

✖TESIS DOCTORAL

ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE VIBRACIÓN DE CUERPO
COMPLETO EN EL DOLOR FEMOROPATELAR



JUNIO
2021

UNIVERSIDAD DE SEVILLA
FACULTAD DE ENFERMERÍA, FISIOTERAPIA Y PODOLOGÍA

✖ **D. Ángel R. Yáñez Álvarez**

Directores: Prof. Dr. Manuel Albornoz Cabello
Pfra. Dra. Beatriz Bermúdez Pulgarín



Departamento de Fisioterapia
Facultad de Enfermería, Fisioterapia y Podología.
Universidad de Sevilla



**“ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE LA
VIBRACIÓN DE CUERPO COMPLETO
EN EL DOLOR FEMOROPATELAR”**

TESIS DOCTORAL

Autor: Prof. D. Ángel Rufino Yáñez Álvarez.

Directores: Prof. Dr. D. Manuel Albornoz Cabello.

Profa. Dra. Dña. Beatriz Bermúdez Pulgarín.

Sevilla, junio de 2021.



DEPARTAMENTO DE FISIOTERAPIA

ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE VIBRACIÓN DE CUERPO COMPLETO EN EL DOLOR FEMOROPATELAR

Tesis doctoral presentada para optar al grado de Doctor por el Diplomado en Fisioterapia y Máster Universitario en Nuevas Tendencias Asistenciales en Ciencias de la Salud D. Ángel Rufino Yáñez Álvarez, dirigida por los Doctores profesor D. Manuel Albornoz Cabello y profesora Dña. Beatriz Bermúdez Pulgarín.

Sevilla a 7 de junio de 2021

El Doctorando

Fdo.: Ángel Rufino Yáñez Álvarez

Los Directores de la Tesis:

Fdo.: Dr. Manuel Albornoz Cabello

Fdo.: Dra. Beatriz Bermúdez Pulgarín

AGRADECIMIENTOS

Este reciente paso de mi ilíada personal, es un inmejorable momento de mostrar mi mas sincero reconocimiento a los que me alentaron para llegar aquí. Sé que son muchos y que no pueden aparecer todos, por ello me gustaría empezar teniendo presentes a los que se han quedado en el camino. Aparte de la vida académica, estos años de doctorado me han hecho asimilar el disfrute de cada momento sin forzarlo. Así me lo inculcó mi gran amigo y colega D. Manuel Alcantarilla Muñoz con su *“laissez-faire, laissez-passer”*. Y así ha ido concluyendo este periodo, con una pareja apasionante, dos hijas, cuatro sobrinos, un ahijado, tres mudanzas, etc.

A mis directores, el Profesor Dr. D. Manuel Albornoz Cabello, por sus horas de dedicación a la docencia e investigación y en particular a mi. Ha sido una enorme fortuna poder contar contigo para este proyecto. A la Profesora Dra. Dña. Beatriz Bermúdez Pulgarín por su experiencia investigadora, su ánimo y disponibilidad. Ellos han permitido que me impregne de la imperante necesidad de investigar, de la cantidad de problemas que aún quedan por resolver y la importancia de que esa investigación sea de calidad.

A quien me despertó el interés por la docencia, la investigación y la pasión por esta profesión; el Profesor Dr. D. Julián Maya Martín. Hace casi 25 años, en un curso de verano, este baluarte de la Fisioterapia desplazó en mí un primer electrón. El circuito se cerró cuando me acogió como colaborador, ya titulado, en la traducción de artículos que aún guardo y que de nuevo están en la palestra científica. Ese flujo eléctrico ha desarrollado mi vida docente y se ha mantenido con el voltaje constante de mi director de tesis, con el que disfruto compartiendo la asignatura Electroterapia.

A María Isabel López, la mujer que amo y comparte mi vida. Juntos compartimos las pesquisas diarias confrontando mis constructos hipotéticos con sus aportes de realidad. Gracias por tu complicidad y ayudarme a realizar este difícil encargo.

A mis hijas Olivia y Vega, mis fuentes de inspiración y mi alegría. Ellas han sido la mayor de mis motivaciones para finalizar el presente estudio. Sus risas y juegos hacen que todo esto cobre sentido.

A mi familia, mis padres, mis suegros, hermanos, cuñados y sobrinos, fuente de motivación, por sus consejos, apoyos incondicionales y sobrellevar mis ausencias profesionales.

A la familia Alcantarilla Pedrosa, por ser más que una familia. A María Isabel Pedrosa ejemplo de resiliencia, su consideración, sus aportaciones personales y profesionales y su disponibilidad. A Belén que me ha instruido en el tratamiento de textos y tener la suerte de atesorar la firmeza y eficacia de su padre. Y a Manolo, excelente profesional y hermano, al que tras alcanzar el grado de doctor tendré que dejar de llamarlo Manolito.

A mi amigo Pepe Infante, su familia y nuestros hermanos magenta por acogerme como un hermano más. Y excusar mis ausencias en sus celebraciones con motivo de las encomiendas propias para la consecución del título de doctor.

A Caridad y los compañeros de AY 360° Salud&Deporte y Bycan Futbol, que me aportan y me renuevan como persona y como fisioterapeuta. Gracias por preservar y evolucionar el concepto del trabajo en equipo y honestidad profesional.

A los pacientes que a lo largo de mi trayectoria asistencial han depositado su confianza en mí. A los que no he podido atender y a los que no he sabido darles solución a su problema. Este documento es una declaración de mejora constante en la lucha contra el fracaso terapéutico ante el paciente; hoy tengo más soluciones que ayer pero menos que mañana.

También quiero agradecer al resto de mis profesores, a Dña. Isabel Reguera, sempiterna secretaria del Departamento de Fisioterapia, a los compañeros y a todas las personas que han colaborado en este trabajo; por pequeña que haya sido su participación han contribuido y hecho posible este todo.

Muchas gracias a todos, por lo como sois y me aportáis.

DEDICADO a mis familias, la que me crió y me asiste. A la que he formado junto a María, Olivia y Vega. Y a la familia que elegí, los Alcantarilla Pedrosa.

Agradecimientos.....	I
Índice.....	VI
Índice de figuras.....	IX
Índice de tablas	X
Índice de acrónimos y siglas.....	XI
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema	3
1.2. Justificación.....	5
2. DOLOR FEMOROPATELAR.....	7
2.1. Definición.....	10
2.2. Epidemiología.....	13
2.3. Etiología.....	16
2.4. Diagnóstico.....	24
2.4.1. Anamnesis.....	25
2.4.2. Exploración física.....	27
2.4.3. Pruebas de imagen.....	29
2.5. Fisiopatología.....	30
3. GESTIÓN Y TRATAMIENTO DEL PACIENTE CON DFP	41
3.1. Tratamiento farmacológico.....	48
3.2. Tratamiento quirúrgico.....	49
3.3. Educación para la salud y consideraciones psicológicas en pacientes con DFP.....	50
3.3.1. Consideraciones psicológicas en pacientes con DFP..	54
3.4. Tratamiento físico.....	55
3.4.1. Terapia mediante ejercicio físico terapéutico.....	56
3.4.2. Varias intervenciones o terapias combinadas.....	64
3.4.3. Ortesis del pie y la rodilla.....	66
3.4.4. Terapia manual.....	68

3.4.5. Electroterapia.....	69
3.4.6. Vendaje y brazaletes rotuliano.....	70
3.4.7. Terapias complementarias o alternativas.....	71
3.5. Tratamiento preventivo.....	74
4. AVANCES EN EL TRATAMIENTO DEL DOLOR	
PATELOFEMORAL CON VIBRACIÓN DE CUERPO	
COMPLETO.....	77
4.1. Definición.....	81
4.2. Efectos neurofisiológicos de la vibración de cuerpo completo y su aplicación.....	82
4.3. Dosificación de los parámetros para la aplicación de la vibración de cuerpo completo.....	85
4.4. Efectos de la vibración de cuerpo completo sobre el dolor patelofemoral.	88
4.4.1. Dolor.....	88
4.4.2. Funcionalidad.....	89
4.4.3. Rango de amplitud de movimiento.....	94
4.4.4. Ensayos clínicos.....	94
4.5. Marco legal de la vibración de cuerpo completo en uso terapéutico.....	99
4.6. Efectos adversos y contraindicaciones de la vibración de cuerpo completo.....	106
5. OBJETIVOS E HIPÓTESIS	109
5.1. Objetivos.....	111
5.2. Hipótesis.....	112
6. METODOLOGÍA Y RESULTADOS	113
6.1. Metodología y resultados según artículo publicado.....	115
6.2. Otros aspectos metodológicos.....	134
6.2.1. Diseño del estudio.....	134
6.2.2. Cálculo de la muestra.....	136

6.2.3. Método de intervención de la variable independiente.....	137
7. DISCUSIÓN.....	139
7.1. Limitaciones.....	153
7.2. Prospectiva y futuras líneas de investigación.....	154
8. CONCLUSIONES.....	155
9. BIBLIOGRAFÍA.....	159
10. ANEXOS.....	177
ANEXO I. Comité ético.....	179
ANEXO II. Hoja de información al paciente y consentimiento informado.....	180
ANEXO III. Registro en Clinicaltrials.gov.....	181
ANEXO IV. Informe de originalidad.....	182

