



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

TRABAJO DE FIN DE GRADO

GRADO EN FISIOTERAPIA

Eficacia de la vibración local y la vibración de cuerpo completo en sujetos con reconstrucción del ligamento cruzado anterior.

Efficacy of Local muscle vibration and whole body vibration in subjects with anterior cruciate ligament reconstruction.

Eficacia da vibración local e a vibración de corpo completo en suxeitos con reconstrución do ligamento cruzado anterior.



Facultad de Fisioterapia

Alumno: Darío Moure Barreiro

DNI: 45.95.71.98 R

Tutora: Alicia Martínez Rodríguez

Convocatoria: Junio 2020

ÍNDICE

1. Resumen	5
1. Abstract	6
1. Resumen	7
2. Introducción	8
2.1. Tipo de trabajo	8
2.2. Motivación personal	8
3. Contextualización	9
3.1. Antecedentes	9
3.1.1. Descripción anatómica y definición	9
3.1.2. Etiología y factores de riesgo	9
3.1.3. Clínica.....	10
3.1.4. Epidemiología	10
3.1.5. Diagnóstico	11
3.1.6. Abordaje terapéutico.....	11
3.1.7. Rehabilitación tras reconstrucción quirúrgica del LCA	12
3.1.8. Intervención vibratoria:	13
3.1.9. Formas de medición de las variables	14
3.2. Justificación del trabajo	16
4. Objetivos	17
4.1. Pregunta de investigación (PICO)	17
4.2. Objetivos	17
4.2.1 General.....	17
4.2.2 Específicos.	18
5. Metodología	18
5.1. Fecha y bases de datos	18
5.2. Criterios de selección	18
5.2.1. Criterios de inclusión:	18
5.2.1. Criterios de exclusión:	19
5.3 Estrategia de búsqueda	19
5.4. Gestión de la bibliografía localizada	22

5.5. Selección de artículos	22
5.6. Variables de estudio	23
6. Resultados.....	24
6.1. Calidad metodológica.....	24
6.2. Características de los estudios	26
6.3. Tipo de intervención y parámetros empleados.....	28
6.4. Resultados de los estudios.....	33
6.4.1. Fuerza.....	33
6.4.2. Propiocepción	36
6.4.3. Equilibrio/control postural	36
6.4.4. Laxitud articular / estabilidad articular	38
6.4.5. Calidad de vida / evaluación subjetiva de la rodilla / funcionalidad.....	38
6.4.6. Pruebas y test funcionales.....	39
7. Discusión.....	42
7.1. Variables de resultados	42
7.1.1. Fuerza:.....	42
7.1.2. Propiocepción	43
7.1.3. Equilibrio/control postural	43
7.1.4. Laxitud articular / estabilidad articular	44
7.1.5. Calidad de vida / evaluación subjetiva de la rodilla / funcionalidad	44
7.1.6. Pruebas funcionales:	44
7.2. Diferencias entre la aplicación durante una sola sesión y durante varias semanas/meses de duración	45
7.3. Características del programa y parámetros de vibración	46
7.4. Diferencias en los efectos de WBV y LMV.....	47
7.5. Efectos a corto, medio y largo plazo tras finalizar la intervención	48
7.6. Intervenciones iniciadas en fases tempranas, fases medias y tardías tras la cirugía.....	49
7.7. Limitaciones y recomendaciones.....	49
8. Conclusiones	51
9. Bibliografía	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estrategia de búsqueda	20
Tabla 2. Calidad metodológica de los estudios según pedro.	25
Tabla 3. Características de los estudios.....	27
Tabla 4. Tipo de intervención y parámetros empleados.....	29
Tabla 5. Síntesis de resultados de las distintas variables.	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de selección de artículos	22
---	----

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ECA	Ensayo clínico aleatorizado
LCA	Ligamento cruzado anterior
PL	Posterolateral
AM	Anteromedial
IMC	Índice de masa corporal
RLCA	Reconstrucción de ligamento cruzado anterior
mm	Milímetros
PF	Pico de fuerza
N	Newtons
TDF	Tasa de desarrollo de la fuerza
N/s	Newtons/segundo
Hz	Hercios
g	Aceleración de la gravedad
WBV	“Whole body vibration”
LMV	“Local muscle vibration”
REM	Retardo electromecánico
PICO	“Patient”, “intervention”, “comparison”, “outcomes”
GC	Grupo control
MCV	Máxima contracción voluntaria
GI	Grupo intervención

Eficacia de la vibración local y la vibración de cuerpo completo en sujetos con RLCA.

1. RESUMEN

Introducción: la rotura del ligamento cruzado anterior es una de las lesiones de rodilla con mayor incidencia, produciéndose con gran frecuencia durante la actividad deportiva. El proceso de rehabilitación es complejo y prolongado e incluye el ejercicio terapéutico como intervención fundamental. Además, el beneficio de otras intervenciones, como la vibración, está por determinar.

Objetivo: conocer la eficacia de la vibración local y la vibración de cuerpo completo en individuos que fueron sometidos a una reconstrucción quirúrgica del ligamento cruzado anterior.

Material y método: se ha realizado la búsqueda de ensayos clínicos aleatorizados (ECA) o de tipo cruzado en inglés o español en MEDLINE-PubMed, PEDro, SportDiscuss, Cochrane y CINAHL, hasta el 27 de marzo de 2020.

Resultados: 8 ECA y 2 ECA tipo cruzado, con una calidad metodológica media entre todos ellos de 6 en la escala PEDro. Se obtuvieron resultados significativos en el aumento de la fuerza en 7 de 9 trabajos y en el equilibrio/control postural en 5 de 6 que lo evaluaban, sobre todo al aplicar más de 1 sesión. Solo 2 estudios valoraron la laxitud articular y ambos no encontraron diferencias con respecto al control. La vibración de cuerpo completo se aplicó en 9 estudios, mientras que solo 3 lo aplicaron localmente, sin diferencias en los 2 estudios que compararon ambas intervenciones. No se encontraron efectos o fueron contradictorios en los pocos estudios que analizaron otras variables físicas y psicosociales.

Conclusiones: la intervención vibratoria, principalmente la de cuerpo completo, puede mejorar de forma segura la fuerza y el equilibrio/control postural en individuos con reconstrucción quirúrgica del ligamento cruzado anterior, especialmente cuando sean aplicadas durante más de una sesión. Hacen falta más estudios para identificar el protocolo más adecuado y la influencia sobre otras variables.

Palabras clave: ligamento cruzado anterior, reconstrucción ligamento cruzado anterior, vibración cuerpo completo, vibración local.

1. ABSTRACT

Background: the rupture of the anterior cruciate ligament is one of the knee injuries with the highest incidence, usually during sports activity. The rehabilitation period after ligament reconstruction is a long and complex process, including therapeutic exercise as a key intervention. Besides it, the benefit from other therapeutic strategies, as vibration, remains to be discovered.

Objective: to know the efficacy of local muscle vibration and whole body vibration in individuals who underwent surgical reconstruction of the anterior cruciate ligament.

Methods: the search of randomized controlled trials (RCT) and crossover trials, published in English or Spanish, was carried out in MEDLINE-PubMed, PEDro, SportDiscuss, Cochrane and CINAHL up to 27 March 2020.

Outcomes: 8 randomized clinical trials (RCT) and 2 crossover RCTs, with a mean methodological quality among all of them of 6 on the PEDro scale, were selected. Strength and balance/postural control significant increases were detected in 7 of 9 and in 5 of 6 included trials, respectively, especially when more than 1 session was provided. Only two studies looked for joint laxity and both of them did not find differences compared to control group. Whole body vibration was used in 9 trials, whereas only 3 trials used local muscle vibration, without differences between them in the two studies that compared these two types. Contradictory or no effects were found in the few studies assessing other physical or psychosocial variables.

Conclusions: vibratory therapy, in particular whole body vibration, may improve safely the strength and balance / postural control in individuals with surgical reconstruction of the anterior cruciate ligament, mainly when applied for more than one session. Further data on adequate protocols and influence of vibration on the remaining physical and psychosocial variables are needed.

Keywords: Anterior cruciate ligament, anterior cruciate ligament reconstruction, whole body vibration, local muscle vibration.

Eficacia de la vibración local y la vibración de cuerpo completo en sujetos con RLCA.

1. RESUMO

Introdución: a rotura do ligamento cruzado anterior é unha das lesións máis comúns no xeonllo, ocorrendo con moita frecuencia durante a actividade deportiva. O proceso de rehabilitación é complexo, longo e inclúe exercicio terapéutico como intervención principal. Ademais, aínda queda por determinar o beneficio doutras intervencións, como a vibración.

Obxectivo: coñecer a eficacia da vibración local e da vibración do corpo enteiro en individuos que foron sometidos a unha reconstrución cirúrxica do ligamento cruzado anterior.

Material e método: a busca de ensaios clínicos aleatorios (ECA) levouse a cabo en MEDLINE-PubMed, PEDro, SportDiscuss, Cochrane e CINAHL ata o 27 de marzo de 2020.

Resultados: 8 ECA e 2 ECA cruzados, cunha calidade metodolóxica media entre todos eles de 6 na escala PEDro. Obtivéronse resultados significativos no aumento de forza en 7 de 9 traballos e no equilibrio / control postural en 5 de 6 que o avaliaron, especialmente ao aplicar máis dunha sesión. Só 2 estudos avaliaron a lasitude articular e ambos non atoparon diferenzas respecto ao control. As vibracións do corpo completo aplicáronse en 9 estudos, mentres que só 3 aplicárona localmente, sen diferenzas nos 2 estudos que comparaban ambas as dúas intervencións. Non se atoparon efectos ou conflitos nos poucos estudos que miraron outras variables físicas e psicosociais.

Conclusións: a intervención vibratoria, principalmente a de corpo completo, pode mellorar con seguridade a forza e o equilibrio / control postural en individuos con reconstrución cirúrxica do ligamento cruzado anterior, especialmente cando se aplica durante máis dunha sesión. Son necesarios máis estudos para identificar o protocolo máis adecuado e a influencia sobre outras variables.

Palabras chave: ligamento cruzado anterior, reconstrución do ligamento cruzado anterior, vibración de corpo enteiro, vibración local.

Eficacia de la vibración local y la vibración de cuerpo completo en sujetos con RLCA.

2. INTRODUCCIÓN

2.1. Tipo de trabajo

Este trabajo consiste en una revisión bibliográfica de la literatura existente con el propósito de conocer la eficacia del tratamiento vibratorio, aplicado de forma local o en todo el cuerpo, tras una reconstrucción quirúrgica del ligamento cruzado anterior de la rodilla (LCA).

Una revisión sistemática consiste en un proceso de búsqueda y respuesta a una pregunta específicamente formulada, cuyos métodos tienen que ser replicables, claros y ordenados para identificar, seleccionar y evaluar críticamente la investigación sobre el tema elegido. Además, las revisiones sistemáticas pueden ser fundamentales para desarrollar nuevas teorías o conclusiones que puedan tener implicación útil en el futuro (1).

2.2. Motivación personal

La lesión del LCA es una lesión muy conocida en la sociedad actual y en el ámbito del deporte. Es una de las lesiones más graves y que conlleva a un tiempo de recuperación bastante amplio, lo que la convierte en una de las lesiones más temidas. Hoy en día, se busca la forma de trabajo más efectiva y que conlleve el menor tiempo, por eso se sigue investigando sobre diversas formas de tratamiento que puedan conseguir estos resultados.

Mi interés por el LCA y sus distintas formas de tratamiento ha nacido antes de comenzar la carrera de Fisioterapia, ya que desgraciadamente me ha tocado ser una de las personas que ha sufrido esta lesión, siendo uno de los motivos por los que he optado por entrar en esta maravillosa profesión y en realizar un trabajo sobre este tema. Por estas razones, he decidido realizar una revisión bibliográfica sobre un tipo de intervención menos conocida y que pueda ser interesante para la mejora de la rehabilitación del LCA, decidiéndome por estudiar la intervención vibratoria. Por tanto, en este trabajo, se intentará dar respuesta a la pregunta de si la intervención vibratoria resulta efectiva en pacientes a los que le ha sido reconstruido el ligamento cruzado anterior de la rodilla.

Eficacia de la vibración local y la vibración de cuerpo completo en sujetos con RLCA.

3. CONTEXTUALIZACIÓN

3.1. Antecedentes

3.1.1. Descripción anatómica y definición

El ligamento cruzado anterior de la rodilla, es un ligamento intraarticular y extrasinovial. Presenta una inserción distal en la región anteromedial de la tibia, entre las espinas tibiales, y asciende girando sobre sí mismo y desplegándose en abanico para unirse a la zona más posterior y medial del cóndilo femoral lateral (2). EL LCA puede ser dividido en dos paquetes separados funcional y anatómicamente. Esta clasificación, se basa en los sitios de inserción tibial, dando lugar al fascículo posterolateral (PL), que sería el más posterior y externo y el fascículo anteromedial (AM), que correspondería con la parte más anterior e interna (2,3).

Por otro lado, el LCA es el mayor estabilizador de la traslación anterior de la tibia de forma estática, soportando el 86% de la fuerza total que se puede resistir con una tracción anterior. Además, dependiendo de la posición de la rodilla, actúan diferentes partes del ligamento para estabilizar. Así pues, el haz AM se tensa sobre todo a los 90° de flexión y el haz PL se tensa en la extensión completa de la rodilla. Además, este ligamento se tensa y limita los movimientos rotatorios de la rodilla (2).

3.1.2. Etiología y factores de riesgo

Las lesiones de LCA se producen habitualmente durante la práctica deportiva. Estas se originan debido a mecanismos lesivos indirectos: cambios repentinos en la dirección del movimiento con el pie fijado en el suelo, aterrizajes, paradas rápidas y saltos. O directos: mediante un golpe directo en la cara lateral o anterior de la rodilla (4).

Algunos de los factores de riesgo intrínsecos más establecidos son el aumento de la pendiente de la meseta tibial, una muesca intercondílea estrecha (5), y el haber sufrido anteriormente una lesión de LCA (6). Otros factores de riesgo potenciales pueden ser la laxitud articular, el índice de masa corporal (IMC) (5), la mayor activación de los cuádriceps con respecto a los isquiotibiales, la reducción de la flexión de rodilla y cadera durante los aterrizajes, el incremento de la rotación interna de la tibia, el valgo de rodilla (7) e incluso la genética del individuo que influye en una producción mayor o menor de colágeno dando más o menos resistencia al LCA (6). Por otro lado, con respecto a los factores de riesgo extrínsecos, se

Eficacia de la vibración local y la vibración de cuerpo completo en sujetos con RLCA.

puede nombrar la superficie del calzado, la posición en la que juegue el deportista (5) y las condiciones ambientales húmedas (8,9).

3.1.3. Clínica

La mayoría de los pacientes se quejan de escuchar un chasquido y notan que su rodilla cede tras producirse el momento de la lesión. Otros síntomas incluyen sensibilidad a lo largo de la interlínea articular, dolor e hinchazón, disminución o pérdida del rango de movimiento y dificultad para deambular. Además, aparece una disminución de la actividad muscular tanto en la pierna lesionada como en la contralateral (5). También se encuentra una afectación de la estabilidad postural y la propiocepción debido a la afectación de los mecanorreceptores que posee el ligamento (10).

