



TRABAJO FINAL

Presentado para acceder al título de

ESPECIALISTA EN KINESIOLOGIA Y FISIOTERAPIA DEL DEPORTE

Título: “Efectos de la aplicación de restricción del flujo sanguíneo (BFR) en post quirúrgico de LCA”.

Autor:

Lic. Provenzano, Lucia María – N° 38597717

Director/a:

Esp. Ebery, Pablo – N° 30686289

**Lugar:
Rosario**

**Fecha de presentación
26/10/2023**

Firma autor:


LUCIA PROVENZANO.

INDICE:

I.	Resumen.....	1
II.	Introducción.....	3
III.	Objetivos.....	5
	a) Generales.....	5
	b) Específicos.....	5
IV.	Materiales y métodos.....	6
	a. Estrategia de Búsqueda Bibliográfica.....	6
	i. Palabras claves.....	6
	ii. Combinaciones de las palabras claves.....	6
	iii. Bases de datos de la literatura consultadas.....	7
	iv. Período de publicación analizado.....	7
	b. Generalidades del CC en relación a los métodos y procedimientos elegidos.....	7
V.	Desarrollo.....	12
	a. Análisis de la literatura recuperada.....	12
	i. Mecanismos con posible influencia en la respuesta hipertrófica al entrenamiento oclusivo	12
	ii. Consideraciones para el BFR.....	13
	iii. Ecuaciones predictivas	13
	iv. Modos de aplicación del BFR.....	15
	v. Riesgo en el uso del BFR.....	18
	vi. Contraindicaciones.....	24
	b. Caso Clínico (Presentación del caso)	25
	i. Diagnóstico médico.....	25
	ii. Estudios Complementarios.....	25
	iii. Evaluación Inicial.....	25
	iv. Plan de tratamiento.....	26
	a) Objetivos.....	26
	b) Tratamiento	27
VI.	Resultados	30
	A. Goniometría	30
	B. Perimetría.....	31
	C. Dinamometría.....	32
	D. Función de la rodilla.....	34
	E. Y balance test.....	35

VII.	Discusión.....	37
VIII.	Conclusiones.....	41
IX.	Referencias bibliográficas.....	42
X.	Anexos.....	45

I. RESUMEN

En un deportista tras una lesión y posterior reconstrucción del ligamento cruzado anterior, evitar la atrofia muscular y debilidad del cuádriceps es uno de los principales objetivos a corto plazo. Dentro del plan de rehabilitación, uno de los recursos para evitarla consiste en la restricción del flujo sanguíneo (BFR), con cargas del 20% de 1 RM, con presión de la oclusión arterial individual (POA) de 40 a 80% y con una frecuencia de 3 veces a la semana.

Objetivos: Analizar la evolución y los resultados en dos deportistas que realicen un programa de rehabilitación de terapia kinésica con y sin oclusión al flujo sanguíneo (BFR), durante la fase inicial de un post-operatorio de reconstrucción de ligamento cruzado anterior.

Materiales y Métodos: Los deportistas asistieron a la rehabilitación durante 4 meses, con una frecuencia de 3 veces por semana. Fueron evaluados desde el pre-quirúrgico hasta el 4to mes post-quirúrgico con diversos test: dinamometría pre-quirúrgica y al 3er mes post-quirúrgico, perimetría de muslo pre-quirúrgico, 1er y 3er mes, goniometría de rodilla y déficit de extensión con regla en "L" al 1er y 2do mes; función de la rodilla a través de la escala IKDC 1er y 3er mes, e "Y balance test" al 3er y 4to mes.

Resultados: Pasados los 3 meses post-quirúrgicos, hubo una caída de la fuerza en ambos pacientes en la pierna operada, siendo mayor en el paciente sin BFR. Con el test de dinamometría isométrica, el paciente con BFR tuvo valores de fuerza pico pre-quirúrgico en cuádriceps 341 (N) y en isquiosurales 218 (N). Al 3er mes el cuádriceps disminuyó el 19,94% a 273 (N) pero en isquiosurales aumentó el 28,44% a 280 (N). Mientras que, el paciente sin BFR la caída fue mayor, con valores pre-quirúrgico en cuádriceps de 287 (N) e isquiosurales 139 (N). Al 3er mes el cuádriceps disminuyó el 72,13% a 80 (N) e isquiosurales disminuyó el 9,35% a 126 (N). En perimetría, el paciente con BFR presentó valores pre-quirúrgicos de 60 cm en muslo proximal izquierdo y de 55 cm en muslo medio, y a los 3 meses de tratamiento los valores fueron de 59 cm en muslo proximal izquierdo y de 55 cm en muslo medio, llegando a los valores pre-quirúrgicos. En cambio, el paciente sin BFR tuvo valores pre-quirúrgicos de 57 cm en muslo proximal izquierdo y de 49 cm en muslo medio, y a los 3 meses de tratamiento, los valores fueron de 56 cm en muslo proximal izquierdo y de 48 cm en muslo medio, quedando 1 cm por debajo de los valores pre-quirúrgicos. En goniometría, la flexión del paciente con BFR fue de 84° a 130° y el déficit de extensión medido con regla en L fue de -0,5 cm y de +0,5 cm al 1er y 2do mes

post-quirúrgico, respectivamente. En cambio, en el paciente sin BFR la flexión fue 80° a 122° y el déficit de extensión fue -6 cm a -0,5 cm, al finalizar el 1er y 2do mes, respectivamente. En el IKDC, ambos pacientes obtuvieron una mejora del 1er mes al 3er mes post-quirúrgico. El paciente con BFR obtuvo un puntaje de 44,82 en el 1er mes y al 3er mes 49,42 y el paciente sin BFR al 1er mes tuvo un puntaje de 32,18 y al 3er mes 39,08. Esto evidencia una mejora de 4,6 puntos de la primera a la segunda evaluación en el paciente con BFR y una mejora de 6,9 puntos en el paciente sin BFR. En “Y balance test” se observaron diferencias entre la pierna operada y la no operada en las evaluaciones del 3er y 4to mes. En el paciente con BFR al 3er mes tuvo 2.5 cm en el composite y al 4to mes 1 cm. En el paciente sin BFR, en relación al composite al 3er mes obtuvo 7.7 cm y al 4to mes 4 cm.

Conclusión: el plan de rehabilitación con un protocolo BFR en una etapa inicial aplicado en este trabajo resultó ser beneficioso y podría ser de utilidad para llevar adelante la rehabilitación y la evolución clínica de un paciente intervenido quirúrgicamente de LCA utilizando la técnica de injerto cuadricepsital autólogo homolateral para su reconstrucción.

II. INTRODUCCION

La debilidad del cuádriceps persiste después de la reconstrucción del ligamento cruzado anterior (LCA). La atrofia muscular y la falta de activación pueden contribuir a dicha debilidad. Lo mencionado pudo observarse seis meses después de la reconstrucción del ligamento cruzado anterior donde se demostraron déficits sustanciales en las extremidades lesionadas versus las no lesionadas para la fuerza y el área de la sección transversal (AST), la cual estuvo fuertemente relacionada con la fuerza muscular.(1)

La falla de activación del cuádriceps a menudo se asocia con daño articular, derrame y dolor. Estos factores alteran la señal aferente enviada al sistema nervioso central, lo que conduce a una señal inhibitoria transmitida al grupo de motoneuronas del cuádriceps y una disminución en la actividad muscular voluntaria. (1)

La atrofia por desuso del cuádriceps ocurre después de la inmovilización de la articulación de la rodilla y puede contribuir a la debilidad del cuádriceps después de la lesión del LCA y posterior reconstrucción. Konishi y colaboradores (2) previamente informaron de un déficit de aproximadamente del 7% en el volumen total del cuádriceps en la extremidad reconstruida versus la contralateral en pacientes 6 a 12 meses después de la reconstrucción del LCA. Déficits del 3% en el volumen y el AST permanecieron de 12 a 18 meses después de la operación.(1)

El primer estudio sobre restricción del flujo sanguíneo (BFR) fue publicado en 1990. La técnica se popularizó en Japón en 1970, cuando el Dr. Yoshiaki Sato introdujo el concepto de entrenamiento de resistencia KAATSU o ejercicio isquémico que involucre resistencia muscular con un torniquete oclusivo venoso. En primera instancia se vieron aplicaciones para el desacondicionamiento en medicina geriátrica, pero durante los últimos 20 años se incrementó el alcance en su utilización como complemento de la terapia tradicional para lesiones musculoesqueléticas e incluso traumatismos ortopédicos civiles.(3)

La técnica utiliza la aplicación de un manguito neumático, similar a un torniquete, en la parte proximal de una extremidad superior o inferior. Se utiliza una presión seleccionada para proporcionar la oclusión vascular en la extremidad. El paciente luego realiza ejercicios de resistencia aproximadamente entre el 20% y el 30% de una repetición máxima (1RM). El volumen estándar del entrenamiento

generalmente se prescribe con una serie inicial de 30 repeticiones seguido de 3 series de 15 con períodos de descanso de 30 segundos entre series, para un total de 75 repeticiones. La práctica estándar consiste en mantener el brazalete inflado del manguito neumático, durante todas las series y periodos de descanso con una deflación después del ejercicio y un breve período de descanso antes de volverlo a inflar para ejercicios posteriores.(3)

Este entrenamiento combina el uso del BFR con ejercicios de baja intensidad y provoca la hipoxia tisular para el incremento de la fuerza y el tamaño muscular. Este tipo de entrenamiento se conoce como entrenamiento oclusivo (occlusive training) o entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo (blood flow restricted training).(4)

Este tipo de dispositivo, ya sea electrónico o manual (por ejemplo, esfignomanómetro), permiten controlar la presión durante la sesión de entrenamiento, que habitualmente se encuentra en el rango de 100-200 mmHg. Del mismo modo, es frecuente encontrar trabajos que expresen la presión de oclusión en relación con la presión arterial sistólica (PAS) del individuo. Además de la presión, hay otras variables con influencia en el nivel de oclusión, como la anchura de la banda (a mayor anchura, mayor oclusión para un mismo nivel de presión), el perímetro de la extremidad o la composición corporal del individuo.(4)

Por un lado, el ambiente hipóxico reduce la eficiencia muscular e incrementa el número de fibras activadas especialmente fibras rápidas para generar un determinado nivel de fuerza. Por otro lado, se ha demostrado que el entrenamiento oclusivo favorece la acumulación metabólica, aunque la inflamación muscular, la respuesta hormonal y el incremento de la tasa de síntesis proteica, intervienen en el proceso de hipertrofia después del entrenamiento en isquemia. (4)

III. **OBJETIVOS:**

a) **OBJETIVOS GENERALES:**

- Analizar la evolución y los resultados en deportistas que realicen un programa de rehabilitación de terapia kinésica con oclusión al flujo sanguíneo (BFR) y un programa de rehabilitación de terapia kinésica sin BFR durante la fase inicial de un post-operatorio de reconstrucción de ligamento cruzado anterior.

b) **OBJETIVOS ESPECIFICOS:**

- Evaluar los efectos de la utilización del BFR sumada a la terapia kinésica sobre la fuerza de cuádriceps e isquiosurales, perímetro del muslo, estabilidad dinámica y la función de la rodilla.
- Evaluar los efectos de la terapia kinésica sobre la fuerza de cuádriceps e isquiosurales, perímetro del muslo, estabilidad dinámica y la función de la rodilla.
- Comparar los resultados obtenidos entre ambas formas de rehabilitación.

IV. MATERIALES Y METODOS

a) Estrategia de Búsqueda Bibliográfica con todos sus componentes:

i. Palabras claves:

Mesh	Decs
Blood flow restriction	Restricción del flujo sanguíneo
Anterior Cruciate Ligament Reconstruction	Reconstrucción del Ligamento Cruzado Anterior
Muscle hypertrophy	Hipertrofia muscular
Muscular atrophy	Atrofia muscular
Rehabilitation	Rehabilitación
Muscle Contraction	Contracción Muscular
Anterior Cruciate ligament Injuries	Lesiones de Ligamento Cruzado Anterior
Muscle Strength	Fuerza Muscular
Dynamometer	Dinamómetro
Isometric Contraction	Contracción isométrica

ii. Combinaciones de las palabras claves:

("Muscular Atrophy"[Mesh]) AND "Anterior Cruciate Ligament Reconstruction/rehabilitation"[Mesh]

("Blood Flow Restriction Therapy"[Mesh]) AND "Rehabilitation"[Mesh]

("Blood Flow Restriction Therapy"[Mesh]) AND "Muscle Contraction"[Mesh]

("Anterior Cruciate Ligament Reconstruction/rehabilitation"[Mesh]) AND "Rehabilitation"[Mesh]

("Anterior Cruciate Ligament Injuries"[Mesh]) AND "Rehabilitation"[Mesh]

("Muscle Strength"[Mesh]) AND "Anterior Cruciate Ligament Reconstruction"[Mesh]

("Muscle Strength Dynamometer"[Mesh]) AND "Isometric Contraction"[Mesh]
("Muscle Strength Dynamometer"[Mesh]) AND "Myostatin-related muscle hypertrophy" [Supplementary Concept]

iii. Bases de datos de la literatura consultadas:

Se realizó la búsqueda bibliográfica en las bases incluidas en Pubmed y en el Portal Regional de la Biblioteca Virtual en Salud: Lilacs, Ibecs, Medline y Scielo.

iv. Período de publicación analizado:

El período de publicación que se consultó fue el comprendido entre los años 2002 y 2022.

b. Generalidades del CC en relación a los métodos y procedimientos elegidos:

Criterios de inclusión:

Se analizaron dos pacientes deportistas recreativos del mismo sexo, jóvenes con una diferencia de edad entre ellos de máximo 3 años, con post-operatorio de reconstrucción de ligamento cruzado anterior.

Criterios de exclusión:

Se excluyeron los pacientes con lesiones asociadas de:

- Lesión de ligamento cruzado posterior.
- Sutura meniscal.
- Reconstrucción del ligamento lateral interno.
- Lesión osteocondral grado 2 a 4.

Selección de caso clínico - caso control y procedimiento de evaluación:

A cada paciente se le asignó un protocolo de tratamiento, de forma aleatoria: A) caso clínico: protocolo combinado terapia kinésica con BFR; B) caso control: protocolo de rehabilitación kinésica sin BFR.