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

FIGURAS

	Página
Figura 1. Análisis de las métricas “PATELLOFEMORAL PAIN”. Datos extraídos de la WOS el 11/5/2021.	9
Figura 2. Modelo patomecánico del DFP. Extraído y traducido Powers et al. (2017)	32
Figura 3. Figura 3. Información educativa para el paciente con DFP. Extraído de Barton & Rathleff (2016)	52
Figura 4. Sistema de monitorización mediante el dolor. Extraído de Crossley et al, (2019)	61
Figura 5. Análisis de las métricas de “WHOLE BODY VIBRATION”. Datos extraídos de la WOS el 11/5/2021..	80
Figura 6. Parámetros físicos de la onda vibrátil: frecuencia y amplitud. Elaboración propia.	86
Figura 7. Relación de parámetros dosificados a reflejar en el informe de investigación. Extraída de Wuestefeld et al. (2020)	87
Figura 8. Marco legal de la aplicación de vibración de cuerpo completo en uso terapéutico. Elaboración propia.	100
Figura 9. Cálculo de tamaño muestral. Extraída del Software G Power 3.1.	137

TABLAS

	Página
Tabla 1. Relación entre factor de riesgo y su nivel de evidencia. Datos extraídos de Neal et al, (2018) Crossley et al, (2019) Neal et al, (2019)	23
Tabla 2. Recomendación de los tratamientos físicos según evidencia científica. Elaboración propia a partir de los Datos extraídos de Collins et al. (2018)	74
Tabla 3. Patología musculoesquelética con publicaciones que mejoran al incluir VCC. Elaboración propia.	82
Tabla 4. Análisis resumido de la Muestra y Medidas. Datos extraídos de Corum et al. (2018), Rasti et al. (2020) y Yáñez et al. (2020)	98
Tabla 5. Análisis de la intervención de DFP y VCC. Datos extraídos de Corum et al. (2018), Rasti et al. (2020) y Yáñez et al. (2020)	99
Tabla 6. Contraindicaciones de la vibración de cuerpo completo. Datos extraídos de Albornoz&Meroño (2012) y Rittweger (2020)	108
Tabla 7. Resumen de la metodología de la publicación. Datos extraídos de Yáñez et al. (2020)	115

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS Y SIGLAS

ACRÓNIMOS Y SIGLAS TERMINOLÓGICAS

AVD: Actividad de la Vida Diaria

ACSM: American College of Sports Medicine

CE: Comunidad Europea

CE: Conformidad Europea

CEE: Comunidad Económica Europea

DFP: Dolor Femoropatelar

DN-4: Cuestionario para Dolor Neuropático 4 Items

ECA: Ensayo Clínico Aleatorio

EEC: European Economic Community

EEUU: Estados Unidos de América

HTH: hueso-tendón rotuliano-hueso

HIIT: High Intensity Interval Training

IMC: Índice de Masa Corporal

iPFRN: International Patellofemoral Research Network

IPPRR: International Patellofemoral Pain Research Retreat

ISO: International Standardization Organization

KPS: Kujala Pain Scale

LCA: Ligamento Cruzado Anterior de la rodilla

LEFS: Lower Extremity Functional Scale

MDD: Medical Devices Directive

MeSH: Medical Subject Headings

NP: Neuropatic Pain

OMS: Organización Mundial de la Salud

PFP: Patellofemoral Pain

RD: Real Decreto

Reflejo H: Reflejo de HoffmN

RLCA: Reconstrucción de ligamento cruzado anterior de la rodilla

ROM: Range Of Motion

RTV: Reflejo Tónico Vibrátil

SF-36: Short Form-36 Health Survey

TENS: Estimulación Eléctrica Transcutánea Nerviosa

TM: Trade Mark

UNE-EN: Una Norma Española adoptada de una Norma Europea

UNE-EN-ISO: Una Norma Española adoptada de una Norma Europea e Internacional

UNE-ISO: Una Norma Española adoptada de una Norma Internacional

VAS: Visual Analogic Scale

VCC: Vibración de Cuerpo Completo

WOS: Web of Science

ACRÓNIMOS DE UNIDADES DE MEDIDA

G: Fuerza de aceleración

Hz: Hercio

N: Newton

S: Segundo

Min: Minuto

mm: Milímetro

(°): grado

s: segundo

ACRÓNIMOS DE SÍMBOLOS MATEMÁTICOS Y ESTADÍSTICOS

ANOVA: Analysis of Variance

N: Población

n: Número de observaciones ó casos integrantes de un subgrupo muestral

p : Grado de significación Estadística

>: Mayor que

<: Menor que

%: porcentaje

+/-: rango de medida



INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

En este apartado de introducción expondremos cual es el problema de investigación planteado en nuestro estudio y su consecuente justificación, así como las casusas que nos han llevado a investigarlo.

1.1. Planteamiento del problema

El dolor femoropatelar (DFP) es una afección común de la rodilla caracterizada por dolor en la región anterior durante actividades de carga de la misma como correr, andar en bicicleta, ponerse en cuclillas, subir escaleras y/o durante mucho tiempo sentado con las rodillas flexionadas a 90° (Crossley et al, 2019).

Una gran proporción de la población sufre dicha afección, estimándose una prevalencia entre el 23% y el 29% de la población total en la actualidad (Collins et al, 2018; Crossley et al, 2019; Dey et al, 2016; Smith et al, 2018; Smith et al, 2019; Perez-Prieto et al, 2019).

Esta afección puede provocar una disminución en la actividad diaria y/o participación deportiva, ocasionando un significativo impacto en la calidad de vida e incluso la invalidez (Crossley et al, 2019; Crossley et al, 2016 a, c; Winters et al, 2020).

Su tasa de cronicidad es elevada, más del 40% de las personas con DFP tienen síntomas persistentes. Tanto es así que de forma usual se establece como una patología recalcitrante que puede perdurar hasta 20 años (Collins et al., 2013; Lankhorst et al., 2016; Barton et al, 2019; Crossley et al, 2019; Crossley et al, 2016 a, c; Winters et al, 2020).

El pronóstico de DFP es malo, así la bibliografía consultada deja claro que mas del 50% de los pacientes continúan sufriendo DFP después de 5 a 20 años (Collins et al, 2012; Smith et al, 2019; Crossley et al, 2019).

Por ello supone uno de los motivos mas comunes de consulta en el ámbito asistencial de salud general, en el 10% y el 25% de las consultas especialistas



en fisioterapia, rehabilitación o de traumatología ortopédica esto es muy frecuente (Rothermich et al 2015; Perez-Prieto et al, 2019; Crossley et al, 2016 b, c; Gomez-Palomo et al, 2017; Crossley et al, 2019).

La etiología y la fisiopatología de este trastorno no están claras. Se relaciona con un entorno multifactorial que se agrava hasta desarrollar DFP. Tal desconocimiento hace que no existan criterios de calidad para la elección del abordaje más óptimo y eficaz, por lo que se practican multitud procedimientos ineficaces y hasta desfavorables para la salud de la población con DFP (Clijsen et al, 2014; Gómez-Palomo et al, 2017; Neal et al, 2018; Smith et al 2019; Crossley et al, 2016 a, b, c; Gómez-Palomo et al, 2017; Crossley et al, 2019; Barton et al, 2015; Wallis et al, 2021).

La gravedad y la tendencia a la cronicidad invita a pensar que el abordaje temprano y efectivo puede ser la clave para limitar el impacto del DFP (Crossley et al, 2019). Pese a esto, las virulentas características del DFP y las citadas carencias de conocimiento, hay una vasta ausencia de referencias bibliográficas de alta calidad científica. En la búsqueda realizada para este ensayo clínico en las bases de datos solo hemos encontrado un artículo en la misma línea (Corum et al, 2018). También podemos constatar la existencia de pocas guías de procedimientos al respecto basadas en la evidencia.

La intervención terapéutica prioritaria para el dolor femoropatelar es el ejercicio físico, pues es la que acumula mayor evidencia. Es la ganancia en la función muscular, la coordinación y el equilibrio del miembro inferior y el tronco la que facilita la mejora del dolor y la función (Barton et al, 2015; Collins et al, 2018; Crossley et al 2019; Holden et al, 2017; Lack et al, 2015; Van der Heijden et al, 2015; Crossley et al, 2016 c).

Por otro lado, el ejercicio terapéutico bajo la influencia de la vibración de cuerpo completo (VCC) ha demostrado mejores resultados que el entrenamiento convencional en fuerza, potencia, reclutamiento neuromuscular, equilibrio, flexibilidad, propiocepción y incluso en ámbitos clínicos como el dolor y función de la rodilla. Esto ha llevado a implementar esta tecnología en el manejo de otros trastornos musculoesqueléticos similares, pudiendo ser una herramienta

terapéutica de gran validez para el manejo del DFP (Wang et al, 2015; Ribeiro et al 2019; Hisao et al, 2019; Wang et al, 2019; Wang et al, 2020; Rittweger, 2020; Yañez et al 2020; Corum et al 2018; Yañez et al, 2020; Rajis et al, 2020).

