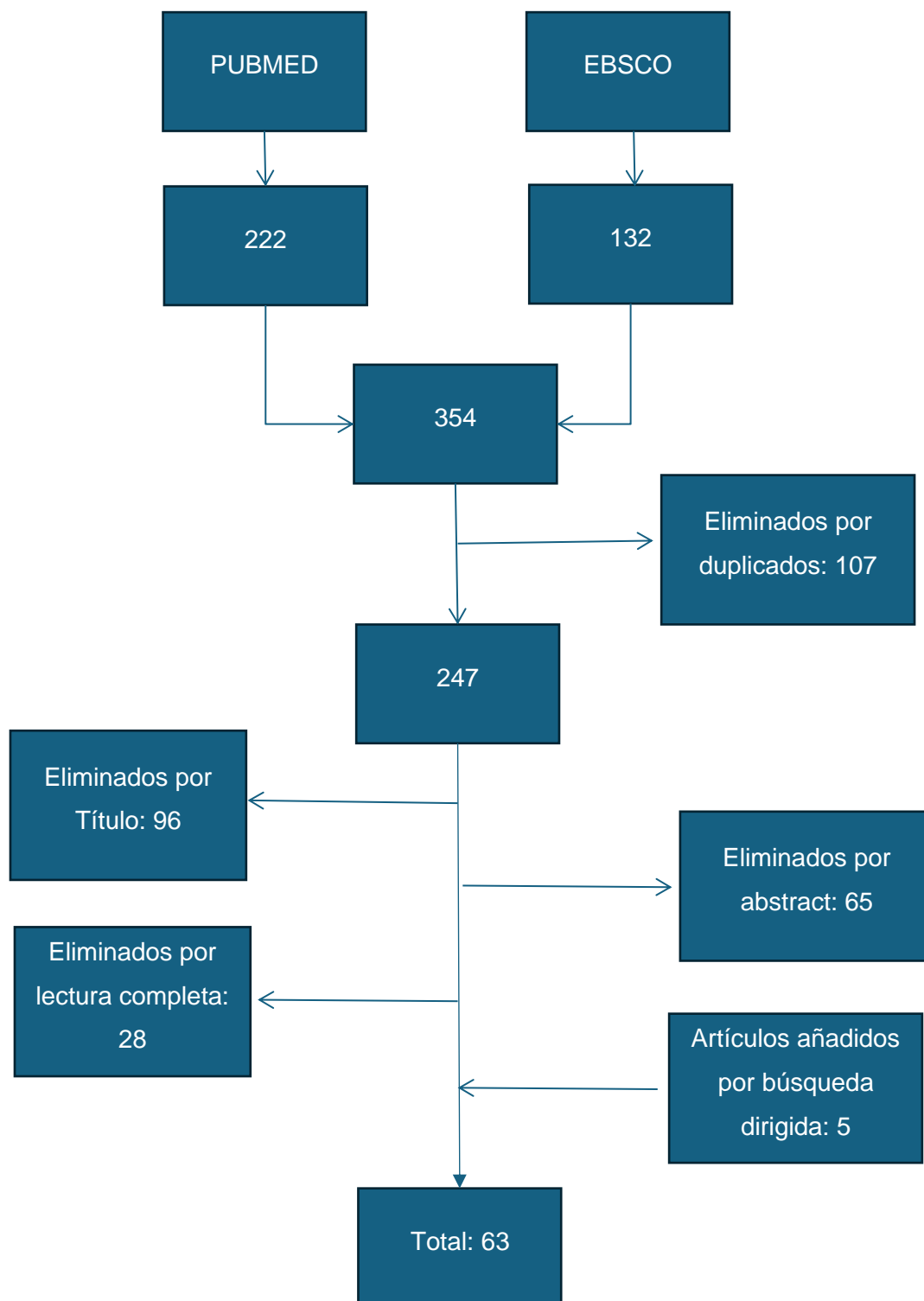


Gráfico 1. Flujograma. Elaboración propia.

3. Objetivos del estudio

3.1 Objetivo general

Eficacia de realizar ejercicios excéntricos con BFR a baja carga frente a ejercicios excéntricos mediante distintos protocolos* en deportistas con tendinopatía rotuliana.

3.2 Objetivos específicos

1. Valorar los cambios producidos en el dolor medido con escala EVA, tras realizar ejercicios excéntricos con BFR a baja carga frente a ejercicios excéntricos mediante distintos protocolos* en deportistas con tendinopatía rotuliana.
2. Valorar los cambios producidos en la funcionalidad medido con escala funcional VISA-P, tras realizar ejercicios excéntricos con BFR a baja carga frente a ejercicios excéntricos mediante distintos protocolos* en deportistas con tendinopatía rotuliana.
3. Valorar los cambios producidos en la fuerza isométrica máxima (MVIC) medido con dinamómetro, tras realizar ejercicios excéntricos con BFR a baja carga frente a ejercicios excéntricos mediante distintos protocolos* en deportistas con tendinopatía rotuliana.
4. Valorar los cambios producidos en la fuerza máxima isocinética (FMI) a 30º/segundo medido con dinamómetro, tras realizar ejercicios excéntricos con BFR a baja carga frente a ejercicios excéntricos mediante distintos protocolos* en deportistas con tendinopatía rotuliana.
5. Valorar los cambios producidos en la fuerza máxima isocinética (FMI) a 120º/segundo medido con dinamómetro, tras realizar ejercicios excéntricos con BFR a baja carga frente a ejercicios excéntricos mediante distintos protocolos* en deportistas con tendinopatía rotuliana.
6. Valorar los cambios producidos en la fuerza máxima isocinética (FMI) a 180º/segundo medido con dinamómetro, tras realizar ejercicios excéntricos con BFR a baja carga frente a ejercicios excéntricos mediante distintos protocolos* en deportistas con tendinopatía rotuliana.

* Los ejercicios excéntricos que se van a realizar, son diferentes protocolos excéntricos descritos por 3 autores:

- Protocolo excéntrico descrito por Abat et al. (35)
- Protocolo excéntrico descrito por Stasinopoulos et al.(42)
- Protocolo excéntrico descrito por Basas et al. (44)

4. Hipótesis conceptual

Los protocolos de ejercicio excéntrico con restricción del flujo sanguíneo a baja carga aumentan la fuerza, disminuyen el dolor y mejoran la funcionalidad a diferencia de los protocolos de ejercicio excéntrico sin BFR a baja carga en deportistas con tendinopatía rotuliana.

5. Metodología

5.1 Diseño

El estudio que se va a llevar a cabo será de tipo experimental, un ensayo clínico aleatorizado con un enmascaramiento donde se cegará al investigador que realiza las mediciones y desconoce el tratamiento que se administra y también al estadístico. El paciente deberá ser informado con un documento informativo de lo que se va a realizar durante el proyecto (Anexo II) con el objetivo del estudio, los diferentes grupos, duración e información del estudio. Además de una hoja a rellenar por el paciente con información personal (Anexo III) que le servirá al investigador para el estudio y se le asignará un número aleatorio para no dar información personal, mantener el anonimato, la intimidad y para respetar la Ley Orgánica de Protección de Datos 3/2018 del 5 de diciembre descrito en el BOE, esto se guardará en un programa de Microsoft Excel para llevar un control de cada paciente.

Este diseño de estudio ha sido seleccionado para este proyecto con el fin de comparar diferentes protocolos excéntricos entre ellos, con y sin restricción del flujo sanguíneo en deportistas con tendinopatía rotuliana. Se va a comparar los resultados de las variables dependientes del estudio como son el dolor, la funcionalidad, MVIC, FMI a 30°/seg, 120°/seg y 180°/seg) antes de la intervención y después de la intervención (pre y post intervención) para observar si ha habido cambios en las variables tras la intervención. Los sujetos del estudio se asignarán de forma aleatoria y homogénea en 6 grupos de intervención, 3 de ellos serán parte del grupo control realizando diferentes protocolos excéntricos sin BFR y otros 3 serán parte del grupo de intervención con los mismos protocolos excéntricos añadiendo BFR a baja carga.

El Grupo 1 realizará el protocolo excéntrico descrito por Abat et al. (35)

El Grupo 2 realizará el protocolo excéntrico descrito por Stasinopoulos et al. (42)

El Grupo 3 realizará el protocolo excéntrico descrito por Basas et al. (44)

El Grupo 4 realizará el protocolo excéntrico descrito por Abat et al. (35) con BFR a baja carga.

El Grupo 5 realizará el protocolo excéntrico descrito por Stasinopoulos et al. (42) con BFR a baja carga.

El Grupo 6 realizará el protocolo excéntrico descrito por Basas et al. (44) con BFR a baja carga.

Para la correcta realización de este proyecto deberá ser aprobado por el Comité Ético de Investigación Clínica del Hospital Universitario La Paz, encargado de confirmar los aspectos

éticos del proyecto (Anexo I).

Se deberá respetar y cumplir los postulados y principios éticos acorde a las últimas actualizaciones de la Declaración de Helsinki desde la asamblea de 1964 aprobada por la Asociación Médica Mundial.

Por último, debemos tener en cuenta que los participantes deberán leer y firmar un consentimiento informado de su participación voluntaria en el proyecto (Anexo IV) tras haber leído y comprendido el documento explicativo del desarrollo del estudio para participantes (Anexo II), con la posibilidad de abstenerse a participar en cualquier momento y cesar su participación además de retirar el consentimiento informado que han firmado en cualquier momento si fuera necesario, con la única condición de que firmen un documento de renuncia (Anexo V).

5.2 Sujetos de estudio

Los sujetos que participarán en el estudio serán deportistas que han sido diagnosticados de TR. Se van a establecer una serie de criterios de inclusión y exclusión para que el estudio obtenga una muestra lo más homogénea posible. Los sujetos que entren dentro de estos criterios y cumplan las características seleccionadas para entrar en el estudio deberán firmar un consentimiento informado por el que se comprometen voluntariamente a participar en el proyecto.

CRITERIOS DE INCLUSIÓN	CRITERIOS DE EXCLUSIÓN
Hombres y mujeres.	Operaciones anteriores de rodilla.
Mayores de 18 años.	Tratamientos farmacológicos que afecten al sistema musculoesquelético o analgésicos habituales.
Deportistas diagnosticados de TR por un médico.	Ser deportista no federado.
Que se encuentren federados en atletismo, baloncesto, balonmano, futbol, rugby, voleibol.	Fracturas en miembro inferior (últimos 24 meses).
	Trastornos cognitivos.

Tabla 6. Criterios de Inclusión y exclusión. Elaboración propia.

La muestra estará seleccionada por muestreo no probabilístico de tipo bola de nieve. El investigador principal ira personalmente a las federaciones de distintos deportes (futbol, baloncesto, atletismo, rugby, balonmano y voleibol) a reunirse con los jefes médicos, se les hablará y presentará el proyecto. Los médicos derivarán a los sujetos que cumplan los criterios de inclusión y exclusión. Se emitirá un comunicado a los médicos de diferentes equipos en los deportes presentados para que sean derivados al proyecto. Además, se crearán redes sociales y se emitirá un comunicado a través de estas para que los servicios médicos de los equipos contacten con el investigador principal y se les facilite la información necesaria para que los jugadores que cumplan los criterios anteriores sean partícipes del proyecto. Por lo tanto, debemos realizar un cálculo muestral para saber cuántos sujetos se necesitarán en total y en cada grupo.

Una vez tengamos los sujetos, la muestra se aleatorizará de forma simple con el fin de distribuir los grupos para la correcta elaboración del estudio de investigación. Para ello, se utilizará un programa informático que al introducir una lista con el número total de sujetos y los números que les han sido asignados, aleatorizará la muestra en 6 grupos.

Para poder llevar a cabo el cálculo muestral se utilizará la siguiente fórmula para realizar la comparación de medias:

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

En la que las abreviaturas y simbología de la ecuación representa:

- n= tamaño de la muestra.
- K= es un valor constante, que se recoge de la potencia estadística (1 - β) y el nivel de significación (α).
- SD= desviación típica.
- D= precisión.

Normalmente, teniendo en cuenta la constante K, se debe tener en cuenta los errores que se pueden cometer, que pueden ser: error tipo α y error tipo β, por lo que los valores que se asumen en general suelen ser α= 0,05 (nivel de significación/confianza del 95%) y 1 – β= 0,80, (un poder estadístico del 80%).

Poder estadístico	Nivel de significación		
	5%	1%	0,10%
80%	7,8	11,7	17,1
90%	10,5	14,9	30,9
95%	13	17,8	24,3
99%	18,4	24,1	31,6

Tabla 7. Relación entre poder estadístico y nivel de significación. Elaboración propia.

Para poder realizar el cálculo muestral, le daremos un valor de 7,8 a la constante K, con un nivel de significación del 5% y un poder estadístico del 80%.

Vamos a utilizar el coeficiente de variación (CoV), que es el 10% de la media de la variable que vamos a tener en cuenta en nuestro estudio, para darle valor a d (precisión) (62).

La variable FMI a 30º/seg, 120º/seg y 180º/seg vamos a basarnos en el estudio de Janssen et al. (21) para determinar tanto la SD como la d.

- A 30º/seg; SD= 75,09 N; d= 36,15 N

$n = \frac{2(7,8) \times 75,09^2}{36,15^2} = 67,31$. El tamaño de la muestra para la variable FMI a 30º/seg es 67 sujetos.

- A 120°/seg; SD= 71,94 N; d= 26,00 N

$n = \frac{2(7,8) \times 71,94^2}{26,00^2} = 119,43$. El tamaño de la muestra para la variable FMI a 120°/seg es 119 sujetos.

- A 180°/seg; SD= 56,64 N; d= 25,68 N

$n = \frac{2(7,8) \times 56,64^2}{25,68^2} = 75,89$. El tamaño de la muestra para la variable FMI a 180°/seg es 75 sujetos.

En cuanto la variable MVIC: para saber el tamaño muestral no hemos encontrado una SD y d acorde a nuestro proyecto, por lo que se asume el n de muestra de las otras variables o en su defecto, se realizará la SD y la media a los diez primeros pacientes de la muestra y lo asumir para el cálculo muestral.

Para la variable dolor nos basaremos en el estudio de Basas et al. (44). Para determinar la SD y la d.

- SD= 1,96 de puntuación; d= 4 de puntuación.

$n = \frac{2(7,8) \times 1,96^2}{4^2} = 3,75$. El tamaño de la muestra para la variable funcionalidad es de 3 sujetos.

Para la variable funcionalidad nos basaremos en el estudio de Abat et al. (35). Para determinar la SD y la d.

- SD= 21,7 de puntuación; d= 30,7 de puntuación

$n = \frac{2(7,8) \times 21,7^2}{30,7^2} = 7,79$. El tamaño de la muestra para la variable funcionalidad es de 7 sujetos.