Se llevó a cabo un seguimiento durante un mes antes de la cirugía y los primeros 4 meses posteriores a la cirugía. Se realizaron las siguientes evaluaciones para ambos casos:

- Para fuerza muscular: Dinamómetro con celda de carga en un ángulo de 90° para la fuerza de cuádriceps y un ángulo de 90° para la fuerza de isquiosurales.

- Perímetro de muslo: Cinta métrica.
- Para movilidad articular: App “Medición” iPhone 13 y regla en L.
- Para la función: Cuestionario IKDC.
- Para estabilidad dinámica: “Y balance test” (test derivado del SEBT).

Dentro del proceso de rehabilitación se utilizó una serie de evaluaciones que permitió llevar adelante la evolución clínica de los deportistas. Dichas evaluaciones se realizaron desde un mes pre-quirúrgico al 4to mes post-quirúrgico y se detallan a continuación:

Goniometría:

Las aplicaciones (Apps) son herramientas fiables para su uso en cuidados ortopédico y ofrecen mejores puntajes de correlación intra e interobservador para una sola medición activa.(5)

Se utilizó en este CC la App “Medición” de iPhone 13. Para la medición de la flexión activa, los pacientes se colocaron en decúbito prono y se realizaron 3 mediciones. Se tomó la mejor marca alcanzada.

Por otro lado, para medir la pérdida de extensión de rodilla se utiliza la regla en L en la posición decúbito prono con la rodilla fuera del plano, la frente del paciente apoyado sobre el dorso de ambas manos. Colocando la rama fija en el talón de la pierna más descendida, se le pide al paciente que se relaje lo máximo posible durante 1 minuto, y con la rama móvil en la altura del talón de la pierna más elevada, se mide la diferencia en centímetros. En los adultos 1 cm de diferencia de altura equivale a 1° de déficit de extensión.(6)

Perímetro:

Para la medición de todos los perímetros se utiliza la llamada técnica de manos cruzadas, y la lectura se realiza de la cinta en donde, para una mejor visión, el cero es ubicado más en sentido lateral que medial, en el sujeto. Para medir los perímetros la cinta métrica se sostiene en ángulo recto a la extremidad o segmento corporal que está siendo medido, y la tensión de la cinta debe ser constante.(7)

Perímetro de muslo proximal:

El perímetro del muslo se toma 1cm por debajo del pliegue glúteo, perpendicular al eje longitudinal del muslo. El sujeto se para erecto, con los pies ligeramente separados, y el peso corporal distribuido equilibradamente entre ambos pies. Normalmente es útil pedirle al sujeto que se pare en un cajón o banquito para esta medición. Pasar la cinta alrededor de la porción inferior del muslo y luego deslizarla hacia arriba hasta lograr el plano correcto.(7)

Perímetro de muslo medio:

Es la medición del perímetro del muslo derecho tomada perpendicular al eje longitudinal del muslo. El tercio medio de muslo se tomó con cinta métrica, punto medio entre el trocánter y tibial lateral. El sujeto asume la misma posición que la descrita anteriormente para perímetro del muslo.(7)

Y balance test (test derivado del SEBT):

La prueba es utilizada para demostrar el nivel de estabilidad dinámica necesaria para predecir el riesgo de lesiones en las articulaciones de las extremidades inferiores.(8)

El paciente se pone de pie en una pierna en el centro de una cuadrícula, con el dedo hallux en la línea de salida. Manteniendo la postura de una sola pierna, se le indica al sujeto que alcance con la extremidad libre la parte anterior, posteromedial y posterolateral en relación con el pie de apoyo. El alcance máximo de la distancia se mide marcando la cinta métrica con tinta borrrable en el punto más distal alcanzado. Se descarta y se repite si el sujeto 1- no puede mantener la postura unipodal, 2- levanta o mueve el pie de apoyo, 3- descarga peso con el pie en el extremo libre, o 4- no puede volver el pie al punto de posición de partida. El proceso se repitió estando de pie sobre la otra pierna. La prueba se realizó tres veces y se tomó el mayor valor por cada tramo de dirección para el análisis de la distancia. En resumen el test: mide longitud de alcance en fase monopodal, las asimetrías de 4cm aumentan 2.5 veces el riesgo de lesión y el porcentaje de alcance menor al 94% de su longitud de miembro aumenta 6 veces el riesgo de lesión en mujeres. Además, se sumó la mayor distancia de alcance desde cada dirección para producir un compuesto de distancia de alcance para el análisis del rendimiento general en la prueba.(8)

Función de la rodilla:

El cuestionario del comité internacional de documentación de rodilla (IKDC) (ver anexo 1) es un formulario auto-informado, válido, confiable y de evaluación subjetiva para detectar mejoría o deterioro de síntomas, función y actividades deportivas.(9,10)

Se utiliza en pacientes con lesiones ligamentarias, meniscales, cartilaginosas, artrosis y dolor femoropatelar. Consiste en 18 ítems (7 para síntomas, 1 para participación deportiva, 9 para actividades diarias y 1 para función actual de la rodilla) donde las escalas de respuesta se modifican para cada elemento (escala Likert, escala de calificación numérica de 11 puntos, respuesta si/no). La

fiabilidad test – re test es adecuada para grupos de pacientes con lesiones de rodilla y patologías mixtas.(9,10)

Los puntos de las respuestas a cada tema se calculan usando un método de números ordinales, de forma tal que se da 0 puntos a las respuestas que representan el nivel más bajo de funcionamiento o el nivel más alto de los síntomas. El puntaje del formulario para la evaluación subjetiva de la rodilla se calcula al sumar los puntos de cada ítem individual, y luego se transforman los puntos a una escala que va de 0 a 100, excepto el punto 10 "Funcionamiento antes de que tuviera la lesión en la rodilla" que no se suma al total de los puntos. Para calcular el puntaje simplemente se suman los puntos de cada ítem (el número junto a cada respuesta), se divide por el máximo de puntos posibles (87) y se multiplica por 100. Se ha informado que el cambio mínimo detectable es de un puntaje de 8,8.(9)

Fuerza Muscular:

El dinamómetro con celda de carga (dispositivo portátil): es un amplificador de señal basado en un microcontrolador, que cuando se combina con una celda de carga y una microcomputadora, ofrece potencialmente una medida de fuerza personalizable de bajo costo. Este sistema es pequeño, liviano y consume poca energía. Se puede programar para diferentes rangos de peso con algunas modificaciones menores en software y hardware. Por lo tanto, la calibración es de vital importancia para el correcto funcionamiento del instrumento y para obtener mediciones válidas y confiables del desarrollo de la fuerza muscular isométrica máxima.(11)

El paciente estaba sentado en una silla, mientras se midió la fuerza de los miembros inferiores. La silla estaba ubicada sobre una plataforma elevada de tal manera que los pies de los pacientes no se encontraban en contacto con el suelo. La celda de carga se unió con una banda a las patas traseras de la silla en un extremo y a la pierna del participante en el otro extremo. La banda que sostenía los instrumentos se colocaron de seis a ocho centímetros cercanos al maléolo. La posición de la silla fue ajustada de modo tal que el cable que iba desde las patas traseras hasta la pierna del paciente se pudo tensar ligeramente cuando la rodilla del paciente estuvo a 90°. La posición fue ajustada para que la pierna dominante pueda empujar contra la banda en máxima contracción isométrica voluntaria sin tocar el suelo. Para la prueba de la parte inferior del cuerpo, el protocolo consistió en cuatro contracciones isométricas máximas voluntarias con una pausa de 60 segundos entre cada contracción. Los pacientes, fueron instruidos de la misma manera para realizar la tarea física de

contracción de miembros inferiores. Cuando estuvieron listos empujaron lo más fuerte posible y mantuvieron esto durante cuatro segundos. Los pacientes disponían de una función que se activa y emite un 'bip' auditivo cuando se detecta fuerza y otro 'bip' cuatro segundos después del 'bip' de activación inicial, lo que indica el final de la contracción. Se indicó a los participantes que se preparen para realizar un esfuerzo máximo.



A

B

Imagen 1: Evaluación de fuerza de la extremidad izquierda. A- Cuádriceps y B- Isquiosurales. Imágenes propias.

V. DESARROLLO

a) Análisis de la literatura recuperada:

i. Mecanismos con posible influencia en la respuesta hipertrofica al entrenamiento oclusivo:

La tensión mecánica se considera la causa del inicio de una cascada de señalización celular que tiene como consecuencia la hipertrofia muscular. En vista de las numerosas evidencias en este sentido, es difícil pensar que con cargas del 20% de 1 RM pueda producirse hipertrofia muscular o, al menos, que lo haga a través de la misma vía. A continuación, se detallan algunas explicaciones que se han dado a este hecho en la bibliografía sobre entrenamiento oclusivo.(4)

- Ambiente hipóxico:

La hipoxia afecta tanto a la selección de fibras, como al consumo metabólico y a la capacidad para producir fuerza. El entrenamiento en isquemia modifica el comportamiento normal de la célula muscular de un modo que afecta tanto a la respuesta metabólica local, como a la respuesta endocrina.(4)

- Respuesta hormonal:

Se ha indicado que la acidificación intramuscular inducida por esta acumulación metabólica, acentuada por el bloqueo de cargas ácidas en la zona ocluida, podría estimular un quimiorreflejo, mediado por las fibras aferentes III y IV, que estimulase la secreción hipofisaria de hormona del crecimiento (GH). De hecho, tras una sesión de entrenamiento oclusivo, han llegado a registrarse incrementos plasmáticos de GH de hasta 290 veces su valor basal.(4)

- Incremento de la síntesis proteica:

El entrenamiento con flujo sanguíneo restringido, con una intensidad del 20% de 1 RM, ha demostrado incrementar la tasa de síntesis proteica en un 46% después de 3 horas del ejercicio. Esta misma respuesta se ha observado posteriormente en ancianos, que mostraron un incremento de la tasa de síntesis proteica de un 56% después de 3 horas de la finalización del ejercicio en oclusión. Este último hallazgo es de especial interés, porque el incremento de la síntesis proteica tras un ejercicio isotónico tradicional es menor en ancianos que en jóvenes, posiblemente debido a que los primeros no son capaces de movilizar una carga suficiente para inducir esta respuesta.(4)

El entrenamiento oclusivo ha mostrado ser un método eficaz para el incremento del área de sección transversal (AST), tanto en individuos jóvenes, sanos

sedentarios, físicamente activos y deportistas, como en personas mayores e individuos en período de rehabilitación. Los principales mecanismos propuestos como mediadores de esta adaptación son la acumulación metabólica de cargas ácidas y la señalización celular de la vía mTOR, aunque no debe descartarse la contribución de procesos inflamatorios o edematosos.(4)

Se sugirió que la medida a emplear como presión del BFR sea un porcentaje fijo obtenido con la utilización de ultrasonido Doppler en reposo que determina la presión de la oclusión arterial individual (POA). El ancho del manguito utilizado para determinar la POA debe ser el mismo que se utiliza para restringir flujo sanguíneo durante una serie de ejercicios BFR.(12)

El uso de una presión BFR en el rango de 40% a 80% POA para la parte superior y parte inferior del cuerpo, con presiones más bajas son quizás tan eficaces como presiones más altas mientras se minimiza el riesgo de que ocurran contraindicaciones durante el ejercicio con BFR.(12)

Los puños restrictivos pueden variar de 3 a ≥ 15 cm de ancho. Sin embargo, es probable que los manguitos más anchos ocluyan el flujo sanguíneo arterial a niveles más bajos en comparación con los manguitos estrechos. En general, se recomienda que los puños tengan un ancho de 8 a 10 cm para la parte superior del cuerpo y de 10 a 14 cm para la parte inferior del cuerpo.(12)

ii. Consideraciones para el BFR:

Los especialistas comenzaron a aplicar BFR como parte de un programa de rehabilitación después de determinadas lesiones y cirugías ortopédicas. Muchas publicaciones de estudios han evaluado los efectos de BFR después de una lesión del cruzado anterior con posterior reconstrucción del ligamento sin eventos adversos.(12)

Se recomienda que las presiones de restricción finales utilizadas durante el ejercicio deben ser calculadas como un porcentaje de la POA máximo de cada individuo, con presiones más bajas (es decir, 40% a 80% POA).(12)

iii. Ecuaciones predictivas:

Dado que las sondas Doppler son muy costosas y requieren una capacitación específica para operarlas, se investigaron las ecuaciones predictivas para su aplicación en el entrenamiento de restricción del flujo sanguíneo (BFR) utilizando un manguito de 18 cm de circunferencia para los miembros inferiores.(13) Por estas razones, los métodos más accesibles son, por ejemplo, las ecuaciones que

incluyan variables que interfieren con la presión del manguito, como datos sociodemográficos (sexo, edad), antropométrico (índice de masa corporal – IMC, circunferencia del muslo – TC) y hemodinámica (presiones arteriales sistólica y diastólica – PAS y PAD).(13)

Las variables independientes (predictoras) fueron sexo, edad, IMC kg/m², circunferencia del muslo (cm), PAS braquial (mmHg) y PAD braquial (mmHg). La presión de oclusión arterial (mmHg) fue la variable dependiente.(13)

Como resultado, la ecuación predictiva es la siguiente:

- $POA \text{ (mmHg)} = 65,290 + 1,110 \text{ (TC en cm)} + 0,178 \text{ (PAS en mmHg)} + 1.153 \text{ (edad en años)} - 7.984 \text{ (sexo, 1 - masculino; 2 - femenino)}$.

- Donde = POA: presión de oclusión arterial; TC: circunferencia del muslo; y PAS: presión arterial sistólica braquial.