Por tanto, mediante esta obra contraemos el reto de iniciar una investigación donde las circunstancias citadas hacen plantearnos un procedimiento de aplicación de vibración de cuerpo completo para pacientes con DFP. Estableciendo los parámetros de dosificación de la vibración de cuerpo completo y del ejercicio físico terapéutico.

1.2. Justificación

El presente estudio pretende impulsar y divulgar la investigación en el ámbito de la Fisioterapia, centrándonos en un problema de salud de máxima actualidad, como es el síndrome de dolor femoropatelar (DFP) tratándola con terapia mediante vibración de cuerpo completo para mejorar los resultados actuales.

Actualmente se practican gran diversidad de soluciones terapéuticas para el abordaje del DFP, más apoyado en el criterio del profesional que en la evidencia científica disponible. Nunca se ha comparado la efectividad de todos los tratamientos disponibles, pero cualquiera de los tratamientos analizados fueron superiores a “esperar y ver”, un enfoque común de primera línea que actualmente administra la medicina general (Barton et al , 2015; Winters et al, 2020).

El impacto sobre la salud, la cronicidad y la repercusión en costes humanos y materiales hace que busquemos nuevos procedimientos que atiendan de forma más eficiente las necesidades de los pacientes con DFP (Smith et al, 2019).

La terapia que mayor evidencia científica aglutina es el ejercicio físico, pero no está exento de desafíos como el diseño, la planificación, la dosis, la metodología, la temporización de los efectos a conseguir, los episodios de dolor, la adherencia y la apetencia por parte de los pacientes (Crossley et al, 2019; Smith et al, 2019; Winters et al, 2020; Wallis et al, 2021).



Al ser una patología de largo recorrido es importante contemplar el aspecto psicosocial a la vez de mantener informado al paciente sobre el proceso que seguirá y deberá seguir ya que es fundamental su protagonismo activo para la mejora clínica. Esa comunicación informativa nos servirá para crear pronósticos sobre la evolución, valorar resultados y ajustar las medidas terapéuticas teniendo en cuenta la perspectiva del paciente con DFP (Crossley et al, 2016b; Smith et al, 2018; Smith et al, 2019; Priore et al, 2019; Crossley et al, 2019). Planteamos el uso mayoritario de medidas autoinformadas por el paciente porque entendemos que también facilitan la toma de conciencia de la evolución y la adherencia al tratamiento.

La aplicación y estudio de las VCC en el DFP se presenta como un amplio campo apenas explorado y lleno de expectativas al abordar varios factores causales y sintomatológicos de forma local, regional y global. A tenor de los datos expuestos, la iniciativa por parte de profesionales es considerable, pues las VCC ofrecen un amplio abanico de aplicaciones en cuanto a la salud, la actividad física y el deporte se refiere. Sin embargo, es poca la literatura científica existente sobre enfermedades tratadas con esta metodología y aparataje. Quizás frenos y bulos como el coste elevado de los equipos, su novedad como terapia clínica o el influjo de modas, sean los responsables. Hoy día es una terapia de fácil acceso y grata en cuanto a las sensaciones/efectos que produce su aplicación correcta.



DOLOR PATELOFEMORAL

2. DOLOR FEMOROPATELAR, DOLOR FEMORORROTULIANO O SÍNDROME PATELOFEMORAL (DFP)

Los trastornos musculoesqueléticos son un de los mayores causantes globales de discapacidad a lo largo de nuestra vida, además de ser muy costosos para la sociedad. De ahí lo variado del substancial interés que esta entidad clínica ha suscitado por la necesidad de profundizar en su conocimiento (Winters et al, 2020).

Si consultamos en la Web de la ciencia (Web of Science –WOS) las métricas para analizar el rendimiento científico global del tema en su voz inglesa “patellofemoral pain- PFP”, podemos observar que hasta la actualidad se han producido 2.830 publicaciones, de las que 2.312 son artículos científicos con un índice-h de 112 y una gran repercusión. Las áreas generadoras de tanta investigación son ciencias del deporte, ortopedia y rehabilitación, seguidas a bastante distancia de cirugía con significativa menor producción. Otro aspecto a destacar es la generación por países donde sobresalen Estados Unidos de América (EEUU), Australia e Inglaterra (ver imagen).



Figura 1. Análisis de las métricas “PATELOFEMORAL PAIN”, datos extraídos de la WOS el 11/5/2021.



En esta avidez de conocimiento nace el International Patellofemoral Pain Research Retreat (IPPRR), un evento de carácter mundial con periodicidad bianual, donde consensuar y actualizar diferentes aspectos referentes al DFP basándose en la práctica clínica y en la evidencia científica. El proceso de creación de estos consensos mezcla los grupos de discusión estructurada sobre los trabajos presentados junto a la literatura recopilada y generada con evidencia científica (Crossley et al, 2016b).

2.1. Definición

La definición más extendida es aquella que se acuñó en 2005 al ser introducido como descriptor del tesoro MeSH. Donde se describe al síndrome de dolor femoropatelar (DFP) como *“conjunto de síntomas y signos caracterizados por dolor retropatelar o peripatelar causado por cambios físicos y bioquímicos en la articulación femororrotuliana. El dolor es más prominente al subir o bajar escaleras, ponerse en cuclillas o sentarse con las rodillas flexionadas. Existe una falta de consenso sobre la etiología y el tratamiento. El síndrome a menudo se confunde con o se acompaña de condromalacia patelar, describiendo esta última una condición patológica del cartílago y no un síndrome”* (MeSH, 2005).

Una década después, en 2015, y contenida en la Declaración de Consenso de la 4ª edición del IPPRR, el segundo acuerdo enuncia que *“el criterio principal requerido para definir la DFP es el dolor alrededor o detrás de la rótula, que se agrava por al menos una actividad que carga la articulación femororrotuliana durante la carga de peso sobre una rodilla flexionada (por ejemplo, ponerse en cuclillas, caminar por las escaleras, trotar / correr, saltar)”* (Crossley et al, 2016 b, c).

A este criterio, principal agravante, le pueden acompañar criterios adicionales que no son esenciales (Crossley et al, 2016 b):

- a) Crepitación o sensación de rechinar de la articulación femoropatelar durante el movimiento de flexo-extensión de rodilla.
- b) Sensibilidad a la palpación de la faceta rotuliana.

- c) Derrame menor.
- d) Dolor al sentarse, levantarse o estirar la rodilla tras estar sentado.

El tercer acuerdo de la Declaración de Consenso citada, hace referencia a lo que no debe considerarse DFP. Se cita de manera expresa a las personas con antecedentes de dislocación o de percepción de subluxación. Pues al igual que otros autores se le atribuye un inicio no traumático. Se recomienda que, los casos con etiología traumática, no se incluyan en los estudios relativos a DFP, a menos que se considere específicamente esas entidades clínicas como subgrupos (Crossley et al, 2016; Neal et al, 2019).

Se le confiere el estado de afección musculoesquelética crónica común. Procesos crónicos de la rodilla como la osteoartritis de rodilla pueden presentar expresiones clínicas análogas, patrones de dolor y limitación funcional a las personas con DFP. Pues clásicamente la investigación de la osteoartritis de rodilla se ha centrado en el compartimiento femorotibial, siendo destacable que el compartimiento femoropatelar se ve afectado al menos con la misma frecuencia. Por ello, puede considerarse como otro subgrupo poco reconocido pero importante a los pacientes con osteoartritis femoropatelar dentro de las osteoartritis de rodilla. Recomendando considerarlos un subgrupo de personas con trastornos femoropatelares y/o dolor, que pueden tener diversas presentaciones, factores de riesgo y requerir diferentes tratamientos (Collins et al, 2018; Crossley et al, 2016b).

En esta misma Declaración de Consenso se plantea la actualización del nombre para dicha afección patológica, y se proponen dos términos: DFP y artropatía femorrotuliana (Crossley et al, 2016b).

La denominación preferida en los últimos años es DFP, llamada que se limita solo al aspecto doloroso. No contempla las condiciones articulares no dolorosas que podrán ser precursoras del dolor, ni síntomas como la crepitación que pueden aumentar el enfoque desde el dolor a la condición (Crossley et al, 2016b).



El otro término alternativo, artropatía femoropateral, agracia el creciente reconocimiento donde el DFP puede ser un síntoma de enfermedad articular. Pero podemos confeccionar un listado de incorrecciones al calificarlo como proceso de enfermedad (artropatía) (Crossley et al, 2016b):

- a) El vínculo entre el proceso de la enfermedad y la presentación del dolor no está claro.
- b) El dolor es el síntoma predominante.
- c) Podría primar el enfoque mediante imágenes, en lugar de resultados clínicos.