Por otro lado, es típico que la lesión de LCA venga asociada a otras concomitantes. Las lesiones meniscales ocurren entre un 26 y un 45% con la rotura de LCA, y la lesión del ligamento lateral interno ocurre entre un 19 y un 38 % de los sujetos con el LCA dañado (11)

3.1.4. Epidemiología

Cada año en Estados Unidos hay más de 120.000 casos de roturas de LCA y la incidencia es cada vez mayor, sobre todo en mujeres. El gasto que supone esta lesión para el sistema médico de Estados Unidos es de 1000 millones de dólares al año (7). Un estudio realizado en España en el 2001, estimó que al año puede haber unas 16.861 artroscopias con el objetivo de reconstruir el LCA (12).

En revisiones como la de Gornitzky et al. 2016 (13) se dice que hay una incidencia de 0,08 en mujeres y un 0,05 en hombres atletas por cada 1000 exposiciones que se realicen. Además, se comenta que las mujeres atletas de escuela secundaria presentan 1.6 veces más de riesgo de lesión del LCA que los hombres atletas. La incidencia de lesiones de LCA es más alta en deportistas jóvenes que practican deportes como el fútbol, el baloncesto, el esquí y el rugby, en donde hay diversas acciones que implican pivotar (14), representando esta lesión en este último deporte, la mayor proporción de días fuera de los terrenos de juego de todas las lesiones de rodilla (29%), seguida de las lesiones del ligamento lateral interno (25%) (8).

Eficacia de la vibración local y la vibración de cuerpo completo en sujetos con RLCA.

Por otro lado, sobre el 80% de los pacientes con reconstrucción quirúrgica del LCA regresan a la actividad deportiva, pero solo el 65% alcanza el nivel anterior a la lesión y únicamente el 55% vuelve a los deportes de nivel competitivo (15). Asimismo, hay 30-40 veces más de riesgo de una segunda lesión en el retorno a la competición de atletas jóvenes con reconstrucción de ligamento cruzado anterior (RLCA) que en jóvenes atletas que nunca se han lesionado (16).

3.1.5. Diagnóstico

Para realizar el diagnóstico son utilizados los datos aportados por el paciente acerca de su clínica, junto con diferentes pruebas ortopédicas y de imagen. Habitualmente, se realizan las siguientes pruebas ortopédicas para comprobar si hay una rotura del LCA: La prueba de Lachman, con una sensibilidad del 85% y una especificidad del 94%; la prueba del Cajón anterior, con una sensibilidad del 92 % y una especificidad del 91% y la prueba de Pivot-shift, que presenta una sensibilidad del 24% y una especificidad del 98% (17). Como pruebas de imagen la más utilizada es la Resonancia magnética (11)(17) y el instrumento más fiable es el artrómetro KT-1000, que presenta una gran sensibilidad, especificidad y precisión para diagnosticar la lesión del LCA (18).

3.1.6. Abordaje terapéutico

Para abordar esta lesión, se puede optar únicamente por un tratamiento conservador basado en fisioterapia, fortalecimiento muscular, trabajo de movilidad, entre otras técnicas o por una reconstrucción quirúrgica del LCA, principalmente mediante artroscopia. El autoinjerto hueso-tendón rotuliano-hueso sigue siendo el injerto de elección para atletas de alto rendimiento que desean regresar al mismo nivel de actividad. Con respecto a deportistas con menos exigencia, el injerto de elección procede habitualmente de los isquiotibiales, tanto con acortamiento para aumentar su diámetro o con la incorporación de aloinjertos para también tratar de aumentar el diámetro hasta lograr los 8.5 milímetros (mm) o más. Por otro lado, los aloinjertos se consideran una alternativa para los deportistas menos exigentes y para sujetos con más de 40 años (19). En general, tanto los injertos procedentes de los isquiotibiales (semitendinoso), como el uso del tendón del grácil y el tendón rotuliano, han demostrado buenos resultados (11).

Eficacia de la vibración local y la vibración de cuerpo completo en sujetos con RLCA.

3.1.7. Rehabilitación tras reconstrucción quirúrgica del LCA

Tras la reconstrucción del ligamento se incrementan principalmente los déficits de fuerza musculares, sobre todo de flexores y extensores de rodilla (5). Se reduce el pico de fuerza (PF) que consiste en el máximo nivel de fuerza realizado durante una contracción máxima (medido en Newtons) y la tasa de desarrollo de la fuerza (TDF), que es la velocidad de desarrollo de la fuerza (medido en Newtons/segundo), es decir, como se desarrolla la fuerza en el tiempo (20). También se incrementan otros déficits como es el caso del retraso electromecánico (REM) (medido en milisegundos), que es el intervalo de tiempo entre el inicio de la actividad electromiográfica y el inicio del movimiento (21). Por otro lado, hay una mayor disminución del control postural y la propiocepción y una pérdida considerable de los rangos articulares de la rodilla, ocasionando conjuntamente una pérdida de funcionalidad que es necesario tratar.

Para tratar todo lo comentado anteriormente, de forma general se dice que la rehabilitación postoperatoria debe durar entre 9-12 meses (22). En primeras fases se evitará el reposo absoluto y se recomendará realizar movilizaciones inmediatas de la articulación de la rodilla, ejercicios para mejorar la fuerza y la activación neuromuscular. En estas primeras fases puede ser de ayuda la aplicación de crioterapia. Además, se deben de realizar ejercicios isométricos de fortalecimiento del cuádriceps desde la primera semana e ir progresando a ejercicios concéntricos y excéntricos en futuras semanas (en cadena cinética cerrada) (15). Por otro lado, la electroestimulación se puede realizar con ejercicios isométricos en las primeras 6-8 semanas tras la cirugía (23). Progresivamente se incorporarán ejercicios de carga completa en las extremidades. Es recomendable que los ejercicios en cadena cinética abierta (entre 45°-90° de flexión) se incorporen a partir de las 4 semanas tras la cirugía (22). Todos los ejercicios de carga parcial y completa, tanto de cadena cinética cerrada y abierta, la crioterapia y la electroestimulación se utilizarían en diferentes fases dependiendo de la evolución del individuo (15).

Eficacia de la vibración local y la vibración de cuerpo completo en sujetos con RLCA.

3.1.8. Intervención vibratoria:

La vibración consiste en una oscilación donde la energía se transfiere de un emisor, en este caso el dispositivo que emite las vibraciones, a un receptor, la superficie corporal de un sujeto (24).

La vibración aplicada estará compuesta por: la frecuencia, expresada en hercios (Hz), que consiste en el número de ciclos por segundo; la amplitud, expresada en milímetros (mm) y que consiste en el desplazamiento del movimiento oscilatorio; la aceleración, expresada habitualmente en “g” (aceleración de la gravedad; $g = 9,8 \text{ m/s}^2$), es dependiente de la frecuencia y la amplitud, por lo que la variación de esta depende del cambio de las 2 anteriores variables descritas; la duración, expresada en segundos, se refiere al tiempo de aplicación de la vibración; y finalmente, la dirección en la que se aplica la vibración que puede clasificarse según el eje antero-posterior (x), lateral (y) y vertical (z) (25).

La vibración de cuerpo completo, conocida en inglés como “whole body vibration” (WBV), se suele aplicar mediante una plataforma vibratoria en la cual el paciente se sitúa encima. Además, existen dos tipos de plataformas vibratorias: una plataforma con vibración vertical (plataforma vertical) y otra plataforma con vibraciones rotacionales en dirección horizontal (plataforma oscilante) (26). WBV es el tipo de vibración más utilizada (27), pero se considera que tiene varios inconvenientes debido a su alto precio y su poca portabilidad (28), además de su limitación a la hora de querer aplicar la vibración en un músculo concreto (29).

La estimulación vibratoria puede ser aplicada localmente sobre una estructura o superficie concreta, dando lugar a lo que se conoce como “local muscle vibration” (LMV). A diferencia de la vibración de cuerpo entero, la LMV ofrece unos servicios de portabilidad mejores y un coste mucho más asequible (28).

La WBV, ha tenido buenos resultados en personas sanas, principalmente sobre la fuerza (30–32) y el equilibrio/control postural (33). Además, también se encuentran mejoras, aunque con resultados de menor calidad, en la salud cardiovascular (32). Por otra parte, se pueden encontrar buenos resultados de la WBV en sujetos con alguna patología, como la reducción de la espasticidad en los accidentes cerebrovasculares (34). En general hay una tendencia a que este tipo de intervención pueda ser útil para mejorar estas variables, pero la calidad de los estudios no es lo suficientemente alta como para confirmarlo.

Eficacia de la vibración local y la vibración de cuerpo completo en sujetos con RLCA.

Con respecto a la vibración local, se encuentran trabajos en donde se dice que puede ser una opción para incrementar la actividad muscular y la fuerza (27–29,35), pero la calidad de los estudios no es suficientemente alta como para confirmarlo, como sucede con la WBV.

Es probable que el aumento de fuerza de forma aguda pueda ser debido al reflejo vibratorio tónico, un reflejo que aparece tras estimularse los husos neuromusculares como consecuencia del estiramiento rápido que producen las vibraciones (29). Otros mecanismos por los que la fuerza se pueda aumentar de forma aguda son la mayor activación muscular por un incremento de la temperatura, una excitabilidad corticoespinal mejorada y procesos intracorticales (29).

3.1.9. Formas de medición de las variables

Fuerza:

La evaluación muscular isométrica consiste en la medición de la fuerza muscular ejercida de forma estática, mientras que la evaluación muscular isocinética consiste en la medición de la fuerza muscular que es ejercida dinámicamente en un rango de movimiento determinado, a una velocidad constante y programable (36). Para ambas pruebas se utilizará un dinamómetro como instrumento de recogida de datos.

Propiocepción:

Prueba de la sensación articular, conocida en inglés como “joint position sense”, en la cual hay dos variantes. En una se pide reposicionar de forma activa la articulación en una determinada postura previamente informada, mientras que la otra consiste en detectar una posición conocida previamente mientras la rodilla es movilizada de forma pasiva por un examinador o un dinamómetro en muchos casos (37).

Equilibrio/control postural:

Puede ser medido de forma estática y dinámica en diferentes apoyos, posturas y con ojos abiertos o cerrados. Es típico el uso del Biodex Balance System, que es una plataforma circular que se mueve en los ejes anteroposterior y mediolateral. Puede medir en grados la inclinación que se produzca en cada eje, calculando 3 tipos de índices: el índice global, el índice anteroposterior y el mediolateral. A mayor puntuación conseguida significaría un peor equilibrio y mayor inestabilidad. (38)

Eficacia de la vibración local y la vibración de cuerpo completo en sujetos con RLCA.

También es posible el uso de plataformas de fuerza o baropodómetros, que detectan toda fuerza aplicada sobre la plataforma dinamométrica y por tanto la mayor o menor cantidad de presiones en una zona u otra, obteniendo así una idea de la desviación de las presiones (38).

Laxitud/estabilidad articular:

Existen varias pruebas ortopédicas ya mencionadas anteriormente. En primer lugar, la prueba de Lachman consiste en realizar con la rodilla a 30° de flexión, movimientos de traslación anterior de la tibia respecto al fémur estabilizado. Sería positivo si no hay un tope firme o hay un gran aumento del movimiento con respecto a la extremidad contralateral (39)

La prueba de Pivot-shift, con el paciente en decúbito supino, consiste en mantener la rodilla en extensión, flexión de cadera de 20°-30° y llevar la tibia a rotación interna con una mano, mientras con la otra se realiza un movimiento en valgo y se va incrementando la flexión de rodilla. Si es positivo se produce una subluxación anterior del cóndilo femoral externo (40).

La prueba del Cajón anterior, con el paciente en decúbito supino y la rodilla flexionada a 90° y el pie fijo, se realiza una tracción anterior de la tibia con ambas manos. Si hay movimiento anterior e inestabilidad excesivos, entonces la prueba es positiva.

El artrómetro KT-1000, consiste en un instrumento que mide el movimiento de la tibia respecto al fémur tras aplicar una determinada fuerza sobre la rodilla. Para valorar el LCA la fuerza se realizará mediante una tracción anterior de la tibia (41).

Funcionalidad:

La escala de Lysholm contiene un sistema 100 puntos para examinar los síntomas específicos de la rodilla de un paciente, que incluyen bloqueo mecánico, inestabilidad, dolor, hinchazón, subir escaleras y ponerse en cuclillas (42).

Calidad de vida:

Evaluada mediante cuestionario SF-36, que consiste en 36 preguntas en donde se evalúa la función física, la capacidad funcional, el dolor, el estado de salud general, la vitalidad, la función social, la función emocional y la salud mental. Las puntuaciones varían de 0 a 100, indicando la mayor puntuación una mayor calidad de vida (43).

Eficacia de la vibración local y la vibración de cuerpo completo en sujetos con RLCA.

Evaluación subjetiva de la rodilla:

IKDC 2000 es un formulario que incluye otros para evaluar la salud actual, la evaluación subjetiva de la rodilla, el historial de la rodilla y la documentación de la cirugía.

3.2. Justificación del trabajo

Se ha realizado inicialmente, una búsqueda de revisiones sistemáticas sobre el abordaje de la rotura del LCA de forma conservadora, encontrando varias revisiones recientes. Por tanto, se ha cambiado la búsqueda y se ha realizado otra, en relación a un tratamiento poco conocido y que podría ser útil para el abordaje de las rodillas con reconstrucción quirúrgica del LCA.

En el momento en el que se inició este trabajo, no se encontró ninguna revisión relacionada con el análisis específico del uso de la vibración como método de intervención para los sujetos con RLCA, a pesar de haber varios artículos publicados en los últimos 20 años, demostrando que existía un vacío cognitivo que había que completar. Además, se han realizado revisiones sistemáticas acerca de los efectos de la terapia vibratoria en sujetos sanos y en otras patologías como el accidente cerebrovascular (34) o la fibromialgia (44) demostrando que puede ser una opción útil para su tratamiento y rehabilitación. Por estas razones se considera interesante realizar una revisión sobre la eficacia de las intervenciones vibratorias en sujetos sometidos a una reconstrucción quirúrgica del LCA.

Con respecto a las variables que se van a estudiar, estas son elegidas porque son las principales afectaciones que se producen tras la lesión y la reconstrucción quirúrgica del LCA. Por ejemplo, la actividad muscular se ve afectada, principalmente la de isquiotibiales y los cuádriceps (5). Parámetros como el PF, la TDF (20) y el REM (21) se reducen, siendo el estudio de la TDF y el REM muy importante debido a que puede haber tareas o actividades que requieran de un nivel de fuerza específico (sin ser el pico de fuerza máximo) en un tiempo mínimo, por lo que su afectación o reducción puede ser peligrosa para la salud del individuo (45). Además, si la debilidad muscular continua hay un mayor riesgo de sufrir una nueva lesión y otras patologías como la osteoartritis. (46).