Estos resultados indican que el modelo final exhibe una alta aplicabilidad práctica para los profesionales en este campo, y que la presión utilizada para BFR debe basarse más en TC.(13)

La ecuación presentada aquí podría representar una práctica y opción de bajo costo para identificar la presión BFR para profesionales que realizan el entrenamiento con brazaletes más grandes.(13)

La presión del manguito para el entrenamiento BFR de miembros inferiores puede ser seleccionada en función de la (TC), PAS, la edad y el sexo, ya que son los mejores predictores de la POA.(13)

Se ha demostrado que una técnica que aplica el BFR solo a las extremidades atenúa la atrofia muscular y cuando se combina con ejercicio de baja intensidad, ha resultado en un aumento tanto en el tamaño muscular como en la fuerza en diferentes grupos de edad. El BFR se aplica con la intención de restringir el flujo sanguíneo arterial en el músculo de interés y ocluir la salida venosa de ese músculo. Además, esta técnica parece no ofrecer mayor riesgo para la salud que entrenar con altas cargas al tiempo que reduce en gran medida la tensión mecánica en las articulaciones. Además, varios estudios indican que este método de entrenamiento también puede influir positivamente en la calidad del hueso. El aumento de la presión intramedular y el flujo del líquido intersticial dentro del hueso causado por la oclusión venosa es un mecanismo que produce efectos positivos en el hueso con el ejercicio combinado con BFR.(14)

iv. Modos de aplicación del BFR:

- Estado de reposo en cama fase I con BFR PASIVO:

Un estudio ha encontrado que aunque la degradación de proteínas no se ve afectada en gran medida por el reposo en cama, se suprime la síntesis de proteínas. El reposo en cama provoca una pérdida de masa muscular en los jóvenes, pero la pérdida es mucho mayor en los ancianos.(14)

Si el individuo está en reposo en cama, lo más probable es que no pueda realizar la misma actividad para mantener la masa muscular y la capacidad funcional. Recientemente, investigaciones sugieren que la inmovilización con yeso sumada a la aplicación de BFR sin ejercicio, es capaz de minimizar los cambios en el tamaño de las piernas y la fuerza muscular. Takarada et al.(15) encontraron que la aplicación de BFR fue eficaz en la disminución de la atrofia por desuso post-operatoria en los músculos del miembro inferior después de la cirugía. Los pacientes que se sometieron a cirugía del ligamento cruzado anterior se colocaron en dos grupos. El grupo de control siguió el procedimiento habitual: programa de recuperación en el hospital con la rodilla lesionada inmovilizada. El grupo experimental: se sometió al mismo tratamiento con la adición de BFR (5 minutos inflados, 3 minutos desinflados, repetidos 5 veces; con manguito de 9 cm de ancho; ~238 mmHg) dos veces desde el día 3 al día 14 postoperatorio. Sin la aplicación de BFR, el área transversal (medida por resonancia magnética) de los extensores y flexores de la rodilla disminuyó en un 20% y 11%, respectivamente. Con BFR, ambos disminuyeron pero solo aproximadamente un 9%. Esto indicaría que el BFR puede ser un medio eficaz para atenuar la atrofia muscular.(14)

En conclusión, parece que los mecanismos predominantes implicados en el mantenimiento de la masa muscular esquelética con BFR en ausencia de ejercicio incluyen inflamación de las células musculares y aumento de la señalización a través del adrenoceptor β_2 .(14)

Otro estudio investigó el efecto del estímulo oclusivo en los músculos del muslo de pacientes sometidos a la reconstrucción quirúrgica del ligamento cruzado anterior (LCA) en la disminución de la atrofia muscular posoperatoria sin ningún estímulo de ejercicio combinado. El período experimental fue de 2 semanas, incluido el día de la operación. Los sujetos, tanto en el grupo experimental como en el de control, siguieron el programa habitual de recuperación en el hospital con la rodilla lesionada inmovilizada por medio de una rodillera. Se realizó resonancia magnética nuclear (RMN) para obtener imágenes transversales de

las extremidades inferiores del lado lesionado a los 3 y 14 días posteriores a la operación. En el grupo experimental, los estímulos oclusivos se administraron comprimiendo el extremo proximal del muslo (100 mm por debajo de la articulación de la cadera) con un manguito de oclusión neumático (ancho, 90 mm; largo, 700 mm) durante el período comprendido entre el día 3 y el día 14 después de la operación. Los sujetos mantuvieron la parte superior del cuerpo inclinado a unos 45° durante el estímulo oclusivo. Una serie de estímulos oclusivos consistió en oclusión durante 5 min y eliminación de la presión oclusiva durante 3 min, y se administraron cinco series a los sujetos dos veces al día, a las 9 am y a las 2 pm. La presión oclusiva se mantuvo constante durante las dos sesiones del mismo día. Inicialmente se fijó en 180 mmHg y luego se elevó gradualmente a un paso de 10 mmHg por día y dependiendo del grado de recuperación postoperatoria de cada sujeto. La presión máxima fue de 238 ± 8 mmHg (media \pm SEM) en la etapa final del experimento, con un rango entre 200 y 260 mmHg.(15)

El presente estudio indica que las aplicaciones periódicas de estímulos oclusivos, incluso sin ningún estímulo de ejercicio combinado, son eficaces para disminuir la atrofia por desuso de los extensores de la rodilla después de la cirugía.(15)

- Caminata de baja intensidad de fase II con BFR:

La segunda fase de este modelo es una progresión hacia la marcha de baja intensidad combinada con BFR. Aunque se observan mayores ganancias en fuerza e hipertrofia muscular en entrenamiento de resistencia con BFR, algunas personas pueden no ser físicamente capaces de realizar esos movimientos en la fase inicial en su rehabilitación. Los autores reconocen que el aumento en tamaño muscular y la fuerza se ha observado previamente con ejercicio aeróbico en ancianos sin BFR; sin embargo, la intensidad utilizada fue aproximadamente del 60 al 80% de la frecuencia cardíaca de reserva. Los beneficios de la aplicación de BFR son las ganancias resultantes en la función muscular en un ejercicio de mucha más baja intensidad, que es probablemente más importante al inicio para aquellos que pueden estar progresando de cirugía o enfermedad.(14)

La marcha en cinta rodante con BFR (160-220 mmHg; manguito de 11 cm de ancho) ha sido previamente demostrado que aumenta el consumo máximo de oxígeno (VO₂MAX) así como tanto la masa, y la fuerza del músculo esquelético.(14)

En conclusión, se sabe que caminar combinado con BFR tan solo dos veces por semana es capaz de mantener la masa muscular, la fuerza e influir positivamente en los marcadores del metabolismo óseo en los ancianos. Además, estas mejoras en la salud del músculo esquelético han sido extendidas a otras actividades de tipo “aeróbico” como el ciclismo. Sin embargo, una vez que un individuo ha ganado aumentos significativos en tamaño y fuerza con la combinación de la caminata a baja intensidad con BFR, la progresión debe continuar a un modo de ejercicios para mayores ganancias en el tamaño y la fuerza muscular, como el entrenamiento de resistencia de baja carga con BFR.(14)

- Fase III con BFR:

El protocolo de entrenamiento más común suele incluir 2-3 sesiones semanales, compuestas de 3-5 series al fallo, con un ritmo de ejecución 2:2, una carga que oscila entre el 20 y el 50% de 1 RM y descansos entre series de corta duración, entre 30 segundos y 1 minuto. Esta carga permite a los individuos realizar entre 30 y 50 repeticiones por serie, por lo que la duración de una sesión de entrenamiento en isquemia no suele superar los 15 minutos. La compresión suele aplicarse inmediatamente antes de la parte principal de la sesión y suele retirarse inmediatamente después de su finalización, aunque existe la posibilidad de reducir o eliminar la restricción durante el descanso entre series.(4)

La carga de ejercicio debe permanecer inicialmente submáxima con el eventual objetivo de alcanzar las cargas de trabajo estándar para los protocolos BFR, 4 series de ejercicio con 30, 15, 15 y 15 repeticiones con cargas bajas del 20% al 30% de la 1RM.(14)

En conclusión, cuando BFR se combina con ejercicio de resistencia de baja carga, los efectos como la hipertrofia muscular y la fuerza aumentan durante las fases por incremento en los mecanismos mencionados anteriormente (por ejemplo, reclutamiento de tipo de fibra, hormonas). Esta modalidad de entrenamiento, utilizada durante el ejercicio con BFR, conduce a ganancias de fuerza y puede permitir una rehabilitación más temprana y acelerada en un retorno más rápido a las actividades.(14)

En un estudio realizado sobre tres pacientes muy activos que se sometieron a procedimientos artroscópicos de rodilla se observó que continuaron con atrofia muscular persistente e inhibición muscular luego de un tratamiento prolongado de rehabilitación con fisioterapia convencional. Cada uno de estos pacientes fueron inscriptos en una terapia con protocolo de entrenamiento de 2 a 4 semanas con BFR centrado en el entrenamiento de fuerza de su pierna operada.

Los tres pacientes se sometieron a pruebas de fuerza isocinética al comienzo y al final de la fisioterapia utilizando un dinamómetro. Se realizó un total de cinco repeticiones a una velocidad angular de 90°/s. Como protocolo de entrenamiento cada paciente realizó tres ejercicios mientras usaba BFR. Los ejercicios para el entrenamiento fueron: sentado con extensión de rodilla, prensa a dos pies y a un pie. La resistencia se fijó al 30% de 1RM de la extremidad afectada del paciente. La presión de oclusión total de la extremidad (LOP) se identificó utilizando un ultrasonido Doppler. La oclusión vascular parcial se consigue con el brazalete al 80% de la LOP. Los tres pacientes obtuvieron mejoras en la evaluación de fuerza en cuádriceps e isquiorrales luego del tratamiento con BFR respecto a los resultados del tratamiento sin BFR.(16)

v. Riesgos en el uso del BFR:

El ejercicio isotónico tradicional de alta intensidad ha demostrado inducir una respuesta cardiovascular central muy marcada, ya que se han registrado incrementos de la PAS y la PAD que alcanzan los 480/350 mmHg, con tasas de frecuencia cardíaca de hasta 170 pulsaciones por minuto (ppm). En cambio, durante una sesión de entrenamiento isotónico en isquemia de extensión bilateral de rodilla, con un 20% de 1 RM, los valores máximos registrados para estas variables han sido de 182/105 mmHg para la presión arterial y 109 ppm. Estos valores fueron ligeramente superiores a los correspondientes del mismo ejercicio realizado con la circulación libre.(17)

Una consideración importante es que la presión arterial sistólica aumentará durante el ejercicio; por lo tanto, la presión prescrita en el descanso es muy probable que ocluya flujo sanguíneo a un grado más bajo cuando se inicia el ejercicio. Sin embargo, pueden ocurrir alteraciones en el volumen de tejido blando debajo del manguito BFR debido a la contracción y relajación del músculo esquelético, lo que puede aumentar y disminuir rápidamente la presión.(17)

La preocupación por el potencial del BFR para aumentar el riesgo de tromboembolismo venoso (TEV), que puede presentarse como trombosis venosa profunda (TVP) o embolia pulmonar (EP), permanece para algunos médicos, especialmente para sus pacientes posquirúrgicos. Esta preocupación es válida porque, mientras que la ocurrencia de TVP es 3 veces mayor que EP, la EP puede ser fatal y es responsable de más de 150.000 muertes por año en los Estados Unidos. Los que tuvieron un TEV pueden desarrollar síndrome posttrombótico grave y a menudo están sujetos a reducciones significativas

permanentes en la salud y bienestar. Se ha pronosticado que un TEV ocurre en aproximadamente 1 a 2 de cada 1000 personas en un año determinado en la población general, aunque el riesgo de TEV aumenta casi 100 veces para pacientes posquirúrgicos en las primeras 6 semanas posteriores a la cirugía.(17) Sin embargo, hasta que la tasa de incidencia se defina cuantitativamente para post-quirúrgico en pacientes ortopédicos, los profesionales pueden, en el mejor de los casos, teorizar los efectos del BFR en los catalizadores fisiológicos asociados con TEV. Un modelo comúnmente aceptado para describir la patogenia de la TEV es tríada de Virchow. Esta tríada, desarrollada en mediados del siglo XIX, sugiere que TEV ocurre como resultado de estasis, daño endotelial y alteraciones agudas o crónicas en los constituyentes de la sangre que conducen a un estado de hipercoagulación.(17)

- Estasis:

No hay duda de que el BFR provoca una restricción parcial temporal del flujo sanguíneo; de hecho, el objetivo de esta modalidad es iniciar la hipoxia y estrés metabólico al limitar la presión arterial con entrada de sangre oxigenada y venosa con la salida de sangre que contiene metabolitos. La mayoría de las personas asocian la estasis con torniquetes, como los que se usan en el quirófano o en el campo de batalla para prevenir una pérdida significativa de sangre y ahorrar una vida, aunque el uso agudo de un torniquete en ausencia de otros factores no es asociado necesariamente a TEV. Mientras que los torniquetes quirúrgicos y el BFR comparten muchas características, hay varias diferencias importantes en su función y aplicación. Por ejemplo, la presión final de inflado del manguito BFR suele estar entre 50 y 200 mmHg. Estos valores coinciden con un LOP submáximo o AOP entre 40% y 80%, que permite que se mantenga algo del flujo de sangre. Esto es mucho más bajo que los 300 mmHg de uso rutinario en el quirófano para cirugías de extremidades inferiores que provoca la oclusión arterial y venosa completa. Además, en el uso estándar, el manguito del BFR se infla durante aproximadamente 5 a 10 minutos por ejercicio. El tiempo máximo de inflado del manguito BFR por sesión de ejercicio probablemente no exceda los tiempos de torniquete más típicos en el quirófano, y no excede el límite de tiempo de torniquete de 2 horas.(17)

La estasis también puede ocurrir como resultado de la inmovilidad, por ejemplo, después de una lesión o trauma, durante la propia cirugía o recuperación aguda, o en períodos prolongados de estar sentado (por ejemplo, viajes en avión o en automóvil).(17)

La presencia de bomba muscular también destaca otra diferencia entre torniquete de quirófano y manguito del BFR. Durante la cirugía ortopédica y recuperación a corto plazo, los pacientes están inmóviles debido a la anestesia, y puede ser bradicárdico e hipotenso, aumentando la probabilidad de un grado de daño sistémico. Durante BFR, el paciente se encuentra en movimiento, la frecuencia cardíaca y la presión arterial aumentan para mantener el ejercicio, y el bombeo muscular sigue ocurriendo. Esto significa que temporalmente el flujo sanguíneo parcial se localiza en la extremidad realizando BFR, y que probablemente el flujo normal de sangre se reanude tan pronto como cuando el manguito este desinflado.(17)