En 2017, se lanzó la Red Internacional de Investigación Patelofemoral (The International Patellofemoral Research Network - iPFRN), que reunió a los participantes de retiros pasados y presentes en una red cohesiva y colaborativa de investigadores del DPF de todo el mundo. También irrumpió su sitio web iPFRN (www.ipfrn.org), una plataforma para compartir noticias sobre los próximos retiros, reclutar nuevos miembros para la comunidad de investigación, facilitar la colaboración y difundir el conocimiento del dolor femoropatelar a los médicos y al público en general (Collins et al, 2018)

Donde reconocer que desde los retiros se prefiere “dolor femoropatelar” (DFP) para describir el dolor que se presenta alrededor o detrás de la rótula es “dolor femororrotuliano” . Esto es sinónimo de otros términos utilizados para describir el dolor rotuliano difuso, incluido el síndrome de dolor femororrotuliano, condromalacia rotuliana, dolor/síndrome anterior de rodilla y rodilla de corredor (Crossley et al, 2016b; Crossley et al, 2019) .

Recapitulando, y de forma actual y genérica, se trata de una afección común de la rodilla que es particularmente frecuente entre los jóvenes físicamente activos. Caracterizado por dolor retro o peripatelar específicamente durante actividades de carga de rodilla como correr, andar en bicicleta, ponerse en cuclillas, subir escaleras y/o durante mucho tiempo sentado con las rodillas flexionadas a 90°. Otros síntomas son crepitación y sensación de fallo durante recorrido (Crossley et al, 2019).

2.2. Epidemiología

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define la epidemiología como *“el estudio de la distribución y los determinantes de estados o eventos (en particular de enfermedades) relacionados con la salud y la aplicación de esos estudios al control de enfermedades y otros problemas de salud”*. Existen diversos métodos para desarrollar estudios epidemiológicos que nos informan sobre la distribución, frecuencia, gravedad y causas (Organización Mundial de la Salud, 2021)

Dentro del estudio de la frecuencia, nosotros nos centraremos en dos conceptos, incidencia y prevalencia. La incidencia es el número de casos nuevos de una enfermedad u otra condición de salud dividido por la población en riesgo de la enfermedad (población expuesta) en un lugar específico y durante un periodo determinado. Luego nos da información sobre la probabilidad de que una persona de cierta población resulte afectada. La prevalencia es la proporción de la población que padece la enfermedad en un momento determinado (Argimon JM, Jiménez J, 2013).

La diferencia entre ambas radica en que la prevalencia cuenta los casos existentes, en cambio la incidencia considera los casos nuevos en una determinada población y en un periodo específico. Por lo que la primera depende de la segunda y de la duración de la enfermedad (Argimon JM, Jiménez J, 2013).

Podemos decir que ambas medidas de frecuencia se han estudiado en función de diferentes variantes: para la población general, el dispositivo de salud que lo atiende, edad, género, profesión/ocupación, distribución anatómica, nivel de actividad física, modalidad deportiva y concomitancia o causada por otras enfermedades (Argimon JM, Jiménez J, 2013).

El DFP afecta a una gran proporción de la población, en los últimos datos hallados su prevalencia se estima entre el 23% y el 29% de la población total. Su incidencia es de 22 por cada 1000 personas/año (Rothermich et al 2015; Smith et al, 2018b; Smith et al, 2019; Perez-Prieto et al, 2019; Collins et al, 2018; Crossley et al, 2019).



En el ámbito asistencial de la salud general es común, de las más frecuentes y representa el 10% de las consultas realizadas. Si nos centramos en las dolencias de rodillas examinadas la tasa del dolor femoropatelar se sitúa del 11 al 17%, y del 20 al 25% si nos circunscribimos a los EEUU. En las consultas de rehabilitación o de traumatología ortopédica es muy frecuente se estima entorno al 25% de las asistencias totales, suponiendo entre 25- 40% de todos los problemas de rodilla (Perez-Prieto et al, 2019; Rothermich et al 2015; Crossley et al, 2016 a, b, c; Gomez-Palomo et al, 2017; Crossley et al, 2019).

Referido a la edad, se presenta en cualquier periodo, aunque hay autores que la destacan como el dolor mas común en adultos menores de 40 años. Es en está franja de edad donde hay discrepancia y alguno comenta su máxima frecuencia entre los 15 y los 30 años o en las segunda y tercera décadas pero siempre por debajo de los 40 años. Otros amplían esa horquilla generacional a individuos entre 10 y 50 años de edad (Rothermich et al 2015; Crossley et al, 2016 a; Gomez-Palomo et al, 2017; Smith et al, 2018b; Smith et al; 2019).

En términos del desarrollo madurativo se ubica en la adolescencia y la juventud, calificándolos como “jóvenes físicamente activos” y “adultos jóvenes activos”. Su prevalencia anual aparece aproximadamente del 29%, con un mínimo del 7% y una incidencia del 9,2% para adolescentes y del 23% en adultos mayores de la población general. Recientemente Crossley, ha mostrado las cifras del estudio de Fairbank de 1984 que desvelan los mismos valores (Crossley et al, 2016b; Gomez-Palomo et al, 2017; Collins et al, 2018; Crossley et al, 2019).

Desde la perspectiva de género existen pocos estudios que evalúen la prevalencia o incidencia en poblaciones según genero, estableciéndose su afectación mayor en mujeres que en hombres en una proporción de 2 a 1. Los datos hallados colocan la incidencia anual en el 3,8% para hombre y 6,5% para mujeres; la prevalencia del mismo estudio establece 12% en hombre y 15% en mujeres, ambos militares. Esta proporcionalidad se mantiene en cuanto a la edad con una prevalencia en adolescentes de 69% para chicas y 31% chicos y en el ámbito laboral donde se refrendó que en el ejercito se había detectado el doble de predisposición de las mujeres respecto a sus colegas hombres

(Crossley et al, 2016b; Gomez-Palomo et al, 2017; Smith et al, 2018b; Crossley et al, 2019).

Los estudios relativos al papel de la profesión/ocupación son insuficientes para llegar a conclusiones férreas. De los autores que mas datos han aportado en este aspecto cabe destacar a Smith et al. que con una producción de 25 estudios sobre incidencia y prevalencia. Si bien hemos tener en cuenta que se realizaron sobre poblaciones seleccionadas militares y mujeres, además la población bajo estudio entre 0,91%-57,14% en el ámbito militar por año y 5.1%-14.9% atletas amateur adolescentes por temporada. Anteriormente solo se ha hallado un estudio expresando la profesión, también militares, y revela que la incidencia en esta profesión era del 8,75% y la prevalencia puntual del 13,5% (Smith et al, 2018b; Crossley et al, 2019).

También afecta a personas de todos los niveles de actividad física. Aunque la estadística revela que la mayoría con prevalencia alta, son físicamente activas. La morbilidad se asocia al nivel de actividad del paciente, principalmente aquellas que exigen demandas mayores en la articulación femoropatelar. (Rothermich et al 2015; Crossley et al, 2016 a, b, c; Gomez-Palomo et al, 2017; Crossley et al, 2019).

Al amparo de este mismo razonamiento el DFP también se ha asociado particularmente con la participación en actividades deportivas, se ha señalado una especial incidencia y prevalencia en el atleta adolescente. De hecho, la lesión por uso excesivo más común al correr es la DFP, con una incidencia anual que varía del 4% al 21% en corredores recreativos. Albergando la baja incidencia los programas largos como dos años y la mayor incidencia los programas cortos, por ejemplo, de diez semanas de comienzo a correr. Otro estudio aborda la distancia y establece una prevalencia entre el 7,4% y el 15,6% en corredores de larga distancia. También hay metaánalisis que desprenden cifras sobre mujeres atletas con una prevalencia de 7,2% en adolescentes y 22,7% para las amateur. Sin embargo, no se han podido identificar factores de riesgo a partir de datos prospectivos combinados en corredores recreativos. No obstante, esta asociación clásica y frecuente con el atletismo es sesgada pues también se da en otras tantas actividades como puede ser el ballet, con mayor prevalencia en



la disciplina de ballet clásico; o el ciclismo al que se le atribuye una prevalencia anual casi del 36% para profesionales y 35% en aficionados de varios días. La especialización en su solo deporte se asoció con una incidencia de mayor riesgo en comparación con los atletas multideportes (Crossley et al, 2016b; Gomez-Palomo et al, 2017; Neal et al, 2018; Collins et al, 2018; Crossley et al, 2019; Neal et al, 2019).

Sobre la distribución corporal, encontramos que en el 15% de los casos, la afectación suele ser bilateral (Rothermich et al 2015).

En pacientes con otros trastornos importantes, encontramos referencias bibliográficas donde exponen su padecimiento como en parálisis cerebral, donde se ha observado una prevalencia de hasta el 21%. Tras intervenciones quirúrgicas como la reconstrucción del ligamento cruzado anterior o la meniscectomía artroscópica con una prevalencia del 21%, para este último procedimiento (Gómez-Palomo et al, 2017).

Para un análisis mejor y más preciso de la tasa de incidencia actual y futura se hace ineludible la adopción de nuevos métodos de registro de DFP; herramientas más modernas y precisas, como el cuestionario sobre lesiones por uso excesivo del Centro de Investigación de Trauma Deportivo de Oslo (Crossley et al, 2019).