Tras comparar el tamaño muestral de las diferentes variables, vemos que la variable FMI a 120°/seg tiene una $n=119$ sujetos. Se utilizará este valor como referencia y es el que determinará el tamaño de la muestra del estudio. Como existen 6 grupos de trabajo, cada grupo estará compuesto por 119 sujetos, la muestra total será de 714 sujetos.

Además, se añadirán un 10% de sujetos extra en la muestra total para prevenir posibles pérdidas durante el estudio. Por lo tanto, a los 714 sujetos se le suman 71 sujetos y nos quedaremos con una muestra final de 785 sujetos, que dividiremos en los 6 grupos. Esto nos dará un total de cinco grupos con 131 sujetos y un grupo con 130 sujetos.

GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3	GRUPO 4	GRUPO 5	GRUPO 6
n = 119	n= 119	n= 119	n= 119	n= 119	n= 119
n total= n + (10% de n)					
Muestra total/ n total= 785 sujetos					
$n_1 = 131$	$n_2 = 131$	$n_3 = 131$	$n_4 = 131$	$n_5 = 131$	$n_6 = 130$

Tabla 8. Tamaño de la muestra total y por grupos. Elaboración propia.

5.3 Variables

Las variables que vamos a utilizar para nuestro estudio se presentan a continuación:

Nombre variable	Tipo	Unidad de medida	Forma de medirla
Dolor	Dependiente Cuantitativa discreta	Números del 0 al 10	Escala EVA
Funcionalidad	Dependiente Cuantitativa discreta	Números del 0 al 100	Escala VISA-P
Fuerza isométrica máxima voluntaria (MVIC)	Dependiente Cuantitativa continua	Newtons (N)	Dinamómetro
Fuerza máxima isocinética (FMI) 30°/seg	Dependiente Cuantitativa continua	Newtons (N)	Dinamómetro
Fuerza máxima isocinética (FMI) 120°/seg	Dependiente Cuantitativa continua	Newtons (N)	Dinamómetro
Fuerza máxima isocinética (FMI) 180°/seg	Dependiente Cuantitativa continua	Newtons (N)	Dinamómetro
Momento de medición	Independiente Cualitativa nominal dicotómica	-	Pre-tratamiento y post-tratamiento
Tipo de intervención	Independiente Cualitativa nominal policotómica	-	Grupos 1-6*

Tabla 9 .Variables. Elaboración propia.

*Se van a realizar 6 intervenciones diferentes en 6 grupos diferentes, los 3 primeros grupos serán el grupo control, donde realizaremos una comparación de los diferentes protocolos ECC, mientras que los grupos del 4-6 serán el grupo intervención, donde compararemos los mismos protocolos ECC que en el grupo control, pero añadiéndoles BFR. Es decir:

- **Grupo 1:** protocolo excéntrico descrito por **Abat et al. (35)** (Anexo VI)
- **Grupo 2:** protocolo excéntrico descrito por **Stasinopoulos et al. (42)** (Anexo VII)
- **Grupo 3:** protocolo excéntrico descrito por **Basas et al. (44)** (Anexo VIII)
- **Grupo 4:** protocolo excéntrico descrito por **Abat et al. (35)** con BFR
- **Grupo 5:** protocolo excéntrico descrito por **Stasinopoulos et al. (42)** con BFR

- **Grupo 6:** protocolo excéntrico descrito por **Basas et al. (44)** con **BFR**

El estudio cuenta con diferentes variables **dependientes** y muchas de ellas se miden de manera diferente:

La variable **funcionalidad** se medirá mediante el cuestionario de TR VISA-P (Anexo IX). Donde cada participante deberá rellenar un cuestionario donde se valoran varios ítems con una puntuación del 0 al 10 donde 0 es la ausencia de dolor y 10 es el máximo dolor que hayan experimentado, con una puntuación final entre 0 a 100 (28,36).

La variable **dolor** se medirá mediante una escala EVA (Anexo X) con una puntuación de 0 a 10 donde 0 es la ausencia de dolor y 10 es el máximo dolor experimentado, que nos permitirá cuantificar el dolor de los pacientes (44).

La variable **MVIC** se medirá con un dinamómetro, concretamente con el sistema PRIMUS RS 701 de BTE Technologies. Se harán 6 segundos de contracción ISOM con 12 segundos de descanso tras un esfuerzo máximo. Se realizarán 3 REPS y se descansará 1 minuto (61).

La variable **FMI** se medirá con un dinamómetro, concretamente con el sistema PRIMUS RS, herramienta 701 de BTE Technologies. Se ajustará la herramienta a las características del paciente a 90° de flexión de cadera y rodilla, con un brazo de palanca de 30 centímetros. Se realizará sin descanso excepto al cambiar la prueba que se descansa 1 minuto entre cada prueba a diferentes velocidades. Los datos se guardarán en un Excel para exportar los parámetros de cada participante, al software de análisis de datos SPSS, los datos numéricos los extraerá el investigador. Se hará una flexión/extensión isocinética, modo concéntrico-concéntrico, con el apoyo en el aspecto anterior del tobillo a una velocidad de 30°/s con 3 REPS, 120°/s con 5 REPS y 180°/s con 10 REPS. Se medirá en Newtons (N) (61).

Todos los ejercicios que se van a realizar en los distintos protocolos serán explicados a los participantes 1 semana antes de comenzar las mediciones para asegurarnos de que la correcta realización del ejercicio mediante una buena técnica (57).

Las **variables independientes**:

La variable **momento de medición** se hará pre-tratamiento y post-tratamiento, viendo la diferencia entre ambas.

La variable **tipo de intervención** ya ha sido descrita anteriormente y estará dividida en 6 grupos diferentes.

5.4 Hipótesis operativa

Funcionalidad:

- Hipótesis nula (H0): no existen diferencias estadísticamente significativas en la funcionalidad del miembro inferior, medida con la escala VISA-P, entre realizar ejercicios excéntricos con BFR a baja carga frente a ejercicios excéntricos mediante distintos protocolos*.
- Hipótesis alternativa (H1): existen diferencias estadísticamente significativas en la funcionalidad del miembro inferior, medida con la escala VISA-P, entre realizar ejercicios excéntricos con BFR a baja carga frente a ejercicios excéntricos mediante distintos protocolos*.

Dolor:

- Hipótesis nula (H0): no existen diferencias estadísticamente significativas en el dolor, medida con la escala EVA, entre realizar ejercicios excéntricos con BFR a baja carga frente a ejercicios excéntricos mediante distintos protocolos*.
- Hipótesis alternativa (H1): existen diferencias estadísticamente significativas en el dolor, medida con la escala EVA, entre realizar ejercicios excéntricos con BFR a baja carga frente a ejercicios excéntricos mediante distintos protocolos*.

MVIC del cuádriceps

- Hipótesis nula (H0): no existen diferencias estadísticamente significativas en la MVIC, del cuádriceps, medida con un dinamómetro, entre realizar ejercicios excéntricos con BFR a baja carga frente a ejercicios excéntricos mediante distintos protocolos*.
- Hipótesis alternativa (H1): existen diferencias estadísticamente significativas en la MVIC, del cuádriceps, medida con un dinamómetro, entre realizar ejercicios excéntricos con BFR a baja carga frente a ejercicios excéntricos mediante distintos protocolos*.

FMI a 30°/s del cuádriceps

- Hipótesis nula (H0): no existen diferencias estadísticamente significativas en la FMI a 30°/s, del cuádriceps, medida con un dinamómetro, entre realizar ejercicios excéntricos con BFR a baja carga frente a ejercicios excéntricos mediante distintos protocolos*.
- Hipótesis alternativa (H1): existen diferencias estadísticamente significativas en la FMI a 30°/s, del cuádriceps, medida con un dinamómetro, entre realizar ejercicios excéntricos con BFR a baja carga frente a ejercicios excéntricos mediante distintos protocolos*.

protocolos*.

FMI a 120°/s del cuádriceps

- Hipótesis nula (H0): no existen diferencias estadísticamente significativas en la FMI a 120°/s, del cuádriceps, medida con un dinamómetro, entre realizar ejercicios excéntricos con BFR a baja carga frente a ejercicios excéntricos mediante distintos protocolos*.
- Hipótesis alternativa (H1): existen diferencias estadísticamente significativas en la FMI a 120°/s, del cuádriceps, medida con un dinamómetro, entre realizar ejercicios excéntricos con BFR a baja carga frente a ejercicios excéntricos mediante distintos protocolos*.

FMI a 180°/s del cuádriceps

- Hipótesis nula (H0): no existen diferencias estadísticamente significativas en la FMI a 180°/s, del cuádriceps, medida con un dinamómetro, entre realizar ejercicios excéntricos con BFR a baja carga frente a ejercicios excéntricos mediante distintos protocolos*.
- Hipótesis alternativa (H1): existen diferencias estadísticamente significativas en la FMI a 180°/s, del cuádriceps, medida con un dinamómetro, entre realizar ejercicios excéntricos con BFR a baja carga frente a ejercicios excéntricos mediante distintos protocolos*.

* Se van a describir diferentes protocolos, en el apartado de *variables* quedan descritos.

5.5 Recogida, Análisis de datos, contraste de hipótesis

Para realizar la recogida de datos para el estudio de investigación, se hará un comunicado que se enviará a cada una de las federaciones para presentarles de manera formal el estudio que queremos realizar. Será el investigador principal el que irá de forma presencial a cada federación contactando con los directores de estas para concertar una cita. Una vez hablado con los directores de las federaciones, hablaremos con los doctores de estas para pedirles que nos deriven a los jugadores con diagnóstico de TR. Además, tras tener la aprobación de la federación, hablaremos con distintos clubes de la Comunidad de Madrid vía correo electrónico para concertar una cita con cada uno de ellos con el mismo objetivo que el de las federaciones. Una vez los clubes nos acepten el estudio, todos los jugadores de cada club con TR y que cumplan los criterios de inclusión y exclusión serán derivados a la Escuela de Enfermería y Fisioterapia de San Juan de Dios en Ciempozuelos, Madrid.

Una vez estén en la escuela donde tendrán lugar las mediciones, primero se hará una entrevista previa comprobando todos los requisitos mencionados para poder ser participe del estudio. Los sujetos que sean seleccionados para el proyecto, se les hará entrega del Documento explicativo del diseño del estudio para participantes (Anexo II), la Hoja de Información Personal (Anexo III) para poder contar con sus datos para el estudio y la Hoja de consentimiento informado (Anexo IV), con el fin de aprobar su participación en el estudio voluntariamente. Cada paciente será asignado aleatoriamente con un número (aparecerá asociado a las variables medidas y los resultados) para poder mantener la privacidad y la intimidad de la persona como derecho fundamental de acuerdo con la Ley Orgánica de Protección de datos 3/2018.

El estudio tendrá que ser aprobado por el Comité Ético de Investigación Clínica para llevarse a cabo, y cumplir con los postulados y principios éticos que se desarrollaron en la declaración de Helsinki en 1964.

Si se cumple todo esto, los sujetos que hayan firmado toda la documentación comentada anteriormente, antes de realizar las mediciones, se dividirán en los 6 grupos de intervención. Una vez están los grupos asignados, se les realizará una serie de preguntas para rellenar el cuestionario VISA-P (Anexo IX), y le preguntaremos cuál es su dolor según la Escala EVA (Anexo X).

Durante el proyecto si algún sujeto abandonará el mismo antes de finalizar, se recogerán los resultados como pérdidas.

Los datos se recogerán en un Excel y posteriormente será trasladado al programa estadístico IBM SPSS Statistics, para manejar los datos estadísticos en base a los valores que hemos medido. El Excel que vamos a llevar a cabo para recoger los datos de las diferentes variables incluirá: el número asignado a cada sujeto, en qué grupo de trabajo se les ha asignado, la MVIC, la FMI a 30°/seg, 120°/seg y 180°/seg, la funcionalidad (0-100) y el dolor (0-10) tanto pre como post intervención.

Una vez hemos recogido los datos en el Excel, pasaremos al programa SPSS para realizar el análisis estadístico y utilizaremos nuestro Excel como base de datos para el análisis. El cual se divide en: análisis descriptivo y análisis inferencial.

Comenzaremos con el análisis descriptivo de las variables dependientes para obtener los datos de tendencia central: mediana, media y moda. Posteriormente se analizarán los datos de dispersión como: desviación típica, varianza y rango.

Una vez se realiza el análisis descriptivo, se llevará a cabo el análisis inferencial que se centra en realizar el contraste de hipótesis. Al tener más de dos muestras independientes (5 grupos de trabajo), se utiliza en análisis de varianza ANOVA (si es la prueba paramétrica) o el test de Kruskal-Wallis (si la prueba no es paramétrica). Para ver si la prueba es paramétrica, se realiza primero un test de normalidad (Test de Kolmogorov-Smirnov), se ve el nivel de significación, si es menor a 0,05 la distribución no sería normal, pero si es mayor que 0,05 la distribución es normal (todos los grupos deben cumplir la normalidad para realizar ANOVA). Debe existir además aleatoriedad e igualdad entre las varianzas (Test de Levene), las muestras deben ser independientes.

Se comprueba la normalidad (Test de Kolmogorov-Smirnov), si:

- H_0 : no existen diferencias estadísticamente significativas.
- H_a : existen diferencias estadísticamente significativas al menos entre 2.
- $p < 0,05$: no se distribuye de manera normal \rightarrow se realiza Kruskal-Wallis.
- $p > 0,05$: se distribuye de manera normal \rightarrow se realiza ANOVA.

En caso de que se distribuya de manera normal, se comprobará la homogeneidad de varianzas (Test de Levene), si:

- Si $p > 0,05$: se asumen varianzas homogéneas. Se realiza la prueba paramétrica (ANOVA).

- Si $p < 0,05$: se asumen varianzas diferentes. Se realiza la prueba no paramétrica (Test de Kruskal–Wallis).

Al ser $n > 30$, presentar una distribución normal, aleatoriedad y homogeneidad de varianzas, se aplicará la prueba ANOVA, en la que:

- H_0 : No existen diferencias significativas entre las medias.
- H_1 : existen diferencias significativas entre al menos 2 medias.
- $p < 0,05$ existen diferencias significativas entre al menos 2 medias, por lo que rechazaríamos H_0 y aceptamos H_1 . (habría diferencia entre realizar un protocolo ECC u otro).
- $p > 0,05$ no existen diferencias significativas entre las medias, se acepta la H_0 . No existen diferencias significativas entre las medias (no habría diferencia entre realizar un protocolo ECC u otro).

En el caso en el que aceptemos H_1 y existan diferencias significativas entre las medias tendríamos que hacer una prueba Post-Hoc de comparación múltiple para ver entre cuál de los 6 grupos habría diferencias estadísticamente significativas.

- H_0 : No existen diferencias significativas entre las medias.
- H_1 : existen diferencias significativas entre las medias.
- $p < 0,05$ existen diferencias significativas entre 2 medias en concreto, por lo que rechazaríamos H_0 y aceptamos H_1 . (habría diferencia entre realizar un protocolo ECC u otro).
- $p > 0,05$ no existen diferencias significativas entre las medias, se acepta la H_0 . No existen diferencias significativas entre 2 medias en concreto (no habría diferencia entre realizar un protocolo ECC u otro).