La compresión neumática intermitente (IPC), aplicada con un manguito similar al utilizado durante BFR, ha sido empleada por médicos durante siglos como una forma de prevenir la estasis durante los períodos de inmovilidad y para mejorar el flujo sanguíneo. Durante el IPC, el manguito se infla repetidamente a una presión determinada y luego se desinfla de forma cíclica para proporcionar estímulos de compresión secuenciales al tejido blando subyacente y la vasculatura. Estos estímulos repetitivos proporcionan varios beneficios bioquímicos y mecánicos. Desde un punto de vista mecánico, el IPC actúa como la fuerza compresiva de las contracciones musculares normales y rítmicas durante la locomoción. Esta mejora el retorno venoso, previene la estasis, y facilita la limpieza de los senos de las válvulas cuando el propio individuo esta inmóvil y la bomba muscular no puede hacerlo. Bioquímicamente, la rápida aceleración de la sangre también aumenta la secreción de óxido nítrico de las células endoteliales, dilatando los vasos sanguíneos y mejorando el flujo sanguíneo. En este sentido, algunas evidencias sugieren que el BFR facilita una mejoría crónica de la función vascular y flujo sanguíneo en comparación con la baja intensidad del entrenamiento de resistencia solo.(17)

- Lesiones endoteliales:

El daño vascular puede ocurrir como resultado de que es invasivo el procedimiento quirúrgico y retracción en quirófano. Como esto puede variar entre los médicos y el tipo de procedimiento quirúrgico realizado, este es probablemente la variable más importante con respecto a la lesión endotelial y BFR.(17)

Para ilustrar este punto, un remplazo total de cadera y los procedimientos de artroplastia de rodilla son altamente invasivos porque requieren técnicas quirúrgicas abiertas, implican una retracción vigorosa en el quirófano e incluyen

procedimientos al hueso de la articulación y superficies del cartílago articular. Por el contrario, las reconstrucciones de los ligamentos de la rodilla son menos invasivas, por lo que es probable que la incidencia de TEV sea más bajo después de estos procedimientos en comparación con las artroplastias de la articulación de la rodilla y la cadera. Es importante recordar que todas las cirugías ortopédicas causarán algún grado de daño vascular, incluso los realizados por vía artroscópica. Como se discutió anteriormente, el desarrollo de nueva ciencia y tecnología BFR, técnicas de prescripción de presión del manguito, y los diseños del manguito dispersan de manera segura las presiones compresivas del manguito sobre un área de superficie más grande y lo más probable es que no causen tensiones focales en la vasculatura que podrían provocar daños permanentes. Es posible que la vasculatura previa a la lesión pudiera volver a lesionarse con la aplicación directa del manguito BFR, especialmente si está en el área debajo del sitio de aplicación del manguito y se utilice un manguito BFR relativamente delgado. Desde una perspectiva sistémica, algunos médicos pueden estar preocupados de qué cambios repentinos y significativos en la hemodinámica podrían potencialmente volver a lesionar la vasculatura. En numerosos estudios en pacientes hemodinámicos durante BFR, se han investigado ciertas alteraciones transitorias, como la presión arterial, frecuencia cardíaca y presión arterial media, y se ha demostrado que estas alteraciones son comparables a las demostradas durante los tradicionales ejercicios de resistencia.(17)

El control en el uso de un manguito ancho que ocluye parcialmente durante una prescripción adecuada de BFR probablemente solo aumentaría el riesgo del daño endotelial ligeramente por encima del riesgo ya asociado con el ejercicio de fuerza tradicional.(17)

- Hipercoagulabilidad:

Las causas hereditarias más frecuentes son las trombofilias que causan hipercoagulabilidad que incluyen la mutación del factor V Leiden y la protrombina, la proteína S, la proteína C, y deficiencias de antitrombina. La prevalencia de este tipo de trombofilia en la población general es baja. Sin embargo, su existencia muy probablemente juega un papel significativo si un individuo tiene un episodio de TEV, porque este tipo de trombofilia magnifica exponencialmente las probabilidades de desarrollar TEV cuando se combinan con factores de riesgo adicionales.(17)

Recomendaciones para pacientes con cirugía ortopédica:

La literatura parece indicar que una prescripción adecuada de BFR presenta poco riesgo de causar directamente un evento de TEV. Antes de prescribir BFR, el profesional de la salud debe evaluar a cada paciente para signos y síntomas de TVP y EP. Los signos y síntomas de la TVP pueden incluir hinchazón inexplicable, dolor, calambres, piel roja o descolorida, o una sensación de calor en el miembro afectado. Los síntomas de EP que pueden desarrollar incluyen falta de aliento, dolor o malestar en el pecho, rápida frecuencia cardíaca, sensación de mareo, desmayos o tos con sangre. Si se sospecha un evento de TEV, entonces el BFR no debe prescribirse y el paciente debe buscar atención médica inmediatamente.(17)

Quizás una mayor preocupación por la clínica es cuando un paciente tiene un TEV asintomático. Habría entonces una posibilidad de desarrollar un trombo en la vasculatura debajo o cerca del sitio de aplicación del manguito, lo que podría causar un EP; sin embargo, es desconocido el grado de riesgo asociado con BFR en comparación con el riesgo asociado con el ejercicio tradicional solo. Esto es relevante porque el manguito BFR para el ejercicio de las extremidades inferiores es colocado alrededor de la parte proximal del muslo, y el TEV ocurre más a menudo por encima de la rodilla que debajo de la rodilla.(17)

Esta determinación debe implicar discusión entre el paciente, el médico que opera y el fisioterapeuta que administra BFR, porque el riesgo de TEV es más alto en las primeras 6 semanas después de la cirugía. Algunos equipos de atención médica pueden optar por esperar hasta después de este período para prescribir BFR. Sin embargo, esto también es un marco de tiempo en el que el paciente puede estar de pie y tener un mayor beneficio de BFR.(17)

Los pacientes con periodos prolongados de inmovilidad, que pueden estar relacionados con el trauma inicial, tipo de anestesia, duración de la cirugía o complicaciones posquirúrgicas como infección o enfermedad, así como aquellos con daño a los nervios o un grado de parálisis, pueden ser candidatos no sugeridos para BFR. Los ideales candidatos para BFR son aquellos que pueden deambular libremente, son generalmente activos, no tienen una condición temporal o permanente que altera el flujo de sangre, y pueden realizar ejercicio de resistencia tradicional de forma segura, aunque no a las altas intensidades asociadas con el entrenamiento de resistencia tradicional.(17)

También debe considerarse causas preexistentes de hipercoagulabilidad, incluidas, entre otras, trombofilia, embarazo o posparto, anemia, uso de anticonceptivo oral, dispositivos biomédicos implantados, o infección. Quizás el

factor de riesgo de hipercoagulabilidad más importante que se debe detectar es contar con antecedentes personales o familiares de TEV.(17)

Cuando se prescribe BFR después de una revisión exhaustiva de los riesgos y beneficios, probablemente sería apropiado para familiarizar al paciente con BFR realizarlo de una manera progresiva. Por ejemplo, a menudo se utilizan presiones de inflado superiores al 50% de LOP o AOP, donde puede ser apropiado comenzar con una menor presión o ninguna presión en absoluto (por ejemplo, aplicar manguito sin inflar) para permitir que el paciente se sienta cómodo. Después, progresar la presión de inflado del BFR en cada sesión de ejercicio hasta que es alcanzada la presión objetivo. Del mismo modo, la duración de la inflación puede progresar de menos de 1 minuto e ir aumentando a los prescritos de BFR.(17)

vi. Contraindicaciones:

Posibles contraindicaciones para el flujo sanguíneo con ejercicio de resistencia de restricción según lo relacionado al riesgo de tromboembolismo venoso de pacientes después de una cirugía ortopédica*	
• Tiempos de coagulación anormales	• Linfectorias
• Desequilibrio ácido-base/acidosis	• Obesidad
• Edad mayor de 40 años	• Fractura abierta
• Calcificación arterial	• Lesiones abiertas o no cicatrizadas de tejidos blandos
• Vasos ateroscleróticos	• Parálisis
• Condiciones cardiopulmonares	• Enfermedad vascular periférica
• Uso de suplementos de creatina	• Embarazo/postparto
• Diabetes	• Revascularización previa
• Diálisis/acceso venoso central	• Compromiso renal
• Infección general/local	• Lesiones graves por aplastamiento
• Presión intracraneal alta	• Rasgo de células falciformes/anemia
• Fractura de cadera, pelvis o fémur	• Injertos de piel
• Antecedentes de tromboembolismo venoso	• Ataque cerebral
• Uso de anticonceptivos hormonales	• Daño nervioso temporal
• Hipertensión	• Trombofilia
• Inmovilidad por más de 48 horas en el último mes	• Tumor/cáncer
• Yeso inmovilizador	• Venas varicosas
• Dispositivo médico implantado	• Injertos vasculares
*Esta lista no es exhaustiva y una organización de salud determinada puede considerar una sugerencia como precaución mientras que otra puede considerarla una contraindicación.	

Cuadro 1: contraindicaciones del BFR.(17)

b) Caso Clínico (Presentación del caso):

i. DIAGNOSTICO MEDICO:

Dos pacientes de 16 y 19 años, jugadores de rugby que sufren una ruptura del ligamento cruzado anterior de rodilla izquierda. Este diagnóstico se complementa con imágenes de resonancia magnética.

Fueron sometidos a tratamiento quirúrgico, ambos pacientes con cirugía primaria. El traumatólogo optó por llevar adelante una cirugía utilizando tendón cuadriceps homolateral, con una perforación y fijación retrógrada.

ii. ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS:

Informes de resonancias magnéticas: (ver Anexos 5 y 6).

iii. EVALUACION INICIAL:

PERIMETRIA:

En la etapa pre-quirúrgica se realizó la medición del perímetro del muslo proximal y muslo medio de ambas rodillas. Tabla 1.

Paciente:	Muslo proximal Derecho	Muslo proximal Izquierdo	Muslo medio Derecho	Muslo medio izquierdo
Paciente con BFR	61cm	60cm	57cm	55cm
Paciente sin BFR	58cm	57cm	53cm	49cm

Tabla 1. Resultados de la evaluación inicial.

DINAMOMETRIA:

En la etapa pre-quirúrgica se realizó la medición de fuerza con dinamómetro con celda de carga de ambas rodillas. Los valores registrados para cuádriceps e isquiosurales se encuentran en la tabla 2 y 3.

DINAMOMETRIA PRE-QUIRURGICO PIERNA LESIONADA IZQUIERDA		
CUÁDRICEPS	CON BFR	SIN BFR
	341(N)	287(N)
ISQUIOSURALES	CON BFR	SIN BFR
	218(N)	139(N)
DINAMOMETRIA PRE-QUIRURGICO PIERNA NO LESIONADA DERECHA		
CUÁDRICEPS	CON BFR	SIN BFR
	536(N)	371(N)
ISQUIOSURALES	CON BFR	SIN BFR
	211(N)	235(N)

Tabla 2. Resultados de la evaluación inicial.

RELACIONES pre-quirúrgicas.		
	CON BFR	SIN BFR
I/Q homolateral- lesionada	63,9%	48,4%
I/Q homolateral- no lesionada	39,4%	63,3%
Q/Q contralateral	63,6%	77,4%
I/I contralateral	103,3%	59,1%

Tabla 3. Relaciones de la evaluación inicial.

iv. PLAN DE TRATAMIENTO (ver Anexo 7)

a) Objetivos:

- ETAPA INICIAL (3 semanas)
 - Reducir la inflamación.
 - Reducir el dolor.
 - Disminuir atrofia y pérdida de la fuerza muscular con la utilización del BFR.
 - Recuperar extensión completa de rodilla.
 - Recuperar flexión de 90° de rodilla.

- Reeducar la marcha.
- ETAPA INTERMEDIA (3 a 12 semanas)
- Recuperar ROM 0° a 125°.
- Mejorar la fuerza muscular.
- Continuar con 3 ejercicios con BFR-3 veces a la semana.
- Trabajar con ejercicios aeróbicos en cinta/bici con BFR.
- Trabajar la propiocepción.
- Pliometría.
- ETAPA FINAL (post 12 semanas)
- Continuar mejorando la fuerza muscular con la utilización del BFR con aumento de la POA y carga de peso.
- Realizar ejercicios específicos del deporte.
- Iniciar trote.

b) Tratamiento:

El plan de trabajo se inició el día 3 posterior a la cirugía. El paciente sin BFR realizó el mismo tratamiento pero sin BFR incrementando cargas y volumen según evolución. El tratamiento fue el siguiente:

3 a 15 días: semana 1 y 2:

- **BFR pasivo**: 5 min inflado por 3 min desinflado, repetidos 5 veces. Comenzar con presión variable de 180 mmHg e ir subiendo de a 10 mmHg hasta llegar a 240 mmHg. Dos veces en el día.
- Marcha con muletas + férula en extensión.
- Electroestimulación neuromuscular a nivel del cuádriceps.
- Movimientos de flexo extensión con apoyo de talón sobre el plano.
- Contracciones isométricas del cuádriceps **con BFR**.
- Elevación de la pierna recta auto-asistida **con BFR**.
- Vasto interno con tensor en paralelas **con BFR**.
- Terapia "RICE"

El paciente sin BFR realizó los mismos ejercicios, volumen y carga que el paciente con BFR.

16 a 45 días: semana 3 a 6:

- Masoterapia – liberación miofascial de tejidos blandos.
- Movilizaciones pasivas, auto asistido, activo de articulación femorotibial, femoro rotuliana, cadera y tobillo.
- Electroestimulación neuromuscular a nivel del cuádriceps **con BFR**: 5 min de inflado por 3 min de desinflado.
- Extensión de rodilla con bloqueo activo de cuádriceps **con BFR**.
- Ejercicios bipodales con progresión a unipodal en muletas con desplazamiento del centro de gravedad.
- Ejercicios isométricos de cuádriceps, isquiosurales y glúteos con banda.
- Ejercicios de cadena cerrada en camilla de pilates o sentadilla con pelota en pared CCC de 0° a 60° **con BFR** 4 series de ejercicio de 30, 15, 15 y 15 repeticiones con 30 seg. de descanso entre series y con cargas bajas del 20% al 30% de la 1RM con una presión del manguito de acuerdo a la ecuación 40 a 80% de la LOP.
- Puente glúteo bilateral sobre pelota.
- Ejercicios de CCA de 90 a 45° de cuádriceps y para isquiosurales de 0 a 90° **con BFR**: 4 series de ejercicio de 30, 15, 15 y 15 repeticiones con 30 seg. de descanso entre series y con cargas bajas del 20% al 30% de la 1RM con una presión del manguito de acuerdo a la ecuación 40 a 80% de la LOP.
- Driles de marcha.