2.3. Etiología y factores de riesgo

Todos los expertos en la patología coinciden que la etiología está muy discutida, no se comprende con totalidad. En la actualidad, no existe una causa concreta a la que se atribuya la relación causa-efecto; sino la concepción de una situación bajo influencia multifactorial que pueden alterar la biomecánica y aumentar la tensión articular desarrollando DFP, para posiblemente en un futuro una osteoartritis. Esta es la teoría que acumula mayor evidencia (Clijisen et al, 2014; Crossley et al, 2016b; Gómez-Palomo et al, 2017; Neal et al, 2018; Smith et al, 2019; Crossley et al 2019).

Ante este paradigma se siguen enunciando diversos factores de riesgo que no han sido objeto de estudios y/o cuya justificación se basa en constructos

teóricos, situaciones conflictivas y/o contradictorias y la experiencia profesional. En este marco construido de hipótesis podemos aglutinar los factores de riesgo de DFP del siguiente modo:

A. Datos de filiación. Edad, altura, peso, índice de masa corporal (IMC) y el porcentaje de grasa corporal tienen una evidencia de fuerte a moderada sugiriendo que no son factores de riesgo de DFP (Neal et al, 2018; Crossley et al, 2019).

En lo que respecta a la edad, se desconocen los mecanismos exactos que impulsan la alta prevalencia de DFP en la adolescencia y las razones de la disparidad en los casos de adolescentes (es decir, muy activos frente a relativamente sedentarios). La fundamentación en la aparición del DFP en la adolescencia puede venir por alta frecuencia de participación deportiva, los adolescentes muy activos que practican deporte un promedio de cinco veces por semana, y especialización deportiva en atletas jóvenes que ocasionan lesiones por carga excesiva o sobreuso, o falta de condición física, control neuromuscular o desarrollo de habilidades motoras (secundarias a la inactividad) en el sistema musculoesquelético en desarrollo media para que un tercio de los adolescentes con DFP sean no practicantes de deporte (Crossley et al, 2019).

Pese a que el dolor de rodilla es común durante la adolescencia y existe evidencia emergente de que una de las afecciones de rodilla más frecuentes entre los adolescentes es el DFP, es poco probable que los déficits simples de fuerza muscular sean un factor significativo en el desarrollo en los adolescentes, ya que, a diferencia de los adultos, la debilidad del cuádriceps no es una característica del DFP adolescente (Crossley et al, 2019).

El género tampoco resulta ser un factor provocador, aunque varios estudios informaron una mayor proporción de mujeres que desarrollaron DFP frente a los hombres (Neal et al, 2018; Crossley et al, 2019).

B. Sobreuso y sobrecarga. Aquellos donde el inicio de los síntomas se ha relacionado con el nivel, y más concretamente, con el aumento de la



actividad. En el apartado anterior se ha expuesto el razonamiento (Crossley et al, 2019).

En este sentido también se concibe la alteración de las fuerzas de acción y reacción que podrían ser generadoras de DFP. (Gómez-Palomo et al, 2017).

C. Mala alineación y alteración de la cadena cinética. La mala alineación suele retroalimentarse de desequilibrios entre los estabilizadores estáticos y dinámicos de las rodillas, y por ende de la musculatura movilizadora.

Como hemos citado anteriormente, existe para algunas de estas situaciones evidencia, pero limitada (debido a estudios longitudinales) sobre la mala alineación en planos sagital (rótula alta), axial (desplazamiento e inclinación laterales) y frontal. Sin embargo, sigue existiendo una laguna de conocimientos sobre medidas, rangos óptimos y los umbrales para predecir la lesión (Crossley et al, 2016b).

La disimetría o deformidad rotacional de los miembros inferiores, se ha ceñido a relacionarla con la torsión tibial externa con el DFP (Gómez-Palomo et al, 2017).

Sobre la morfología anómala de la rótula o de la tróclea femoral. Una revisión sistemática concluyó que existe una fuerte evidencia entre la osteoartritis femoropatelar, desarrollada como resultado final tras el DFP, y la morfología troclear anormal (mediante imágenes características en radiografías y resonancias magnéticas) y/o la desalineación en el plano frontal de la rodilla. Como resultado o per sé, existe otra relación tradicional, se ocasiona una alteración de la tracción o del recorrido de la rótula. Este concepto refleja la generación y distribución de forma anómala de fuerzas en el movimiento de la rótula sobre el surco troclear (Crossley et al, 2016b; Gómez-Palomo et al, 2017).

El aumento del ángulo Q (también llamado cuadrípital o del aparato extensor del miembro inferior) es un factor clásicamente catalogado de desencadenante y agravante, aunque las investigaciones recientes

analizadas descartan su protagonismo como factor de riesgo en la aparición de DFP. (Gómez-Palomo et al, 2017; Neal et al. 2018; Crossley et al, 2019).

Los pies con una morfología anómala desprenden una mayor prevalencia entre pacientes con hallux valgus y viceversa. (Gómez Palomo et al, 2017).

Debilidad o desequilibrio muscular. Cualquier anomalía de la musculatura de la cadera o isquiosural, que ocasione una disfunción acontecida en dicha musculatura es susceptible de contribuir a la generación del DFP.

Clásicamente, desde la primera revisión sistémica al respecto de 2012, el déficit de fuerza en la extensión de rodilla se ha incluido como un importante y significativo predictor y cronificador del DFP, de manera que las propiedades biomecánicas función, tamaño, tono y fuerza, etc. del vasto interno y el vasto externo del cuádriceps se encuentran alteradas. La debilidad y/o atrofia generalizada del cuádriceps es el factor más evidente en la DFP idiopática, es uno de los pocos factores de riesgo con al menos evidencia moderada de estudios prospectivos, aunque los ensayos clínicos limitados de fortalecimiento de las extremidades inferiores generalmente no han tenido éxito en la prevención del DFP. Para esta situación de desequilibrio es igual de importante si el déficit es global, de todo el grupo muscular, o es relativo entre los fascículos o músculos sinergistas (Crossley et al, 2016b; Gómez-Palomo et al, 2017; Neal et al, 2018; Crossley et al 2019).

Este mismo contexto, como documenta la evidencia emergente, se extiende a músculos más proximales por encima de la rodilla, entre los que destacamos los glúteos. La literatura encontrada relata que de forma específica los glúteo menor y medio, y de forma global separadores de cadera en cadena cinética abierta presentan debilidad de fuerza respecto a los grupos control. No ocurre lo mismo en glúteo mayor y rotadores externos de cadera. Aunque la evidencia moderada sugiere que la debilidad de los músculos de la cadera no es un factor de riesgo de DFP en la población total. En adolescentes, se encontró evidencia moderada de que la musculatura abductora de cadera más fuerte genere aumento del riesgo de DFP. La



mayor fuerza de abducción de la cadera observada puede ser un sustituto de los niveles elevados de actividad física, que es común en los adolescentes que desarrollan DFP (Crossley et al, 2016b; Crossley et al, 2019).

La modificación de la pronación del pie ha sido relacionada con el incremento de la carga a nivel femoropatelar. Las modificaciones en el calzado perturbarían la distribución de la carga plantar, lo que podría traducirse en la aparición de DFP (Gomez-Palomo et al, 2017).

Alteración de la cadena cinética. En el aspecto cinemático/funcional global del miembro inferior existe una relación directa cadera, rodilla, tobillo y pie. Lo que no descarta que cualquier disfunción de una región repercuta sobre otra, es más, aquí radica una de las controversias actuales: si la alteración de la cadena cinética es causa o consecuencia de DFP. En este sentido, las existentes diferencias de esta cadena entre hombres y mujeres justificarían la mayor prevalencia en ellas (Gomez-Palomo et al, 2017).

El patrón de marcha en pacientes con DFP sufre una modificación, consistente en una disminución de la velocidad y cadencia de los pasos, así como una reducción del momento extensor de la rodilla. Es más, si conceptuamos la osteoartritis femoropatelar como desenlace de DFP, existe evidencia sobre el desarrollo de un patrón biomecánico anormal de marcha. En concreto se detectan mas bajos los momentos de extensión de rodilla, fuerzas del cuádriceps y fuerzas de reacción de la articulación femorrotuliana durante la subida y bajada de escaleras. En contraste con estos hallazgos, la cinemática de la pelvis, cadera y rodilla no fue diferente entre personas con osteoartritis femorrotuliana y controles. Tan solo se encontró un estudio longitudinal que concluyó que el momento pico de flexión de rodilla y el impulso del momento de flexión en la línea de partida conducen a la progresión del daño del cartílago femorrotuliana durante dos años (Crossley et al, 2016b; Gomez-Palomo et al, 2017).

D. Traumatismos. Antecedentes traumáticos podrían sobrellevar con el tiempo a una subluxación rotuliana con lesión del retináculo o del cartílago, ya sea directa o indirectamente (Gomez-Palomo et al, 2017).