Si, por otro lado, no se distribuye de manera normal y/o no existe homogeneidad de varianzas (Test de Levene y Test de Kolmogorov-Smirnov, $p < 0,05$), realizaremos la prueba no paramétrica (Kruskal–Wallis), donde:

- $p < 0,05$: existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias, se rechaza H_0 y se acepta H_1 .
- $p > 0,05$: no existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias. Aceptaremos H_0 .
- Al igual que en la prueba de ANOVA solo nos dice si existen o no diferencias estadísticamente significativas, para saber entre que grupos hay diferencias haremos un estudio Post-Hoc.

5.6 Limitaciones del estudio

Nuestro estudio presenta una serie de limitaciones para su desarrollo, entre ellas las más destacables son:

- El tiempo para realizar el proyecto ha sido limitado al tratarse de un TFG (7 meses aproximadamente), esto ha provocado tener que reducir variables independientes como el sexo y la edad en este estudio, la búsqueda bibliográfica y el número de artículos incluidos en el estudio también se ha visto reducida por falta de tiempo.
- La falta de recursos económicos, lo que ha provocado tener que adaptar el estudio a los artículos que encontramos de forma gratuita y pedir prestado el material para la correcta realización del estudio.
- Falta de estudios que hablen de BFR combinado con ejercicio ECC en tendinopatías, por lo que los protocolos de los grupos 4, 5 y 6 se han basado en la forma de trabajo general de BFR.
- Baja adherencia al tratamiento por la excesiva duración de los protocolos, el protocolo Abat et al. (35) dura dos semanas, es más corto que los otros dos protocolos, que duran al menos cuatro.

5.7 Equipo investigador

El equipo investigador encargado de realizar este estudio está compuesto por:

Investigador principal:

D. Adrián del Cura Ruiz, (fisioterapeuta), graduado en Fisioterapia en la Universidad Pontificia Comillas (2025).

Fisioterapeutas:

Cada grupo contará con 5 fisioterapeuta asignados de forma y que sepa trabajar en el ámbito de la investigación, con un índice H de 5 y con un perfil ORCID. Serán expertos en patologías musculares y tendinosas, expertos en BFR, expertos en terapia miofascial, tendrán un conocimiento amplio en ejercicio terapéutico y se habrán estudiado como realizar el protocolo correctamente, se encargarán de explicar cómo realizar los ejercicios a los sujetos y de comprobar su correcta ejecución, al igual que serán capaces de aplicar y colocar de forma correcta y acorde al protocolo la BFR.

Dr. Néstor Pérez Mallada, con amplia experiencia en el ámbito investigador y el uso de instrumentos biomecánicos, se encargará de realizar las mediciones. Estará cegado para evitar posibles sesgos.

Médicos:

Los médicos de las federaciones de Madrid de fútbol, baloncesto, atletismo, rugby, balonmano y voleibol serán partícipes del estudio y se le compartirán los datos.

Enfermero:

Un enfermero/ra con experiencia en el mundo del deporte y formado en BFR, estará presente durante el estudio.

Analista:

Deberá ser un profesional graduado en Fisioterapia y en Estadística Aplicada con al menos 10 años de experiencia y que haya participado en investigaciones previas. Debe ser experto en utilizar el programa IBM SPSS Statistics. Estará cegado para evitar sesgos.

6. Plan de trabajo

6.1 Diseño de la intervención

Una vez desarrollado y redactado el estudio, debemos solicitar al Comité Ético de Investigación Clínica del Hospital Universitario La Paz la aprobación del estudio.

Cuando se apruebe el mismo, para poder comenzar el desarrollo del estudio, el investigador principal acudirán a las diferentes federaciones de Madrid (baloncesto, futbol, balonmano, voleibol, atletismo y rugby), donde se reunirán con los médicos para comentarles en que va a consistir el estudio y explicarles el comunicado que les han enviado. Además, se enviará información del estudio a distintos clubes de estos deportes de la Comunidad de Madrid y se anunciará a través de redes sociales. A cada federación, le será facilitado el correo electrónico, las redes sociales y el teléfono del investigador principal para ir citando a los jugadores o si hubiera cualquier tipo de duda respecto al estudio. El objetivo es que deriven a los deportistas que padezcan y hayan sido diagnosticados de TR. Cuando los clubes y las federaciones aceptan el estudio, todos los jugadores de cada club que tengan TR, cumplan con los criterios de inclusión y exclusión y quieran participar en el estudio, serán citados en la Escuela de Enfermería y Fisioterapia San Juan de Dios, correspondiente a la Universidad Pontificia de Comillas en Ciempozuelos, Madrid (Avenida de San Juan de Dios, 1. 28350 Ciempozuelos, Madrid).

Tan pronto como lleguen los participantes al laboratorio, se les hará entrega de toda la documentación necesaria (hoja de Información personal, hoja de consentimiento informado, documento explicativo del diseño del estudio para participantes). Asimismo, se les entregará un cuestionario VISA-P y una escala EVA (Anexo X) para que lo rellenen en base a su estado (pretratamiento). Será obligatorio rellenar todos los datos y firmar cada documento. Se le hará entrega al investigador principal que lo custodiará y lo llevará a un Excel para la elaboración del estudio y digitalizar la información. En el momento que todos los sujetos participes del estudio tengan toda la documentación firmada, se procederá a aleatorizar los grupos. Se comenzará a aleatorizar la muestra cuando tengamos prácticamente, todos los sujetos con la documentación firmada, teniendo en cuenta que la muestra necesita un total de 785 sujetos. Para ello, se utilizará un sistema informático que asignará un número aleatoriamente del 1 al 6 (que aparecerá en un Excel, asociado a las variables medidas y a los resultados pretratamiento y postratamiento). Será totalmente anónimo y cada sujeto recibirá los resultados tras terminar el estudio.

Cuando cada sujeto haya sido asignado a un grupo de investigación, se les comenzará a citar

por teléfono asignándoles una fecha y hora para realizar las mediciones (pretratamiento). Al llegar cada sujeto realizará el calentamiento correspondiente y el fisioterapeuta, se encargará de explicar cómo realizar correctamente el ejercicio correspondiente, se realizarán 2 mediciones en total, pretratamiento y postratamiento. La fecha, dependerá del grupo al que haya sido asignado cada sujeto ya que cada protocolo que vayamos a utilizar tiene unos tiempos diferentes. El analista será el encargado de analizar los datos y resultados obtenidos que se encuentran archivados en una base de datos Excel, y los pasará al programa IBM SPSS Statistics, donde los analizará. Estará cegado ya que desconocerá la identidad y cuál ha sido el tratamiento recibido a cada paciente. Se realizará una discusión y conclusión en base a los resultados obtenidos y con ello podremos resolver la hipótesis, el estudio posteriormente será publicado de forma gratuita con el fin de que se aporte información.

Para los sujetos que les corresponda el grupo de BFR, el manguito de presión utilizado será un Delfi Personalized Tourniquet System, con un AOP del 80% del flujo sanguíneo en la extremidad inferior afecta, se posiciona en el tercio proximal del cuádriceps. Para cada protocolo puede variar, pero el tiempo que debe estar la BFR activa, debe ser progresivo, con el objetivo de habituar al paciente a esta oclusión. En los grupos con BFR, las cargas se adaptarán a los protocolos de BFR sin aumentar más de 20-40% del 1RM. Es importante que el fisioterapeuta que aplica la BFR tenga un enfoque individualizado para cada paciente ya que al ser la primera vez que se implementa esta herramienta hay que asegurarse de que no le ocasiona daños. No obstante, algo a tener en cuenta es que se debe advertir al paciente de que puede sentir dolor e incomodidad en el periodo en el que tiene activa la restricción del flujo y los siguientes días puede tener molestias. El protocolo de BFR, basado en el estudio de Cuddeford et al. (53) se ajustará y añadirá a los protocolos originales.



Ilustración 3. Colocación BFR. (53)

En cuanto la medición de las variables comenzaremos con la variable dolor, se medirá a través de la escala EVA, donde cada uno de los sujetos antes de realizar los ejercicios, realizará una SLDS con el miembro afecto y a través de la escala EVA (Anexo X), indicará su dolor durante

la realización del ejercicio del 0 al 10 (50).

La variable funcionalidad se medirá con la escala funcional VISA-P, cada sujeto responderá una serie de ítems y tendrá una valoración final de 0-100 donde 0 es la valoración donde el sujeto es lo menos funcional posible y 100 lo más funcional posible. En esta escala se valora la capacidad funcional, la gravedad de los síntomas y la capacidad deportiva del sujeto. La encontraremos en el Anexo IX.

La variable momento de medición será común para todos los sujetos. La medición pretratamiento se llevará a cabo 72 horas antes de comenzar el tratamiento y la medición post tratamiento se realizará 72 horas después de haber terminado todo el protocolo de tratamiento.

72 horas antes de la medición oficial, se realizará una medición de prueba tanto de MVIC como la FMI para que el paciente se habitué al funcionamiento del dinamómetro y al procedimiento de la prueba de medición, se realiza 3 días antes para que el día de la medición oficial no haya alteración de los resultados debido a la fatiga muscular.

Para la medición de la MVIC del cuádriceps, se utilizará un dinamómetro PRIMUS RS, herramienta 701 (BTE Technologies, Hanover, MD, USA). Las mediciones se realizarán con el paciente sentado cadera a 90°, rodilla a 90°, con un brazo de palanca de 30 centímetros y la almohadilla en la parte anterior y distal de la tibia, a la altura de ambos maléolos. El eje del dinamómetro estará alineado con el cóndilo femoral externo de la rodilla a evaluar. Se cinchará la pelvis, el tronco y la sujeción de la almohadilla en la tibia con el objetivo de evitar compensaciones lo máximo posible, además se darán indicaciones verbales al paciente para que no se separe del asiento, colocará los brazos en cruz. Antes de la medición el paciente debe familiarizarse con el dinamómetro y además realizar un calentamiento, para ello realizará contracciones isométricas submáximas al 50% y 75% de la MVIC. Para esta medición, la rodilla estará a 60° de flexión ya que este punto se considera el óptimo para medir la extensión de rodilla por la fuerza ejercida (10). Se realizarán 3 repeticiones de 6 segundos de contracción ISOM y 12 segundo de descanso, al finalizar las repeticiones habrá un minuto de descanso antes de seguir con las siguientes mediciones. Se registra el pico máximo de fuerza que ha tenido durante la prueba y se medirá en N. Durante toda la medición se dará estímulo verbal para que el paciente continúe con la contracción y haga toda la fuerza posible.



Ilustración 4. Dinamómetro PRIMUS RS, con herramienta 701. Elaboración propia.



Ilustración 5. Colocación del paciente en el dinamómetro. Elaboración propia.



Ilustración 6. Colocación para medición MVIC. Elaboración propia.

Para la medición de la FMI, se realizará a 60°/s, 120°/s y 180°/s del cuádriceps. El paciente estará colocado en la misma posición que para la medición de la MVIC. Se medirá en N y se cogerá los picos máximos de fuerza. Comenzaremos a medir desde los 90° de flexión de rodilla hasta la extensión completa (sin llegar a forzar una hiperextensión). Para realizar las mediciones a las diferentes velocidades, se realizarán 3 REPS a 60°/s, 5 REPS a 120°/s y 10 REPS a 180°/s, con 1 minuto de descanso entre cada serie de velocidad (61). Durante todas las repeticiones se dará un estímulo verbal para mejorar el rendimiento y que no pare en ningún momento de hacer fuerza. Al igual que en la medición de MVIC, el paciente debe familiarizarse con el dinamómetro por lo que se realizarán 2-3 REPS a cada velocidad con un esfuerzo submáximo para que sepa la velocidad a la que se va a realizar la medición y habituarse a su funcionamiento.



Ilustración 8. Posición inicial medición FMI. Elaboración propia.



Ilustración 7. Posición final medición FMI. Elaboración propia.

El tratamiento habitual será común en los 6 grupos donde cada participante será citado 1 vez a la semana (último día de ejercicios de cada semana) por el fisioterapeuta que tenga asignado, para continuar el tratamiento que consistirá en terapia manual en miembros inferiores, punción seca y cinesiterapia. Se explicará con más detalle en el Anexo XI.

Los grupos comenzarán con el tratamiento a las 72 horas de las mediciones por lo que cada grupo de trabajo empezará el protocolo descrito y cada uno tendrá una duración determinada. Durante los ejercicios puede aparecer dolor, pero solo se debe parar si el dolor es totalmente incapacitante.

El grupo 1 va a realizar el protocolo excéntrico descrito por Abat et al. (35). En su estudio como en los demás protocolos que vamos a describir se realiza un protocolo de ejercicio ECC. En este caso se utiliza una prensa de piernas isoinercial, donde en la fase ECC el dispositivo mantiene la misma fuerza que has ejercido en la fase CC. Durante el protocolo, la fase CC cada repetición se realiza con ambos miembros (para quitar carga, ya que solo nos queremos centrar en realizar el trabajo ECC), mientras que para la fase ECC solo se realiza con el miembro afecto con una flexión máxima de 60° de rodilla. Se realizarán 3 series de 10 repeticiones. Para estos ejercicios se realizarán dos sesiones semanales durante dos semanas. El fisioterapeuta controlará en todo momento la velocidad y el estímulo de cada repetición corrigiendo la posición del paciente. Se mostrará una tabla a modo de calendario para los sujetos.

	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
SEM.0	DESCANSO	DESCANSO	DESCANSO	DESCANSO	MEDICIÓN	DESCANSO	DESCANSO
SEM.1	Ejercicio: 3 x 10	DESCANSO	DESCANSO	Ejercicio: 3 x 10	DESCANSO	DESCANSO	DESCANSO

SEM.2	Ejercicio: 3 x 10	DESCANSO	DESCANSO	Ejercicio: 3 x 10	DESCANSO	DESCANSO	MEDICIÓN
--------------	----------------------	----------	----------	----------------------	----------	----------	----------

Tabla 10. Calendario Grupo 1. Elaboración propia.

El grupo 2 realizará el protocolo excéntrico descrito por Stasinopoulos (42). En este protocolo los sujetos realizarán SLDS con una tabla inclinada de 25°, se llevará a cabo a una velocidad baja, les pediremos a los sujetos que hagan una cuenta regresiva de 30 durante la sentadilla, solo se centrará en la fase de bajada en la sentadilla (fase ECC), la fase de subida lo hará con ambos miembros. La carga irá aumentando de forma progresiva dentro de lo que tolere el paciente (continuar con el ejercicio, aunque tenga un dolor leve), si no hay dolor se aumentará la carga dándole pesas a las manos del paciente. Se le pedirá al paciente que realice 3 series de 15 REPS y se dará un tiempo de descanso de dos minutos entre cada serie. El protocolo se realizará cinco veces por semana durante cuatro semanas.