El paciente sin BFR en las primeras sesiones de la semana 3 realizo los mismos ejercicios con 3 series de 10 reps. Luego incremento el volumen a 4 series 30+15+15+15 al igual que el paciente con BFR.

46 a 120 días: semana 7 a 16

- Absorción bipodal sin impacto, luego unipodal.
- Propulsión + absorción bipodal, luego unipodal.
- Trabajo pliométrico (Jump, Bounce, Hop) hacia adelante, luego hacia los laterales.
- Ejercicios de CCA 90 a 30° y CCC de 0 a 90° **con BFR** 4 series de ejercicio de 30, 15, 15 y 15 repeticiones con 30seg de descanso entre

series y con cargas bajas del 30% al 40% de la 1RM con una presión del manguito de acuerdo a la ecuación 40 a 80% de la LOP.

- Ejercicios unipodal en prensa y cuadrífera **con BFR**.
- El paciente sin BFR realizó las mismas cargas y volumen en los ejercicios.
- Aeróbico: cinta: 2 min en cinta sin oclusión por 1 min de cinta **con oclusión**: 20 min. De 2 a 3 veces por semana o bicicleta: 2 min en bici sin oclusión por 1 min de bici **con oclusión**: 15 min. De 2 a 3 veces por semana. Presiones: comenzar con 160mmHg y aumentar hasta 220mmHg. El paciente sin BFR realizó el mismo trabajo aeróbico.

BFR + EJERCICIOS		
VARIABLES	FUERZA	RESISTENCIA AEROBICA
Frecuencia	3 veces por semana	2 a 3 veces por semana
Carga-RPE	20-40% 1RM	<50% VO2max
Volumen	1*30+3*15=75reps	5*2min en cinta 1*min ocluido 20min continuos en cinta 15min en bicicleta
Tiempo bajo restricción	5 – 10' por ejercicios	5-20' por ejercicios
Cantidad de ejercicios	Hasta 3 ejercicios por sesión	Caminar en cinta/bicicleta
Presión recomendada	40 a 80% de la LOP	40 a 80% de la LOP
Pausa intraserie	30 a 60" c/clusión	
Ritmo de ejecución	1-2 CON / ECC	

EJERCICIOS SIN BFR		
FRECUENCIA	INTENSIDAD	VOLUMEN
3 veces a la semana	>50% 1RM	1*30+3*15=75reps

VI. RESULTADOS

A. GONIOMETRIA:

Al finalizar el 1er mes post-quirúrgico se realizó la medición goniométrica de la flexión y medición del déficit de extensión de ambas rodillas. Tabla 4.

Paciente con BFR	IZQUIERDA	DERECHA
FLEXIÓN ACTIVA	84°	131°
EXTENSIÓN (regla en L)	-0,5 cm	

Paciente sin BFR	IZQUIERDA	DERECHA
FLEXIÓN ACTIVA	80°	123°
EXTENSIÓN (regla en L)	-6 cm	

Tabla 4. Resultados de la evaluación inicial.

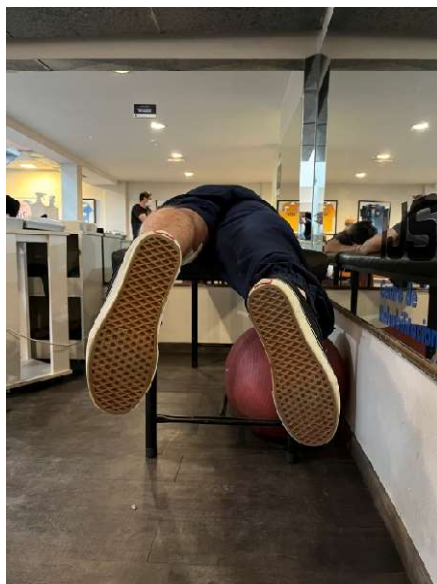


Imagen propia 2: Evaluación de la extensión, paciente sin BFR.

Al 2do mes se volvió a realizar la medición goniométrica de la flexión y medición del déficit de extensión de ambas rodillas. En los valores registrados se notaron mejorías respecto a la evaluación inicial. Tabla 5.

Paciente con BFR	IZQUIERDA	DERECHA
FLEXIÓN ACTIVA	130°	134°
EXTENSIÓN (regla en L)	+0,5cm	

Paciente sin BFR	IZQUIERDA	DERECHA
FLEXIÓN ACTIVA	122°	125°
EXTENSIÓN (regla en L)	-0,5cm	

Tabla 5. Rangos de movimientos de rodilla en flexión y extensión al 2° mes.

B. PERIMETRIA:

En la etapa post-quirúrgica se realizó la medición del perímetro del muslo proximal y muslo medio de ambas rodillas. Se observaron diferencias entre la pierna operada y la no operada en las evaluaciones del 1er y 3er mes. En la última evaluación hubo una mejoría en las piernas operadas de los dos pacientes en comparación al 1er mes. En la evaluación inicial pre-quirúrgica, en el paciente con BFR disminuyó 1cm en el perímetro de muslo proximal de la pierna operada e igualó los cm en muslo medio. El paciente sin BFR disminuyó 1cm en comparación a la medición pre-quirúrgica en la pierna operada tanto en muslo proximal y medio.

Paciente: 1er mes	Muslo proximal Derecho	Muslo proximal Izquierdo	Muslo medio Derecho	Muslo medio Izquierdo
Paciente con BFR	60cm	57cm	58cm	51cm
Paciente sin BFR	59cm	55cm	49cm	46cm

Paciente: 3er mes	Muslo proximal Derecho	Muslo proximal Izquierdo	Muslo medio Derecho	Muslo medio Izquierdo
Paciente con BFR	61cm	59cm	59cm	55cm
Paciente sin BFR	61cm	56cm	54cm	48cm

Tabla 6: Resultados evolutivos de perimetría al 1er y 3er mes.

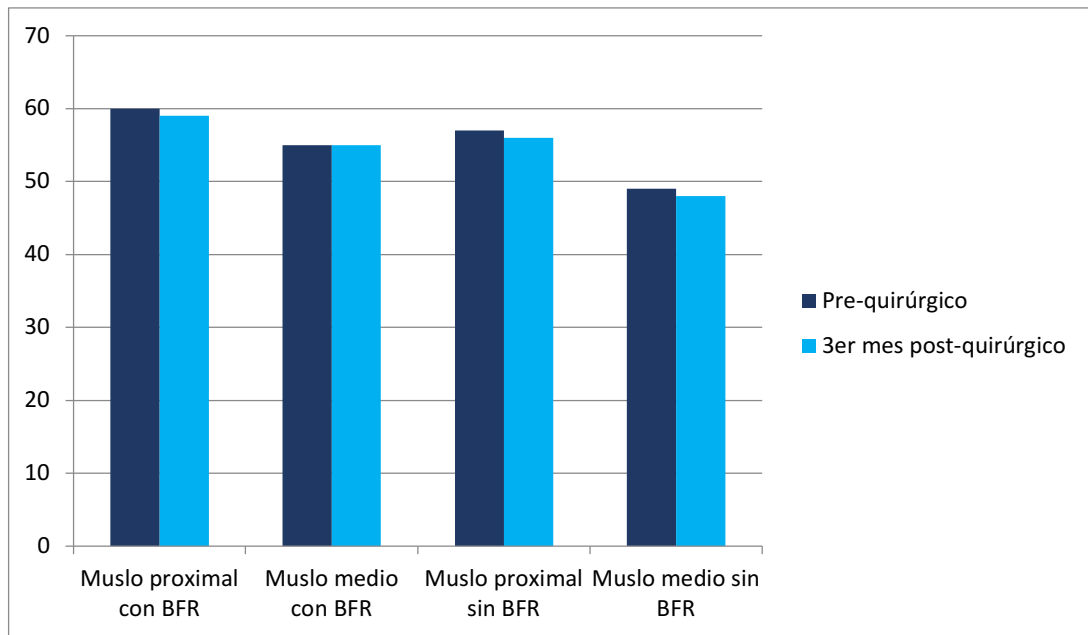


Gráfico 1. Evolución de perimetría de los pacientes con BFR y sin BFR.

C. DINAMOMETRIA:

En relación a la dinamometría, se comparó la fuerza en el pre-quirúrgico y en el tercer mes luego de la cirugía, la cual mostró una disminución de la misma en ambos pacientes. Pero cabe destacar que el paciente que realizó el protocolo BFR, tuvo una menor caída de los valores en la pierna sometida a cirugía, respecto a la evaluación pre-quirúrgica, donde la fuerza de cuádriceps fue de 341 (N) y en isquiosurales 218 (N), y luego al tercer mes de cirugía disminuyó a 273 (N) en cuádriceps y aumentó en isquiosurales a 280 (N). Mientras que el paciente que realizó el protocolo sin BFR, la disminución fue mucho mayor de la etapa pre-quirúrgico a la post-quirúrgico, ya que en la primera evaluación de cuádriceps el valor fue de 287 (N) y al tercer mes disminuyó a 80 (N). Y la fuerza de isquiosurales en el pre-quirúrgico comenzó con 139 (N) y al tercer mes post-quirúrgico cayó levemente a 126 (N). (Ver gráfico 2).

DINAMOMETRÍA POST-QUIRÚRGICO PIERNA OPERADA IZQUIERDA		
CUÁDRICEPS	CON BFR	SIN BFR
	273 (N)	80 (N)
ISQUIOSURALES	CON BFR	SIN BFR
	280 (N)	126 (N)
DINAMOMETRÍA POST-QUIRÚRGICO PIERNA NO OPERADA DERECHA		
CUÁDRICEPS	CON BFR	SIN BFR
	569 (N)	426 (N)
ISQUIOSURALES	CON BFR	SIN BFR
	280 (N)	207 (N)

Tabla 7: Resultados de dinamometría al 3er mes post-quirúrgico.

RELACIONES al 3er mes		
	CON BFR	SIN BFR
I/Q homolateral- operada	102,6%	157,5%
I/Q homolateral- no operada	49,2%	48,6%
Q/Q contralateral	48%	18,8%
I/I contralateral	100%	60,9%

Tabla 8: Relaciones de dinamometría al 3er mes post-quirúrgico.

	Pre-quirúrgico	Post-quirúrgico	Déficit
Cuádriceps-BFR	341	273	19,94%
Cuádriceps-SIN BFR	287	80	72,13%
Isquiosurales-BFR	218	280	-28,44%*
Isquiosurales-SIN BFR	139	126	9,35%

*El valor negativo, representa una mejora.

Tabla 9: Déficit al 3er mes post-quirúrgico.

Como puede observarse en la tabla 9, el paciente que utilizó BFR tuvo un déficit menor en el cuádriceps de la pierna operada 19,94%, respecto del paciente que

no utilizó BFR cuyo valor fue de 72,13%. Con respecto a los isquiosurales el paciente con BFR mejoró sus valores luego de su tratamiento -28,44%, mientras que el paciente sin BFR tuvo un déficit de 9,35%.

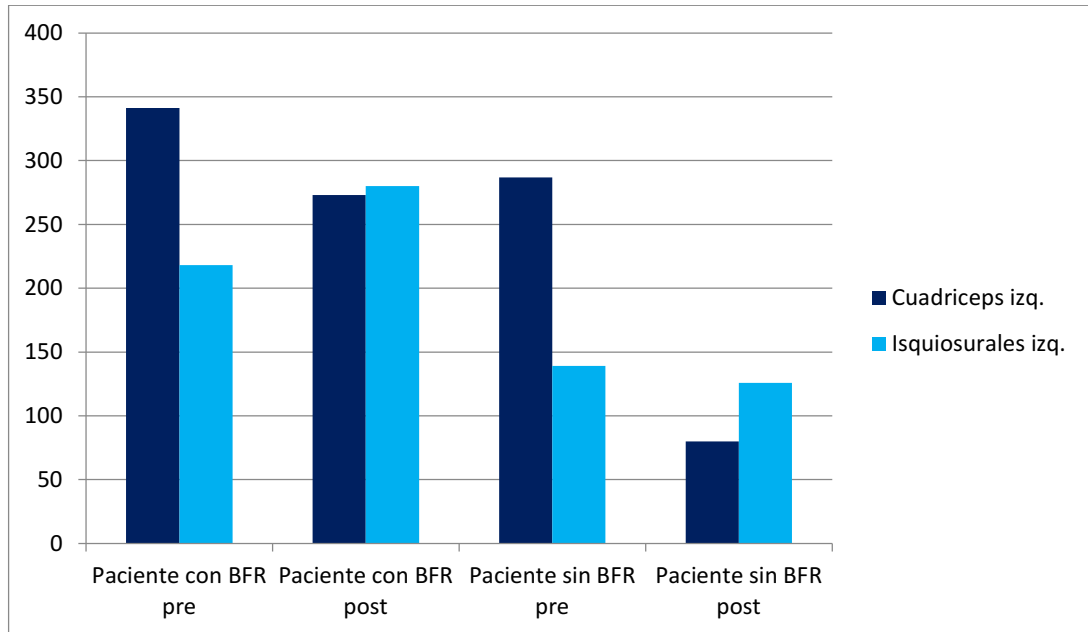


Gráfico 2. Fuerza de los pacientes con BFR y sin BFR.

D. FUNCIÓN DE LA RODILLA:

Los resultados de la función de la rodilla con la escala IKDC (12) se reflejan en el gráfico 3. El paciente con BFR obtuvo un puntaje de 44,82 en el 1er mes y al 3er mes 49,42 (ver anexo 1 y 3) y en el paciente sin BFR al 1er mes tuvo un puntaje de 32,18 y al 3er mes 39,08. Ambos pacientes obtuvieron mejoras, siendo de 4,6 puntos en el paciente con BFR y de 6,9 puntos en el paciente sin BFR (ver anexo 2 y 4).