También las intervenciones quirúrgicas deberían contemplarse en este aparatado. La reconstrucción de ligamento cruzado anterior de la rodilla (RLCA) aumenta el riesgo de DFP, siendo una de las complicaciones mas frecuentes y molestas, futurible osteoartritis femorrotuliana. Entorno al tercio de los adultos sufren DFP en cualquier momento después de la RLCA. Esto se atribuye típicamente a la morbilidad del sitio del injerto después de un autoinjerto hueso-tendón rotuliano-hueso (HTH) más que a la patología de la articulación femorrotuliana propiamente. Aunque algunas revisiones sistemáticas han observado una mayor prevalencia de DFP después del procedimiento de HTH que de uno de tendón de la corva, otras revisiones sistemáticas no han observado diferencias entre los tipos de injerto, lo que sugiere que están implicados otros factores además de la morbilidad del sitio del injerto. Si bien se requieren más estudios longitudinales para dilucidar los mecanismos que impulsan el DFP después de RLCA, puede estar relacionado con biomecánica alterada, daño concomitante del cartílago o el desarrollo de osteoartritis temprana. De hecho, existe evidencia emergente de que la lesión del RLCA puede compartir algunos factores de riesgo similares con la DFP. Dado que las mujeres jóvenes con DFP pueden tener factores de riesgo que las ponen en riesgo futuro de ruptura del LCA, tal vez el DFP deba considerarse como un factor de riesgo potencial para las lesiones del LCA. El vínculo entre DFP y lesión del LCA puede brindar oportunidades para que los programas de prevención se dirijan a ambas afecciones simultáneamente (Crossley et al, 2019)

Existe evidencia radiográfica y mediante resonancia magnética de osteoartritis tras la RLCA, al parecer independientemente de la técnica empleada. Si bien se requiere de más estudios longitudinales que sustenten la relación directa, puede achacarse a la alteración biomecánica y el daño condral concomitante. Pues la osteoartritis femorrotuliana tras RLCA es



asociada con peores síntomas, función y síntomas de deterioro (Crossley et al, 2016b).

La meniscectomía artroscópica también provoca DFP, en esos pacientes se registraron disminución del grosor del vasto interno cuadricipital y de la actividad eléctrica (Pérez-Prieto et al, 2019).

E. Alteración de la homeostasis tisular de cartílago, hueso subcondral, membranas sinoviales, almohadilla grasa, retináculo, cápsula, ligamentos y/o tendones, que se expresará en dolor y disfunción (Gomez-Palomo et al, 2017).

F. Perfil psicológico. A parte o en paralelo al ámbito mecánico, existe una determinada conducta de la psique relacionada con el DFP. De las múltiples investigaciones realizadas podemos extraer que las personas con DFP son aquellas que desarrollan un mayor nivel de angustia, poseen puntuaciones mayores en los test utilizados para el diagnóstico de alteraciones mentales y clara tendencia a la depresión, la hostilidad y la pasividad. Además de albergar una visión catastrofista de la vida (Gomez-Palomo et al, 2017).

Esta falta de concreción sobre la causa es debido a los sesgos que presentan los estudios recopilados con datos prospectivos limitados, poblaciones altamente homogéneas (reclutas militares, adolescentes y corredores recreativos) y de la existencia de ensayos individuales donde pese a obtener significación estadística la ausencia de agrupación de datos, tamaños de efecto entre pequeños y moderados limitan su impacto y aplicabilidad clínica (Neal et al, 2018).

Reflejo de esta naturaleza multifactorial del DFP se observa en las revisiones sistemáticas, donde se han identificado más de cien variables investigadas como factor de riesgo de DFP. La última revisión sistemática de los factores de riesgo realizada sintetizó la evidencia sobre las variables predictivas del DFP en la población total, así como en tres subgrupos distintos de alto riesgo: reclutas militares, adolescentes y corredores recreativos. Se incluyeron un total de 18 estudios prospectivos (4818 participantes), de los cuales 483 desarrollaron

DFP durante 1,5 a 30 meses de seguimiento (Neal et al, 2018; Crossley et al, 2019).

Una vez analizada la literatura de los factores físicos, estructurales, biomecánicos y psicológicos identificados como alteraciones en las personas con DFP prevalente solo dos tienen evidencia de moderada a fuerte que respalde su papel como factor de riesgo de DFP. En la siguiente tabla hemos aglutinado los factores mas referenciados en la literatura actual y su nivel de solidez científica (Neal et al, 2018; Crossley et al, 2019; Neal et al, 2019).

FACTOR DE RIESGO	NIVEL DE EVIDENCIA	RELACION
Edad, altura, peso	Evidencia fuerte	NO
Género	Evidencia de moderada a limitada	NO
IMC	Evidencia de fuerte	NO
% grasa corporal	Evidencia moderada	NO
↓ Salud mental general		
↑ evitación por miedo		
↑ Pensamientos catastróficos		
↑ add máxima, rot int cadera y caída pélvica contralateral		
↑ Fuerza abd de cadera	Evidencia moderada en adolescentes	SI
↓ Fuerza abd de la cadera	Evidencia moderada	NO
Fuerza add y flex de la cadera	Evidencia limitada	NO
↓ Fuerza ext, rot ext y rot int de cadera	Evidencia moderada	NO
↑ add máxima de cadera durante la carrera	Estadísticamente significativo en mujeres	SI
↓ Fuerza del cuádriceps	Evidencia moderada en población total y militares	SI
Fuerza isquiotibiales	Evidencia moderada para militares	NO
↓ tamaño del cuádriceps		
Retraso en la activación del vasto medial oblicuo		
↑ ángulo Q	Evidencia de fuerte a moderada	NO
↑ ángulo del surco intercondileo		
↑ inclinación lateral o desplazamiento de la rótula		
Valgo dinámico de rodilla en salto	Evidencia moderada	NO
↑ pronación del pie y eversión del retropie		
↑ caída/descenso del escafoides	Estadísticamente significativo en militares	SI
↑ de las fuerzas a nivel del pie durante marcha y carrera	Estadísticamente significativo	SI
Cinética de la marcha y carrera	Evidencia moderada	NO

Tabla 1. Relación entre factor de riesgo y su nivel de evidencia. Datos extraídos de Neal et al, (2018) Crossley et al, (2019) Neal et al, (2019).



Los niveles de evidencia aplicados son cuatro estableciéndose en orden con la denominación de fuerte, moderada, limitada a muy limitada. Fuerte evidencia corresponde a resultados agrupados derivados de tres o más estudios, incluido un mínimo de dos estudios de alta calidad, que sean estadísticamente homogéneos. La evidencia moderada donde los resultados agrupados derivados de múltiples estudios, incluido al menos un estudio de alta calidad, que sean estadísticamente heterogéneos; o de múltiples estudios de calidad moderada o baja que sean estadísticamente homogéneos. Evidencia limitada se han considerado para los resultados de un estudio de alta calidad o múltiples estudios de calidad moderada o baja que sean estadísticamente heterogéneos. Por ultimo, la evidencia muy limitada designa aquellos resultados de un estudio de calidad moderada o baja (Neal et al, 2018).

A modo de compilación breve y en base al modelo, más compartido, patomecánico propuesto por Powers, los principales factores de riesgo incluyen el área de contacto de la articulación femoropatelar, la mala alineación, la cinética y la cinemática de las articulaciones, y la tensión y las fuerzas musculares. Además del análisis individual se destaca el papel especialmente importante que juega la interacción entre estos factores. (Powers et al. 2017; Crossley et al, 2019).

2.4. Diagnóstico

El DFP se refiere al dolor detrás o alrededor de la rótula; también es conocido como síndrome de dolor femorrotuliano, dolor anterior de la rodilla, rodilla del corredor y, anteriormente, condromalacia rotuliana (Crossley et al, 2016a).

El DFP es un diagnóstico clínico, basado principalmente en una minuciosa anamnesis y una adecuada exploración física, donde el síntoma de dolor difuso anterior de la rodilla es el protagonista que se ve agravado o generado por actividades de carga en la articulación femoropatelar, como subir o bajar escaleras, ponerse en cuclillas, correr, caminar, sentarse y levantarse tras estar sentado. Lo que ocurre es que los momentos articulares de flexión aumentan exponencialmente las fuerzas y superficies que actúan sobre la rótula, y cuando

proviene de la sedestación de sentado se le denomina “signo de la butaca”. Por lo que el dolor femorrotuliano se puede diagnosticar en la consulta clínica (Crossley et al, 2016 a, b; Gomez-Palomo et al, 2017; Winters et al, 2020).

Es fundamental excluir mediante diagnóstico diferencial de otras causas de dolor en la misma región, como son la artrosis y artritis femorrotuliana más frecuente en ancianos y asociadas a claros signos radiológicos. O la inestabilidad femorrotuliana, donde se manifiesta positivamente el signo de aprehensión. También hay que discriminar si la osteoartritis es femorrotuliana o femorrotibial; la presencia de crepitación en la rodilla y el antecedente de dolor rotuliano se asociaron significativamente con la osteoartritis femorrotuliana pero no con la femorrotibial en mujeres. Otros estudios informaron de una capacidad diagnóstica deficiente para esta diferenciación de una variedad de hallazgos durante el examen clínico, como la ubicación del dolor de rodilla autoinformado y actividades desencadenantes (Crossley et al, 2016b; Gomez-Palomo et al, 2017).