Por otro lado, la afectación de la propiocepción y el control postural es peligrosa, debido a que si no se recupera y no hay un buen funcionamiento neuromuscular, aumenta el riesgo de aparición de alteraciones posturales como puede ser el ejemplo del valgo dinámico, y por tanto, la producción de una nueva lesión (47).

Eficacia de la vibración local y la vibración de cuerpo completo en sujetos con RLCA.

4. OBJETIVOS

4.1. Pregunta de investigación (PICO)

La pregunta de investigación a la que se pretende responder con la presente revisión ha sido formulada siguiendo la estructura PICO:

- Paciente (Patient): pacientes con reconstrucción quirúrgica de LCA.
- Intervención (Intervention): vibración local o vibración de cuerpo completo.
- Comparación (Comparison): con el mismo grupo en otro intervalo temporal o con otro grupo con reconstrucción quirúrgica de LCA que no reciba ninguna intervención o sea sometido a intervenciones sin la aplicación de vibración bajo la misma condición de ejercicio u otras formas de intervención que en el grupo de intervención.
- Resultado (Outcome): eficacia sobre la fuerza, propiocepción, equilibrio/control postural, laxitud articular, calidad de vida y funcionalidad de la rodilla en las actividades de la vida diaria y deportivas.

¿Cuál es la eficacia de la intervención vibratoria local o de cuerpo completo sobre la fuerza, propiocepción, equilibrio/control postural, laxitud articular, calidad de vida y funcionalidad de la rodilla en comparación con ninguna intervención o tratamiento sin vibración en personas sometidas a reconstrucción quirúrgica de LCA?

4.2. Objetivos

4.2.1 General

Conocer la eficacia de la vibración local (LMV) y la vibración de cuerpo completo (WBV) en individuos que fueron sometidos a una reconstrucción quirúrgica del ligamento cruzado anterior en comparación con un grupo control (GC) sin estar sometido a vibración.

Eficacia de la vibración local y la vibración de cuerpo completo en sujetos con RLCA.

4.2.2 Específicos.

- Conocer la eficacia de las intervenciones vibratorias en las variables de resultados a estudiar: fuerza, propiocepción, equilibrio/control postural, laxitud articular/estabilidad articular, calidad de vida y funcionalidad de la rodilla.
- Identificar las diferencias existentes entre la aplicación de vibración durante una sola sesión y durante un protocolo de varias semanas/meses de duración.
- Determinar los parámetros de vibración y las características de los programas de intervención en los cuales se obtienen beneficios.
- Conocer las diferencias existentes entre los efectos producidos por la aplicación de WBV y LMV.
- Conocer los efectos de la intervención a corto, medio y largo plazo.
- Identificar las diferencias entre las intervenciones vibratorias iniciadas en fases tempranas (en el primer mes tras la cirugía), en fases medias (entre 1 y 6 meses) y tardías (más de 6 meses).

5. METODOLOGÍA

5.1. Fecha y bases de datos

La última búsqueda completa de información se ha realizado a 27 de Marzo de 2020.

Las bases de datos que fueron utilizadas en este trabajo son las siguientes cinco: MEDLINE-PubMed, PEDro, SportDiscuss, Cochrane y CINAHL.

5.2. Criterios de selección

5.2.1. Criterios de inclusión:

- Artículos publicados en inglés o español hasta el 27 de Marzo de 2020.
- Estudios realizados en seres humanos.
- Ensayos clínicos aleatorizados y controlados (paralelos o cruzados).

Eficacia de la vibración local y la vibración de cuerpo completo en sujetos con RLCA.

- Grupo experimental y grupo control (GC) con rotura de LCA y reconstrucción quirúrgica del ligamento.
- Artículos que estudien los efectos de la terapia vibratoria (WBV y LMV) exclusivamente tras la reconstrucción quirúrgica del ligamento cruzado anterior de la rodilla.
- Artículos que estudien alguna de las distintas variables a analizar: fuerza, propiocepción, equilibrio/control postural, laxitud articular/estabilidad mecánica articular, calidad de vida, funcionalidad y pruebas o test funcionales.

5.2.1. Criterios de exclusión:

- Protocolos de estudio o trabajos en proceso.
- Estudios sin resultados en las áreas de interés.

5.3 Estrategia de búsqueda

En primer lugar, se ha realizado una búsqueda en bases de datos específicas de revisiones sistemáticas como es el caso de la Biblioteca Cochrane Plus ("The Cochrane database of systematic reviews") y la base de datos PEDro ("Physiotherapy Evidence Database"), con el objetivo de averiguar si existía alguna revisión sistemática sobre el tema elegido. Además se ha complementado la búsqueda con las bases de datos MEDLINE-PubMed, SportDiscuss y CINAHL.

Se ha encontrado una 1 revisión sistemática de Kruse et al 2012 (48) en la cual se analizan las diferentes formas de rehabilitación tras la reconstrucción del LCA. Entre las distintas formas de tratamiento aparece el entrenamiento neuromuscular, en donde está incluida la terapia vibratoria. Sobre esta terapia vibratoria se analizan mínimamente dos artículos, Brunetti et al. 2006 (49) y Moezy et al. 2008 (50).

Dada la antigüedad de la revisión, el escaso número de trabajos analizados y su baja especificidad acerca de la vibración se ha realizado una búsqueda exhaustiva con el objetivo de encontrar artículos relacionados con el tema seleccionado en 5 bases de datos distintas como son MEDLINE-PubMed, PEDro, SportDiscuss, Cochrane y CINAHL.

A continuación, en la **Tabla 1** aparece toda la información sobre la búsqueda realizada:

Eficacia de la vibración local y la vibración de cuerpo completo en sujetos con RLCA.

Tabla 1. Estrategia de búsqueda

Base de datos	Palabras clave	Tipo de búsqueda	Ecuación de búsqueda	Filtros	Resultados
PUBMED	“Vibration”, “vibratory therapy”, “vibratory stimulation”, “Anterior Cruciate Ligament”, “Anterior Cruciate Ligament reconstruction”, “Surgical Procedures, Operative”	Avanzada	((((vibration [TiAb] OR vibratory stimulation [TiAb] OR vibratory therapy [TiAb]))) AND ((((((“Anterior Cruciate Ligament”[Mesh] OR “Anterior Cruciate Ligament Injuries”[Mesh] OR “ACL”))) AND “Surgical Procedures, Operative”[Mesh])) OR (“Anterior Cruciate Ligament Reconstruction”[Mesh] OR “ACL Reconstruction”))))	Humanos	23
PEDRO	“vibration”, “Anterior cruciate ligament”	Simple	“Vibration” AND “Anterior Cruciate Ligament”	NO	8
SPORTDISCUS	“Vibration”, “vibratory therapy”, “vibratory stimulation”, “Anterior Cruciate Ligament reconstruction”	Avanzada	((TITLE-ABS-KEY (vibration OR "vibratory stimulation" OR "vibratory therapy") AND ("Anterior cruciate ligament reconstruction" OR "ACL reconstruction")) AND (TITLE-ABS-KEY (“vibration” OR "vibratory stimulation" OR "vibratory therapy") AND ("ACL" OR "Anterior cruciate ligament") AND ("Surgical Procedures, Operative"))	NO	19

Eficacia de la vibración local y la vibración de cuerpo completo en sujetos con RLCA.

COCHRANE	“Vibration”, “vibratory therapy”, “vibratory stimulation”, “Anterior Cruciate Ligament”, “Anterior Cruciate Ligament reconstruction”, “Surgical Procedures, Operative”	Avanzada	(Title-abstract-keyword (“vibration” OR “vibratory stimulation” OR “vibratory therapy”) AND (“ACL” OR “Anterior cruciate ligament”) AND (“Surgical Procedures, Operative”)) OR ((Title-abstract-keyword vibration OR “vibratory stimulation” OR “vibratory therapy”) AND (“Anterior cruciate ligament reconstruction” OR “ACL reconstruction”))	NO	23
CINAHL	Vibration”, “vibratory therapy”, “vibratory stimulation”, “Anterior Cruciate Ligament”, “Anterior Cruciate Ligament reconstruction”, “Surgical Procedures, Operative	Avanzada	(TITLE-ABS-KEY (vibration OR “vibratory stimulation” OR “vibratory therapy”) AND (“Anterior cruciate ligament reconstruction” OR “ACL reconstruction”)) OR (TITLE-ABS-KEY (“vibration” OR “vibratory stimulation” OR “vibratory therapy”) AND (“ACL” OR “Anterior cruciate ligament”) AND (“Surgical Procedures, Operative”))	NO	23

Eficacia de la vibración local y la vibración de cuerpo completo en sujetos con RLCA.

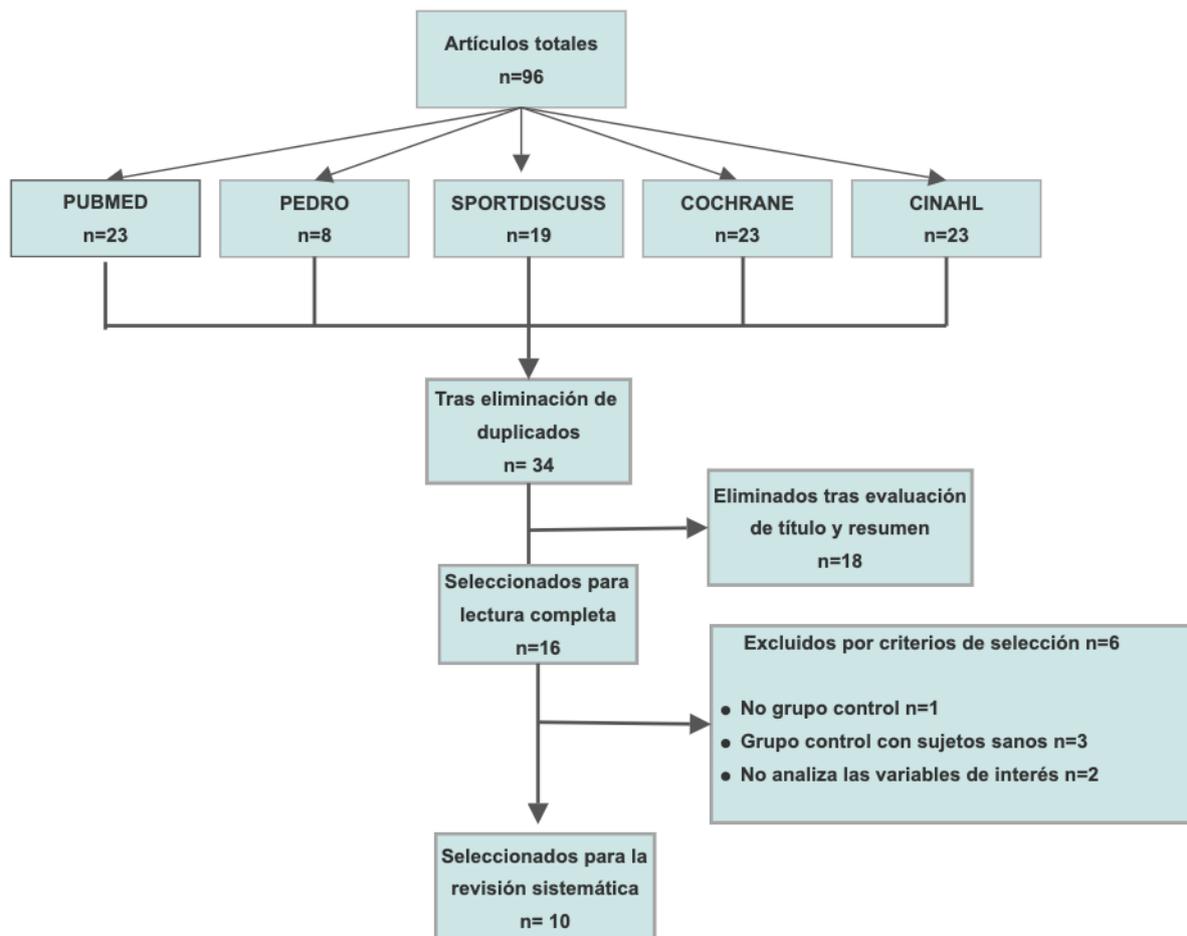
5.4. Gestión de la bibliografía localizada

La eliminación de los artículos duplicados encontrados en las diferentes bases de datos se realiza de manera manual, mientras que para la gestión de la bibliografía se usa el gestor bibliográfico Zotero.

5.5. Selección de artículos

A continuación, en la Figura 1, se representa gráficamente todo el proceso de selección de los artículos utilizados para la presente revisión.

Figura 1. Proceso de selección de artículos



5.6. Variables de estudio

Se han analizado cada una de las siguientes variables en los artículos seleccionados:

- Tipo de estudio.
- Características de la muestra:
 - Número de participantes.
 - Grupos de estudio.
 - Edad.
 - Sexo.
- Tipo de injerto.
- Tipo de intervención:
 - Forma de aplicación (WBV o LMV).
 - Inicio de la terapia vibratoria.
 - Duración del programa y duración de cada sesión.
 - Ejercicios y posiciones realizadas durante la terapia.
 - Frecuencia de vibración (Hz).
 - Amplitud de vibración (mm).
 - Aceleración de vibración (g).
 - Zona de aplicación.
- Variables de resultado:
 - Fuerza
 - Isométrica.
 - Isotónica.
 - Isocinética.
 - Pico de fuerza (PF).
 - Tasa de desarrollo de la fuerza (TDF).
 - Retraso electromecánico (REM).
 - Propiocepción.
 - Equilibrio/control postural.
 - Laxitud articular/estabilidad mecánica articular.
 - Calidad de vida.
 - Funcionalidad.
 - Resultados en pruebas y test funcionales.
- Formas de medición de las variables de resultado.

Eficacia de la vibración local y la vibración de cuerpo completo en sujetos con RLCA.

6. RESULTADOS

6.1. Calidad metodológica.

En la **Tabla 2** se recogen los resultados del análisis de la calidad metodológica de los estudios seleccionados para esta revisión, para el cual se ha utilizado la escala PEDro. Esta escala consiste en el análisis de 11 criterios, en donde se otorgará un punto cada vez que se cumpla cada uno de ellos, a excepción del criterio número 1 (criterios de selección) que no se tiene en cuenta en la puntuación final, ya que solamente influye en la validez externa del ensayo clínico. Por tanto, a mayor puntuación, habrá una mayor calidad metodológica y mayor seguridad en la fiabilidad de los resultados alcanzados. Son considerados artículos con una calidad metodológica excelente aquellos que presentan una puntuación de 9-10; los que obtienen una puntuación entre 6-8, una calidad metodológica moderada o buena; los que están entre 4-5 regular y finalmente los que están por debajo de 4 puntos tienen una mala calidad metodológica (51,52).

Como se puede observar a continuación en la **Tabla 2**, se han obtenido un total de 10 artículos con una calidad metodológica media de 6 puntos en la escala PEDro, habiendo de forma general una buena o moderada calidad metodológica. Hay dos estudios que presentan una calidad regular (49,50), mientras que el resto presentan todos una calidad buena o moderada.

Eficacia de la vibración local y la vibración de cuerpo completo en sujetos con RLCA.

Tabla 2. Calidad metodológica de los estudios según PEDro.