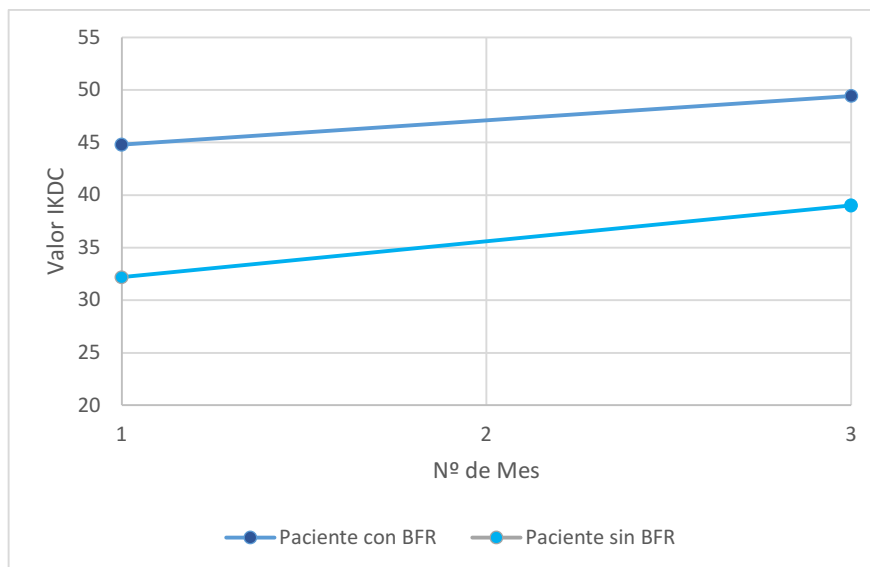


Gráfico 3. Resultados de IKDC de los pacientes con BFR y sin BFR.

E. "Y BALANCE TEST" (TEST DERIVADO DEL SEBT):

En relación al "Y balance test" se observaron diferencias en ambos pacientes entre la pierna operada y la no operada en las evaluaciones del 3er y 4to mes. El paciente con BFR al 3er mes tuvo un composite de 2.5 cm y al 4to mes de 1 cm. Hubo una mejora en la dirección anterior y postero-lateral al 4to mes. Mientras que, en el paciente sin BFR, en las evaluaciones del 3er mes hubo asimetrías de 7.7 cm en composite. En la evaluación del 4to mes hubo mejorías, con un composite de 4 cm, y en los valores de las 3 direcciones.

Paciente con BFR	Derecha	Izquierda	Diferencia
Anterior	75	63	+12
Postero-medial	100	108	-8
Postero-lateral	96	90	+6
Composite	101%	98.5%	2.5 cm

Paciente sin BFR	Derecha	Izquierda	Diferencia
Anterior	62	55	+7
Postero-medial	104	97	+7
Postero-lateral	96	91	+5
Composite	105.2%	97.5%	7.7 cm

Tabla 10. Resultados del test al 3er mes.

Paciente con BFR	Derecha	Izquierda	Diferencia
Anterior	76	71	+5
Postero-medial	102	108	-6
Postero-lateral	98	95	+3
Composite	103%	102%	1 cm

Paciente sin BFR	Derecha	Izquierda	Diferencia
Anterior	64	60	+4
Postero-medial	104	99	+5
Postero-lateral	97	95	+2
Composite	106%	102%	4 cm

Tabla 11. Resultados del test al 4to mes.

VII. DISCUSION

La propuesta de este trabajo consistió en llevar adelante un plan de rehabilitación, con BFR y sin BFR, en dos jugadores de rugby con una diferencia de edad de 3 años con ruptura de LCA y posterior reconstrucción quirúrgica utilizando tendón cuadriceps homolateral, valorando la evolución funcional de la rehabilitación hasta los 4 meses post-quirúrgico.

Una de las preocupaciones al utilizar la técnica BFR es el riesgo de TEV, EP y TVP. No obstante, los especialistas deben evaluar los signos y síntomas de TEV y ser consciente del riesgo de TEV de cada paciente antes de proceder con BFR, particularmente considerar que el TVP puede ser asintomático.(17) Dentro de las ventajas es que combina el ejercicio de baja intensidad, provocando la hipoxia tisular para el incremento de la fuerza y el tamaño muscular, en comparación sin el uso de BFR.(4) En este trabajo no se presentaron complicaciones como TEV, EP, y TVP. Esto puede deberse por tratarse de un paciente joven y deportista.

El entrenamiento oclusivo ha mostrado ser un método eficaz para el incremento del AST, tanto en individuos jóvenes, sanos sedentarios, físicamente activos y deportistas, como en personas mayores e individuos, en período de rehabilitación con ejercicios de baja intensidad.(4) Resultados similares se encontraron en otro estudio, donde el BFR utilizado en las extremidades ha demostrado que atenúa la atrofia muscular y cuando se combina con ejercicio de baja intensidad, esta técnica ha resultado en un aumento tanto en el tamaño muscular como en la fuerza en diferentes grupos de edad.(14) Además, después de la ruptura del LCA se produce debilidad de los cuádriceps e isquiosurales. La disminución de la fuerza del músculo cuádriceps es 3 veces mayor que en los músculos isquiosurales.(18) En el presente CC, el paciente sin BFR tuvo una mayor disminución de la fuerza en cuádriceps e isquiosurales en comparación a la evaluación pre-quirúrgica. En el paciente con protocolo BFR a los tres meses post-quirúrgico disminuyó la fuerza del cuádriceps, pero aumentó la fuerza de isquiosurales. Esta ganancia no se presentó en el paciente sin BFR. Esto podría explicar los resultados favorables de este trabajo obtenidos en la evaluación de la fuerza en el paciente con BFR, donde disminuyó 68 (N), el 19,9%, en cuádriceps y en isquiosurales aumentó 62 (N), el 28,4%. Por otro lado, el paciente que no utilizó BFR, disminuyó 207 (N), el 72,1%, en cuádriceps y en isquiosurales disminuyó 13 (N), el 9,4%.

En este trabajo se optó por un dinamómetro con celda de carga para contracciones isométricas máximas con un ángulo de 90 grados porque no es recomendado el uso del dinamómetro isocinético para evaluar la fuerza de cuádriceps e isquiosurales en una etapa inicial a los 3 meses post-quirúrgico ya que requiere mayor esfuerzo físico. Aunque se sabe que la isocinecia es el “gold standard” para la valoración de la fuerza, se encontró en el estudio (19) que la evaluación con máquina isotónica de cuádriceps tuvo relación consistente con la función de la rodilla, el nivel de trabajo y actividad deportiva, posterior a la reconstrucción de LCA. Se especula que la evaluación isotónica podría tener mayor sensibilidad en detectar las fallas de activación y debilidad del cuádriceps. Por lo tanto, estos hallazgos tienen implicancias lógicas y económicas, debido al costo del dinamómetro isocinético, la habilidad técnica y esfuerzos físicos por parte del evaluado.(19)

En cuanto a la variable fuerza, en el presente CC los resultados reflejan que el BFR es de utilidad para el aumento de fuerza muscular y evitar la atrofia muscular luego de una cirugía. Esto coincide con los resultados analizados en el estudio de Tennent y cols. concluyeron que la utilización del BFR en la rehabilitación es beneficiosa para evitar la atrofia muscular luego de una cirugía.(16)

En relación a la variable perímetría, en este trabajo se utilizó cinta métrica. El uso de resonancia magnética hubiera permitido tener mayor precisión en la medición y disminuir el margen de error.(15) Los resultados que se presentaron en la variable perímetría consistieron en igualar a los valores pre-quirúrgicos, en un corto plazo. Al 3er mes se igualaron a los valores pre-quirúrgico en muslo medio en el paciente con BFR. Esto podría ser, por la tensión mecánica que considera la causa del inicio de una cascada de señalización celular que tiene como consecuencia la hipertrofia muscular. Algunas explicaciones que se han dado a este hecho en la bibliografía sobre entrenamiento oclusivo refieren al: ambiente hipóxico, respuesta hormonal, e incremento de la síntesis proteica.(4)

Aunque se sabe que las sondas Doppler es el “gold standard” para la valoración de la presión, son muy costosas y requieren una capacitación específica para operarlas. Se encontraron ecuaciones predictivas para su aplicación en el entrenamiento de restricción del flujo sanguíneo (BFR) utilizando un manguito de 18 cm de circunferencia para los miembros inferiores. (13) Por estas razones, los métodos más accesibles son, por ejemplo, las ecuaciones que incluyan variables que interfieren con la presión del manguito, como datos sociodemográficos (sexo, edad), antropométrico (índice de masa corporal – IMC, circunferencia del

muslo – TC) y hemodinámica (presiones arteriales sistólica y diastólica – PAS y PAD). Estos resultados indican que el modelo final exhibe una alta aplicabilidad práctica para los profesionales en este campo, y la presión utilizada para BFR. La ecuación podría representar una práctica y opción de bajo costo para identificar la presión BFR para profesionales que realizan el entrenamiento con brazaletes más grandes. Se especula que la evaluación con sondas Doppler podría tener mayor sensibilidad en detectar el flujo sanguíneo arterial, o la presión de la oclusión arterial individual (POA).(13) En este sentido, las ecuaciones predictivas fueron seleccionadas para el presente trabajo donde tuvo una alta aplicabilidad práctica y selección individual de la presión, con una progresión de 40 a 80% de la POA en los 4 meses post-quirúrgico.

A nivel de la función auto-reportada a través del cuestionario IKDC, la mayor diferencia entre los pacientes se encontró en el 3er mes, donde el paciente con BFR obtuvo 49,42 puntos y el paciente sin BFR 39,08 puntos. La mejora en el paciente sin BFR fue mayor, aunque su puntaje basal fue bastante menor y no logró alcanzar el puntaje basal del paciente que utilizó el BFR. Esto puede deberse a las propiedades del BFR donde se puede realizar la aplicación de forma pasiva y con ejercicios con poca carga, 20% de 1RM, evitando la atrofia muscular y debilidad del cuádriceps en la etapa post-quirúrgica. Ambos pacientes mejoraron pero no alcanzaron el cambio mínimo detectable de 8,8 puntos.(9)

En relación a la variable de equilibrio dinámico, en el paciente con BFR no hubo asimetrías de 4 cm en relación del composite por lo que no aumentó el riesgo de lesión.(8) Al 4to mes hubo una mejora en los valores en la dirección anterior y postero-lateral de la pierna izquierda. En cambio, en el paciente sin BFR, en el 3er mes presentó una asimetría mayor a 4cm, situación que se mejoró al llegar al 4to mes. Además, en la segunda evaluación hubo una mejora en los resultados de las 3 direcciones del test en la pierna operada. Esto puede deberse a la utilización del BFR ya que se menciona entre sus beneficios poder evitar la atrofia muscular y debilidad del cuádriceps.(4)

En relación a la movilidad no se destaca diferencia entre ambos pacientes. Esto puede derivarse de que el uso de BFR no tiene impacto en la variable movilidad. Para realizar las mediciones, en este trabajo se optó por la aplicación “Medición” iPhone 13 para goniometría y se tomaron como referencias el estudio de Pereira y cols. donde se utilizó la App “Goniometer”, aunque esta App ya no se encuentra en funcionamiento.(5)

Otro aspecto a analizar que nos deja este trabajo, es el diseño metodológico ya que es un limitante para comparar. Se estudió un solo caso con BFR y un solo caso sin BFR. Para otros datos estadísticos inferenciales, es necesaria una muestra mayor. Sin embargo, estos datos deberían corroborarse con futuras investigaciones que utilicen un mayor número de casos. Otra limitación que se encuentra en este trabajo es que no se evaluó la variable dolor, siendo una medición que se podría considerar en estos casos tanto antes como después de una cirugía. Además, un periodo mayor a 4 meses es necesario para el seguimiento de la fuerza (4), evaluación de los saltos, uni y bipodales, así como la biomecánica de la carrera y la completa re inserción en el deporte.

Como propuesta a futuro, sería interesante que este tipo de estudio se continúe con una mayor muestra y un plazo de tiempo mayor. No se han encontrado artículos con ese seguimiento pero que, en el estudio de Robert A. Jack y cols. realizado con una muestra mayor de casos de post-quirúrgicos de LCA, hay evidencia de seguimiento en un plazo de 12 semanas, donde se concluyó que la rehabilitación con BFR luego de la cirugía, es más beneficiosa para disminuir la pérdida de masa muscular y ósea que una rehabilitación estándar.(20) Resultados similares se encontraron en el estudio de Luke Hughes y cols. también con una muestra mayor de pacientes, donde el BFR concluyó como apropiado en la fase de rehabilitación con cargas progresivas en la etapa de post-quirúrgica de LCA.(21)

VIII. CONCLUSIONES

En este trabajo, a partir del seguimiento de 2 casos durante 4 meses, se concluye que la terapia kinésica sumada a la oclusión al flujo sanguíneo en comparación a la terapia kinésica sin oclusión al flujo sanguíneo, obtiene mejores valores en los niveles de fuerza de cuádriceps e isquiosurales, estabilidad dinámica y la función de la rodilla al 4to mes post-quirúrgico.

Cabe destacar que las mejoras obtenidas fueron mayores en el paciente con BFR en todas las variables mencionadas, lo que promueve a utilizar esta herramienta en la rehabilitación post-quirúrgica de LCA.