Se va a mostrar una tabla como calendario para los sujetos. Podrán experimentar dolor leve durante la ejecución. Se irá aumentando carga de forma progresiva de manera que, se añadirán mancuernas a las manos de los sujetos cuando no experimenten nada de dolor durante el ejercicio.



Ilustración 9. SLDS sin BFR. Elaboración propia.

	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
SEM.0	DESCANSO	DESCANSO	DESCANSO	DESCANSO	MEDICIÓN	DESCANSO	DESCANSO
SEM.1	Ejercicio: 3 x 15	Ejercicio: 3 x 15	DESCANSO	Ejercicio: 3 x 15	Ejercicio: 3 x 15	Ejercicio: 3 x 15	DESCANSO
SEM.2	Ejercicio: 3 x 15	Ejercicio: 3 x 15	DESCANSO	Ejercicio: 3 x 15	Ejercicio: 3 x 15	Ejercicio: 3 x 15	DESCANSO
SEM.3	Ejercicio: 3 x 15	Ejercicio: 3 x 15	DESCANSO	Ejercicio: 3 x 15	Ejercicio: 3 x 15	Ejercicio: 3 x 15	DESCANSO
SEM.4	Ejercicio: 3 x 15	Ejercicio: 3 x 15	DESCANSO	Ejercicio: 3 x 15	Ejercicio: 3 x 15	Ejercicio: 3 x 15	DESCANSO
SEM.5	DESCANSO	MEDICIÓN	DESCANSO	DESCANSO	DESCANSO	DESCANSO	DESCANSO

Tabla 11. Calendario Grupo 2. Elaboración propia.

El grupo 3 llevará a cabo el protocolo excéntrico descrito por Basas et al. (44) en su estudio. Este protocolo de ejercicio tiene una duración total de doce semanas, donde se realizan los ejercicios tres veces por semana en días alternos para dejar algo de descanso entre cada día de trabajo. Se establece una frecuencia de dos semanas de trabajo y en la tercera semana se disminuye la carga, disminuyendo a dos los días de trabajo para evitar sobrecarga en el tendón, consecutivamente durante las 12 semanas de tratamiento. Durante el protocolo, se realizarán ejercicios con electroestimulación ISOM y ejercicios ECC. En cuanto a los ejercicios isométricos, se colocarán los electrodos en el cuádriceps y se realizarán los dos ejercicios descritos en el protocolo, se realizarán antes de los ECC e irán modificando sus series, repeticiones y parámetros en función de la semana (Tabla y ejercicios ISOM del Anexo VIII).

Los ejercicios ECC se van a realizar con una banda inelástica en la zona proximal y posterior de la tibia que se enganchará a una espaldera, con el objetivo de sujetar al paciente en una posición de semi-sentadilla desplazando a posterior el centro de gravedad, además se va a añadir algún objeto que no se deslice, con el objetivo de que la cabeza de los metatarsianos de los pies se apoye en él y no se mueva el pie. Se van a realizar 3 ejercicios. El primer ejercicio, el paciente se colocará en la posición de semi-sentadilla con el tope a la altura de los metatarsianos y la banda inelástica en la parte posterior de la rodilla, y tanto la cadera como la rodilla se encuentran a 90°. La fase ECC se realiza de forma lenta 3 segundos, se mantendrá otros 3 segundos de forma ISOM a 90° y la fase CC se hará de forma rápida en 1 segundo. En el segundo ejercicio, el sujeto se colocará en una posición similar al primer ejercicio es decir rodillas a 90° pero la cadera a 0° (aumenta la carga en el tendón ya que aumenta el brazo de palanca), las fases de contracción son iguales que en el primer ejercicio. El tercer ejercicio será mediante un apoyo monopodal con la rodilla a unos 75° de flexión. Se muestra como realizar los ejercicios en la Ilustración 10. Se irán aumentando cargas de manera progresiva a lo largo de las semanas, de forma que aumentará un 15% del peso corporal del sujeto gradualmente mediante pesos.

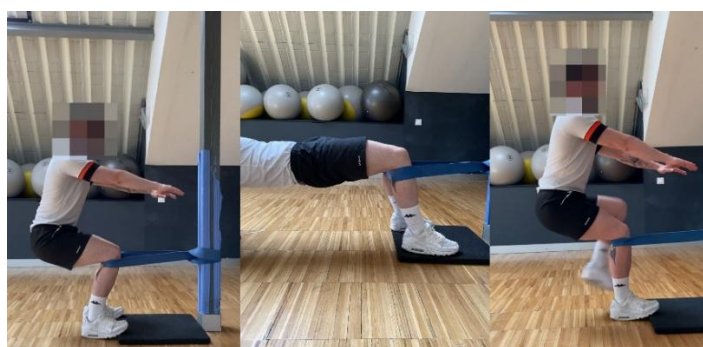


Ilustración 10. Ejercicios ECC: 1, 2 y 3 - grupo 6. Elaboración propia.

Se va a mostrar una tabla en la que se indicará los días de trabajo por semanas durante los 3 meses de trabajo, y se especificará que ejercicio se va a realizar cada día, se verá el aumento progresivo de las cargas. (En naranja se verán los días de trabajo y en amarillo los días de descanso, y se especificará el volumen de trabajo (series x REPS)). (Representado con un + en la tabla cada vez que aumenta un 15% la carga).

PRIMER MES							
	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
SEM. 0	DESCANSO	DESCANSO	DESCANSO	DESCANSO	DÍA DE MEDICIÓN (PRE)	DESCANSO	DESCANSO
SEM. 1	Ej. (Ejercicio): 1: 4x8	DESCANSO	Ej. 1: 4x8	DESCANSO	Ej. 1: 4x8	DESCANSO	DESCANSO
SEM. 2	Ej. 1: 2x8 Ej. 1+: 2x8	DESCANSO	Ej. 1: 2x8 Ej. 1+: 2x8	DESCANSO	Ej. 1: 2x8 Ej. 1+: 2x8	DESCANSO	DESCANSO
SEM. 3	DESCANSO	Ej. 1: 1x8 Ej. 1+: 3x8	DESCANSO	Ej. 1: 1x8 Ej. 1+: 3x8	DESCANSO	DESCANSO	DESCANSO
SEM. 4	Ej. 1: 1x8 Ej. 1 ++: 3x8	DESCANSO	Ej. 1: 1x8 Ej. 1 ++: 3x8	DESCANSO	Ej. 1: Ej. 1: 1x8 Ej. 1 ++: 3x8	DESCANSO	DESCANSO
SEGUNDO MES							
SEM. 5	Ej. 1: 1x8 Ej. 1 ++: 3x8 Ej. 2: 1x5	DESCANSO	Ej. 1: 1x8 Ej. 1 ++: 3x8 Ej. 2: 1x5	DESCANSO	Ej. 1: 1x8 Ej. 1 ++: 3x8 Ej. 2: 1x5	DESCANSO	DESCANSO
SEM. 6	DESCANSO	Ej. 1: 1x6 Ej. 1 ++: 2x6 Ej. 2: 2x5	DESCANSO	Ej. 1: 1x6 Ej. 1 ++: 2x6 Ej. 2: 2x5	DESCANSO	DESCANSO	DESCANSO
SEM. 7	Ej. 1: 1x6 Ej. 1 ++: 2x6 Ej. 2: 1x5 Ej. 2+: 1x5	DESCANSO	Ej. 1: 1x6 Ej. 1 ++: 2x6 Ej. 2: 1x5 Ej. 2+: 1x5	DESCANSO	Ej. 1: 1x6 Ej. 1 ++: 2x6 Ej. 2: 1x5 Ej. 2+: 1x5	DESCANSO	DESCANSO
SEM. 8	Ej. 1: 1x6 Ej. 1 ++: 2x6 Ej. 2: 1x5 Ej. 2++: 1x5	DESCANSO	Ej. 1: 1x6 Ej. 1 ++: 2x6 Ej. 2: 1x5 Ej. 2++: 1x5	DESCANSO	Ej. 1: 1x6 Ej. 1 ++: 2x6 Ej. 2: 1x5 Ej. 2++: 1x5	DESCANSO	DESCANSO
TERCER MES							
SEM. 9	DESCANSO	Ej. 1: 1x6 Ej. 1 ++: 1x6 Ej. 2: 1x5 Ej. 2++: 1x5 Ej. 3: 1x4	DESCANSO	Ej. 1: 1x6 Ej. 1 ++: 1x6 Ej. 2: 1x5 Ej. 2++: 1x5 Ej. 3: 1x4	DESCANSO	DESCANSO	DESCANSO
SEM. 10	Ej. 1: 1x6 Ej. 1 ++: 1x6 Ej. 2: 1x5 Ej. 2+: 1x5 Ej. 3: 1x4	DESCANSO	Ej. 1: 1x6 Ej. 1 ++: 1x6 Ej. 2: 1x5 Ej. 2+: 1x5 Ej. 3: 1x4	DESCANSO	Ej. 1: 1x6 Ej. 1 ++: 1x6 Ej. 2: 1x5 Ej. 2+: 1x5 Ej. 3: 1x4	DESCANSO	DESCANSO

SEM. 11	Ej. 1: 1x6 Ej. 1 ++: 2x6 Ej. 2: 1x5 Ej. 2++: 1x5 Ej 3: 2x3	DESCANSO	Ej. 1: 1x6 Ej. 1 ++: 2x6 Ej. 2: 1x5 Ej. 2++: 1x5 Ej 3: 2x3	DESCANSO	Ej. 1: 1x6 Ej. 1 ++: 2x6 Ej. 2: 1x5 Ej. 2++: 1x5 Ej 3: 2x3	DESCANSO	DESCANSO
SEM. 12	DESCANSO	Ej. 1: 1x6 Ej. 1 ++: 2x6 Ej. 2: 1x5 Ej. 2++: 1x5 Ej 3: 2x3	DESCANSO	Ej. 1: 1x6 Ej. 1 ++: 2x6 Ej. 2: 1x5 Ej. 2++: 1x5 Ej 3: 2x3	DESCANSO	DESCANSO	DIA DE MEDICIÓN (POST)

Tabla 12. Calendario Grupo 3. Elaboración propia.

El grupo 4 (intervención) volverá a realizar el protocolo excéntrico realizado por Abat et al. modificado, añadiéndole BFR a los ejercicios que se llevan cabo. Se llevará a cabo un ejercicio excéntrico en prensa de pierna isoinercial, 4 series de 30/15/15/15 REPS, se realizarán 2 sesiones semanales durante 2 semanas, en las que en la fase CC cada repetición se realiza con ambos miembros, mientras que para la fase ECC solo se realiza con el miembro afecto con una flexión máxima de 60° de rodilla. En cuanto la aplicación del BFR, primero se procederá a colocar la BFR con un AOP del 80% del flujo en el tercio proximal del cuádriceps antes de realizar el ejercicio, posteriormente se realizará el ejercicio con la BFR activa. Al terminar los ejercicios, se procederá a mantener la restricción dos minutos y medio más y finalmente se volverá a establecer el flujo sanguíneo, el sujeto estará alrededor de 8 minutos con la oclusión activa.

	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
SEM.0	DESCANSO	DESCANSO	DESCANSO	DESCANSO	MEDICIÓN	DESCANSO	DESCANSO
SEM.1	Ejercicio: 4x 30/15/15/15	DESCANSO	DESCANSO	Ejercicio: 4x 30/15/15/15	DESCANSO	DESCANSO	DESCANSO
SEM.2	Ejercicio: 4x 30/15/15/15	DESCANSO	DESCANSO	Ejercicio: 4x 30/15/15/15	DESCANSO	DESCANSO	MEDICIÓN

Tabla 13. Calendario Grupo 4. Elaboración propia.

Para el grupo 5 (intervención) se va a realizar el protocolo excéntrico descrito por Stasinopoulos et al. en su estudio, modificado con oclusión sanguínea. Se realizarán SLDS con una tabla declinada de 25° a una velocidad reducida, centrándose en la fase ECC (de bajada), mientras que la fase CC (de subida), se realizará con ambos miembros. Se realizarán 4 series de 30/15/15/15 REPS con un tiempo de descanso de un minuto en cada serie. Se realizará cinco veces por semana durante cuatro semanas. La BFR se colocará con un AOP del 80% del flujo en el tercio proximal del cuádriceps antes de realizar el ejercicio y se

mantendrá durante todo el ejercicio. Al terminar el ejercicio, se mantendrá la restricción dos minutos y medio más y se volverá activar el flujo sanguíneo quitando la oclusión. Cuando no haya dolor se podrá aumentar la carga, pero hasta un máximo del 35% del 1 RM. Para calcular el 1 RM, lo haremos con un test de 10 RM y se calculará de forma estimada (56).



Ilustración 11. SLDS con BFR. Elaboración propia.

	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
SEM.0	DESCANSO	DESCANSO	DESCANSO	DESCANSO	MEDICIÓN	DESCANSO	DESCANSO
SEM.1	Ejercicio: 4 x 30/15/15/15	Ejercicio: 4 x 30/15/15/15	DESCANSO	Ejercicio: 4 x 30/15/15/15	Ejercicio: 4 x 30/15/15/15	Ejercicio: 4 x 30/15/15/15	DESCANSO
SEM.2	Ejercicio: 4 x 30/15/15/15	Ejercicio: 4 x 30/15/15/15	DESCANSO	Ejercicio: 4 x 30/15/15/15	Ejercicio: 4 x 30/15/15/15	Ejercicio: 4 x 30/15/15/15	DESCANSO
SEM.3	Ejercicio: 4 x 30/15/15/15	Ejercicio: 4 x 30/15/15/15	DESCANSO	Ejercicio: 4 x 30/15/15/15	Ejercicio: 4 x 30/15/15/15	Ejercicio: 4 x 30/15/15/15	DESCANSO
SEM.4	Ejercicio: 4 x 30/15/15/15	Ejercicio: 4 x 30/15/15/15	DESCANSO	Ejercicio: 4 x 30/15/15/15	Ejercicio: 4 x 30/15/15/15	Ejercicio: 4 x 30/15/15/15	DESCANSO
SEM.5	DESCANSO	MEDICIÓN	DESCANSO	DESCANSO	DESCANSO	DESCANSO	DESCANSO

Tabla 14. Calendario Grupo 5. Elaboración propia.