	Criterios de selección	Asignación aleatoria	Asignación oculta	Comparabilidad grupos	Sujetos cegados	Terapeutas cegados	Evaluadores cegados	Seguimiento adecuado	Análisis por Intención de tratar	Comparación grupos	Medidas de variabilidad	Total
Salvarani et al. (2003) (53)	NO	SI	NO	SI	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI	6/10
Brunetti et al. (2006) (49)	NO	SI	NO	SI	NO	NO	NO	SI	NO	SI	SI	5/10
Moezy et al. (2008) (50)	SI	SI	NO	SI	NO	NO	NO	SI	NO	SI	SI	5/10
Fu et al. (2013) (54)	SI	SI	NO	SI	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI	7/10
Berschin et al. (2014) (55)	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI	7/10
Pistone et al. (2016) (56)	SI	SI	NO	SI	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI	6/10
Pamukoff et al (2016) (57)	SI	SI	NO	SI	NO	NO	SI	SI	NO	SI	SI	6/10
Pamukoff et al (2017) (58)	SI	SI	NO	SI	NO	NO	SI	SI	NO	SI	SI	6/10
Da Costa et al. (2017) (59)	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	SI	NO	SI	SI	6/10
Costantino et al. (2018) (60)	SI	SI	NO	SI	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI	6/10

Eficacia de la vibración local y la vibración de cuerpo completo en sujetos con RLCA.

6.2. Características de los estudios

En la **Tabla 3** se recogen las características metodológicas de los estudios, siendo la mayoría de tipo ECA con grupos independientes excepto dos (57,58) que son de tipo cruzado, con los mismos pacientes pasando por todas las condiciones a comparar. Además, también se muestra el tipo de injerto, siendo utilizado el mismo número de veces el injerto rotuliano y el injerto de isquiotibiales. Asimismo, se visualizan las características de la muestra, destacada por ser variable en número y tipo, si bien existe un predominio de hombres (184) de los 314 individuos totales, descontando a 34 de los que se desconoce el sexo (56). Por último, aparece la incorporación o no de la intervención vibratoria a un programa de rehabilitación convencional, viéndose que en la mayoría de estudios se produce esta combinación.

Eficacia de la vibración local y la vibración de cuerpo completo en sujetos con RLCA.

Tabla 3. Características de los estudios.

Autor y año	Tipo de estudio	Tipo de Injerto	Muestra	Tratamiento adicional
Salvarani et al (2003) (53)	ECA.	Tendón rotuliano.	N = 20 (17 hombres). GC = 10 sujetos; 26,8 (5,2) años. GI (WBV) = 10 sujetos; 29,7 (7,8) años.	Convencional en ambos grupos.
Brunetti et al. (2006) (49)	ECA.	Tendón semitendinoso y grácil.	N = 30 hombres; 25 años. GC = 15 hombres. GI (LMV) = 15 hombres.	Convencional en ambos grupos.
Moezy et al. (2008) (50)	ECA.	Tendón rotuliano.	N = 20 hombres. GC = 10 hombres; 22,7 años. GI (WBV) = 10 hombres; 24,5 años	Convencional en ambos, pero GI solo hasta el inicio de la vibración.
Fu et al. (2013) (54)	ECA.	Tendón Isquiotibiales.	N = 48. GC = 24 (14 hombres); 25,2 (7,3) años. GI (WBV) = 24 (18 hombres); 23,3 (5,2) años.	Convencional en ambos grupos.
Berschlin et al. (2014) (55)	ECA.	Tendón rotuliano.	N = 40. GC = 20 (15 hombres); 28 (6,8) años. GI (WBV) = 20 (14 hombres); 27 (4,2) años.	Convencional en ambos grupos., pero distintos ejercicios entre GI y GC.
Pistone et al. (2016) (56)	ECA.	Tendón semitendinoso.	N = 34 (género no especificado) GC = 17; 29 (7) años. GI (WBV) = 17; 27 (7) años.	Convencional en ambos grupos.
Pamukoff et al. (2016) (57)	ECA tipo cruzado.	16 tendones rotulianos, 3 isquiotibiales y 1 aloinjerto.	N = 20. GC y GI (WBV y LMV) = 20 (6 hombres); 21,1 (1,2) años. Periodo de lavado de 1 semana.	No
Pamukoff et al. (2017) (58)	ECA tipo cruzado.	16 tendones rotulianos, 3 isquiotibiales y 1 aloinjerto.	N = 20. GC y GC (WBV y LMV) = 20 (6 hombres); 21,1 años. Periodo de lavado de 1 semana.	No
Da Costa et al (2017) (59)	ECA.	Tendón grácil y semitendinoso	N = 44 hombres. GC = 22 hombres; 26,8 (6,83) años. GI (WBV) = 22 hombres; 28 (5,52) años.	No
Costantino et al. (2018) (60)	ECA.	Tendón rotuliano.	N = 38 Mujeres. GC = 19 (19 mujeres); 25,42 (2,39) años. GI (WBV) = 19 (19 mujeres); 25,47 (2,01) años.	Convencional en ambos grupos.

Listado de abreviaturas: **ECA**: ensayo clínico aleatorizado; **N**: número de participantes; **GC**: grupo control; **GI**: grupo intervención; **WBV**: Whole body vibration “Vibración cuerpo completo”; **LMV**: local muscle vibration “vibración local”.

Eficacia de la vibración local y la vibración de cuerpo completo en sujetos con RLCA.

6.3. Tipo de intervención y parámetros empleados

En la **Tabla 4** se describe cuándo y cómo se ha aplicado la vibración, en la mayoría de los casos de tipo general (WBV), salvo en 2 estudios (57,58) que se ha aplicado también vibración local (LMV), y en un estudio (59) donde exclusivamente ha sido aplicada localmente.

Eficacia de la vibración local y la vibración de cuerpo completo en sujetos con RLCA.

Tabla 4. Tipo de intervención y parámetros empleados.

Estudio	intervención GI			Intervención GC
	Inicio y duración	WBV	LMV	
Salvarani et al. (2003) (53)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Inicio WBV al mes tras la cirugía. ▪ Duración: 2 semanas (10 sesiones) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ejercicio: 5 series de 1' duración; 1' de descanso entre series; bipedestación sobre la plataforma, rodillas flexionadas 25 ° y brazos a lo largo del cuerpo. ▪ Frecuencia (Hz): 30 Hz ▪ Amplitud: ▪ Aceleración: ▪ Zona de aplicación: región plantar. 		Mismo tratamiento convencional entre grupos y ejercicio sobre la plataforma apagada.
Brunetti et al. (2006) (49)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Inicio LMV al mes de cirugía ▪ Duración: tratamiento vibratorio 3 días consecutivos. 		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ejercicio: 3 aplicaciones; duración 10'; descanso de 30" entre cada una; contracción isométrica del cuádriceps (50% de la contracción máxima). ▪ Frecuencia: 100 Hz ▪ Amplitud: 5-15 µm ▪ Aceleración: ▪ Zona de aplicación: parte distal del tendón del cuádriceps. 	Mismo tratamiento convencional entre grupos + placebo (vibrador colocado sobre el tendón del cuádriceps, pero sin estar en contacto con la piel).

Eficacia de la vibración local y la vibración de cuerpo completo en sujetos con RLCA.

<p>Moezy et al. (2008) (50)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Inicio del tratamiento a los 3 meses después de la cirugía. ▪ Duración: 4 semanas con 3 sesiones por semana (12 sesiones). 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ejercicio: series en función del ejercicio; progresión de 4´ a 16´ de duración cada sesión; sentadillas y mini sentadillas estáticas y dinámicas, con apoyo modopodal y bipodal y zancadas. ▪ Frecuencia: Aumentó de 30 a 50 Hz ▪ Amplitud: Aumentó de 2,5 a 5 mm ▪ Aceleración: ▪ Zona de aplicación: región plantar. 		<p>Protocolo de rehabilitación convencional.</p>
<p>Fu et al. (2013) (54)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Inicio WBV al mes después de la cirugía. ▪ Duración: 8 semanas con 2 sesiones por semana (16 sesiones) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ejercicio: series en función del ejercicio; repeticiones de 30" progresando a 45"; descanso entre series de 30" progresando a 15"; 11 ejercicios, dificultad creciente, sobre la plataforma vibratoria: sentadillas, zancadas, apoyo unipodal, etc. ▪ Frecuencia: progresión de 35 Hz a 50 Hz. (aumento 5 Hz cada 4 sesiones). ▪ Amplitud: 4 mm ▪ Aceleración: ▪ Zona de aplicación: región plantar. 		<p>Mismo tratamiento convencional entre grupos.</p>
<p>Berschlin et al. (2014) (55)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Inicio WBV a la segunda semana tras la cirugía. ▪ Duración: 10 semanas con 3 o 4 sesiones por semana, (no disponible el número exacto). 	<p>Una primera sesión de educación postural para aplicar durante los ejercicios encima de la plataforma.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ejercicio: series en función de la fase; duración entre 1-2´; sentadilla isométrica, (hasta la 8ª semana tras la cirugía) progresión a sentadilla dinámica con carga adicional. Tiempo invertido por sesión en los ejercicios de 40 (2.3) minutos ▪ Frecuencia: Aumentó de 10 a 30 Hz. ▪ Amplitud: 5-9 mm ▪ Aceleración: ▪ Zona de aplicación: región plantar. 		<p>Mismo protocolo de rehabilitación convencional entre grupos, pero distintos tipos de ejercicios.</p> <p>Invirtió un tiempo de media en cada sesión de 85 (4.4) minutos.</p>

Eficacia de la vibración local y la vibración de cuerpo completo en sujetos con RLCA.

<p>Pistone et al. (2016) (56)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Inicio al mes de la cirugía ▪ Duración: 4 semanas con 3 sesiones por semana (16 sesiones en total). 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ejercicio: 3 series; 1' duración; 1' de descanso; progresión en series cada semana; bipedestación con flexión de rodilla de 60° mientras distribuye su peso principalmente en el antepié. ▪ Frecuencia: frecuencia óptima de cada individuo. El valor medio de frecuencia óptima de 35 Hz (rango entre 30 - 45 Hz). ▪ Amplitud: 2 mm ▪ Aceleración: ▪ Zona de aplicación: región plantar. 		<p>Mismo protocolo de tratamiento convencional entre grupos.</p>
<p>Pamukoff et al. (2016) (57)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Inicio: Inicio medio de las intervenciones a los 50,7 (21,3) meses tras la cirugía ▪ Duración: 1 sesión de un día. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ejercicios: 6 series; 60"; 120" descanso; bipedestación con flexión de rodilla de 60° encima de una plataforma vibratoria. ▪ Frecuencia: 30 Hz ▪ Amplitud: 1,6 mm ▪ Aceleración: 2 g ▪ Zona de aplicación: región plantar. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mismo protocolo que WBV ▪ Zona de aplicación: tendón del cuádriceps en dirección anteroposterior. 	<p>Mismo procedimiento entre grupos, pero sin vibración.</p>
<p>Pamukoff et al. (2017) (58)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Inicio: inicio medio de las intervenciones de 50.6 (41.3 - 59.9) meses tras la cirugía. ▪ Duración: 1 sesión de un día. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ejercicios: 6 series de 60"; 120" descanso; bipedestación con flexión de rodilla de 60° encima de una plataforma vibratoria. ▪ Frecuencia: 30 Hz ▪ Amplitud: ▪ Aceleración: 2 g ▪ Zona de aplicación: región plantar. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mismo protocolo que WBV ▪ Zona de aplicación: tendón del cuádriceps en dirección anteroposterior. 	<p>Mismo procedimiento entre grupos, pero sin vibración.</p>

Eficacia de la vibración local y la vibración de cuerpo completo en sujetos con RLCA.

<p>Da Costa et al. (2017) (59)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Inicio WBV entre la semana 14 y 18 tras la cirugía. ▪ Duración: 1 día. 1 sesión. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ejercicio: 10 series de 30"; descanso de 30" entre series; encima de la plataforma vibratoria en apoyo monopodal con flexión de rodilla de 40° y brazos a lo largo del cuerpo. ▪ Frecuencia: 50 Hz ▪ Amplitud: 4 mm ▪ Aceleración: 2 g ▪ Zona de aplicación: región plantar. 		<p>Mismo ejercicio sobre la plataforma vibratoria apagada.</p>
<p>Costantino et al. (2018) (60)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Inicio WBV a las 13 semanas. ▪ Duración: 8 semanas con 3 sesiones por semana (24 sesiones). 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ejercicios: 2 Series; 6 repeticiones de 1' duración; 1' descanso entre repeticiones; 2' descanso entre series; 2 ejercicios encima de la plataforma: una serie apoyo modopodal y otra en apoyo bipodal con 25° de flexión de rodilla. ▪ Frecuencia: 26 Hz ▪ Amplitud: 4 mm ▪ Aceleración: ▪ Zona de aplicación: región plantar. 		<p>Mismo protocolo convencional y de ejercicio entre grupos, sobre la plataforma vibratoria apagada.</p>

Listado de abreviaturas: **GI:** grupo intervención; **GC:** grupo control; **WBV:** Whole body vibration "Vibración cuerpo completo"; **LMV:** local muscle vibration "vibración local"; **Hz:** hercios; **mm:** milímetros

Eficacia de la vibración local y la vibración de cuerpo completo en sujetos con RLCA.

6.4. Resultados de los estudios

A continuación, se procede a analizar las diferentes variables de resultados y su correspondiente forma de medición en cada uno de los estudios. En la **Tabla 5** se recoge la síntesis de los resultados por tipo de variable analizada.

6.4.1. Fuerza

En el estudio de **Salvarani et al. 2003** (53), Ambos grupos aumentaron la fuerza de los cuádriceps al terminar la intervención de 2 semanas ($p < 0,05$), pero no hubo mejoras a las 2 semanas siguientes tras la intervención vibratoria. El grupo WBV tuvo un aumento significativo del PF y la fuerza en el primer medio segundo de la contracción de los cuádriceps, en comparación con el grupo control ($p < 0,005$) al finalizar la intervención. Se realizó una prueba isométrica a 25° de flexión de rodilla mediante una plataforma de fuerza y un electromiógrafo multicanal.

Brunetti et al. 2006 (45), demostraron que los individuos del grupo LMV recuperaron su nivel de fuerza de extensión de rodilla prequirúrgico, mientras que el GC mostró una disminución de su PF en los cuádriceps debido a la operación (- 14%) a los 90 días de la vibración ($p < 0,05$). A los 270 días tanto el grupo LMV como GC mostraron un marcado aumento en el PF del 25% ($p < 0,05$), pero la diferencia entre ambos grupos era proporcional a los datos observados a los 90 días, manteniéndose una diferencia significativa entre ambos ($p < 0,05$). Se utilizó para la medición de la fuerza una prueba isocinética en sedestación a 90°/s controlada por el dinamómetro isocinético Kin-Com.