IX. REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS

1. Thomas AC, Wojtys EM, Brandon C, Palmieri-Smith RM. Muscle atrophy contributes to quadriceps weakness after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Sci Med Sport* [Internet]. 2016 [citado 10 de mayo de 2022];19(1):7-11. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S144024401500002X>
2. Konishi Y, Ikeda K, Nishino A, Sunaga M, Aihara Y, Fukubayashi T. Relationship between quadriceps femoris muscle volume and muscle torque after anterior cruciate ligament repair: Relationship between QF volume and muscle torque after ACL repair. *Scand J Med Sci Sports* [Internet]. 1 de marzo de 2007 [citado 17 de julio de 2022];17(6):656-61. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1600-0838.2006.00619.x>
3. Anderson AB, Owens JG, Patterson SD, Dickens JF, LeClere LE. Blood Flow Restriction Therapy: From Development to Applications. *Sports Med Arthrosc Rev* [Internet]. 2019 [citado 2 de mayo de 2022];27(3):119-23. Disponible en: <https://journals.lww.com/10.1097/JSA.0000000000000240>
4. Martín-Hernández J. Revisión de los procesos de hipertrofia muscular inducida por el entrenamiento de fuerza oclusivo. 2011;6. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-andaluza-medicina-del-deporte-284-pdf-X188875461193787X>
5. Pereira L, Rwakabayiza S, Lécurveux E, Jolles B. Reliability of the Knee Smartphone-Application Goniometer in the Acute Orthopedic Setting. *J Knee Surg* [Internet]. 2016 [citado 17 de julio de 2022];30(03):223-30. Disponible en: <http://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.1055/s-0036-1584184>
6. Danile, D.M, Stone, M.L. *Knee Ligament: Structure, Function, Injury and Repair*. Raven Press, New York; 1990. p. 31.
7. Norton K, Whittingham N, Carter L, Kerr D, Gore C. *TECNICAS DE MEDICION EN ANTROPOMETRIA*. :38.
8. Gribble PA, Hertel J, Plisky P. Using the Star Excursion Balance Test to Assess Dynamic Postural-Control Deficits and Outcomes in Lower Extremity Injury: A Literature and Systematic Review. *J Athl Train* [Internet]. 2012 [citado 25 de junio de 2022];47(3):339-57. Disponible en: <https://meridian.allenpress.com/jat/article/47/3/339/111293/Using-the-Star-Excursion-Balance-Test-to-Assess>
9. Collins NJ, Misra D, Felson DT, Crossley KM, Roos EM. Measures of knee function: International Knee Documentation Committee (IKDC) Subjective Knee Evaluation Form, Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS), Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score Physical Function Short Form (KOOS-PS), Knee Ou. *Arthritis Care Res* [Internet]. noviembre de 2011 [citado 17 de julio de 2022];63(S11):S208-28. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/acr.20632>
10. Ebrahimzadeh MH, Makhmalbaf H, Golhasani-Keshtan F, Rabani S, Birjandinejad A. The International Knee Documentation Committee (IKDC) Subjective Short Form: a validity and reliability study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* [Internet]. 2015 [citado 17 de julio de 2022];23(11):3163-7. Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/s00167-014-3107-1>

11. Gaudet J, Handrigan G. Assessing the Validity and Reliability of A Low-Cost Microcontroller-Based Load Cell Amplifier for Measuring Lower Limb and Upper Limb Muscular Force. *Sensors* [Internet]. 2020 [citado 15 de agosto de 2022];20(17):4999. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1424-8220/20/17/4999>
12. Brandner CR, May AK, Clarkson MJ, Warmington SA. Reported Side-effects and Safety Considerations for the Use of Blood Flow Restriction During Exercise in Practice and Research. *Tech Orthop* [Internet]. 2018 [citado 8 de mayo de 2022];33(2):114-21. Disponible en: <https://journals.lww.com/00013611-201806000-00007>
13. Cirilo-Sousa M do S, Lemos JB, Poderoso R, Araújo RCT de, Aniceto RR, Pereira PMG, et al. PREDICTIVE EQUATION FOR BLOOD FLOW RESTRICTION TRAINING. *Rev Bras Med Esporte* [Internet]. 2019 [citado 2 de mayo de 2022];25(6):494-7. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-86922019000600494&tlng=en
14. Loenneke J, Abe T, Wilson J, Thiebaud R, Fahs C, Rossow L, et al. Blood flow restriction: An evidence based progressive model (Review). *Acta Physiol Hung* [Internet]. 2012 [citado 2 de mayo de 2022];99(3):235-50. Disponible en: <https://akjournals.com/doi/10.1556/aphysiol.99.2012.3.1>
15. Takarada Y, Takazawa H, Ishii N. Applications of vascular occlusion diminish disuse atrophy of knee extensor muscles: *Med Sci Sports Exerc* [Internet]. 2000 [citado 2 de mayo de 2022];32(12):2035-9. Disponible en: <http://journals.lww.com/00005768-200012000-00011>
16. Tennent DJ, Burns TC, Johnson AE, Owens JG, Hylden CM. Blood Flow Restriction Training for Postoperative Lower-Extremity Weakness: A Report of Three Cases. 2018;17(4):4. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29629970/>
17. Bond CW, Hackney KJ, Brown SL, Noonan BC. Blood Flow Restriction Resistance Exercise as a Rehabilitation Modality Following Orthopaedic Surgery: A Review of Venous Thromboembolism Risk. *J Orthop Sports Phys Ther* [Internet]. 2019 [citado 2 de mayo de 2022];49(1):17-27. Disponible en: <https://www.jospt.org/doi/10.2519/jospt.2019.8375>
18. Kim HJ, Lee JH, Ahn SE. Influencia de la Rotura del Ligamento Cruzado Anterior en la Fuerza Muscular del Muslo y la Relación Isquiotibiales-Cuádriceps: Un Meta-Análisis. 2018;12.
19. Pua YH, Ho JY, Chan SAS, Khoo SJ, Chong HC. Associations of isokinetic and isotonic knee strength with knee function and activity level after anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective cohort study. *The Knee* [Internet]. 2017 [citado 25 de junio de 2022];24(5):1067-74. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0968016017301825>
20. Jack RA, Lambert BS, Hedt CA, Delgado D, Goble H, McCulloch PC. Blood Flow Restriction Therapy Preserves Lower Extremity Bone and Muscle Mass After ACL Reconstruction. *Sports Health Multidiscip Approach* [Internet]. 2023 [citado 24 de septiembre de 2023];15(3):361-71. Disponible en: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/19417381221101006>

21. Hughes L, Rosenblatt B, Haddad F, Gissane C, McCarthy D, Clarke T, et al. Comparing the Effectiveness of Blood Flow Restriction and Traditional Heavy Load Resistance Training in the Post-Surgery Rehabilitation of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Patients: A UK National Health Service Randomised Controlled Trial. *Sports Med* [Internet]. 2019 [citado 24 de septiembre de 2023];49(11):1787-805. Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/s40279-019-01137-2>

X. ANEXOS

Anexo 1: Escala IKDC. 1er mes, paciente con BFR.

FORMULARIO PARA LA EVALUACIÓN SUBJETIVA DE LA RODILLA

Nombre Completo

Fecha de Hoy: 12 / 10 / 2022 Fecha de la Lesión: 10 / 08 / 2022
Día Mes Año Día Mes Año

SÍNTOMAS*:
*Evalue sus síntomas según el mayor nivel de actividad al cual usted cree que podría funcionar sin sentir molestias significativas, incluso aunque usted no esté realizando actividades de este nivel en la actualidad

1. ¿Cuál es el nivel más alto de actividad que usted puede realizar sin tener dolor significativo de rodilla?

- Actividades físicas de muy alta intensidad tales como saltar o girar, como en el básquetbol o fútbol
- Actividades físicas de alta intensidad, tales como trabajo físico pesado, esquiar o jugar tenis
- Actividades físicas de moderada intensidad tales como trabajo físico moderado, correr o trotar
- Actividades físicas de liviana intensidad, tales como caminar, hacer trabajos en la casa o en el patio (jardín)
- No puedo hacer ninguna de las actividades indicadas anteriormente debido al dolor de rodilla

2. Durante las últimas 4 semanas, o desde que ocurrió su lesión, ¿cuán frecuentemente ha tenido dolor?

Nunca	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Constantemente
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

3. Si usted tiene dolor, ¿cuán fuerte es el dolor?

Ningún dolor	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	El peor dolor imaginable
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

4. Durante las últimas 4 semanas, o desde que ocurrió su lesión, ¿cuán rígida o hinchada ha estado su rodilla?

- Nada
- Levemente
- Moderadamente
- Mucho
- En extremo

5. ¿Cuál es el nivel más alto de actividad física que usted puede realizar sin que la rodilla se le hinche significativamente?

- Actividades físicas de muy alta intensidad tales como saltar o girar, como en el básquetbol o fútbol
- Actividades físicas de alta intensidad, tales como trabajo físico pesado, esquiar o jugar tenis
- Actividades físicas de moderada intensidad tales como trabajo físico moderado, correr o trotar
- Actividades físicas de liviana intensidad, tales como caminar, hacer trabajos en la casa o en el patio (jardín)
- No puedo hacer ninguna de las actividades indicadas anteriormente debido a hinchazón en la rodilla

6. Durante las últimas 4 semanas, o desde que ocurrió su lesión, ¿se le ha bloqueado o trabado temporalmente la rodilla?

Sí No

7. ¿Cuál es el nivel más alto de actividad que usted puede realizar sin que la rodilla se sienta inestable?

- Actividades físicas de muy alta intensidad tales como saltar o girar, como en el básquetbol o fútbol
- Actividades físicas de alta intensidad, tales como trabajo físico pesado, esquiar o jugar tenis
- Actividades físicas de moderada intensidad tales como trabajo físico moderado, correr o trotar
- Actividades físicas de liviana intensidad, tales como caminar, hacer trabajos en la casa o en el patio (jardín)
- No puedo hacer ninguna de las actividades indicadas anteriormente debido a la inestabilidad de la rodilla

ACTIVIDADES DEPORTIVAS:

8. ¿Cuál es el nivel más alto de actividad que usted puede hacer rutinariamente?

- Actividades físicas de muy alta intensidad tales como saltar o girar, como en el básquetbol o fútbol
- Actividades físicas de alta intensidad tales como trabajo físico pesado, esquiar o jugar tenis
- Actividades físicas de moderada intensidad tales como trabajo físico moderado, correr o trotar
- Actividades físicas de liviana intensidad, tales como caminar, hacer trabajos en la casa o en el patio (jardín)
- No puedo hacer ninguna de las actividades indicadas anteriormente debido a la rodilla

9. ¿Cómo su rodilla afecta en su capacidad para:

	Sin dificultad	Dificultad mínima	Dificultad moderada	Dificultad extrema	No puedo hacerlo
a. Subir escaleras?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. Bajar escaleras?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. Arrodillarse?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. Hacer una sentadilla?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. Sentarse con las rodillas dobladas?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f. Levantarse de una silla?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g. Correr en línea recta?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
h. Saltar y caer sobre la pierna afectada?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
i. Detenerse bruscamente o comenzar a caminar/correr rápidamente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

FUNCIONALIDAD:

10. ¿Cómo calificaría usted la funcionalidad de su rodilla, usando una escala de 0 a 10, donde 10 es funcionalidad normal y excelente, y 0 es la incapacidad de realizar alguna de sus actividades diarias habituales, lo cual podría incluir deportes?

FUNCIONALIDAD ANTES DE QUE TUVIERA LA LESIÓN EN LA RODILLA:

No podía realizar mis actividades diarias	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	No tenía limitación
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

FUNCIONALIDAD ACTUAL DE LA RODILLA

No puedo realizar mis actividades diarias	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	No tengo limitación
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Anexo 2: Escala IKDC. 1er mes, paciente sin BFR.

FORMULARIO PARA LA EVALUACIÓN SUBJETIVA DE LA RODILLA

Nombre Completo

Fecha de Hoy: 12 / 07 / 22 Fecha de la Lesión: 11 / 08 / 22
Día Mes Año Día Mes Año

SÍNTOMAS*:
*Evalue sus síntomas según el mayor nivel de actividad al cual usted cree que podría funcionar sin sentir molestias significativas, incluso aunque usted no esté realizando actividades de este nivel en la actualidad

1. ¿Cuál es el nivel más alto de actividad que usted puede realizar sin tener dolor significativo de rodilla?

- Actividades físicas de muy alta intensidad tales como saltar o girar, como en el básquetbol o fútbol
- Actividades físicas de alta intensidad, tales como trabajo físico pesado, esquiar o jugar tenis
- Actividades físicas de moderada intensidad tales como trabajo físico moderado, correr o trotar
- Actividades físicas de liviana intensidad, tales como caminar, hacer trabajos en la casa o en el patio (jardín)
- No puedo hacer ninguna de las actividades indicadas anteriormente debido al dolor de rodilla

2. Durante las últimas 4 semanas, o desde que ocurrió su lesión, ¿cuán frecuentemente ha tenido dolor?

Nunca	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Constantemente
-------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	-------------------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	----------------

3. Si usted tiene dolor, ¿cuán fuerte es el dolor?

Ningún dolor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	El peor dolor imaginable
--------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	-------------------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

4. Durante las últimas 4 semanas, o desde que ocurrió su lesión, ¿cuán rígida o hinchada ha estado su rodilla?

- Nada
- Levemente
- Moderadamente
- Mucho
- En extremo

5. ¿Cuál es el nivel más alto de actividad física que usted puede realizar sin que la rodilla se le hinche significativamente?

- Actividades físicas de muy alta intensidad tales como saltar o girar, como en el básquetbol o fútbol
- Actividades físicas de alta intensidad, tales como trabajo físico pesado, esquiar o jugar tenis
- Actividades físicas de moderada intensidad tales como trabajo físico moderado, correr o trotar
- Actividades físicas de liviana intensidad, tales como caminar, hacer trabajos en la casa o en el patio (jardín)
- No puedo hacer ninguna de las actividades indicadas anteriormente debido a hinchazón en la rodilla

6. Durante las últimas 4 semanas, o desde que ocurrió su lesión, ¿se le ha bloqueado o trabado temporalmente la rodilla?

Sí No

7. ¿Cuál es el nivel más alto de actividad que usted puede realizar sin que la rodilla se sienta inestable?

- Actividades físicas de muy alta intensidad tales como saltar o girar, como en el básquetbol o fútbol
- Actividades físicas de alta intensidad, tales como trabajo físico pesado, esquiar o jugar tenis
- Actividades físicas de moderada intensidad tales como trabajo físico moderado, correr o trotar
- Actividades físicas de liviana intensidad, tales como caminar, hacer trabajos en la casa o en el patio (jardín)
- No puedo hacer ninguna de las actividades indicadas anteriormente debido a la inestabilidad de la rodilla

ACTIVIDADES DEPORTIVAS:

8. ¿Cuál es el nivel más alto de actividad que usted puede hacer rutinariamente?

- Actividades físicas de muy alta intensidad tales como saltar o girar, como en el básquetbol o fútbol
- Actividades físicas de alta intensidad tales como trabajo físico pesado, esquiar o jugar tenis
- Actividades físicas de moderada intensidad tales como trabajo físico moderado, correr o trotar
- Actividades físicas de liviana intensidad, tales como caminar, hacer trabajos en la casa o en el patio (jardín)
- No puedo hacer ninguna de las actividades indicadas anteriormente debido a la rodilla

9. ¿Cómo su rodilla afecta en su capacidad para:

	Sin dificultad	Dificultad mínima	Dificultad moderada	Dificultad extrema	No puedo hacerlo
a. Subir escaleras?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. Bajar escaleras?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. Arrodillarse?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
d. Hacer una sentadilla?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
e. Sentarse con las rodillas dobladas?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f. Levantarse de una silla?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g. Correr en línea recta?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
h. Saltar y caer sobre la pierna afectada?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
i. Detenerse bruscamente o comenzar a caminar/correr rápidamente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

FUNCIONALIDAD:

10. ¿Cómo calificaría usted la funcionalidad de su rodilla, usando una escala de 0 a 10, donde 10 es funcionalidad normal y excelente, y 0 es la incapacidad de realizar alguna de sus actividades diarias habituales, lo cual podría incluir deportes?