El grupo 6 (intervención) utilizará el protocolo excéntrico descrito por Basas et al. en su estudio, con la modificación de que los ejercicios se realizarán con BFR. Tendrá una duración de alrededor de doce semanas, los ejercicios se realizarán tres veces por semana excepto la tercera, sexta, novena y duodécima semana donde se realizan dos veces por semana para disminuir la carga en el tendón. Las fases de contracción ECC, ISOM y CC son las mismas que el grupo 3. Además, al igual que el protocolo original, antes de los ejercicios ECC, se realizarán los dos ejercicios ISOM con electroestimulación (sin BFR), los parámetros y

duración de estos serán los mismos que el grupo 3. Los ejercicios ECC que se van a realizar y la forma de realizarlos incluyendo la banda inelástica y el objeto antideslizante, son los mismos que los del grupo 3 pero se hará modificando el protocolo y adaptándolo a la BFR y no se aumentarán las cargas durante las semanas a diferencia del protocolo original, si no que se seguirá la progresión del protocolo de Cuddeford, T y Brumitt, J (53). Se irá aumentando el tiempo en el que el sujeto tiene la restricción del flujo activa progresivamente. Es decir, las primeras cuatro semanas (* en la tabla), se aplicará la BFR, se realizará el ejercicio y se mantendrá la oclusión dos minutos y medio más para que el sujeto se habitúe. Tras la cuarta semana, en la que se añade el segundo ejercicio, entre un ejercicio y otro se retirará la oclusión, se descansará 5 minutos y medio y se volverá a aplicar la BFR, se mantiene durante el segundo ejercicio y se retira al final de este, esto tendrá lugar las semanas cinco y seis (** en la tabla). Las semanas siete y ocho (***) en la tabla) la BFR se aplicará al principio del tratamiento y se mantendrá durante los dos ejercicios retirándose al final. En las semanas nueve y diez (**** en la tabla), la oclusión se implantará antes del comienzo del primer ejercicio y se mantendrá durante los ejercicios uno y dos, se retira antes del ejercicio tres con un descanso de cinco minutos y medio y posteriormente se vuelve a activar para el tercer ejercicio, retirándose al final. Por último, durante las semanas once y doce (***** en la tabla), la restricción del flujo se mantendrá durante los 3 ejercicios y se restablecerá al terminar.



Ilustración 12. Ejercicios 1, 2 y 3 - grupo 6 con BFR. Elaboración propia.

En la tabla veremos cómo se van a distribuir los días de trabajo y las semanas durante los tres meses de trabajo. Al igual que se realizó en el grupo 3 pero modificando las cargas de trabajo y aplicando protocolo de BFR. (En naranja se verán los días de trabajo y en amarillo los días de descanso, y se especificará el volumen de trabajo (series x REPS)).

PRIMER MES							
	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
SEM.					DÍA DE MEDICIÓN		
0	DESCANSO	DESCANSO	DESCANSO	DESCANSO		DESCANSO	DESCANSO

					(PRE)		
SEM. 1	Ej. (Ejercicio): 1: 4x 30/15/15/15 *	DESCANSO	Ej. 1: 4x 30/15/15/15 *	DESCANSO	Ej. 1: 4x 30/15/15/15 *	DESCANSO	DESCANSO
SEM. 2	Ej. 1: 4x 30/15/15/15 *	DESCANSO	Ej. 1: 4x 30/15/15/15 *	DESCANSO	Ej. 1: 4x 30/15/15/15 *	DESCANSO	DESCANSO
SEM. 3	DESCANSO	Ej. 1: 4x 30/15/15/15 *	DESCANSO	Ej. 1: 4x 30/15/15/15 *	DESCANSO	DESCANSO	DESCANSO
SEM. 4	Ej. 1: 4x 30/15/15/15 *	DESCANSO	Ej. 1: 4x 30/15/15/15 *	DESCANSO	Ej. 1: 4x 30/15/15/15 *	DESCANSO	DESCANSO
SEGUNDO MES							
SEM. 5	Ej. 1: 4x 30/15/15/15 Ej. 2: 3x 15/15/15 **	DESCANSO	Ej. 1: 4x 30/15/15/15 Ej. 2: 3x 15/15/15 **	DESCANSO	Ej. 1: 4x 30/15/15/15 Ej. 2: 3x 15/15/15 **	DESCANSO	DESCANSO
SEM. 6	DESCANSO	Ej. 1: 4x 30/15/15/15 Ej. 2: 3x 15/15/15 **	DESCANSO	Ej. 1: 4x 30/15/15/15 Ej. 2: 3x 15/15/15 **	DESCANSO	DESCANSO	DESCANSO
SEM. 7	Ej. 1: 4x 30/15/15/15 Ej. 2: 4x 30/15/15/15 ***	DESCANSO	Ej. 1: 4x 30/15/15/15 Ej. 2: 4x 30/15/15/15 ***	DESCANSO	Ej. 1: 4x 30/15/15/15 Ej. 2: 4x 30/15/15/15 ***	DESCANSO	DESCANSO
SEM. 8	Ej. 1: 4x 30/15/15/15 Ej. 2: 4x 30/15/15/15 ***	DESCANSO	Ej. 1: 4x 30/15/15/15 Ej. 2: 4x 30/15/15/15 ***	DESCANSO	Ej. 1: 4x 30/15/15/15 Ej. 2: 4x 30/15/15/15 ***	DESCANSO	DESCANSO
TERCER MES							
SEM. 9	DESCANSO	Ej. 1: 4x 30/15/15/15 Ej. 2: 4x 30/15/15/15 Ej. 3: 3x15/15/15 ****	DESCANSO	Ej. 1: 4x 30/15/15/15 Ej. 2: 4x 30/15/15/15 Ej. 3: 3x15/15/15 ****	DESCANSO	DESCANSO	DESCANSO
SEM. 10	Ej. 1: 4x 30/15/15/15 Ej. 2: 4x 30/15/15/15 Ej. 3: 3x15/15/15 ****	DESCANSO	Ej. 1: 4x 30/15/15/15 Ej. 2: 4x 30/15/15/15 Ej. 3: 3x15/15/15 ****	DESCANSO	Ej. 1: 4x 30/15/15/15 Ej. 2: 4x 30/15/15/15 Ej. 3: 3x15/15/15 ****	DESCANSO	DESCANSO

SEM. 11	Ej. 1: 4x 30/15/15/15 Ej. 2: 4x 30/15/15/15 Ej. 3: 4x30/15/15/15 *****	DESCANSO	Ej. 1: 4x 30/15/15/15 Ej. 2: 4x 30/15/15/15 Ej. 3: 4x30/15/15/15 *****	DESCANSO	Ej. 1: 4x 30/15/15/15 Ej. 2: 4x 30/15/15/15 Ej. 3: 4x30/15/15/15 *****	DESCANSO	DESCANSO
SEM. 12	DESCANSO	Ej. 1: 4x 30/15/15/15 Ej. 2: 4x 30/15/15/15 Ej. 3: 4x30/15/15/15 *****	DESCANSO	Ej. 1: 4x 30/15/15/15 Ej. 2: 4x 30/15/15/15 Ej. 3: 4x30/15/15/15 *****	DESCANSO	DESCANSO	DIA DE MEDICIÓN (POST)

Tabla 15. Calendario Grupo 6. Elaboración propia.

Cada sujeto de cada grupo deberá cumplir los días de tratamiento y mediciones para poder progresar con el protocolo. Es importante que los 5 fisioterapeutas de cada grupo estén muy familiarizados con los protocolos y que coincidan entre ellos para que los ejercicios se realicen correctamente. Un día antes de comenzar las mediciones, cada fisioterapeuta realizará el protocolo que le corresponde y el otro fisioterapeuta encargado del protocolo le corregirá y verá que compensaciones son las que tiende a hacer el sujeto que lo realiza. Así se pondrán de acuerdo en que corregir a los sujetos.

Al finalizar las mediciones post-tratamiento, y una vez introducido en el Excel todos los resultados, se pasará la base de datos al analista que la introducirá en el IBM SPSS Statistics y procederá a realizar el análisis estadístico, al final proporcionará los resultados obtenidos en el estudio y se elaborarán las conclusiones para publicar el artículo. Se le enviará una copia de sus resultados a cada sujeto partícipe del estudio.

6.2 Etapas del desarrollo

ETAPAS DEL DESARROLLO	PERIODO DE REALIZACIÓN
Diseño y planteamiento del estudio	Septiembre 2024
Búsqueda bibliográfica	Septiembre – octubre 2024
Redacción del proyecto	Noviembre 2024 – marzo 2025
Solicitud al Comité de Ética	Abril 2025
Reunión entre los colaboradores	Abril 2025
Reuniones entre las federaciones y el equipo investigador	Mayo 2025
Reclutamiento de sujetos	De mayo a agosto 2025
Primera reunión/ entrevista con los sujetos tras ser citados (firma de documentos)	Finales de agosto 2025
Mediciones pre-tratamiento	Septiembre 2025
Tratamiento	Comienza 72 horas tras la primera medición y depende de cada grupo: Grupo 1 y 4: 2 semanas Grupo 2 y 5: 4 semanas Grupo 3 y 6: 12 semanas
Mediciones post-tratamiento	72 horas tras acabar el tratamiento hasta finales de noviembre, comienzos de diciembre 2025
Análisis de datos	Enero - febrero 2026
Elaboración de resultados	Marzo 2026
Redacción y publicación de resultados	Abril 2026

Tabla 16. Etapas del desarrollo del estudio. Elaboración propia.

6.3 Distribución de tareas de todo el equipo investigador

Investigador principal:

El investigador principal será el encargado de diseñar y plantear el estudio de investigación, organizará todo lo que ello involucra, como el equipo de investigación, la información a tener en cuenta durante el estudio (documentos), redactará un documento explicativo para que los sujetos comprendan en que consiste el estudio. Elaborará la solicitud al comité de ética, la solicitud de colaboración con la Escuela Universitaria de enfermería y Fisioterapia San Juan de dios para el uso de sus instalaciones.

Será el encargado de reunirse con los doctores y federaciones para explicarles en que consiste el estudio, explicarlo a través de redes sociales y ver si los sujetos que quieren participar en el estudio cumplen con los criterios establecidos.

Explicará al equipo de investigación, pero sobre todo a los fisioterapeutas como se van a desarrollar los protocolos.

Fisioterapeutas:

Serán los encargados de realizar los tratamientos habituales a los sujetos y además, estarán presentes durante el protocolo de intervención, comprobando como realizan los sujetos los ejercicios.

El Dr. Néstor Pérez Mallada, se encargará de las mediciones en las que se utiliza dinamometría (MVIC y FMI a 30...), será el encargado de comprobar el estado del dinamómetro, colocar el eje y el brazo de palanca, e indicar la posición de sujeto en el asiento, y posteriormente colocar las cinchas, dará a su vez estímulo verbal a los sujetos para aumentar el rendimiento durante la medición. También se encargará de preguntar a los sujetos los ítems de la Escala VISA-P y de la Escala EVA tanto pre como post tratamiento. Todos los resultados de las diferentes variables las anotará en el Excel donde se guarda la información de cada paciente de forma anónima para elaborar la base de datos.

Médicos:

Serán los médicos de las federaciones quienes estén presentes durante todas las mediciones y su función es derivar a los pacientes con diagnóstico de TR al estudio.

Enfermero:

Su función principal consiste en controlar y estar presente durante los ejercicios con BFR y actuar en caso de que fuera necesario por posibles mareos u otros problemas de salud.

Analista:

Será el encargado del análisis de datos, tras obtener la base de datos, la analiza con el programa IBM SPSS Statistics, analizará los resultados obtenidos de las diferentes variables medidas y establecerá los resultados mediante un informe. El investigador principal a través de estos resultados redactará el estudio y lo enviará para que sea publicado.

6.4 Lugar de realización del proyecto

El lugar donde se va a realizar la mayor parte del estudio va a ser la Escuela Universitaria de Enfermería y Fisioterapia San Juan de Dios de la Universidad Pontificia Comillas (Av. San Juan de Dios, 1, 28350 Ciempozuelos, Madrid). Concretamente, en el laboratorio donde se encuentra el dinamómetro PRIMUS RS de BTE, además se alquilará una prensa de pierna isoinercial, y un manguito de presión Delfi Personalized Tourniquet System para los ejercicios de los diferentes protocolos. Además, se obtendrán bandas inelásticas y cuñas de 25º de inclinación.

El tratamiento se realizará en las diferentes aulas de fisioterapia de la escuela, donde estarán los 5 fisioterapeutas de un grupo en concreto con los sujetos que citen, siempre se les realizará el tratamiento el último día de ejercicio de la semana.

Además, el investigador principal tendrá que moverse a las distintas federaciones y clubes para que le deriven los pacientes diagnosticados de tendinopatía rotuliana a la escuela para el desarrollo del estudio.

7. Listado de referencia

1. Janssen I, van der Worp H, Hensing S, Zwerver J. Investigating Achilles and patellar tendinopathy prevalence in elite athletics. *Res Sports Med* 2018;26(1):1–12.
2. Sprague AL, Smith AH, Knox P, Pohlig RT, Grävare Silbernagel K. Modifiable risk factors for patellar tendinopathy in athletes: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med* 2018 Dec;52(24):1575–1585.
3. López-Royo MP, Gómez-Trullén EM, Ortiz-Lucas M, Galán-Díaz RM, Bataller-Cervero AV, Al-Boloushi Z, et al. Comparative study of treatment interventions for patellar tendinopathy: a protocol for a randomised controlled trial. *BMJ Open* 2020 Feb 16;10(2):e034304–034304.
4. Frizziero A, Vittadini F, Fusco A, Giombini A, Masiero S. Efficacy of eccentric exercise in lower limb tendinopathies in athletes. *J Sports Med Phys Fitness* 2016 Nov;56(11):1352–1358.
5. Keefer Hutchison M, Patterson C, Cuddeford T, Dudley R, Sorenson E, Brumitt J. Low prevalence of patellar tendon abnormality and low incidence of patellar tendinopathy in female collegiate volleyball players. *Res Sports Med* 2020;28(2):155–167.
6. Scattone Silva R, Purdam CR, Fearon AM, Spratford WA, Kenneally-Dabrowski C, Preston P, et al. Effects of Altering Trunk Position during Landings on Patellar Tendon Force and Pain. *Med Sci Sports Exerc* 2017 Dec;49(12):2517–2527.
7. Hutchison MK, Houck J, Cuddeford T, Dorociak R, Brumitt J. Prevalence of Patellar Tendinopathy and Patellar Tendon Abnormality in Male Collegiate Basketball Players: A Cross-Sectional Study. *J Athl Train* 2019 Sep;54(9):953–958.
8. Owoeye OBA, Palacios-Derflingher L, Pasanen K, Hubka Rao T, Wiley P, Emery CA. The Burden and Risk Factors of Patellar and Achilles Tendinopathy in Youth Basketball: A Cohort Study. *Int J Environ Res Public Health* 2021 Sep 8;18(18):9480. doi: 10.3390/ijerph18189480.
9. Janssen I, Steele JR, Munro BJ, Brown NAT. Predicting the patellar tendon force generated when landing from a jump. *Med Sci Sports Exerc* 2013 May;45(5):927–934.
10. Ito N, Scattone Silva R, Grävare Silbernagel K. Location of Measurement Matters: Unveiling Regional Dynamics and Sex Differences in Patellar Tendon Strain In Vivo. *Scand J Med Sci Sports* 2024 Aug;34(8):e14712.
11. Durcan L, Coole A, McCarthy E, Johnston C, Webb MJ, O'Shea FD, et al. The prevalence of patellar tendinopathy in elite academy rugby: a clinical and imaging study. *J Sci Med Sport* 2014 Mar;17(2):173–176.
12. Cushman DM, Carefoot A, Corcoran B, Vu L, Fredericson M, Fausett C, et al. Prevalence of Sonographic Achilles Tendon, Patellar Tendon, and Plantar Fascia Abnormalities in Division I Collegiate Athletes From a Variety of Sports. *Clin J Sport Med* 2024;34(3):297–303.