Fu et al. 2013 (54) demostraron que a los 3 meses después de la vibración (5 meses después de iniciarla), solo el grupo WBV tuvo una mejora significativa en los cuádriceps ($p = 0,002$) y los isquiotibiales ($p = 0,007$) a 300°/s. También demostraron que durante las pruebas isocinéticas (a 60, 180 y 300°/s) el grupo WBV, en comparación con el GC, alcanzó un mayor PF en los cuádriceps a los 3 meses después de la intervención, en las 3 velocidades ($p = 0,012$, $p = 0,013$ y $p = 0,005$ respectivamente) y un mayor PF en los isquiotibiales a 60°/s ($p = 0,045$) y 300°/s ($p = 0,014$). Además, el valor final del PF de la pierna operada del grupo LMV fue un $6\% \pm 7.8$ menos que el del lado no operado del mismo grupo, Los sujetos no sometidos a vibración mostraron un déficit de $-28\% \pm 16$ entre ambas piernas. Estas diferencias que se encontraron entre ambos grupos fueron estadísticamente significativas (p

Eficacia de la vibración local y la vibración de cuerpo completo en sujetos con RLCA.

<0,05) a los 5 meses de haber iniciado la intervención. Medición del PF realizada mediante una prueba isocinética en sedestación a 60,180 y 300°/s con dinamómetro Cybex Norm.

En el estudio de **Berschin G et al. 2014** (55), ambos grupos mostraron aumentos significativos en la fuerza de los músculos extensores y flexores de la rodilla tanto durante la prueba isométrica como en la isocinética al finalizar la intervención vibratoria de 11 semanas. En la comparación de ambos grupos no se encuentran resultados estadísticamente significativos a excepción de una mejora significativa en la fuerza isométrica de los cuádriceps a las 11 semanas de tratamiento en el GC en comparación con el grupo WBV ($p < 0,005$). Medición realizada mediante una prueba isométrica a 60°, 75° y 90° de flexión y una prueba isocinética a 60°/s con dinamómetro Biodex Medical System.

En el estudio de **Pistone et al. 2016** (56), el índice de simetría de las extremidades en la máxima contracción voluntaria (MCV) durante la extensión de rodilla aumentó en ambos grupos al finalizar la intervención vibratoria, es decir, tras un mes de intervención ($p < 0,001$) y al mes de acabar, es decir, a los dos meses de haberla iniciado ($p < 0,001$), pero no hubo diferencias significativas al comparar ambos grupos ($p > 0,05$) El índice de simetría de las extremidades en la MCV durante la flexión de rodilla aumentó en el grupo WBV al finalizar ($p < 0,001$), al mes de seguimiento ($p < 0,05$) y al comparar este último con las mediciones antes de la vibración ($p < 0,001$). Por otro lado, el GC aumentó también la MCV de la flexión de rodilla al comparar los resultados del mes de seguimiento con las mediciones antes de la intervención vibratoria ($p < 0,05$), además, esta medida fue mayor en el grupo WBV en comparación con el GC al finalizar la vibración ($p < 0,05$) y al mes de seguimiento ($p < 0,05$). Forma de medición de la MCV isométrica mediante una silla dinamométrica con la rodilla a 90° de flexión.

En el estudio de **Pamukoff et al. 2016** (57) no hubo mejoras en el GC y se encontraron mejoras en el grupo WBV y en el grupo LMV en el PF ($p = 0,001$), pero no en la TDF ($p = 0,89$). En comparación con el GC, hubo un aumento significativo del PF de los cuádriceps tras la aplicación de WBV de un solo día ($p = 0,004$) y tras la aplicación de LMV, también de un solo día ($p = 0,002$), pero no hubo cambios significativos en la TDF. No hubo diferencias significativas al comparar ambos grupos que aplicaban vibración. Medición de la fuerza isométrica con la rodilla a 60° de flexión mediante el dinamómetro isocinético Human Norma y el programa Biopac Data Acquisition System.

Eficacia de la vibración local y la vibración de cuerpo completo en sujetos con RLCA.

Pamukoff et al. 2017 (58) mostraron que no hubo mejoras significativa tras la intervención ni en el GC ni en el grupo LMV. Hubo cambios significativos en el grupo WBV en la TDF100 (en los primeros 100 ms) en el tiempo y en comparación con el grupo control, después de aplicar WBV durante una única sesión de un día ($p = 0,007$), pero no hubo cambios significativos para TDF200, durante la máxima extensión isométrica de rodilla. Tras la aplicación de una sesión de LMV, no hubo mejoras significativas con respecto al grupo control en ninguna de las variables medidas. Además, no hubo diferencias significativas al comparar el grupo WBV y el grupo LMV. Medición de la fuerza isométrica con la rodilla a 60° de flexión mediante el dinamómetro isocinético Human Norma y el programa Biopac Data Acquisition System.

Da Costa et al. 2017 (59) muestra que los valores de PF máxima normalizada para el peso corporal, en el grupo WBV y en el GC habían sido peores tras la aplicación de una sesión de vibración de un solo día, sin ser estos significativos ($p > 0,05$). Tampoco hubo una diferencia significativa entre ambos grupos ($p = 0,803$). Medición de la MCV isométrica a 60° de flexión de rodilla con un dinamómetro BiodexMulti-Joint System 4 y el Biodex Biomedical System.

En el artículo publicado por **Costantino et al. 2018** (60) hubo mejoras en el PF y la potencia de flexores y extensores de rodilla en ambos grupos ($p < 0,001$), tras 8 semanas de vibración, pero fueron estadísticamente mejores en el grupo WBV en comparación con el GC ($p < 0,001$). Durante las pruebas de fuerza isocinética de extensores de rodilla, el GI WBV tuvo un 8,93% más de PF y 10,90% más de potencia. En la prueba de flexores alcanzó 20,55 % más en el PF y un 15,74 % más en la potencia. Medición realizada mediante una prueba isocinética a 90° y $180^\circ/s$ con dinamómetro Biodex Medical System.

Eficacia de la vibración local y la vibración de cuerpo completo en sujetos con RLCA.

6.4.2. Propiocepción

El estudio de **Moezy et al. 2008** (50) el grupo WBV mostró mejoras significativas tras las pruebas de reposicionamiento activo de la rodilla a 30° y a 60° de flexión realizadas a las 4 semanas del inicio de la vibración ($p < 0,05$), pero en las rodillas sanas, a 30° no hubo diferencias significativas. Hubo mejoras significativas en la prueba de reposicionamiento de la rodilla en el Grupo WBV con respecto al GC con la rodilla a 60° tanto en las rodillas operadas ($p < 0,001$), como en las no operadas ($p < 0,001$) tras esas 4 semanas de vibración. En cambio, no hubo una diferencia significativa en la mejora del reposicionamiento articular a 30° entre las rodillas operadas sometidas a WBV con respecto al GC ($p = 0,131$) en ese periodo. Como forma de medición se utilizó un dinamómetro Biodex.

En cambio, en el estudio de **Fu et al. 2013** (54) durante la prueba de detección de posición articular no hubo diferencias significativas entre los 2 grupos tanto a los 30° como a los 60° de flexión de rodilla ($p > 0,05$) 3 meses después de finalizar la intervención vibratoria (a los 5 meses de haberla iniciado). Como forma de medición se utilizó el dinamómetro Biodex que movía de forma pasiva la rodilla, mientras que el paciente debía averiguar cuando se situaba la articulación en una flexión de 30° y 60°.

6.4.3. Equilibrio/control postural

En el estudio de **Brunetti et al. 2006** (49) el grupo LMV tuvo una mejora significativa de la estabilidad a una sola pierna al día siguiente de la aplicación de la vibración local de 2 semanas ($p < 0,05$). Hubo una reducción inmediata y significativa tanto del área elíptica (-23%) como de la velocidad (-14%) cuando los sujetos permanecían en apoyo monopodal sobre la pierna operada y vibrada. También hubo datos de estabilidad similares 10 días después de la intervención vibratoria. Luego, hubo una mejora gradual de la estabilidad a los 270 días, donde alcanzó una reducción de la amplitud del área elíptica de aproximadamente un -40% y la velocidad de aproximadamente un -7%. Además, estos valores fueron significativamente diferentes a los de los sujetos del grupo control ($p < 0,05$), en los cuales, después de transcurrir 270 días de la vibración, los valores de reducción del equilibrio fueron de menos del 12% para el área elíptica y de un 18% para la velocidad. Medición realizada con un plato de fuerza de detección de desviaciones del centro de gravedad, con el sujeto en apoyo monopodal durante 20", flexión de rodilla de 15° y los ojos cerrados.

Eficacia de la vibración local y la vibración de cuerpo completo en sujetos con RLCA.

En el estudio de **Moezy et al. 2008** (50) hubo mejoras significativas tras 4 de semanas de vibración, en el grupo WBV en la estabilidad anteroposterior con ojos cerrados ($p < 0,0001$), mediolateral ojos abiertos ($p < 0,0001$) y en la estabilidad global con ojos cerrados ($p < 0,0001$). Por parte del GC hubo mejoras significativas en la estabilidad global ojos abiertos ($p < 0,010$), en la general ojos cerrados ($p < 0,001$) y en la mediolateral con ojos cerrados ($p < 0,031$). Por otro lado, tras 4 semanas del inicio de la vibración, hubo una mejora en la estabilidad postural en el grupo WBV significativamente mayor que en el GC ($p < 0,05$), habiendo mejoras en todos los índices de estabilidad tanto con ojos abiertos como cerrados: estabilidad global con ojos abiertos ($p < 0,002$), estabilidad anteroposterior con ojos abiertos ($p < 0,010$), mediolateral con ojos abiertos ($p < 0,0001$), global ojos cerrados ($p < 0,001$), anteroposterior ojos cerrados ($p < 0,0001$) y mediolateral ojos cerrados ($p < 0,046$). Forma de medición mediante Biodex Stability System de detección del centro de presiones, con el sujeto en flexión de rodillas de 15 grados durante 25" y los ojos abiertos y cerrados.

Fu et al. 2013 (54) observaron que el control postural significativamente había mejorado en el grupo WBV en la estabilidad general ($p < 0,001$), estabilidad posteroanterior ($p < 0,001$) y mediolateral ($p < 0,001$) 3 meses después de la rehabilitación (5 meses después de haberla iniciado). En cambio, el GC tuvo una disminución significativa en la estabilidad anteroposterior. Por otro lado, el grupo WBV, tuvo un rendimiento significativamente mejor que el GC en la estabilidad general ($p = 0,013$), estabilidad anteroposterior ($p < 0,001$) y estabilidad mediolateral ($p = 0,002$) para las pruebas realizadas con los ojos cerrados a los 3 meses de finalizar la intervención. Forma de medición mediante el Biodex Stability System con el sujeto manteniendo una flexión de rodillas 15° durante 25".

En el estudio **Berschlin et al. 2014** (55) el grupo WBV mostró una mejora considerable y significativa de la estabilidad con un índice de estabilidad mejor en cada sesión de prueba ($p = 0,03$). En el grupo control no hubo una mejora significativa ($p > 0,36$). La comparación de la estabilidad entre grupos mostró un mejor desarrollo significativo del grupo WBV, a las 8 ($p = 0,02$) y a las 11 semanas ($p = 0,01$) tras la cirugía. Medición realizada mediante sistema de Biodex Stability System con el sujeto en apoyo monopodal durante 20", la rodilla contralateral a 90° de flexión y los brazos cruzados en el pecho.

Eficacia de la vibración local y la vibración de cuerpo completo en sujetos con RLCA.

Pistone et al. 2016 (56) mostró que no había efecto de la vibración sobre el equilibrio al finalizar la intervención (a las 4 semanas de haberla iniciado), pero sí se encuentra una mejora significativa del grupo WBV con respecto al GC, debido a la disminución del desplazamiento del centro de presiones, al mes siguiente de haber finalizado la intervención (a las 8 semanas de haberla iniciado) ($p < 0,001$). Medición mediante una plataforma de fuerza ZEBRIS, con registro de desviación de presiones, en donde se situaba el sujeto en bipedestación durante 20", brazos cruzados en el pecho y los ojos abiertos y ojos cerrados.

En cambio, en el estudio de **Da Costa et al. 2017** (59) no hubo diferencias significativas al finalizar la aplicación vibratoria de un día entre los grupos en relación a la estabilidad anteroposterior ($p = 0,16$) y la estabilidad medio-lateral ($p = 0,488$). Medición realizada con un baropodómetro mientras que el sujeto mantenía durante 10" un apoyo monopodal con la rodilla flexionada 40°.

6.4.4. Laxitud articular / estabilidad articular

En el estudio de **Fu et al. 2013** (54) ambos grupos alcanzaron una articulación estable a los 3 meses de finalizar la intervención (a los 5 meses de haberla iniciado) sin haber una diferencia significativa al compararlos entre ambos ($p > 0,05$). Forma de medición mediante pruebas de Lachman, Pivot-shift, prueba de cajón anterior y artrómetro KT-1000 (aplicación de 130N).

En el estudio de **Berschin et al. 2014** (55) el aumento de la laxitud anterior del ligamento en ambos grupos no fue significativa ($p = 0,33$), ni en el tiempo ($p = 0,53$) ni al compararlos entre ellos ($p = 0,19$), lo que indica suficiente estabilidad mecánica articular a las 11 semanas de haber iniciado la intervención vibratoria. Medición realizada con el artrómetro KT-1000 con cargas de 90N y 130N.

6.4.5. Calidad de vida / evaluación subjetiva de la rodilla / funcionalidad.

En el artículo de **Brunetti et al. 2006** (49) las puntuaciones resultaron ser más altas en el grupo LMV en comparación con el GC. Concretamente los valores de SF-36 resultaron ser un 15-20% más altos, mientras que los resultados en IKDC 2000 fueron un 20-25% mejores. En este estudio no se mostraba la "p" para estos resultados.

Eficacia de la vibración local y la vibración de cuerpo completo en sujetos con RLCA.

En el estudio de **Berschin et al. 2014** (55) las puntuaciones sobre funcionalidad, medidas con la escala Lysholm, tras la intervención de 11 semanas, mostraron una mejora constante y significativa en ambos grupos ($p = 0,01$), pero no hubo diferencias significativas al compararlos ($p = 0,47$). Los valores en la escala Lysholm alcanzaron los 85 puntos en el grupo WBV en comparación con los 87 puntos en el GC.

En el estudio de **Pistone et al. 2016** (56) las puntuaciones de funcionalidad, medidas con la escala Lysholm, aumentaron en ambos grupos a las 4 semanas de haber iniciado la intervención, pero el aumento fue mayor en el grupo WBV que en el GC al finalizar la vibración ($p < 0,001$) y al primer mes tras aplicarla ($p < 0,001$).

6.4.6. Pruebas y test funcionales

En el estudio de **Fu et al. 2013** (54) se mostró un aumento significativo en el grupo WBV, en las pruebas de salto con una sola pierna y en la carrera de lanzadera ($p < 0,05$). No hubo diferencias significativas entre los grupos en el triple salto, salto con una sola pierna, la carrera de lanzadera, ni en la prueba Carioca ($p > 0,05$) a los 3 meses de finalizar la intervención (5 meses de haberla iniciado).

A continuación, en la **Tabla 5** aparece una síntesis de los resultados obtenidos en las distintas variables medidas según hayan sido o no significativos en cada uno de los grupos y en la comparación entre ellos.