2.4.1. ANAMNESIS

Durante la anamnesis es recomendable incidir sobre posibles cambios en la actividad física, en el entrenamiento, intervenciones quirúrgicas o lesiones previas de la rodilla, incluso en regiones/articulaciones próximas. De ahí que se invite a una exploración integral que incluya la cronicidad del dolor, la localización del mismo y si ha seguido alguna recomendación o pauta terapéutica previa a la consulta. (Gomez-Palomo et al, 2017)

Los pacientes comúnmente describen un inicio gradual de dolor en la parte anterior de la rodilla, generalmente no relacionado con un traumatismo, pero asociado con una mayor frecuencia o duración de actividades de carga femoropatelaes, ponerse en cuclillas, subir escaleras, caminar y/o correr.

Rara vez se presenta dolor cuando la articulación femorrotuliana no está cargada como durante el sueño, de pie, y/o en reposo. Es importante destacar que, aunque el síntoma dominante es el dolor, los pacientes a menudo también describen crepitación femorrotuliana, rigidez de la rodilla, dificultad



con las actividades de la vida diaria, actividad física restringida y mala calidad de vida. Los síntomas del dolor femorrotuliano pueden persistir hasta por 20 años. Con menos frecuencia, también puede presentarse después de un traumatismo agudo, luxación/subluxación rotuliana, golpe directo en la rótula u otra lesión de la rodilla como un desgarramiento meniscal o rotura del ligamento cruzado anterior luxación (Crossley et al, 2016a).

El impacto que causan sus síntomas es profundo, impacta negativamente sobre la función, a menudo reduce la capacidad para realizar actividades de la vida diaria, deportivas, físicas y laborales sin dolor. Los pacientes pueden interrumpir o reducir la actividad física/participación deportiva, como resultado del DFP conllevando una carga personal y social sustancial, resultando un detrimento de la calidad de vida. El DFP impacta negativamente sobre la función, capacidad para realizar actividades físicas diarias, recreativas/lúdicas, trabajo, deporte y reduce la calidad de vida (Crossley et al, 2016 a, b, c; Collins et al, 2018; Crossley et al 2019; Winters et al, 2020).

Esto puede conducir a un aumento de peso, aumentando aún más la carga y el dolor de la articulación femorrotuliana, lo que desencadena un círculo vicioso que puede disuadir a los pacientes de realizar más actividad física (Crossley et al, 2016a).

Como hemos recabado en el apartado de epidemiología, el dolor femorrotuliano suele afectar a los adultos más jóvenes, pero también es problemático para los adolescentes y los adultos mayores. Para los adolescentes, esto es especialmente evidente durante los períodos de crecimiento rápido. En pacientes adultos, pueden estar presentes cambios degenerativos en la articulación femorrotuliana mediante la presencia de signos radiográficos de osteoartritis que son ya evidentes en el 70% de las personas mayores de 40 años. Y suelen ir acompañados de rigidez articular y crepitación (Crossley et al, 2016a).

Como dispone el Acuerdo 9 de la Declaración de Consenso del 2015, la relación entre la estructura articular anormal y el dolor es imprecisa. No podemos establecer una relación directa entre estructura y dolor. Tradicionalmente se

considera que la patología femoropatelar se ubica en el compartimento lateral, lo que parece incompatible con el daño cartilaginoso y las lesiones de la médula ósea en las resonancias magnéticas (dos características significativas de la osteoartritis) que se presentan en la articulación femoropatelar interna y externa. Un hallazgo interesante fue que el DFP solo estaba presente cuando existía daño en la articulación femoropatelar lateral y cuando existía daño estructural medial y lateral concomitantes; pero no cuando el daño únicamente acontecía en el compartimento medial. (Crossley et al, 2016 b).

En una serie de estudios Sharma et al. encontraron que el daño del cartilago de articulación patelofemoral y las lesiones de la médula ósea se asociaron con síntomas frecuentes, persistentes e incidentes durante 5 años (Crossley et al, 2016 b).

A modo de línea maestra en la clínica podemos destacar que el DFP debuta de forma gradual en la región anterior de la rodilla y alrededor de la rótula asociado con actividades de carga femorrotuliana y que puede preceder a la aparición de osteoartritis femoropatelar. Las manifestaciones suelen ser fenómenos de rigidez articular y crepitación (Crossley et al, 2016 a; Collins et al 2018).

2.4.2. EXPLORACIÓN FÍSICA

La exploración física debe ser global y sistemática, pues es principal en el diagnostico de la mayoría de los casos (Gomez-Palomo et al, 2017).

En la Declaración de Consenso de 2015, según recoge su acuerdo numero 4, se aborda de forma concisa la importancia de la exploración clínica tildándolo de “*piedra angular*”. A la vez, refrenda que no hay prueba clínica definitiva o específica para diagnosticarlo. La mejor prueba disponible es la aparición de dolor anterior en la rodilla provocado durante la maniobra de sentadillas. El DFP es evidente en el 80% de los positivos en esta prueba (Crossley et al, 2016 b).

En la primera etapa de la exploración, observación, se debe prestar atención a la obesidad, postura, atrofia muscular global o selectiva, rotación



externa de tibia, etc. y comparar con el miembro contralateral. El análisis de la marcha se debe realizar con el paciente descalzo, buscando el varo o valgo de rodillas, la pronosupinación del pie, aducción o rotación interna de cadera o marcha en trendelenburg por disfunción del glúteo medio (Gomez-Palomo et al, 2017).

La palpación debe descartar bursitis, tendinopatías y dolor en apófisis en sujetos adolescentes. Y progresar en el examen valorando el rango de movilidad, la actividad muscular y la fuerza generada (Gomez-Palomo et al, 2017).

Existen test adicionales, muy extendidos, con evidencia limitada, como pueden ser (Crossley et al, 2016b):

- a) Test de sensibilidad a la palpación de los bordes rotulianos. El 71-75% positivos padecen DFP.
- b) Existen más test pero su utilidad diagnóstica es limitada porque tienen baja sensibilidad y escasa precisión diagnóstica (Gomez-Palomo et al, 2017; Crossley et al, 2016a):
 - Test de aprehensión y Test de Fairbank: consistente en la ejecución de una presión medial en sentido lateral, con el cuádriceps relajado y la rodilla extendida (aprehension) o flexionada 30° (Fairbank); observando alguna manifestación de malestar por parte del paciente. Se estima que la sensibilidad del test de Fairbanks en el diagnóstico del DFP es del 39%.
 - Deslizamiento patelar lateral y medial: el deslizamiento moderado o severo está relacionado con una hipermovilidad rotuliana, la cual ha resultado ser un factor de mal pronóstico para el DFP.
 - Test de Clarke, Zohlen o compresión axial dolorosa: Se ejerce una presión mantenida y suave en el polo superior de la rótula hacia la tróclea con la rodilla en extensión. Solicitamos al sujeto una contracción isométrica del cuádriceps, si no mantiene la contracción o aparece dolor el test es positivo e indicaría posible lesión a nivel condral.

- Medición del ángulo poplíteo: orienta sobre la flexibilidad de los isquiosurales, de tal modo que la imposibilidad de extender más de 20° indicaría rigidez de estos, lo cual está relacionado con la DFP.
- Test de rechinamiento rotuliano, test de la plica medial o la medición del ángulo Q parecen tener un valor escaso.
- Rango de movimiento y derrame de la rodilla. El examen físico generalmente revela un rango completo de movimiento de la rodilla y sin derrame.

Por lo expuesto, no existe una prueba física específica y definitiva para diagnosticar el dolor femorrotuliano. La mejor prueba es el dolor anterior de rodilla provocado durante una maniobra en cuclillas (80%) seguida de la sensibilidad a la palpación de los bordes rotulianos (71-75%) (Crossley et al, 2016 a).

Otras características asociadas al dolor femorrotuliano provienen de la morfología patelofemoral (tróclea femoral más superficial o más ancha, rótula inclinada lateralmente), patrones de movimiento de las extremidades inferiores alterados y debilidad muscular, abducción y rotación externa de la cadera, inicio retardado del cuádriceps medial en comparación con el lateral. Sin embargo, estas características son difíciles de medir en la práctica general de rutina, requiriendo imágenes por radiografías o resonancia magnética, dinamómetros o sistemas de análisis de movimiento (Crossley et al, 2016 a)

2.4.3. PRUEBAS DE IMAGEN

En el DFP existe escasa correlación entre hallazgos radiológicos y hallazgos clínicos; por lo que rara vez están indicadas las imágenes. El estudio de imágenes diagnóstica adquiere importancia si existen antecedentes de traumatismos, inestabilidad, cirugías previas o dolor en reposo (Crossley et al, 2016 a; Gómez Palomo et al, 2017).

Sin embargo, diversos parámetros radiológicos han sido relacionados con el DFP (Gómez Palomo et al, 2017).