13. Kraemer R, Knobloch K. A soccer-specific balance training program for hamstring muscle and patellar and achilles tendon injuries: an intervention study in premier league female soccer. *Am J Sports Med* 2009 Jul;37(7):1384–1393.
14. Mendonça LD, Ocarino JM, Bittencourt NFN, Macedo LG, Fonseca ST. Association of Hip and Foot Factors With Patellar Tendinopathy (Jumper's Knee) in Athletes. *J Orthop Sports Phys Ther* 2018 Sep;48(9):676–684.
15. Lopezosa-Reca E, Gijon-Nogueron G, Morales-Asencio JM, Cervera-Marin JA, Luque-Suarez A. Is There Any Association Between Foot Posture and Lower Limb-Related Injuries in Professional Male Basketball Players? A Cross-Sectional Study. *Clin J Sport Med* 2020 Jan;30(1):46–51.
16. Zwerver J, Bredeweg SW, Hof AL. Biomechanical analysis of the single-leg decline squat. *Br J Sports Med* 2007;41(4):264–268.
17. Hägglund M, Zwerver J, Ekstrand J. Epidemiology of patellar tendinopathy in elite male soccer players. *Am J Sports Med* 2011 Sep;39(9):1906–1911.
18. Cassel M, Risch L, Intziagianni K, Mueller J, Stoll J, Brecht P, et al. Incidence of Achilles and Patellar Tendinopathy in Adolescent Elite Athletes. *Int J Sports Med* 2018 Sep;39(9):726–732.
19. Tayfur A, Şendil A, Sezik AÇ, Kaux J, Sancho I, Le Sant G, et al. Self-reported bio-psycho-social factors partially distinguish patellar tendinopathy from other knee problems and explain patellar tendinopathy severity in jumping athletes: A case-control study. *Phys Ther Sport* 2023 May;61:57–65.
20. Gual G, Fort-Vanmeerhaeghe A, Romero-Rodríguez D, Tesch PA. Effects of In-Season Inertial Resistance Training With Eccentric Overload in a Sports Population at Risk for Patellar Tendinopathy. *J Strength Cond Res* 2016 Jul;30(7):1834–1842.
21. Janssen I, Steele JR, Munro BJ, Brown NAT. Previously identified patellar tendinopathy risk factors differ between elite and sub-elite volleyball players. *Scand J Med Sci Sports* 2015 Jun;25(3):308–314.
22. Cencini S, Perrott M, Docking S, Cook J. Proximal patellar tendon abnormalities on ultrasound can develop in male adolescent basketball players: A longitudinal study. *Phys Ther Sport* 2023 Mar;60:63–69.
23. Janssen I, Steele JR, Munro BJ, Brown NAT. Sex differences in neuromuscular recruitment are not related to patellar tendon load. *Med Sci Sports Exerc* 2014 Jul;46(7):1410–1416.
24. Rosen AB, Wellsandt E, Nicola M, Tao MA. Clinical Management of Patellar Tendinopathy. *J Athl Train* 2022 Jul 1;57(7):621–631.
25. Ho K, Kulig K. Changes in water content in response to an acute bout of eccentric loading in a patellar tendon with a history of tendinopathy: A case report. *Physiother Theory Pract* 2016 Oct;32(7):566–570.
26. Aicale R, Oliviero A, Maffulli N. Management of Achilles and patellar tendinopathy: what we know, what we can do. *J Foot Ankle Res* 2020 Sep 29;13(1):59–8.

27. McCreesh KM, Riley SJ, Crotty JM. Neovascularity in patellar tendinopathy and the response to eccentric training: a case report using Power Doppler ultrasound. *Man Ther* 2013 Dec;18(6):602–605.
28. Theodorou A, Komnos G, Hantes M. Patellar tendinopathy: an overview of prevalence, risk factors, screening, diagnosis, treatment and prevention. *Arch Orthop Trauma Surg* 2023 Nov;143(11):6695–6705.
29. Rudavsky A, Cook J. Physiotherapy management of patellar tendinopathy (jumper's knee). *J Physiother* 2014 Sep;60(3):122–129.
30. Chen P, Wu K, Chou W, Huang Y, Wang L, Yang T, et al. Comparative Effectiveness of Different Nonsurgical Treatments for Patellar Tendinopathy: A Systematic Review and Network Meta-analysis. *Arthroscopy* 2019;35(11):3117.
31. Rosen AB, Ko J, Brown CN. The relationship between acute pain and dynamic postural stability indices in individuals with patellar tendinopathy. *Gait Posture* 2018 Sep;65:117–120.
32. Andriolo L, Altamura SA, Reale D, Candrian C, Zaffagnini S, Filardo G. Nonsurgical Treatments of Patellar Tendinopathy: Multiple Injections of Platelet-Rich Plasma Are a Suitable Option: A Systematic Review and Meta-analysis. *Am J Sports Med* 2019 Mar;47(4):1001–1018.
33. Vander Doelen T, Scott A. Multimodal management of patellar tendinopathy in basketball players: A retrospective chart review pilot study. *J Bodyw Mov Ther* 2020 Jul;24(3):267–272.
34. Marigi EM, Buckley P, Razi F, Abbas MJ, Jildeh TR, Camp CL, et al. Patellar Tendinopathy: Critical Analysis Review of Current Nonoperative Treatments. *JBJS Rev* 2022 Mar 8;10(3):10.2106/JBJS.RVW.21.00168.
35. Abat F, Gelber PE, Polidori F, Monllau JC, Sanchez-Ibañez JM. Clinical results after ultrasound-guided intratissue percutaneous electrolysis (EPI®) and eccentric exercise in the treatment of patellar tendinopathy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2015 Apr;23(4):1046–1052.
36. Pruna R, Medina D, Rodas G, Artells R. Patellar tendinopathy. Therapeutic model in the sport medicine. *Med Clin (Barc)* 2013 Aug 4;141(3):119–124.
37. Chaves P, Simões D, Paço M, Silva S, Pinho F, Duarte JA, et al. Deep Friction Massage in the Management of Patellar Tendinopathy in Athletes: Short-Term Clinical Outcomes. *J Sport Rehabil* 2019 Sep 30;29(7):860–865.
38. Rodriguez-Merchan EC. The treatment of patellar tendinopathy. *J Orthop Traumatol* 2013 Jun;14(2):77–81.
39. Muaidi QI. Rehabilitation of patellar tendinopathy. *J Musculoskelet Neuronal Interact* 2020 Dec 1;20(4):535–540.
40. Christian RA, Rossy WH, Sherman OH. Patellar tendinopathy - recent developments toward treatment. *Bull Hosp Jt Dis (2013)* 2014;72(3):217–224.

41. Mersmann F, Domroes T, Pentidis N, Tsai M, Bohm S, Schroll A, et al. Prevention of strain-induced impairments of patellar tendon micromorphology in adolescent athletes. *Scand J Med Sci Sports* 2021 Aug;31(8):1708–1718.
42. Dimitrios S, Pantelis M, Kalliopi S. Comparing the effects of eccentric training with eccentric training and static stretching exercises in the treatment of patellar tendinopathy. A controlled clinical trial. *Clin Rehabil* 2012 May;26(5):423–430.
43. Kongsgaard M, Kovanen V, Aagaard P, Doessing S, Hansen P, Laursen AH, et al. Corticosteroid injections, eccentric decline squat training and heavy slow resistance training in patellar tendinopathy. *Scand J Med Sci Sports* 2009 Dec;19(6):790–802.
44. Basas Á, Cook J, Gómez MA, Rafael MA, Ramirez C, Medeiros B, et al. Effects of a strength protocol combined with electrical stimulation on patellar tendinopathy: 42 months retrospective follow-up on 6 high-level jumping athletes. *Phys Ther Sport* 2018 Nov;34:105–112.
45. Kongsgaard M, Qvortrup K, Larsen J, Aagaard P, Doessing S, Hansen P, et al. Fibril morphology and tendon mechanical properties in patellar tendinopathy: effects of heavy slow resistance training. *Am J Sports Med* 2010 Apr;38(4):749–756.
46. Hagen M, Chebly J, Dhaen B, Fassian N, Salvalaggio M, Catelli DS, et al. Peak patellar tendon force progressions during heavy load single-leg squats on level ground and decline board. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2024 Feb;112:106179.
47. Agergaard A, Svensson RB, Malmgaard-Clausen NM, Couppé C, Hjortshøj MH, Doessing S, et al. Clinical Outcomes, Structure, and Function Improve With Both Heavy and Moderate Loads in the Treatment of Patellar Tendinopathy: A Randomized Clinical Trial. *Am J Sports Med* 2021 Mar;49(4):982–993.
48. de Vries A, Zwerver J, Diercks R, Tak I, van Berkel S, van Cingel R, et al. Effect of patellar strap and sports tape on pain in patellar tendinopathy: A randomized controlled trial. *Scand J Med Sci Sports* 2016 Oct;26(10):1217–1224.
49. Hagen M, Van Rossom S, Catelli DS, Verschueren S, Vanrenterghem J. External weight mass and carrying position influence peak patellar tendon force and patellofemoral joint contact force independently during forward lunge. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2023 Dec;110:106127.
50. van Ark M, Rio E, Cook J, van den Akker-Scheek I, Gaida JE, Zwerver J, et al. Clinical Improvements Are Not Explained by Changes in Tendon Structure on Ultrasound Tissue Characterization After an Exercise Program for Patellar Tendinopathy. *Am J Phys Med Rehabil* 2018 Oct;97(10):708–714.
51. van Ark M, Cook JL, Docking SI, Zwerver J, Gaida JE, van den Akker-Scheek I, et al. Do isometric and isotonic exercise programs reduce pain in athletes with patellar tendinopathy in-season? A randomised clinical trial. *J Sci Med Sport* 2016 Sep;19(9):702–706.
52. Vang C, Niznik A. The Effectiveness of Isometric Contractions Compared With Isotonic Contractions in Reducing Pain For In-Season Athletes With Patellar Tendinopathy. *J Sport Rehabil* 2020 Oct 12;30(3):512–515.

- 53.Cuddeford T, Brumitt J. In-Season Rehabilitation Program using Blood Flow Restriction Therapy for Two Decathletes with Patellar Tendinopathy: a Case Report. *Int J Sports Phys Ther* 2020 Dec;15(6):1184–1195.
- 54.Ogrezeanu DC, López-Bueno L, Sanchís-Sánchez E, Carrasco JJ, Cuenca-Martínez F, Suso-Martí L, et al. Neuromuscular Responses and Perceptions of Health Status and Pain-Related Constructs in End-Stage Knee Osteoarthritis During Resistance Training With Blood Flow Restriction. *J Strength Cond Res* 2024 Apr 1;38(4):762–772.
- 55.Centner C, Jerger S, Lauber B, Seynnes O, Friedrich T, Lolli D, et al. Low-Load Blood Flow Restriction and High-Load Resistance Training Induce Comparable Changes in Patellar Tendon Properties. *Med Sci Sports Exerc* 2022 Apr 1;54(4):582–589.
- 56.Skovlund SV, Aagaard P, Larsen P, Svensson RB, Kjaer M, Magnusson SP, et al. The effect of low-load resistance training with blood flow restriction on chronic patellar tendinopathy — A case series. *Translational Sports Medicine* 2020;3(4):342–352.
- 57.Behringer M, Heinke L, Leyendecker J, Mester J. Effects of blood flow restriction during moderate-intensity eccentric knee extensions. *J Physiol Sci* 2018 -09;68(5):589–599.
- 58.Burton I. Blood Flow Restriction Training for Tendinopathy Rehabilitation: A Potential Alternative to Traditional Heavy-Load Resistance Training. *Rheumato* 2023;3(1):23–50.
- 59.Gray SM, Cuomo AM, Proppe CE, Traylor MK, Hill EC, Keller JL. Effects of Sex and Cuff Pressure on Physiological Responses during Blood Flow Restriction Resistance Exercise in Young Adults. *Med Sci Sports Exerc* 2023 May 1;55(5):920–931.
- 60.Lauver JD, Cayot TE, Rotarius TR, Scheuermann BW. Acute Neuromuscular and Microvascular Responses to Concentric and Eccentric Exercises With Blood Flow Restriction. *J Strength Cond Res* 2020 -10;34(10):2725–2733.
- 61.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* 2024 -02-16;12(2).
- 62.Satish M, Anumula K, Chaitanya Beku M, Murthy YSN. Measurement of Reliability in Grip Strength. *International Journal of Healthcare Science (IJHS)* 2014;1(1):1-6. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.5958/j.0973-5674.8.2.071>
- 63.Unidad de Dolor Crónico No Oncológico | IntegraMédicaAvailable at: <https://www.integramedica.cl/consultas-y-programas-medicos/programas-de-salud/unidad-de-dolor-cronico>. Accessed Mar 21, 2025.

Anexos

Anexo I: Solicitud al Comité Ético de Investigación Clínica.

Don/ Dña. Adrián del Cura Ruiz en calidad de Investigador Principal con DNI _____ y domicilio social en _____, Madrid.

Expone al: Hospital Universitario La Paz. Que desea llevar a cabo el ensayo clínico: Eficacia de los ejercicios excéntricos con restricción del flujo sanguíneo a baja carga frente a ejercicios excéntricos, en deportistas con tendinopatía rotuliana.

El proyecto se realizará en el laboratorio de biomecánica de la Escuela de Enfermería y Fisioterapia San Juan de Dios, ubicada en la Avenida San Juan de Dios, Ciempozuelos, (Madrid).

El estudio presente se realizará conforme al diseño planteado, se garantiza el cumplimiento de la normativa legal aplicable a los ensayos clínicos que se realizan en España, y se seguirán las normas éticas internacionales aceptada como es la declaración de Helsinki.

Adjunto a su vez la siguiente documentación:

- Copia del protocolo de ensayo clínico.
- Copia del Manual del Investigador.
- Copia del consentimiento informado a los sujetos.
- Copia de la hoja de información del estudio a los sujetos.
- Copia de los documentos de idoneidad de las instalaciones.
- Copia sobre la idoneidad del investigador principal y sus colaboradores.

Firmado:

Adrián del Cura Ruiz
Investigador Principal

En Madrid a _____ de _____ del 20__.

Anexo II: Documento explicativo del diseño del estudio para participantes.

Este documento va a explicar brevemente el diseño del estudio en el que está interesado en participar, debe entender el procedimiento del mismo.