Eficacia de la vibración local y la vibración de cuerpo completo en sujetos con RLCA.

Tabla 5. Síntesis de resultados de las distintas variables.

Estudio	Fuerza	Propiocepción	Equilibrio/control postural	Laxitud articular	Calidad de vida y funcionalidad	Test y pruebas funcionales
Salvarani et al. (2003) (53)	GI: sí (2 semanas) GC: sí (2 semanas) D: sí (2 semanas)			GI: no (5 meses) GC: no (5 meses) D: no (5 meses)		
Brunetti et al. (2006) (49)	GI: sí (3 meses) GC: sí (9 meses) D: sí (3,6 y 9 meses)		GI: sí (2 semanas) GC: - D: sí (9 meses)		GI: - GC: - D: -	
Moezy et al. (2008) (50)		GI: sí (1 mes) GC: no D: sí (1 mes)	GI: sí (1 mes) GC: sí (1 mes) D: sí (1 mes)			
Fu et al. (2013) (54)	GI: sí (5 meses) GC: - D: sí (5 meses)	GI: - GC: - D: no (5 meses)	GI: sí (5 meses) GC: no D: sí (5 meses)			GI: sí (5 meses) GC: - D: no (5 meses)
Berschlin et al. (2014) (55)	GI: sí (1 y 2 meses) GC: sí (2 meses) D: no		GI: sí GC: no D: sí (8 y 11 semanas)	GI: no (11 semanas) GC: no (11 semanas) D: no (11 semanas)	GI: sí (11 semanas) GC: sí (11 semanas) D: no (11 semanas)	
Pistone et al. (2016) (56)	GI: sí (1 y 2 meses) GC: sí (1 y 2 meses) D: sí (2 meses)		GI: - GC: - D: sí (2 meses)		GI: sí (4 semanas) GC: sí (4 semanas) D: sí (4 semanas)	

Eficacia de la vibración local y la vibración de cuerpo completo en sujetos con RLCA.

Pamukoff et al (2016) (57)	GI WBV: sí (mismo día) GC: no D WBV: sí (mismo día)					
	GI LMV: sí (mismo día) GC: no D LMV: sí (mismo día) D2: no					
Pamukoff et al (2017) (58)	GI WBV: sí (WBV mismo día) GC: no D WBV: sí (WBV mismo día)					
	GI LMV: no GC: no D LMV: no D2: no					
Da Costa et al. (2017) (59)	GI: no (mismo día) GC: no (mismo día) D: no (mismo día)		GI: no (mismo día) GC: no (mismo día) D: no (mismo día)			
Costantino et al. (2018) (60)	GI: sí (2 meses) GC: sí (2 meses) D: sí (2 meses)					

Listado de abreviaturas: **WBV**: whole body vibration “vibración cuerpo completo”; **LMV**: local muscle vibration “vibración local”; **GI**: grupo de intervención en el pre-posintervención; **GC**: grupo control en el pre-posintervención; **D**: diferencia entre GI y GC; **D2**: diferencia entre WBV y LMV **Sí**: existen mejoras significativas ($p < 0,05$); **No**: no existen mejoras significativas ($p \geq 0,05$); **(-)**: no consta resultado para esa variable.

NOTA: entre paréntesis el tiempo transcurrido desde el inicio de la intervención hasta que se mide la variable.

Eficacia de la vibración local y la vibración de cuerpo completo en sujetos con RLCA.

7. DISCUSIÓN

Tras haber analizado los 10 artículos incluidos en esta revisión, con el propósito de dar respuesta a los distintos objetivos que fueron planteados, los resultados muestran que puede haber beneficios en los sujetos con RLCA tras habersele aplicado intervenciones vibratorias (WBV y LMV). Por tanto, puede ser una opción interesante para utilizar en un programa de rehabilitación posterior a la intervención quirúrgica del LCA.

A continuación, procederemos a dar respuesta a las diferentes preguntas y objetivos que fueron planteados en esta revisión según los datos obtenidos en los diferentes estudios seleccionados.

7.1. Variables de resultados

Con respecto al primer objetivo del trabajo, en el que se pretende estudiar la eficacia de las intervenciones vibratorias en las distintas variables de resultados, se puede comentar que:

7.1.1. Fuerza:

En cuanto a la fuerza, ha sido la condición más valorada, presente en 9 de los 10 estudios recogidos (49,53–60). Además, hubo una mejora significativa en 7 (49,53,54,56–58,60) de los 9 estudios que analizan esta variable con respecto al grupo control, lo que indicaría el valor añadido de la vibración, local o general, a la rehabilitación convencional. De estos estudios con resultados positivos sobre la fuerza, 6 (53,54,56–58,60) presentan una calidad metodológica moderada, mientras que 1 presenta una calidad metodológica regular. La media entre todos los citados es de un 6 en la escala de PEDro.

La mejora en la fuerza se ha encontrado tanto para el cuádriceps (49,53,54,57,58,60) como para los isquiotibiales (54,56,60). El posicionamiento adoptado durante la intervención vibratoria puede haber condicionado los resultados alcanzados en cuanto a mayor desarrollo de fuerza en los isquiotibiales o los cuádriceps (61,62). Además, la mayor proximidad de determinados músculos al estímulo vibratorio haría incrementar la activación de estos, ocurriendo totalmente lo contrario en músculos alejados debido a la disipación de la energía mecánica (63). Por estos motivos es posible que la posición de mantenimiento del peso en el antepié durante la intervención vibratoria de Pistone et al. 2016 (56), hubiera influido en las

Eficacia de la vibración local y la vibración de cuerpo completo en sujetos con RLCA.

mejoras significativas en los isquiotibiales y en toda la musculatura posterior de la extremidad, a pesar de evaluarse la fuerza de los isquiotibiales y los cuádriceps.

Hay dos trabajos (55,59) en donde se mide esta variable, pero no hubo diferencias entre grupos. En el estudio de Berschin et al 2014 (55), a pesar de haber mejoras en ambos grupos, no hay mejoras significativas en el Gi frente al GC. Esto puede ser debido a que el tiempo por sesión ha sido más del doble en el GC que en el GI. Por otro lado, Da Costa et al. 2017 (59) es uno de los 3 estudios (57–59) donde se aplica una única sesión de vibración, pero en el único en el que no hay ninguna mejora en la fuerza.

7.1.2. Propiocepción

Solamente 2 de los 10 estudios analizados han evaluado la propiocepción (50,54) con resultados inciertos. Si bien, en uno de ellos (50) se encontraron resultados positivos parciales, a 60° de flexión de rodilla, en el otro, de mayor calidad metodológica, no se hallaron (54). Sin embargo, la diferencia también podría deberse al sistema de medición pues, mientras que en el 1° (50) el paciente debía recolocar la rodilla activamente a los grados solicitados, en el 2° (54), el paciente debía indicar cuándo se llegaba a una posición anteriormente señalada, pero mediante la movilización pasiva de su pierna.

7.1.3. Equilibrio/control postural

En 6 estudios se ha evaluado el equilibrio y/o control postural general, habiéndose obtenido resultados positivos en 5 de ellos (49,50,54–56) con una puntuación media de 6 en la evaluación de la metodología por la escala PEDro. El estudio en el que no se han encontrado diferencias es el único de ellos que emplea una sola sesión (59) mientras que en el resto se han utilizado desde 3 sesiones en la aplicación vibratoria local (49) a un rango entre 12 (50) y 35 sesiones (55) en el caso de la vibración de cuerpo completo.

Con respecto los estudios en los que se habla de los índices de estabilidad, en el estudio de Moezy et al. 2008 (50) con una calidad metodológica de 5 en la escala PEDro, se mejoran todos índices con ojos abiertos y cerrados después de 4 semanas de vibración general, a diferencia del estudio de Fu et al. 2013 (54), que presenta una calidad metodológica de 7 y que solo ha encontrando cambios significativos en la estabilidad general, la estabilidad

Eficacia de la vibración local y la vibración de cuerpo completo en sujetos con RLCA.

anteroposterior y la estabilidad mediolateral con ojos cerrados 3 meses después de finalizar la intervención de 2 meses de duración.

Se ha encontrado que existe cierta perdurabilidad de los cambios, ya que el equilibrio/control postural es mejor en el grupo sometido a vibración con respecto al control incluso tres meses después de finalizar la intervención (54). Incluso parece que la mejora se acrecienta con el paso del tiempo, como sucede en el estudio de Berschin et al. 2014 (55), donde, a pesar de que el GI recibió sesiones de la mitad de tiempo que el GC, la estabilidad fue mejor que en el GC sobre todo a las 8 y 11 semanas de la cirugía, es decir a las 6 y 9 semanas de haber iniciado la vibración. En el caso de la vibración local, también se han obtenido resultados al día, a los 10 días e incluso a los 270 días de la intervención (49).

7.1.4. Laxitud articular / estabilidad articular

Los dos estudios con una mayor calidad metodológica (54,55) son los que analizan esta variable, presentando ambos una puntuación de 7 en la escala PEDro. En ambos estudios no se encuentran diferencias significativas al comparar el GI con el GC, presentando los dos grupos una buena estabilidad, por lo que se puede decir que la vibración no interfiere en la laxitud/ estabilidad articular de la rodilla y es segura.

7.1.5. Calidad de vida / evaluación subjetiva de la rodilla / funcionalidad

Estas variables son medidas en 3 estudios (49,55,56). En dos de esos trabajos, de calidad metodológica 5 (49) y 6 (56) hay mejoras en el GI con respecto al GC al finalizar la intervención e incluso en uno (56), las mejoras en la funcionalidad, se mantienen al mes siguiente de la vibración. Por otro lado, no hubo diferencias entre grupos en el estudio de mayor calidad metodológica con una puntuación de 7 (55) y que analizaba la funcionalidad.

7.1.6. Pruebas funcionales:

Solamente en el estudio Fu et al. 2013 (54) fueron realizados test y pruebas funcionales, en los cuales no se obtuvieron diferencias significativas entre grupos.

Eficacia de la vibración local y la vibración de cuerpo completo en sujetos con RLCA.

7.2. Diferencias entre la aplicación durante una sola sesión y durante varias semanas/meses de duración

Se observa, por lo general, que los resultados son peores en los estudios donde se ha aplicado una sola sesión de WBV o LMV (57–59) al ser comparado con el resto, que aplican como mínimo 3 sesiones, como es el caso de Brunetti et al. 2006 (49). En el único estudio en el que se aplica una única sesión y hay mejoras significativas todas las variables analizadas es en el estudio de Pamukoff et al. 2016 (57), mientras que en Pamukoff et al. 2017 (58), hay solamente cambio en el TDF100 en comparación con el GC tras aplicar WBV. En el estudio de Da Costa et al. 2017 (59) no hay ninguna diferencia entre grupos e incluso aparecen resultados peores que antes de la intervención vibratoria. Por tanto, no se puede decir con claridad que la aplicación de una única sesión de vibración pueda ser útil o no en sujetos con RLCA.

En comparación, solamente hay un estudio que aplica una intervención de LMV durante 3 días consecutivos (49), consiguiendo mejoras significativas en todas las variables que se han medido. En el resto de estudios se aplican intervenciones que se sitúan entre las 2 y las 10 semanas, consiguiendo todos ellos resultados beneficiosos de forma variable en las distintas variables medidas.

Hay varios estudios que apoyan los beneficios y las mejoras que se consiguen de forma inmediata tras la aplicación de una sola intervención vibratoria en sujetos sanos, sobre todo en torno a la mejora de la fuerza, como en el caso de la revisión de Alam et al. 2018 (64) que concluye que una exposición de corta duración de WBV puede desencadenar mejoras en la flexión de rodilla al ser combinado con ejercicios como las sentadillas. Además, otros estudios consiguen beneficios inmediatos en sujetos con patologías, como es el caso de Bosveld y Field-Fote 2015 (65) donde se muestra que en individuos con lesiones medulares incompletas puede haber efectos positivos en el incremento de la fuerza del cuádriceps con una sola sesión de WBV. Otro estudio (66) sugiere este tipo de intervenciones con WBV para aumentar de forma temporal la fuerza voluntaria y la activación muscular del cuádriceps en sujetos que han sufrido accidentes cerebrovasculares.

En cambio, otros estudios concluyen que tras la intervención vibratoria en sujetos sanos, no hay mejoras inmediatas o no hay claridad en los resultados (67–71).

Eficacia de la vibración local y la vibración de cuerpo completo en sujetos con RLCA.

7.3. Características del programa y parámetros de vibración

Se observa que no hay homogeneidad ni en los parámetros de vibración ni en la elección de las posiciones o los ejercicios aplicados durante la intervención vibratoria.

Con respecto a la frecuencia vibratoria, la más utilizada está comprendida entre los 30 y 50 Hz (50,53–59). Los únicos estudios que utilizan una vibración distinta son Costantino et al. 2018 (60) con una frecuencia de 26 Hz y Brunetti et al. 2006 (49) con una frecuencia de 100 Hz. Se puede destacar que en varios estudios (50,54–56) no se usa la misma frecuencia durante todo el tiempo, ya que la van incrementando a medida que pasan las semanas o las sesiones. Además, cabe resaltar que en el estudio de Pistone et al. 2016 (56) se utiliza la vibración óptima de cada sujeto, que consiste en la frecuencia de vibración a la cual ocurre la máxima activación muscular, que siempre es aconsejable porque potencialmente produce mayores efectos sobre el rendimiento neuromuscular en el menor tiempo posible (72). Este tipo de frecuencia también es utilizada en sujetos sanos con buenos resultados a nivel neuromuscular en el estudio de Di Giminiani et al. 2009 (73).

En relación a la amplitud, la elección de los estudios en los cuales nos aparece esa información reflejada, está entre los 1,6 mm y los 9 mm a excepción de un estudio (49) que utiliza entre 5-15 μ m. Con respecto a la aceleración solo aparece citada en 3 de los estudios (57–59) utilizando todos ellos una aceleración de 2 g.

Por otro lado, en cuanto a las posiciones y los ejercicios elegidos, hay grandes diferencias entre los estudios, coincidiendo solamente los protocolos de intervención de la misma autoría (57,58). Unos artículos se decantan por realizar un único tipo de ejercicio en una posición determinada, con sus correspondientes series y tiempo de descanso, mientras que otros realizan protocolos de varios ejercicios sobre la plataforma vibratoria. Los ejercicios y las posiciones más utilizadas eran la sentadilla isométrica bipodal y unipodal con un rango de flexión de rodilla que oscila entre los 25° y los 90°, realizados de forma estática en la mayoría de los casos.

Eficacia de la vibración local y la vibración de cuerpo completo en sujetos con RLCA.

7.4. Diferencias en los efectos de WBV y LMV

A la hora de comparar los efectos entre ambos tipos de intervención no se encuentran grandes diferencias. Solamente hay 3 artículos que aplican LMV en uno sus grupos de intervención (49,57,58) presentando una calidad metodológica moderada de media. Dos de ellos comparan directamente los efectos de WBV y LMV (57,58), sin encontrar diferencias entre la aplicación local o general, aunque con resultados diferentes con respecto al grupo control a pesar de aplicar el mismo protocolo. Únicamente en uno (58) no se encuentra ninguna mejoría en las variables analizadas en el grupo LMV, mientras que al recibir WBV si que encuentra mejorías en la TDF100. En el otro estudio (57) hay una mejoría en la fuerza tanto en la aplicación de LMV como en la WBV, sin ser significativa la diferencia entre ambos.