FUNCIONALIDAD ANTES DE QUE TUVIERA LA LESIÓN EN LA RODILLA:

No podía realizar mis actividades diarias

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

No tenía limitación

FUNCIONALIDAD ACTUAL DE LA RODILLA

No puedo realizar mis actividades diarias

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

No tengo limitación

Anexo 3: Escala IKDC. 3er mes, paciente con BFR.

FORMULARIO PARA LA EVALUACIÓN SUBJETIVA DE LA RODILLA

Nombre Completo

Fecha de Hoy: 11 / 11 / 2022 Fecha de la Lesión: 10 / 08 / 2022
Día Mes Año Día Mes Año

SÍNTOMAS*:
*Evalúe sus síntomas según el mayor nivel de actividad al cual usted cree que podría funcionar sin sentir molestias significativas, incluso aunque usted no esté realizando actividades de este nivel en la actualidad

1. ¿Cuál es el nivel más alto de actividad que usted puede realizar sin tener dolor significativo de rodilla?

Actividades físicas de muy alta intensidad tales como saltar o girar, como en el básquetbol o fútbol
 Actividades físicas de alta intensidad, tales como trabajo físico pesado, esquiar o jugar tenis
 Actividades físicas de moderada intensidad tales como trabajo físico moderado, correr o trotar
 Actividades físicas de liviana intensidad, tales como caminar, hacer trabajos en la casa o en el patio (jardín)
 No puedo hacer ninguna de las actividades indicadas anteriormente debido al dolor de rodilla

2. Durante las últimas 4 semanas, o desde que ocurrió su lesión, ¿cuán frecuentemente ha tenido dolor?

Nunca	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Constantemente
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

3. Si usted tiene dolor, ¿cuán fuerte es el dolor?

Ningún dolor	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	El peor dolor imaginable
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

4. Durante las últimas 4 semanas, o desde que ocurrió su lesión, ¿cuán rígida o hinchada ha estado su rodilla?

Nada
 Levemente
 Moderadamente
 Mucho
 En extremo

5. ¿Cuál es el nivel más alto de actividad física que usted puede realizar sin que la rodilla se le hinche significativamente?

Actividades físicas de muy alta intensidad tales como saltar o girar, como en el básquetbol o fútbol
 Actividades físicas de alta intensidad, tales como trabajo físico pesado, esquiar o jugar tenis
 Actividades físicas de moderada intensidad tales como trabajo físico moderado, correr o trotar
 Actividades físicas de liviana intensidad, tales como caminar, hacer trabajos en la casa o en el patio (jardín)
 No puedo hacer ninguna de las actividades indicadas anteriormente debido a hinchazón en la rodilla

6. Durante las últimas 4 semanas, o desde que ocurrió su lesión, ¿se le ha bloqueado o trabado temporalmente la rodilla?

Sí No

7. ¿Cuál es el nivel más alto de actividad que usted puede realizar sin que la rodilla se sienta inestable?

Actividades físicas de muy alta intensidad tales como saltar o girar, como en el básquetbol o fútbol
 Actividades físicas de alta intensidad, tales como trabajo físico pesado, esquiar o jugar tenis
 Actividades físicas de moderada intensidad tales como trabajo físico moderado, correr o trotar
 Actividades físicas de liviana intensidad, tales como caminar, hacer trabajos en la casa o en el patio (jardín)
 No puedo hacer ninguna de las actividades indicadas anteriormente debido a la inestabilidad de la rodilla

ACTIVIDADES DEPORTIVAS:

8. ¿Cuál es el nivel más alto de actividad que usted puede hacer rutinariamente?

- Actividades físicas de muy alta intensidad tales como saltar o girar, como en el básquetbol o fútbol
- Actividades físicas de alta intensidad tales como trabajo físico pesado, esquiar o jugar tenis
- Actividades físicas de moderada intensidad tales como trabajo físico moderado, correr o trotar
- Actividades físicas de liviana intensidad, tales como caminar, hacer trabajos en la casa o en el patio (jardín)
- No puedo hacer ninguna de las actividades indicadas anteriormente debido a la rodilla

9. ¿Cómo su rodilla afecta en su capacidad para:

	Sin dificultad	Dificultad mínima	Dificultad moderada	Dificultad extrema	No puedo hacerlo
a. Subir escaleras?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. Bajar escaleras?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. Arrodillarse?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. Hacer una sentadilla?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. Sentarse con las rodillas dobladas?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f. Levantarse de una silla?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g. Correr en línea recta?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
h. Saltar y caer sobre la pierna afectada?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
i. Detenerse bruscamente o comenzar a caminar/correr rápidamente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

FUNCIONALIDAD:

10. ¿Cómo calificaría usted la funcionalidad de su rodilla, usando una escala de 0 a 10, donde 10 es funcionalidad normal y excelente, y 0 es la incapacidad de realizar alguna de sus actividades diarias habituales, lo cual podría incluir deportes?

FUNCIONALIDAD ANTES DE QUE TUVIERA LA LESIÓN EN LA RODILLA:

No podía realizar mis actividades diarias	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	No tenía limitación
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

FUNCIONALIDAD ACTUAL DE LA RODILLA

No puedo realizar mis actividades diarias	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	No tengo limitación
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Anexo 4: Escala IKDC. 3er mes, paciente sin BFR.

FORMULARIO PARA LA EVALUACIÓN SUBJETIVA DE LA RODILLA

Nombre Completo _____

Fecha de Hoy: 14 / 11 / 22 Fecha de la Lesión: 11 / 08 / 22
Día Mes Año Día Mes Año

SÍNTOMAS*:
 *Evalúe sus síntomas según el mayor nivel de actividad al cual usted cree que podría funcionar sin sentir molestias significativas, incluso aunque usted no esté realizando actividades de este nivel en la actualidad

1. ¿Cuál es el nivel más alto de actividad que usted puede realizar sin tener dolor significativo de rodilla?

Actividades físicas de muy alta intensidad tales como saltar o girar, como en el básquetbol o fútbol
 Actividades físicas de alta intensidad, tales como trabajo físico pesado, esquiar o jugar tenis
 Actividades físicas de moderada intensidad tales como trabajo físico moderado, correr o trotar
 Actividades físicas de liviana intensidad, tales como caminar, hacer trabajos en la casa o en el patio (jardín)
 No puedo hacer ninguna de las actividades indicadas anteriormente debido al dolor de rodilla

2. Durante las últimas 4 semanas, o desde que ocurrió su lesión, ¿cuán frecuentemente ha tenido dolor?

Nunca | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Constantemente
 | | | | | | | | | | | |

3. Si usted tiene dolor, ¿cuán fuerte es el dolor?

Ningún dolor | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | El peor dolor imaginable
 | | | | | | | | | | | |

4. Durante las últimas 4 semanas, o desde que ocurrió su lesión, ¿cuán rígida o hinchada ha estado su rodilla?

Nada
 Levemente
 Moderadamente
 Mucho
 En extremo

5. ¿Cuál es el nivel más alto de actividad física que usted puede realizar sin que la rodilla se le hinche significativamente?

Actividades físicas de muy alta intensidad tales como saltar o girar, como en el básquetbol o fútbol
 Actividades físicas de alta intensidad, tales como trabajo físico pesado, esquiar o jugar tenis
 Actividades físicas de moderada intensidad tales como trabajo físico moderado, correr o trotar
 Actividades físicas de liviana intensidad, tales como caminar, hacer trabajos en la casa o en el patio (jardín)
 No puedo hacer ninguna de las actividades indicadas anteriormente debido a hinchazón en la rodilla

6. Durante las últimas 4 semanas, o desde que ocurrió su lesión, ¿se le ha bloqueado o trabado temporalmente la rodilla?

Sí No

7. ¿Cuál es el nivel más alto de actividad que usted puede realizar sin que la rodilla se sienta inestable?

Actividades físicas de muy alta intensidad tales como saltar o girar, como en el básquetbol o fútbol
 Actividades físicas de alta intensidad, tales como trabajo físico pesado, esquiar o jugar tenis
 Actividades físicas de moderada intensidad tales como trabajo físico moderado, correr o trotar
 Actividades físicas de liviana intensidad, tales como caminar, hacer trabajos en la casa o en el patio (jardín)
 No puedo hacer ninguna de las actividades indicadas anteriormente debido a la inestabilidad de la rodilla

ACTIVIDADES DEPORTIVAS:

8. ¿Cuál es el nivel más alto de actividad que usted puede hacer rutinariamente?

- Actividades físicas de muy alta intensidad tales como saltar o girar, como en el básquetbol o fútbol
- Actividades físicas de alta intensidad tales como trabajo físico pesado, esquiar o jugar tenis
- Actividades físicas de moderada intensidad tales como trabajo físico moderado, correr o trotar
- Actividades físicas de liviana intensidad, tales como caminar, hacer trabajos en la casa o en el patio (jardín)
- No puedo hacer ninguna de las actividades indicadas anteriormente debido a la rodilla

9. ¿Cómo su rodilla afecta en su capacidad para:

	Sin dificultad	Dificultad mínima	Dificultad moderada	Dificultad extrema	No puedo hacerlo
a. Subir escaleras?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. Bajar escaleras?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. Arrodillarse?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. Hacer una sentadilla?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. Sentarse con las rodillas dobladas?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f. Levantarse de una silla?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g. Correr en línea recta?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
h. Saltar y caer sobre la pierna afectada?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
i. Detenerse bruscamente o comenzar a caminar/correr rápidamente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

FUNCIONALIDAD:

10. ¿Cómo calificaría usted la funcionalidad de su rodilla, usando una escala de 0 a 10, donde 10 es funcionalidad normal y excelente, y 0 es la incapacidad de realizar alguna de sus actividades diarias habituales, lo cual podría incluir deportes?

FUNCIONALIDAD ANTES DE QUE TUVIERA LA LESIÓN EN LA RODILLA:

No podía realizar mis actividades diarias	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	No tenía limitación
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

FUNCIONALIDAD ACTUAL DE LA RODILLA

No puedo realizar mis actividades diarias	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	No tengo limitación
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Anexo 5: Informe de resonancia magnética. Paciente con BFR.

Servicio de Resonancia

Paciente: [REDACTED] **DNI:** [REDACTED] **Estudio:** 078165
Obra Social: IAPOS- AMBULATORIO-
Médico: [REDACTED]
Fecha: 18/6/2022

RMI RODILLA IZQUIERDA

PROCEDIMIENTO:

Se realizó RMI de rodilla izquierda en equipo Magnetom Essenza de 1.5 Tesla, con cortes axiales, sagitales y coronales. Las imágenes obtenidas se procesaron en papel fotográfico y en un CD, indicándose con una R el lado derecho del paciente en los cortes coronales y axiales y una A en el lado anterior de los cortes sagitales.

INTERPRETACION:

Imágenes degradadas por movimientos del paciente.
Maduración ósea acorde a la edad cronológica.
Ruptura completa aguda del ligamento cruzado anterior.
Discreta traslación tibial anterior verticaliza parcialmente al ligamento cruzado posterior, el cual no muestra cambios en la señal.
Moderadas contusiones osteosubcondrales en la vertiente lateral del cóndilo femoral externo.
No hay alteraciones meniscales.
Los ligamentos colaterales y el complejo posterolateral están respetados.
Escasa cantidad de líquido articular.
Sin cambios en el aparato extensor de la rodilla.
sr

Atte.

105 1

Anexo 6: Informe de resonancia magnética. Paciente sin BFR.

Paciente : // Orden : RMN0066921
Solicito Dr/a.: Fecha : /22
Hoja : 1

OBRA SOCIAL: CAJA FORENSE ROSARIO 2ªC

RESONANCIA MAGNETICA DE RODILLA IZQUIERDA

MATERIAL Y METODO

Se realizó un estudio de Resonancia Magnética Nuclear con un sistema dedicado de imán permanente marca y modelo BASDA BTI con cortes multiplanares y secuencias especialmente protocolizadas para la región en estudio.

INFORME:

Engrosamiento con cambios hiperintensos y distensión de las fibras proximales del ligamento colateral medial asociado a edema periligamentario en relación a lesión grado II.

Irregularidad de las fibras póstero-laterales del ligamento cruzado anterior sin disrupción fibrilar a evaluar con signos que sugieran inestabilidad.

Discreto edema óseo sobre el condilo femoral interno.

Menisco externo con configuración pseudodiscoide, sin signos de neta ruptura.

Cambio hiperintenso de lesión de grado I del menisco interno.

Ligamento cruzado posterior de morfología y brillo normal.

Complejo pósterolateral externo sin alteraciones morfológicas ni de intensidad de señal.

Rótula centrada, retináculos patelares, tendón patelar, cuadrícipital y de la pata de ganso sin alteraciones morfológicas ni de intensidad de la señal.

Cartilagos de revestimiento fémoro-patelar de espesor y señal normal.

No se observa derrame intra-articular.

vpic

no

no

Anexo 7: Secuencia de imágenes del tratamiento con BFR.

Imagen 1: paciente 3er día post-quirúrgico.



Imagen 2: electroestimulación con BFR, semana 1 post-quirúrgico.



Imagen 3: isométrico de cuádriceps con pelota, semana 1 post-quirúrgico.



Imagen 4: extensión de rodilla con bloqueo activo de cuádriceps con BFR, semana 1 post-quirúrgico.



Imagen 5: vasto interno con tensor en paralelas, semana 2 post-quirúrgico.



Imagen 6: marcha en paralelas, semana 2 post-quirúrgico.



Imagen 7: cadena cerrada en camilla de pilates, semana 3 post-quirúrgico.



Imagen 8: sentadillas con barra, semana 9 post-quirúrgico.



Imagen 9: aeróbico en bicicleta, semana 10 post-quirúrgica.



Imagen 10: cuadrícera, semana 10 post-quirúrgica.



Imagen 11: prensa bi-podal, semana 11 post-quirúrgica.



Imagen 12: prensa uni-podal, semana 11 post-quirúrgica



Imagen 13: peso muerto con barra, semana 12 post-quirúrgico.



Imagen 14: aeróbico en cinta, semana 12 post-quirúrgica.