Para participar en el proyecto “Eficacia de los ejercicios excéntricos con restricción del flujo sanguíneo a baja carga frente a ejercicios excéntricos, en deportistas con tendinopatía rotuliana”, deberá rellenar la documentación de información personal, los datos serán guardados por el investigador principal, y será confidencial siguiendo el Reglamento General de Protección de Datos y la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales aprobado en el BOE.

El lugar donde se va a realizar la mayor parte del estudio va a ser la Escuela Universitaria de Enfermería y Fisioterapia San Juan de Dios de la Universidad Pontificia Comillas (Av. San Juan de Dios, 1, 28350 Ciempozuelos, Madrid).

El objetivo principal del estudio es comparar la eficacia entre realizar ejercicios excéntricos con BFR a baja carga frente a ejercicios excéntricos mediante distintos protocolos en deportistas con tendinopatía rotuliana.

Para ello se medirán las siguientes variables:

- La variable dolor se medirá mediante una escala EVA (Anexo X) con una puntuación de 0 a 10 donde 0 es la ausencia de dolor y 10 es el máximo dolor experimentado, que nos permitirá cuantificar el dolor de los pacientes.
- La variable funcionalidad se medirá mediante el cuestionario de TR VISA-P (Anexo IX). Donde cada participante deberá rellenar un cuestionario donde se valoran varios ítems con una puntuación del 0 al 10 donde 0 es la ausencia de dolor y 10 es el máximo dolor que hayan experimentado, con una puntuación final entre 0 a 100.
- La variable fuerza máxima voluntaria isométrica se medirá con un dinamómetro, concretamente con el sistema PRIMUS RS 701 de BTE Technologies. Se harán 6 segundos de contracción isométrica con 12 segundos de descanso tras un esfuerzo máximo. Se realizarán 3 REPS y se descansará 1 minuto.
- La variable fuerza máxima isocinética, se medirá con un dinamómetro, concretamente

con el sistema PRIMUS RS, herramienta 701 de BTE Technologies. Se ajustará la herramienta a las características del paciente a 90° de flexión de cadera y rodilla, con un brazo de palanca de 30 centímetros. Se realizará sin descanso excepto al cambiar la prueba que se descansa 1 minuto entre cada prueba a diferentes velocidades. Los datos se guardarán en un Excel para exportar los parámetros de cada participante, al software de análisis de datos SPSS, los datos numéricos los extraerá el investigador. Se hará una flexión/extensión isocinética, modo concéntrico-concéntrico, con el apoyo en el aspecto anterior del tobillo a una velocidad de 30°/s con 3 REPS, 120°/s con 5 REPS y 180°/s con 10 REPS. Se medirá en Newtons (N).

Las mediciones se harán pre y postratamiento y se realizarán 72 horas antes del tratamiento y 72 horas después de acabar el tratamiento. Para el tratamiento deben traer ropa deportiva, cómoda a poder ser pantalones cortos.

Para los sujetos que les corresponda el grupo de BFR (restricción del flujo sanguíneo), el manguito de presión utilizado será un Delfi Personalized Tourniquet System, con un AOP del 80% del flujo sanguíneo en la extremidad inferior afecta, se posiciona en el tercio proximal del cuádriceps. Para cada protocolo puede variar, pero el tiempo que debe estar la BFR activa, debe ser progresivo, con el objetivo de habituar al paciente a esta oclusión. En los grupos con BFR, las cargas, no aumentarán.

El grupo 1 va a realizar un protocolo excéntrico. En este caso se utiliza una prensa de piernas isoinercial, donde en la fase ECC el dispositivo mantiene la misma fuerza que has ejercido en la fase CC. Durante el protocolo, la fase CC cada repetición se realiza con ambos miembros (para quitar carga, ya que solo nos queremos centrar en realizar el trabajo ECC), mientras que para la fase ECC solo se realiza con el miembro afecto con una flexión máxima de 60° de rodilla. Se realizarán 3 series de 10 repeticiones. Estos ejercicios se realizarán dos sesiones semanales durante dos semanas. El fisioterapeuta controlará en todo momento la velocidad y el estímulo de cada repetición corrigiendo la posición del paciente. Se mostrará una tabla a modo de calendario para los sujetos.

El grupo 2 va a realizar un protocolo excéntrico. En este protocolo los sujetos realizarán SLDS con una tabla inclinada de 25°, se llevará a cabo a una velocidad baja, les pediremos a los sujetos que hagan una cuenta regresiva de 30 durante la sentadilla, solo se centrará en la fase de bajada en la sentadilla (fase ECC), la fase de subida lo hará con ambos miembros. La carga irá aumentando de forma progresiva dentro de lo que tolere el paciente (continuar con el ejercicio, aunque tenga un dolor leve), si no había dolor se aumenta la carga dándole pesas

a las manos del paciente. Se le pedirá al paciente que realice 3 series de 15 REPS y se dará un tiempo de descanso de dos minutos entre cada serie. El protocolo se realizará cinco veces por semana durante cuatro semanas.

El grupo 3 va a realizar un protocolo excéntrico. Este protocolo de ejercicio tiene una duración total de doce semanas, donde se realizan los ejercicios tres veces por semana en días alternos para dejar algo de descanso entre cada día de trabajo. Cada dos semanas de trabajo, la tercera se disminuye la carga de trabajo, disminuyendo a dos los días de trabajo para evitar sobrecarga en el tendón. Los ejercicios se van a realizar con una banda inelástica en la zona proximal y posterior de la tibia que se enganchará a una espaldara, con el objetivo de sujetar al paciente en una posición de semi-sentadilla desplazando a posterior el centro de gravedad, además se va a añadir algún objeto que no se deslice, con el objetivo de que la cabeza de los metatarsianos de los pies se apoye en él y no se mueva el pie. Se realizarán ejercicios isométricos, se colocarán los electrodos en el cuádriceps y se realizarán los dos ejercicios descritos en el protocolo, se realizarán antes de los ECC e irán modificando sus series, repeticiones y parámetros en función de la semana. Los ejercicios excéntricos que van a realizar en este protocolo serán tres. El primer ejercicio el paciente se colocará en la posición de semi-sentadilla con el tope a la altura de los metatarsianos y la banda inelástica en la parte posterior de la rodilla, y tanto la cadera como la rodilla se encuentran a 90°. La fase excéntrica se realiza de forma lenta 3 segundos, se mantendrá otros 3 segundos de forma isométrica a 90° y la fase CC se hará de forma rápida en 1 segundo. El segundo ejercicio el sujeto se colocará en una posición similar al primer ejercicio es decir rodillas a 90° pero la cadera a 0° (aumenta la carga en el tendón ya que aumenta el brazo de palanca), las fases de contracción son iguales que en el primer ejercicio. El tercer ejercicio será mediante un apoyo monopodal con la rodilla a unos 75° de flexión. Se irán aumentando cargas de manera progresiva a lo largo de las semanas, de forma que aumentará un 15% del peso corporal del sujeto gradualmente mediante pesos.

El grupo 4 va a realizar un protocolo excéntrico. Se realizará ejercicio excéntrico en prensa de pierna isoinercial, se realizarán 4 series de 30/15/15/15 REPS, se realizarán 2 sesiones semanales durante 2 semanas, en las que en la fase CC cada repetición se realiza con ambos miembros, mientras que para la fase ECC solo se realiza con el miembro afecto con una flexión máxima de 60° de rodilla. En cuanto la aplicación del BFR, primero se procederá a colocar la BFR con un AOP del 80% del flujo en el tercio proximal del cuádriceps antes de realizar el ejercicio, posteriormente se realizará el ejercicio con la BFR activa. Al terminar los ejercicios, se procederá a mantener la restricción dos minutos y medio más y finalmente se volverá a establecer el flujo sanguíneo, el sujeto estará alrededor de 8 minutos con la oclusión

activa.

Para el grupo 5 va a realizar un protocolo excéntrico, mientras se produce una oclusión sanguínea. Se realizarán sentadilla unilateral con una tabla inclinada de 25° a una velocidad reducida, centrándose en la fase excéntrica (de bajada), mientras que la fase CC (de subida), se realizará con ambos miembros. La carga no aumentará, aunque no haya dolor por parte del paciente ya que al realizar los ejercicios junto a la BFR nos interesa trabajar con cargas bajas. Se realizarán 4 series de 30/15/15/15 REPS con un tiempo de descanso de un minuto en cada serie. Se realizará cinco veces por semana durante cuatro semanas. La BFR se colocará con un AOP del 80% del flujo en el tercio proximal del cuádriceps antes de realizar el ejercicio y se mantendrá durante todo el ejercicio. Al terminar el ejercicio, se mantendrá la restricción dos minutos y medio más y se volverá activar el flujo sanguíneo quitando la oclusión.

El grupo 6 va a realizar un protocolo excéntrico. Tendrá una duración de alrededor doce semanas, los ejercicios se realizarán tres veces por semana excepto la tercera, sexta, novena y duodécima semana donde se realizan dos veces por semana para disminuir la carga en el tendón. Además, al igual que el protocolo original, antes de los ejercicios excéntricos, se realizarán los dos ejercicios ISOM con electroestimulación (sin oclusión), los parámetros y duración de estos serán los mismos que el grupo 3. Los ejercicios que se van a realizar y la forma de realizarlos incluyendo la banda inelástica y el objeto antideslizante, también son los mismos que los del grupo 3 pero se hará modificando el protocolo y adaptándolo a la restricción del flujo sanguíneo y no se aumentarán las cargas durante las semanas a diferencia del protocolo original, si no que se seguirá la progresión del protocolo de restricción del flujo sanguíneo. Las fases de contracción son las mismas que el grupo 3. Se irá aumentando el tiempo en el que el sujeto tiene la restricción del flujo activa progresivamente. Es decir, las primeras cuatro semanas, se aplicará la BFR, se realizará el ejercicio y se mantendrá la oclusión dos minutos y medio más para que el sujeto se habitúe. Tras la cuarta semana, en la que se añade el segundo ejercicio, entre un ejercicio y otro se retirará la oclusión, se descansará 5 minutos y medio y se volverá a aplicar la oclusión, se mantiene durante el segundo ejercicio y se retira al final de este, esto tendrá lugar las semanas cinco y seis. Las semanas siete y ocho la BFR se aplicará al principio del tratamiento y se mantendrá durante los dos ejercicios retirándose al final. En las semanas nueve y diez, la oclusión se implantará antes del comienzo del primer ejercicio y se mantendrá durante los ejercicios uno y dos, se retira antes del ejercicio tres con un descanso de cinco minutos y medio y posteriormente se vuelve a activar para el tercer ejercicio, retirándose al final. Por último, durante las semanas once y doce, la BFR se mantendrá durante los 3 ejercicios y se restablecerá al terminar.

Además, a cada participante una vez a la semana se le realizará el protocolo habitual, será común para los 6 grupos.

Posibles riesgos:

- Podría llegar a sufrir trombosis debido a la BFR, si no sigue las indicaciones del fisioterapeuta y se hace un mal uso de este.
- Puede llegar a tener dolor y/o fatiga muscular, incluso mareos tras realizar las mediciones al ser un esfuerzo máximo.
- Si tiene algún tipo de molestia durante el estudio comunicárselo al fisioterapeuta asignado a cada grupo.

Al firmar este documento, comprende en que consiste el estudio y está de acuerdo en formar parte de este.

Firma:

En Madrid a ___ de ___ del 20__.

Anexo III: Hoja de información personal

El siguiente documento será confidencial siguiendo el Reglamento General de Protección de Datos y la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales aprobado en el BOE.

Los datos serán custodiados exclusivamente por los investigadores. Durante el estudio no aparecerá ningún dato personal y serán recopilados con el fin de recopilar información necesaria para el estudio y para al final de este, enviar toda la información y resolución del estudio a cada participante a través del correo electrónico y si lo desean a través de su dirección postal.

Rellene los siguientes apartados:

NOMBRE: _____ APELLIDOS: _____

FECHA DE NACIMIENTO: _____ SEXO: _____

NACIONALIDAD: _____

DNI/PASAPORTE/NIE: _____

CORREO ELECTRONICO: _____

DIRECCIÓN: _____

LOCALIDAD: _____ PROVINCIA: _____

CÓDIGO POSTAL: _____

TELEFONO DE CONTACTO: _____

Firmado por:

En Madrid, a ____ de ____ del 20__.

Anexo IV: Consentimiento informado

Se va a realizar el siguiente estudio de investigación: “Eficacia de los ejercicios excéntricos con restricción del flujo sanguíneo a baja carga frente a ejercicios excéntricos, en deportistas con tendinopatía rotuliana”.

Investigador principal: Adrián del Cura Ruiz

Teléfono de contacto: (Teléfono de contacto).

Correo electrónico de contacto: (Correo electrónico de contacto)

D. / Dña. _____ con DNI _____. He sido informado/a sobre el protocolo terapéutico que se me va a realizar y me han destacado con vital importancia y relevancia de precisar este documento informado. Contaré con la disponibilidad correspondiente para realizar las cuestiones deseables acerca de las intervenciones y/o procedimientos utilizados durante la investigación. A través de la firma declaro, mi consentimiento para ser tratado con los procesos y/o intervenciones entendiendo y teniendo consentimiento suficiente para comprender en que van a consistir cada una de ellas, además de haber firmado la *Hoja de información sobre el estudio al paciente*.

Declaro haber leído y rellenado toda la información proporcionada a los investigadores de forma veraz y clara. Consiento que mis datos sean utilizados por el investigador para el desarrollo del estudio pero que en ningún caso serán publicados ni usados para cualquier otra función que no sea explícitamente mandarme información y/o documentación del propio estudio. Entiendo que se mantendrá mi anonimato en todo momento durante el estudio y que las publicaciones que se hagan serán de forma anónima, y que no recibiré compensación económica de ningún tipo por participar en este proyecto de investigación.

Conozco que toda la ejecución durante esta intervención estará realizada y/o supervisado por un fisioterapeuta colegiado. Para finalizar, comprendo mi derecho para revocar el presente documento de manera previa o durante el desarrollo de este, de forma libre y sin ningún tipo de repercusión tanto económica como legal, teniendo que firmar el siguiente documento: *Hoja de renuncia*.

He leído y he recibido una copia del presente documento y otra de *la Hoja de información sobre el estudio al paciente*.

Firma:

En Madrid a _____ de _____ del 20__.

Anexo V: Hoja de renuncia

D. / Dña. _____ con DNI _____.

Con fecha de ____ de ____ de 20___. Solicito la revocación del consentimiento informado declarado en fecha _____ de ____ de 20__ en el estudio de investigación "Eficacia de los ejercicios excéntricos con restricción del flujo sanguíneo a baja carga frente a ejercicios excéntricos, en deportistas con tendinopatía rotuliana". En virtud de mi propio derecho, para que conste y tenga efecto, firmo el presente documento:

Firma:

En Madrid a ____ de ____ del 20__.