En estudio de Brunetti et al. 2006 (49), que aplica solo LMV, hubo mejoras con respecto al GC en todas las variables que se midieron, que fueron concretamente la fuerza, el control postural, la calidad de vida y la funcionalidad de la rodilla. Además, se alargaron estas diferencias entre grupos hasta la última medición realizada a los 9 meses después de la intervención vibratoria local. Por otro lado, a diferencia de los estudios de Pamukoff et al. 2016 y 2017 (57,58) que realizan una única sesión a una frecuencia de 30 Hz, mientras que el estudio de Brunetti et al 2006 realiza 3 sesiones a una frecuencia una frecuencia de 100 Hz.

Por otra parte, únicamente ha faltado por analizar en los estudios que aplican vibración local la propiocepción y la laxitud articular, y poder así comparar de forma completa ambos tipos de intervención vibratoria.

Los resultados obtenidos en esta revisión coinciden con los de estudios realizados en sujetos sanos. En diferentes estudios se confirma que en comparación con el WBV, la aplicación de LMV es más económica, ideal para actuar sobre un músculo de forma específica y una gran elección para aplicar en sujetos que no pueden mantener una determinada posición o actividad (74). Además se dice que cuando la vibración se repite, se podrían desencadenar adaptaciones neuronales y musculares a largo plazo que conduzcan a un mejor rendimiento funcional, como puede ser el incremento de la MCV (27), cambios en el tipo de fibra muscular o el aumento de la actividad electromiográfica (74,75).

Eficacia de la vibración local y la vibración de cuerpo completo en sujetos con RLCA.

En cuanto a la aplicación de WBV, estudios en sujetos sanos coinciden con los de esta revisión en que este tipo de intervención puede ser de gran utilidad para el incremento de la fuerza muscular (30,31,64) sobre todo al utilizar entre 20-50 Hz (64). Además, se dice que la aplicación de WBV es útil para utilizar en sujetos con patología que no tengan facilidad para realizar ejercicios complejos en donde se buscan beneficios que se pueden conseguir con WBV en combinación con ejercicios más sencillos (64). Asimismo, también hay publicaciones que apoyan los beneficios de la aplicación de WBV para mejorar el equilibrio y el control postural (76,77) coincidiendo con los resultados de los artículos de esta revisión.

A pesar de haber resultados positivos, por lo general, todos los trabajos que publican acerca de este tipo de intervenciones coinciden en que hay que tener precaución en la interpretación de los resultados y que hay que seguir investigando.

7.5. Efectos a corto, medio y largo plazo tras finalizar la intervención

Los efectos que se puedan conseguir tras una única sesión de terapia vibratoria, como hemos hablado anteriormente, están relacionados con los efectos a corto plazo que puedan producir las intervenciones de WBV y LMV, es decir, tras finalizar el protocolo de intervención. Además, hay un análisis de los efectos a corto plazo en el resto de los estudios (49,50,53–56,60) con una gran variedad de resultados. Los únicos estudios que realizan un seguimiento son el estudio de Pistone et al. 2016 (56) que lo realiza al mes de la intervención y donde se observa que hay una mejora significativa del equilibrio; Fu et al. 2013 (54) los 3 meses, en donde hay mejoras significativas en la fuerza y en el equilibrio; Brunetti et al. 2006 (49) que lo realiza a los 9 meses de la intervención vibratoria, y en donde las mejoras conseguidas inmediatamente después de la intervención se mantienen hasta el final del seguimiento en las variables de fuerza, equilibrio, calidad de vida y funcionalidad. Dado que los dos estudios de vibración general indican resultados positivos y son de calidad media parece que los efectos de esta terapia en sujetos sometidos a cirugía reconstructiva del LCA podrían perdurar entre 1 y 3 meses principalmente, pudiendo alargarse hasta los 9 meses.

Eficacia de la vibración local y la vibración de cuerpo completo en sujetos con RLCA.

7.6. Intervenciones iniciadas en fases tempranas, fases medias y tardías tras la cirugía

Hay 5 estudios (49,53–56) que inician la intervención en fases tempranas, habiendo 4 estudios que lo inician al primer mes tras la cirugía y uno que lo inicia a las 2 semanas (55). Por otro lado se encuentran entre el primer mes y los 6 meses 3 estudios, uno que se inicia a las 12 semanas (50), otro a las 13 semanas (60) y otro entre las 14 y las 18 semanas (59). Por último, solo hay dos estudios que inician la intervención más allá de los 6 meses, concretamente a los 50 meses (57,58). Al comparar los resultados entre ellos no se encuentran grandes diferencias, habiendo resultados semejantes en todos.

Cabe señalar que ningún estudio inició la intervención vibratoria en fases muy cercanas a la cirugía, siendo el estudio de Berschin et al. 2014 (55) el que comenzó más temprano, iniciándola a las 2 semanas. Es posible que esperaran a que se retiraran las muletas y a que los sujetos pudieran cargar de forma completa sobre la extremidad, ya que la mayoría de las veces esto se produce entre las 2 semanas y el primer mes tras la cirugía (78) y poder realizar así una intervención más completa.

7.7. Limitaciones y recomendaciones

En esta revisión sistemática se encuentran algunas limitaciones debidas al escaso número de artículos existentes que cumplan con los criterios de inclusión y de exclusión. Los artículos seleccionados, generalmente, utilizan una muestra pequeña de participantes y no se ha encontrado ningún trabajo de calidad excelente, siendo los dos estudios de puntuación más alta en la escala de PEDro, de 7. Sin embargo, la necesidad de esta revisión se ha visto refrendada porque, ya realizando la discusión, se ha encontrado que recientemente ha sido publicada una revisión sobre el tema de interés (79). En este sentido, los trabajos incluidos han sido los mismos salvo uno, lo que se explica porque en la referida revisión (79) únicamente se estudia la vibración general o de cuerpo completo, mientras que en el presente trabajo se analiza la vibración general y la vibración local en individuos con RLCA.

Tampoco existe homogeneidad en cuanto a los protocolos de intervención llevados a cabo, donde se aprecian grandes diferencias tanto en el programa utilizado por el grupo experimental como en el grupo control, puesto que hay parámetros de vibración y una elección de ejercicios y posiciones muy variadas. Asimismo, tampoco hay uniformidad en las

Eficacia de la vibración local y la vibración de cuerpo completo en sujetos con RLCA.

mediciones, test y escalas que se manejan para evaluar a los sujetos que forman parte del estudio.

De igual forma, no se encuentra uniformidad en los resultados acerca de la eficacia y los efectos que se producen con la terapia vibratoria tras la cirugía del LCA salvo en el caso de la laxitud/estabilidad articular, pero solo con 2 trabajos evaluándolo. En el caso de la fuerza y el equilibrio/control postural existen más trabajos que evalúan ambas variables y hay bastante concordancia entre resultados, pero no de forma unánime.

Revisando a posteriori las conclusiones de la revisión anteriormente comentada (79) se aprecia una coincidencia en que las intervenciones vibratorias pueden ser una opción efectiva para mejorar los déficits que presenten los sujetos con RLCA.

La escasez de estudios, la heterogeneidad en los protocolos de rehabilitación empleados, el tipo de ejercicio utilizado, los parámetros de la vibración y la forma y tiempos de valoración establecidos dificulta la comparación de los resultados entre los diferentes trabajos. Por ello, se recomienda en un futuro que se realicen trabajos donde se intenten unificar los criterios de evaluación y que los protocolos de intervención tanto para el grupo control como para el grupo experimental sean más homogéneos y se establezca el mejor tiempo tras la cirugía para iniciar la terapia vibratoria.

Por otro lado, sería ideal que se realizasen estudios con un mayor número de sujetos y con un seguimiento de más de 6 meses, para observar los efectos a largo plazo de este tipo de intervenciones, ya que es fundamental que tras la RLCA haya una óptima funcionalidad de la rodilla y que estos efectos se pudieran conservar en el tiempo.

8. CONCLUSIONES

- Hay una tendencia hacia una mayor fuerza y un mejor equilibrio/control postural tras la intervención vibratoria, sobre todo cuando es aplicada durante más de una sesión. Además, se puede concluir que la vibración no altera la laxitud/estabilidad articular.
- Se ha utilizado mayormente una frecuencia vibratoria de entre 30 y 50 Hz, una amplitud entre 1,6 y 9 mm, una aceleración de 2 g y sentadillas isométricas y/o isotónicas bipodales y/o unipodales con una flexión de rodilla de entre 25° y 90°. En los estudios que emplean estos parámetros es donde ocurren la mayoría de los beneficios de los estudios analizados. De todas formas, no se puede declarar que estos sean los únicos intervalos en los que hay beneficios, ya que para ello es necesario realizar una comparativa y saber así cuáles son mejores.
- No se aprecian diferencias entre la aplicación de WBV y LMV, si bien se han encontrado pocas comparaciones directas provenientes de estudios de una única sesión y escasa calidad y harían falta estudios de mayor calidad para determinarlo con seguridad.
- Es posible que haya una cierta perdurabilidad mínima de los resultados obtenidos al finalizar la terapia vibratoria sobre todo en la fuerza y el equilibrio, pero se necesitan más estudios para acotar los periodos concretos.
- No se han encontrado diferencias entre las intervenciones iniciadas en fases tempranas (en el primer mes tras la cirugía), en fases medias (entre 1 y 6 meses) y tardías (más de 6 meses), pero son necesarios trabajos específicos que comparen los diferentes momentos de inicio de la intervención.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Siddaway AP, Wood AM, Hedges LV. How to Do a Systematic Review: A Best Practice Guide for Conducting and Reporting Narrative Reviews, Meta-Analyses, and Meta-Syntheses. *Annu Rev Psychol.* 2019;70(1):747-70.
2. Markatos K, Kaseta MK, Lalloos SN, Korres DS, Efstathopoulos N. The anatomy of the ACL and its importance in ACL reconstruction. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* octubre de 2013;23(7):747-52.
3. Ayala-Mejías JD, García-Estrada GA, Alcocer Pérez-España L. Lesiones del ligamento cruzado anterior. *Acta Ortopédica Mex.* febrero de 2014;28(1):57-67.
4. Evans J, Nielson J I. Anterior Cruciate Ligament (ACL) Knee Injuries. En: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2020 [citado 2 de junio de 2020]. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK499848/>
5. Anderson MJ, Browning WM, Urband CE, Kluczynski MA, Bisson LJ. A Systematic Summary of Systematic Reviews on the Topic of the Anterior Cruciate Ligament. *Orthop J Sports Med* [Internet]. 15 de marzo de 2016 [citado 2 de junio de 2020];4(3). Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4794976/>
6. Serpell BG, Scarvell JM, Ball NB, Smith PN. Mechanisms and Risk Factors for Noncontact ACL Injury in Age Mature Athletes Who Engage in Field Or Court Sports: A Summary of the Literature Since 1980. *J Strength Cond Res.* noviembre de 2012;26(11):3160–3176.
7. Kaeding CC, Léger-St-Jean B, Magnussen RA. Epidemiology and Diagnosis of Anterior Cruciate Ligament Injuries. *Clin Sports Med.* enero de 2017;36(1):1-8.
8. Dallalana RJ, Brooks JHM, Kemp SPT, Williams AM. The Epidemiology of Knee Injuries in English Professional Rugby Union. *Am J Sports Med.* mayo de 2007;35(5):818-30.
9. Orchard JW, Chivers I, Aldous D, Bennell K, Seward H. Rye grass is associated with fewer non-contact anterior cruciate ligament injuries than bermuda grass. *Br J Sports Med.* octubre de 2005;39(10):704-9.
10. Park J-H, Jeong W-K, Lee J-H, Cho J-J, Lee D-H. Postural stability in patients with anterior cruciate ligament tears with and without medial meniscus tears. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* enero de 2015;23(1):240-5.
11. Musahl V, Karlsson J. Anterior Cruciate Ligament Tear. Solomon CG, editor. *N Engl J Med.* 13 de junio de 2019;380(24):2341-8.
12. Junta directiva de la AEA. Informe sobre el perfil de la cirugía artroscópica en España. *Revista de la Asociación Española de Artroscopia.* abril de 2001;8(15):10-21.

Eficacia de la vibración local y la vibración de cuerpo completo en sujetos con RLCA.

13. Gornitzky AL, Lott A, Yellin JL, Fabricant PD, Lawrence JT, Ganley TJ. Sport-Specific Yearly Risk and Incidence of Anterior Cruciate Ligament Tears in High School Athletes: A Systematic Review and Meta-analysis. *Am J Sports Med.* octubre de 2016;44(10):2716-23.
14. Andernord D, Desai N, Björnsson H, Ylander M, Karlsson J, Samuelsson K. Patient predictors of early revision surgery after anterior cruciate ligament reconstruction: a cohort study of 16,930 patients with 2-year follow-up. *Am J Sports Med.* enero de 2015;43(1):121-7.
15. Andrade R, Pereira R, Cingel R van, Staal JB, Espregueira-Mendes J. How should clinicians rehabilitate patients after ACL reconstruction? A systematic review of clinical practice guidelines (CPGs) with a focus on quality appraisal (AGREE II). *Br J Sports Med.* 1 de mayo de 2020;54(9):512-9.
16. Wiggins AJ, Grandhi RK, Schneider DK, Stanfield D, Webster KE, Myer GD. Risk of Secondary Injury in Younger Athletes After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review and Meta-analysis. *Am J Sports Med.* julio de 2016;44(7):1861-76.
17. Filbay SR, Grindem H. Evidence-based recommendations for the management of anterior cruciate ligament (ACL) rupture. *Best Pract Res Clin Rheumatol.* febrero de 2019;33(1):33-47.
18. van Eck CF, Loopik M, van den Bekerom MP, Fu FH, Kerkhoffs GMMJ. Methods to diagnose acute anterior cruciate ligament rupture: a meta-analysis of instrumented knee laxity tests. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA.* septiembre de 2013;21(9):1989-97.
19. Richmond JC. Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: *Sports Med Arthrosc Rev.* diciembre de 2018;26(4):165-7.
20. Angelozzi M, Madama M, Corsica C, Calvisi V, Properzi G, McCaw ST, et al. Rate of force development as an adjunctive outcome measure for return-to-sport decisions after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Sports Phys Ther.* septiembre de 2012;42(9):772-80.
21. Ristanis S, Tsepis E, Giotis D, Stergiou N, Cerulli G, Georgoulis AD. Electromechanical Delay of the Knee Flexor Muscles Is Impaired After Harvesting Hamstring Tendons for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: *Am J Sports Med* [Internet]. 14 de agosto de 2009 [citado 8 de junio de 2020]; Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0363546509340771>
22. van Melick N, van Cingel REH, Brooijmans F, Neeter C, van Tienen T, Hullegie W, et al. Evidence-based clinical practice update: practice guidelines for anterior cruciate ligament rehabilitation based on a systematic review and multidisciplinary consensus. *Br J Sports Med.* diciembre de 2016;50(24):1506-15.

23. Wright RW, Haas AK, Anderson J, Calabrese G, Cavanaugh J, Hewett TE, et al. Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Rehabilitation: MOON Guidelines. *Sports Health*. mayo de 2015;7(3):239-43.
24. Rittweger J. Vibration as an exercise modality: how it may work, and what its potential might be. *Eur J Appl Physiol*. marzo de 2010;108(5):877-904.
25. Rosa A, M^a R. Efectividad de un programa de entrenamiento basado en vibraciones mecánicas de cuerpo completo en pacientes con diabetes mellitus tipo 2 aplicado en entorno de atención primaria. 8 de julio de 2015 [citado 5 de junio de 2020]; Disponible en: <https://idus.us.es/handle/11441/28172>
26. Abercromby AFJ, Amonette WE, Layne CS, McFarlin BK, Hinman MR, Paloski WH. Vibration exposure and biodynamic responses during whole-body vibration training. *Med Sci Sports Exerc*. octubre de 2007;39(10):1794-800.
27. Alghadir AH, Anwer S, Zafar H, Iqbal ZA. Effect of localised vibration on muscle strength in healthy adults: a systematic review. *Physiotherapy*. marzo de 2018;104(1):18-24.
28. Pamukoff DN, Ryan ED, Blackburn JT. The acute effects of local muscle vibration frequency on peak torque, rate of torque development, and EMG activity. *J Electromyogr Kinesiol Off J Int Soc Electrophysiol Kinesiol*. diciembre de 2014;24(6):888-94.
29. Germann D, El Bouse A, Shnier J, Abdelkader N, Kazemi M. Effects of local vibration therapy on various performance parameters: a narrative literature review. *J Can Chiropr Assoc*. diciembre de 2018;62(3):170-81.
30. Pessoa MF, Brandão DC, Sá RB de, Souza HCM de, Fuzari HKB, Andrade AD de, et al. Effects of Whole Body Vibration on Muscle Strength and Quality of Life in Health Elderly: A Meta-Analysis. *Fisioter Em Mov*. 2017;30:171-82.
31. Rogan S, de Bruin ED, Radlinger L, Joehr C, Wyss C, Stuck N-J, et al. Effects of whole-body vibration on proxies of muscle strength in old adults: a systematic review and meta-analysis on the role of physical capacity level. *Eur Rev Aging Phys Act Off J Eur Group Res Elder Phys Act*. 2015;12:12.
32. Park S-Y, Son W-M, Kwon O-S. Effects of whole body vibration training on body composition, skeletal muscle strength, and cardiovascular health. *J Exerc Rehabil*. 31 de diciembre de 2015;11(6):289-95.
33. Rogan S, Taeymans J, Radlinger L, Naepflin S, Ruppen S, Bruelhart Y, et al. Effects of whole-body vibration on postural control in elderly: An update of a systematic review and meta-analysis. *Arch Gerontol Geriatr*. noviembre de 2017;73:95-112.

34. Park YJ, Park SW, Lee HS. Comparison of the Effectiveness of Whole Body Vibration in Stroke Patients: A Meta-Analysis. *BioMed Res Int.* 2018;2018:5083634.
35. Couto BP, Silva HR, Filho AG, da Silveira Neves SR, Ramos MG, Szmuchrowski LA, et al. Acute effects of resistance training with local vibration. *Int J Sports Med.* septiembre de 2013;34(9):814-9.
36. Hernández LEM, Pérez AP, Alvarado AO. Valoración isocinética de la fuerza y balance muscular del aparato extensor y flexor de la rodilla en taekwondoinos. *Gac Médica México.* :7.
37. Drouin JM, Valovich-mcLeod TC, Shultz SJ, Gansneder BM, Perrin DH. Reliability and validity of the Biodex system 3 pro isokinetic dynamometer velocity, torque and position measurements. *Eur J Appl Physiol.* enero de 2004;91(1):22-9.
38. ROIG CASASÚS S. Influencia del entrenamiento del equilibrio con plataforma dinamométrica en artroplastia total de rodilla. UNIVERSITAT DE VALÈNCIA; 2015.
39. Mulligan EP, McGuffie DQ, Coyner K, Khazzam M. The reliability and diagnostic accuracy of assessing the translation endpoint during the lachman test. *Int J Sports Phys Ther.* febrero de 2015;10(1):52-61.
40. Vaudreuil NJ, Rothrauff BB, de Sa D, Musahl V. The Pivot Shift: Current Experimental Methodology and Clinical Utility for Anterior Cruciate Ligament Rupture and Associated Injury. *Curr Rev Musculoskelet Med.* marzo de 2019;12(1):41-9.
41. Arneja S, Leith J. Artículo de revisión: Validez del artrómetro de ligamento de rodilla KT-1000. *J Orthop Surg.* 1 de abril de 2009;17(1):77-9.
42. Whelan D, Dainty KN, Chan D, Mohtadi NG. Chapter 93 - Autograft Choice in Anterior: Cruciate Ligament Reconstruction Should It Be Patellar Tendon or Hamstring Tendon? En: Wright JG, Ahn H, Graham B, Howard A, Kreder HJ, Lau JT-C, et al., editores. *Evidence-Based Orthopaedics [Internet]. Philadelphia: W.B. Saunders; 2009 [citado 9 de junio de 2020].* p. 625-9. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781416044444500965>
43. Rodríguez Vidal M, Merino Escobar M, Castro Salas M. Valoración psicométrica de los componentes físicos (csf) y mentales (csm) del sf-36 en pacientes insuficientes renales crónicos en tratamiento con hemodiálisis. *Cienc Enferm.* abril de 2009;15(1):75-88.
44. Collado-Mateo D, Adsuar JC, Olivares PR, del Pozo-Cruz B, Parraca JA, del Pozo-Cruz J, et al. Effects of Whole-Body Vibration Therapy in Patients with Fibromyalgia: A Systematic Literature Review. *Evid-Based Complement Altern Med ECAM [Internet].* 2015 [citado 6 de junio de 2020];2015. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4553315/>

Eficacia de la vibración local y la vibración de cuerpo completo en sujetos con RLCA.

45. Tillin NA, Pain MTG, Folland J. Explosive force production during isometric squats correlates with athletic performance in rugby union players. *J Sports Sci.* 2013;31(1):66-76.
46. Øiestad BE, Juhl CB, Eitzen I, Thorlund JB. Knee extensor muscle weakness is a risk factor for development of knee osteoarthritis. A systematic review and meta-analysis. *Osteoarthritis Cartilage.* febrero de 2015;23(2):171-7.
47. Paterno MV, Schmitt LC, Ford KR, Rauh MJ, Myer GD, Huang B, et al. Biomechanical Measures during Landing and Postural Stability Predict Second Anterior Cruciate Ligament Injury after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction and Return to Sport: *Am J Sports Med* [Internet]. 11 de agosto de 2010 [citado 9 de junio de 2020]; Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0363546510376053>
48. Kruse LM, Gray B, Wright RW. Rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review. *J Bone Joint Surg Am.* 3 de octubre de 2012;94(19):1737-48.
49. Brunetti O, Filippi GM, Lorenzini M, Liti A, Panichi R, Roscini M, et al. Improvement of posture stability by vibratory stimulation following anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA.* noviembre de 2006;14(11):1180-7.
50. Moezy A, Olyaei G, Hadian M, Razi M, Faghihzadeh S. A comparative study of whole body vibration training and conventional training on knee proprioception and postural stability after anterior cruciate ligament reconstruction. *Br J Sports Med.* mayo de 2008;42(5):373-8.
51. Macedo LG, Elkins MR, Maher CG, Moseley AM, Herbert RD, Sherrington C. There was evidence of convergent and construct validity of Physiotherapy Evidence Database quality scale for physiotherapy trials. *J Clin Epidemiol.* agosto de 2010;63(8):920-5.
52. de Morton NA. The PEDro scale is a valid measure of the methodological quality of clinical trials: a demographic study. *Aust J Physiother.* 1 de enero de 2009;55(2):129-33.
53. Salvarani A, Agosti M, Zanrè A, Ampollini A, Montagna L, Franceschini M. Mechanical vibration in the rehabilitation of patients with reconstructed anterior cruciate ligament. *Eur Medicophysica.* marzo de 2003;39(1):19-25.
54. Fu CLA, Yung SHP, Law KYB, Leung KHH, Lui PYP, Siu HK, et al. The effect of early whole-body vibration therapy on neuromuscular control after anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled trial. *Am J Sports Med.* abril de 2013;41(4):804-14.
55. Berschin G, Sommer B, Behrens A, Sommer H-M. Whole Body Vibration Exercise Protocol versus a Standard Exercise Protocol after ACL Reconstruction: A Clinical Randomized Controlled Trial with Short Term Follow-Up. *J Sports Sci Med.* 1 de septiembre de 2014;13(3):580-9.

56. Pistone EM, Laudani L, Camillieri G, Di Cagno A, Tomassi G, Macaluso A, et al. Effects of early whole-body vibration treatment on knee neuromuscular function and postural control after anterior cruciate ligament reconstruction: A randomized controlled trial. *J Rehabil Med*. 11 de noviembre de 2016;48(10):880-6.
57. Pamukoff DN, Pietrosimone B, Lewek MD, Ryan ED, Weinhold PS, Lee DR, et al. Whole-Body and Local Muscle Vibration Immediately Improve Quadriceps Function in Individuals With Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Arch Phys Med Rehabil*. 2016;97(7):1121-9.
58. Pamukoff DN, Pietrosimone B, Ryan ED, Lee DR, Brown LE, Blackburn JT. Whole-Body Vibration Improves Early Rate of Torque Development in Individuals With Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *J Strength Cond Res*. noviembre de 2017;31(11):2992-3000.
59. da Costa KSA, Borges DT, de Brito Macedo L, de Almeida Lins CA, Brasileiro JS. Whole-Body Vibration on Performance of Quadriceps After ACL Reconstruction: A Blinded Randomized Controlled Trial. *J Sport Rehabil*. 1 de enero de 2019;28(1):52-8.
60. Costantino C, Bertuletti S, Romiti D. Efficacy of Whole-Body Vibration Board Training on Strength in Athletes After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Randomized Controlled Study. *Clin J Sport Med*. julio de 2018;28(4):339-49.
61. Ritzmann R, Gollhofer A, Kramer A. The influence of vibration type, frequency, body position and additional load on the neuromuscular activity during whole body vibration. *Eur J Appl Physiol*. enero de 2013;113(1):1-11.
62. Avelar NCP, Ribeiro VGC, Mezêncio B, Fonseca SF, Tossige-Gomes R, da Costa SJ, et al. Influence of the knee flexion on muscle activation and transmissibility during whole body vibration. *J Electromyogr Kinesiol Off J Int Soc Electrophysiol Kinesiol*. agosto de 2013;23(4):844-50.
63. Abercromby AFJ, Amonette WE, Layne CS, Mcfarlin BK, Hinman MR, Paloski WH. Variation in Neuromuscular Responses during Acute Whole-Body Vibration Exercise. *Med Sci Sports Exerc*. septiembre de 2007;39(9):1642–1650.
64. Alam MM, Khan AA, Farooq M. Effect of whole-body vibration on neuromuscular performance: A literature review. *Work*. 30 de abril de 2018;59(4):571-83.
65. Bosveld R, Field-Fote EC. Single-dose effects of whole body vibration on quadriceps strength in individuals with motor-incomplete spinal cord injury. *J Spinal Cord Med*. noviembre de 2015;38(6):784-91.

66. Tihanyi TK, Horváth M, Fazekas G, Hortobágyi T, Tihanyi J. One session of whole body vibration increases voluntary muscle strength transiently in patients with stroke. *Clin Rehabil.* septiembre de 2007;21(9):782-93.
67. Mahbub MH, Hase R, Yamaguchi N, Hiroshige K, Harada N, Bhuiyan ANMNH, et al. Acute Effects of Whole-Body Vibration on Peripheral Blood Flow, Vibrotactile Perception and Balance in Older Adults. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. febrero de 2020 [citado 31 de mayo de 2020];17(3). Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7037406/>
68. de Ruyter CJ, van der Linden RM, van der Zijden MJA, Hollander AP, de Haan A. Short-term effects of whole-body vibration on maximal voluntary isometric knee extensor force and rate of force rise. *Eur J Appl Physiol.* enero de 2003;88(4-5):472-5.
69. Cochrane DJ, Legg SJ, Hooker MJ. The short-term effect of whole-body vibration training on vertical jump, sprint, and agility performance. *J Strength Cond Res.* noviembre de 2004;18(4):828-32.
70. Rehn B, Lidström J, Skoglund J, Lindström B. Effects on leg muscular performance from whole-body vibration exercise: a systematic review. *Scand J Med Sci Sports.* febrero de 2007;17(1):2-11.
71. Dickerson C, Gabler G, Hopper K, Kirk D, McGregor CJ. Immediate effects of localized vibration on hamstring and quadricep muscle performance. *Int J Sports Phys Ther.* agosto de 2012;7(4):381-7.
72. Carlucci F, Felici F, Piccinini A, Haxhi J, Sacchetti M. Individual Optimal Frequency in Whole-Body Vibration: Effect of Protocol, Joint Angle, and Fatiguing Exercise. *J Strength Cond Res.* diciembre de 2016;30(12):3503–3511.
73. Di Giminiani R, Tihanyi J, Safar S, Scrimaglio R. The effects of vibration on explosive and reactive strength when applying individualized vibration frequencies. *J Sports Sci.* 15 de enero de 2009;27(2):169-77.
74. Souron R, Besson T, Millet GY, Lapole T. Acute and chronic neuromuscular adaptations to local vibration training. *Eur J Appl Physiol.* octubre de 2017;117(10):1939-64.
75. Souron R, Farabet A, Féasson L, Belli A, Millet GY, Lapole T. Eight weeks of local vibration training increases dorsiflexor muscle cortical voluntary activation. *J Appl Physiol Bethesda Md* 1985. 1 de junio de 2017;122(6):1504-15.
76. Rogan S, Taeymans J, Radlinger L, Naepflin S, Ruppen S, Bruelhart Y, et al. Effects of whole-body vibration on postural control in elderly: An update of a systematic review and meta-analysis. *Arch Gerontol Geriatr.* noviembre de 2017;73:95-112.

Eficacia de la vibración local y la vibración de cuerpo completo en sujetos con RLCA.

77. Orr R. The effect of whole body vibration exposure on balance and functional mobility in older adults: A systematic review and meta-analysis. *Maturitas*. abril de 2015;80(4):342-58.
78. Wilk KE, Arrigo CA. Rehabilitation Principles of the Anterior Cruciate Ligament Reconstructed Knee. *Clin Sports Med*. enero de 2017;36(1):189-232.
79. Seixas A, Sañudo B, Sá-Caputo D, Taiar R, Bernardo-Filho M. Whole-Body Vibration for Individuals with Reconstructed Anterior Cruciate Ligament: A Systematic Review. *BioMed Res Int*. 2 de mayo de 2020;1-14.