Anexo VI: Extraído literalmente del Protocolo de Abat et al. (35)

Los pacientes recibieron sesiones consecutivas de EPI cada 2 semanas y 2 sesiones semanales de entrenamiento con ejercicios excéntricos utilizando una máquina de prensa de pierna isoinercial de resistencia (YoYo™ Technology AB, Estocolmo, Suecia). Los ejercicios excéntricos se realizaron en tres series de diez repeticiones dos veces a la semana, con el objetivo de lograr la maduración de las fibras de colágeno. Cada repetición se realizó con la fase concéntrica con ambas extremidades, mientras que la fase excéntrica solo se realizó con la pierna afectada, con una flexión máxima de 60 grados en la rodilla.

Los pacientes recibieron tratamiento EPI guiado por ecografía hasta un máximo de diez sesiones. El tratamiento finalizó cuando los pacientes estaban libres de síntomas o si no se producía ninguna mejora en términos de dolor o funcionalidad en esas diez sesiones.

Anexo VII: extraído literal del protocolo de Stasinopoulos et al. (42)

El protocolo se describe como: el entrenamiento excéntrico fue el mismo para ambos grupos. Como ejercicios excéntricos, los participantes realizaron tres series de 15 repeticiones de sentadillas unilaterales en una tabla con una inclinación de 25°. La sentadilla se realizó a baja velocidad en cada sesión de tratamiento. Los pacientes contaron hasta 30 durante la sentadilla. A medida que se pasaba de la posición de pie a la posición de sentadilla, el músculo cuádriceps y el tendón patelar, por inferencia, fueron cargados excéntricamente; no se realizó carga concéntrica posterior, ya que la pierna no lesionada se utilizó para volver a la posición inicial.

Al principio, la carga consistía solo en el peso corporal, y los participantes estaban de pie con todo su peso corporal sobre la pierna lesionada. Se les indicó que continuaran con el ejercicio incluso si experimentaban dolor leve. Sin embargo, se les dijo que detuvieran el ejercicio si el dolor se volvía incapacitante. Cuando la sentadilla fue sin dolor, se aumentó la carga sosteniendo pesas en las manos. Entre cada serie hubo un descanso de dos minutos.

En el grupo de entrenamiento excéntrico y ejercicios de estiramiento estático, se realizaron ejercicios de estiramiento estático antes y después del entrenamiento excéntrico, tal como lo describen Jensen y Di Fabio. Cada estiramiento duraba 30 segundos y había un descanso de un minuto entre cada estiramiento. Cada sesión de entrenamiento debía completarse una vez al día, cinco veces por semana, durante cuatro semanas y se individualizó en función de la descripción del dolor experimentado por el paciente durante el procedimiento.

Se midieron el dolor, la función y la tasa de abandono en el presente estudio. Cada paciente fue evaluado al inicio (semana 0), al final del tratamiento (semana 4) y a los seis meses (semana 24) después de terminar el tratamiento.

Se utilizó el cuestionario VISA-P para monitorear el dolor y la función de los pacientes.

Anexo VIII: Extraído literal del Protocolo de Basas et al. (44)

El protocolo consistió en la combinación de ejercicios de fortalecimiento que someten al tendón a cargas graduales y controladas hasta situaciones que implican cargas máximas del tendón. El primero de los ejercicios emplea estimulación eléctrica isométrica durante el estiramiento, y el segundo utiliza contracciones musculares excéntricas, isométricas y concéntricas, realizadas en este orden.

La duración total del protocolo fue de doce semanas en la pretemporada de invierno y diez semanas en la pretemporada de verano. Los participantes completaron el protocolo tres veces a la semana en días alternos, excepto en las semanas 3, 6, 9 y 12, cuando lo realizaron dos veces a la semana para evitar la sobreestimulación del tendón. Este horario específico coincide con los microciclos de entrenamiento de los atletas. La primera semana de cada microciclo es de entrenamiento de alta intensidad, la segunda es de intensidad aún mayor, y la tercera es de baja intensidad para promover la regeneración y la supercompensación del entrenamiento. Descripción de los ejercicios:

- Ejercicio ISOM 1: Estimulación eléctrica isométrica del músculo cuádriceps estirado. El atleta se sienta con la rodilla bloqueada a 90°. Inmediatamente antes de la estimulación eléctrica, se le pide al atleta que realice una contracción voluntaria del cuádriceps según la intensidad mostrada en la. La intensidad de la corriente se aumenta hasta que supere la contracción voluntaria previa. El atleta debe notar que la contracción inducida por la estimulación eléctrica es más intensa que la voluntaria anterior. Este aumento en la contracción debe ser visible y palpable debido al incremento del tono muscular. La contracción voluntaria se mantiene durante el tiempo que la corriente actúa para conservar la conexión neuromuscular. Las intensidades de corriente establecidas por el protocolo aumentan gradualmente de baja a alta, y deben incrementarse semana a semana hasta alcanzar el nivel máximo, que será la intensidad que supera la contracción voluntaria máxima del atleta.
- Ejercicio ISOM 2: Estimulación eléctrica isométrica del músculo cuádriceps en una posición de mayor tensión. El atleta se acuesta para estirar más el recto femoral, manteniendo la rodilla bloqueada a 90°. Esta posición aumentará la carga sobre el tendón patelar. La otra pierna se mantiene flexionada sobre la mesa para proteger la zona lumbar.



Ilustración 13. Ejercicios isométricos. (44)



Ilustración 14. Colocación electrodos. (44)

		Ancho de impulso	Frecuencia	Tiempo ON	Rampa de subida	Tiempo OFF	Intensidad
Sem 1.	Ejercicio ISOM 1: 4x12	350 μ s	40 Hz	4 s	0,25 s	8 s	Baja
Sem 2.	Ejercicio ISOM 1: 2x12 Ejercicio ISOM 2: 2x12	340 μ s	45 Hz	4 s	0,20 s	8 s	Media
Sem 3.	Ejercicio ISOM 1: 2x12 Ejercicio ISOM 2: 2x12	330 μ s	50 Hz	4 s	0,15 s	8 s	Media
Sem 4.	Ejercicio ISOM 1: 2x10 Ejercicio ISOM 2: 2x10	320 μ s	55 Hz	4 s	0,10 s	8 s	Submáxima
Sem 5.	Ejercicio ISOM 1: 2x10 Ejercicio ISOM 2: 2x10	310 μ s	60 Hz	4 s	0,05 s	8 s	Submáxima
Sem 6.	Ejercicio ISOM 1: 2x10 Ejercicio ISOM 2: 2x10	300 μ s	65 Hz	4 s	0 s	8 s	Submáxima
Sem 7.	Ejercicio ISOM 1: 2x8 Ejercicio ISOM 2: 2x8	290 μ s	70 Hz	4 s	0 s	8 s	Máxima
Sem 8.	Ejercicio ISOM 1: 2x8 Ejercicio ISOM 2: 2x8	280 μ s	75 Hz	3 s	0 s	8 s	Máxima
Sem 9.	Ejercicio ISOM 1: 2x8 Ejercicio ISOM 2: 2x8	270 μ s	80 Hz	3 s	0 s	8 s	Máxima
Sem 10.	Ejercicio ISOM 1: 2x6 Ejercicio ISOM 2: 2x6	260 μ s	85 Hz	2 s	0 s	8 s	Máxima
Sem 11.	Ejercicio ISOM 1: 2x6 Ejercicio ISOM 2: 2x6	250 μ s	90 Hz	2 s	0 s	8 s	Máxima
Sem 12.	Ejercicio ISOM 1: 2x6 Ejercicio ISOM 2: 2x6	240 μ s	95 Hz	2 s	0 s	8 s	Máxima

Tabla 17. Tabla Ejercicios ISOM y parámetros electroestimulación. Elaboración propia.

- Ejercicio 3, 4, 5: Ejercicios excéntricos + isométricos + concéntricos: Se utilizaron cinturones o bandas inelásticas para los ejercicios, lo que permitió mantener al atleta en una posición semi-sentada (semi-cuclillas) con el centro de gravedad desplazado hacia atrás.
 - Ejercicio 3: Ejercicio excéntrico + isométrico + concéntrico bipodal del cuádriceps con la rodilla y cadera a 90°. Este ejercicio consta de 3 fases:
 - a) una primera fase excéntrica, desde la posición de pie hasta una posición sentada, de 0° a 90° de rodilla-cadera, bajando lentamente durante 3 segundos;
 - b) una segunda fase isométrica, manteniendo las rodillas y caderas dobladas a 90° durante 3 segundos adicionales;
 - c) una tercera fase concéntrica, en la que el atleta regresa a la posición inicial de pie en 1 segundo.
 Para avanzar en el protocolo, se añaden cargas gradualmente, comenzando con el 15% del peso corporal, utilizando chalecos o pesas añadidas al pecho. Esto se denominará “3+”. (Cada “+” representa un aumento del 15% en el peso corporal).
 - Ejercicio 4: Ejercicio excéntrico + isométrico + concéntrico bipodal con la rodilla a 90° y la cadera a 0°. Lo mismo que el ejercicio anterior, pero manteniendo la cadera a 0°. La carga sobre el tendón se incrementará por el brazo de palanca creado y la carga ejercida por el estiramiento del recto femoral. Se añaden pesas gradualmente, denominadas “4+”.
 - Ejercicio 5: Ejercicio excéntrico + isométrico + concéntrico unipodal con la rodilla a 75°. Se añaden pesas gradualmente, denominadas “5+”.

Anexo IX: Cuestionario VISA-P. Elaboración propia. Basado en el estudio realizado por Pruna, P et al. (36)

Este cuestionario se encarga de valorar la gravedad de los síntomas en sujetos diagnosticados con tendinopatía rotuliana. El dolor será específico a nivel del tendón rotuliano. Se deberán contestar las preguntas según la intensidad del dolor en una escala de 0 a 10, donde 0 es la ausencia de dolor y 10 es el máximo dolor que pueda imaginar.

1- ¿Durante cuántos minutos puede estar sentado sin dolor?

0-15 min	15-30 min	30-60 min	60-90 min	90-120 min	>120 min	PUNTOS
0	2	4	6	8	10	-

2- ¿Le duele al bajar escaleras con paso normal?

Sin dolor

Dolor muy intenso

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	PUNTOS
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-

3- ¿Le duele la rodilla al extenderla completamente sin apoyar el pie en el suelo?

Sin dolor

Dolor muy intenso

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	PUNTOS
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-

4- ¿Tiene dolor en la rodilla al realizar una “zancada”?

Sin dolor

Dolor muy intenso

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	PUNTOS
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-

5- ¿Tiene problemas para ponerse en cuclillas?

Sin problemas

Incapaz

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	PUNTOS
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-

6- ¿Le duele al hacer 10 saltos seguidos sobre la pierna afectada o Inmediatamente después de hacerlos?

Sin dolor

Dolor muy intenso/ Incapacitante

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	PUNTOS
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-

7- ¿Practica algún deporte o actividad física en la actualidad?

0		No
4		Entrenamiento modificado y/o competición modificada
7		Entrenamiento completo y/o competición, pero a menor nivel que cuando empezaron los síntomas
10		Competición al mismo nivel o mayor que cuando empezaron los síntomas
PUNTOS		

8- Conteste solo a una pregunta A, B o C según su sintomatología

- Si **no tiene dolor** al realizar deporte, por favor, conteste sólo a la pregunta A
- Si tiene dolor mientras realiza el deporte pero éste **no le impide completar** la actividad, por favor, conteste únicamente la pregunta 8B
- Si tiene dolor en la rodilla y éste **le impide realizar deporte**, por favor, conteste solamente la pregunta 8C

A- Si **no tiene dolor** mientras realiza deporte, ¿cuánto tiempo puede estar entrenando o practicando? En minutos:

0-20 min	20-40 min	40-60 min	60-90 min	>90 min	PUNTOS
6	12	18	24	30	-

B- Si tiene cierto dolor mientras realiza deporte, pero éste **no obliga a interrumpir el entrenamiento** o la actividad física, ¿cuánto tiempo puede estar entrenando o haciendo deporte? En minutos:

0-15 min	15-30 min	30-45 min	45-60 min	>60 min	PUNTOS
0	5	10	15	20	-

C- Si tiene dolor que **le obliga a detener el entrenamiento** o práctica deportiva, ¿cuánto tiempo puede aguantar haciendo el deporte o la actividad física? En minutos:

Nada	0-10 min	10-20 min	20-30 min	>30 min	PUNTOS
0	2	5	7	10	-

PUNTUACION TOTAL	/100
-------------------------	-------------

Nombre:

Fecha:

Anexo X: Escala EVA (63)

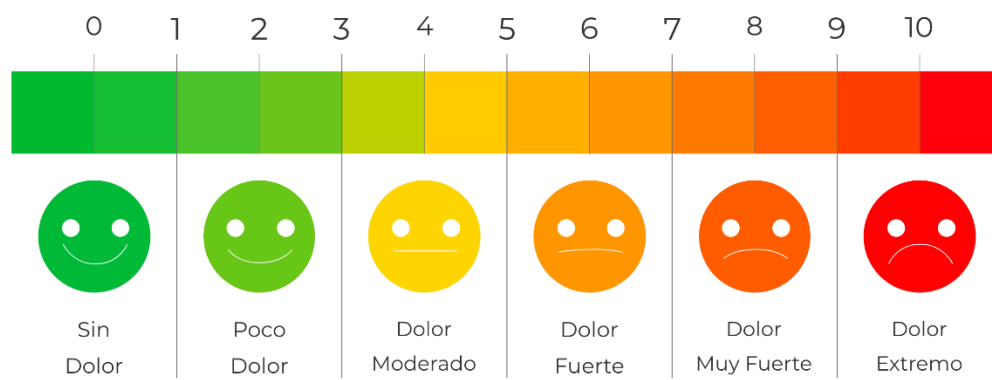


Ilustración 15. Escala EVA. (63)

Anexo XI: Tratamiento habitual

Además de los ejercicios de los grupos 1, 2 y 3 (grupo control), y de los ejercicios de los grupos 4, 5 y 6 (grupo intervención), se aplicará un protocolo de tratamiento habitual a todos los grupos una vez a la semana, el último día que realicen el ejercicio para evitar citarles otro día. Lo realizaremos el último día ya que después tienen mínimo 48 horas de reposo y así evitar tener cualquier tipo de molestias a la hora de realizar el protocolo de ejercicios causada por el tratamiento. Por lo tanto, el día del tratamiento varía dependiendo del grupo en el que se encuentre el sujeto.

El tratamiento que se va a realizar consistirá en:

- Terapia manual: descarga de cuádriceps, isquiotibiales, poplíteo, tríceps sural, glúteo medio. Estiramientos de la cadena anterior y de la cadena posterior. Masaje transversal profundo en la zona del tendón rotuliano. Terapia miofascial en cuádriceps.
- Cinesiterapia: pasiva y activa de miembros inferiores y de la rótula.
- Punción seca sobre la musculatura de miembro inferior, el tendón rotuliano y grasa de Hoffa.
- Crioterapia 15-20 minutos 3 veces al día.