- Radiología convencional. Valora la altura de la rótula y displasia rotuliana o troclear, signos de artropatía y cuerpos libres. La altura de la rótula y el DFP no parecen estar asociadas, y la mayoría de los pacientes jóvenes tampoco presentan cambios estructurales condropáticos.
- Tomografía axial computerizada y resonancia magnética. Ponen de manifiesto una báscula normal o mayor de 15°, sin presencia de subluxación que sería un dato patognomónico de la inestabilidad rotuliana.
- Ecografía. La imagen ultrasónica es útil en el cribaje de tendinopatías, y ha evidenciado datos de los pacientes con DFP como el incremento de grosor y la presencia de neovascularización en el retináculo lateral.
- Medicina nuclear. Las investigaciones realizadas con estos medios han relacionado el DFP con un aumento de la actividad metabólica por sobrecarga subcondral.

El dolor femorrotuliano que se acompaña de evidencia radiográfica de osteoartritis en la articulación femorrotuliana con osteofitos o estrechamiento del espacio articular, es un indicador de osteoartritis femorrotuliana. La osteoartritis es un subgrupo de DFP o la situación evolucionada hacia una entidad de mayor gravedad. Esto puede aislarse o combinarse con la osteoartritis tibiofemoral. Considerando que las características clínicas de osteoartritis femorrotuliana pueden diferir de la osteoartritis tibiofemoral (Crossley et al, 2016 a, b).

2.5. Fisiopatología

La etiología del DFP es una interacción compleja entre diversas influencias anatómicas, biomecánicas, psicológicas, sociales y conductuales que contribuyen a su aparición y cronicidad. Como hemos expresado anteriormente, en la literatura se han informado numerosos factores asociados, pero la interacción entre estos factores de riesgo propuestos y la entidad clínica de la DFP sigue sin estar clara (Powers et al, 2017; Crossley et al, 2019).

Si hacemos una recopilación al respecto, en 2005, Dye introdujo un modelo fisiopatológico para la DFP centrándose en una pérdida de homeostasis

tisular que puede ser causada por procesos en la articulación, como inflamación, problemas con la almohadilla de grasa y/o aumento de la presión intraósea. No obstante, estudios recientes donde se aplicaron nuevas técnicas de imagen para investigar estas estructuras y procesos potencialmente involucrados, revelaron que las anomalías estructurales visibles en la resonancia magnética, incluyendo pérdida de cartílago, lesiones de la médula ósea e intensidad de la señal de la almohadilla de grasa de Hoffa, no están asociados con DFP y, por lo tanto, no deben adquirirse para diagnosticar pacientes con DFP. Más recientemente, se ha demostrado que los adultos mayores con DFP parecen tener una mayor prevalencia de las características de osteoartritis en la resonancia magnética que los sujetos de control sanos. Estos hallazgos sugieren que los cambios estructurales en la articulación femoropatelar pueden comenzar a aparecer hacia la mediana edad en algunas personas con DFP. En la osteoartritis, se sabe que las alteraciones de la composición preceden a las alteraciones morfológicas del cartílago, y esto también podría ser cierto para el DFP. Sin embargo, utilizando técnicas de resonancia magnética cuantitativa para el cartílago, no se han demostrado diferencias en la composición de este entre sujetos jóvenes con DFP y sujetos de control sanos sin dolor de rodilla (Dye; 2005; Crossley et al, 2019).

El estudio del aumento de la presión intraósea ha sido objeto de un mayor estudio como mecanismo fisiopatológico del DFP y se le ha acusado posiblemente debido a la alteración de la salida venosa. Varios estudios bajo esta hipótesis encontraron un contenido elevado de agua en la rótula, que sería indicativo de un aumento de la presión intraósea pero no se observó alteración del flujo de sangre venosa en el hueso rotuliano entre corredores recreativos con DFP y los sujetos de control. Por lo tanto, el papel del aumento de la presión intraósea en la articulación femorrotuliana en pacientes con DFP sigue siendo poco claro y merece una mayor investigación (Van der Heijden et al, 2018, Collins et al, 2019; Crossley et al, 2019).

Entre los modelos hipotéticos que desarrollan el DFP, el que acumula mayor evidencia y más aceptado es el patomecánico; que se relaciona con una carga anormal de la articulación femorrotuliana, estrés articular elevado. Así, en la Declaración de Consenso del 4 ° Retiro Internacional de Investigación del

DFP, Manchester, Reino Unido, en 2017, Powers expone un marco basado en la evidencia para un modelo patomecánico. Es un modelo que enfatiza la complejidad etiofisiopatológica, por tener múltiples vías potenciales que interactúan. Este modelo promueve a la carga anormal en la articulación femorrotuliana como elemento agresor de diversas estructuras femorrotulianas, como hueso subcondral, almohadilla de grasa infrapatelar, retináculo y ligamentos, que pueden contribuir a la nocicepción; sin embargo, no se conocen las fuentes de tejido específicas relacionadas con el DFP. Pues cabe destacar que la experiencia de DFP no es solo nocicepción (Powers et al, 2017; Crossley et al, 2019).

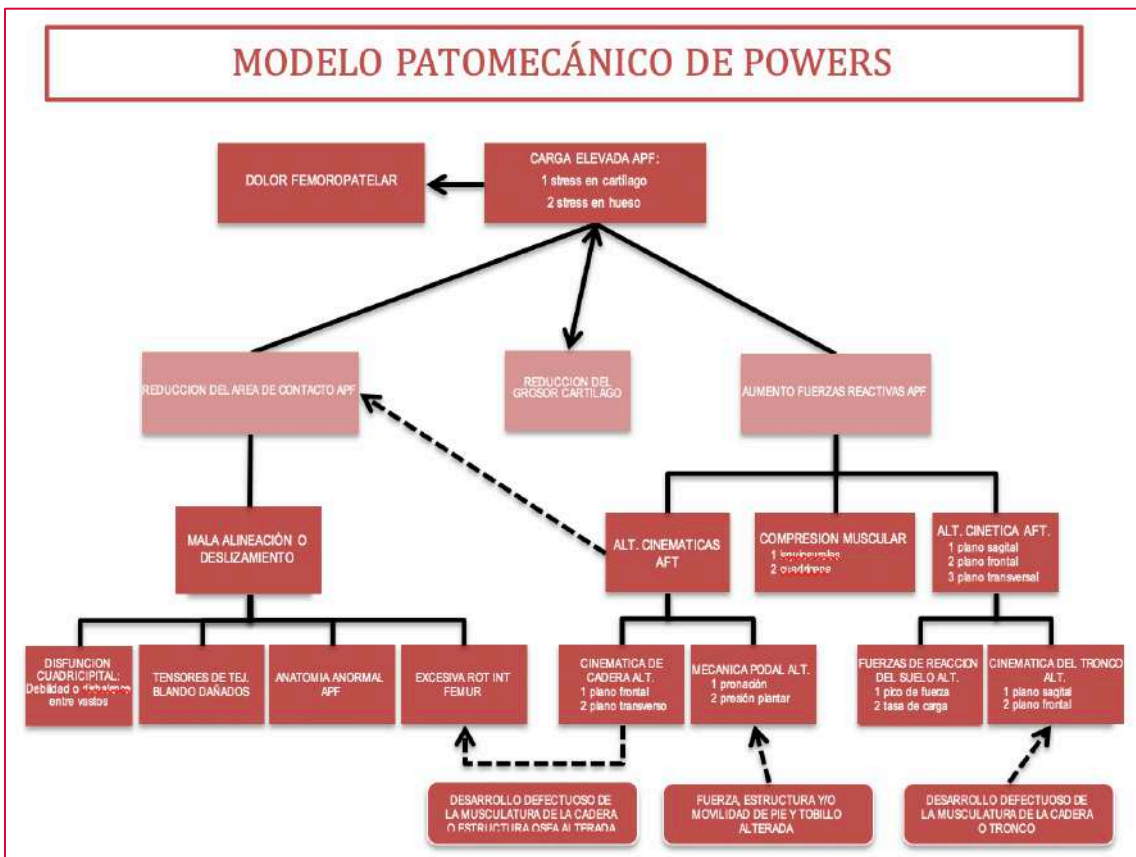


Figura 2. Modelo patomecánico del DFP. Extraído y traducido Powers et al. (2017).
 Abreviaturas: Alt: alteración, AFT: Articulación femorotibial, APF: Articulación Patelofemoral, Rot. Int: Rotación interna.

Además de estos enfoques estructurales, se ha sugerido que puede haber presencia de alteración del procesamiento del dolor en los pacientes con DFP, una vez que hay una pérdida de homeostasis tisular y, por lo tanto, el dolor puede volverse crónico. Los estudios sobre la sensibilidad al dolor han demostrado

hiperalgesia local y generalizada, esta última especialmente en mujeres. Sin embargo, se han encontrado resultados contradictorios, por lo no está claro si los pacientes con DFP tienen un procesamiento periférico o central alterado del dolor en comparación con los sujetos sanos sin dolor (Dye, 2005; Van der Heijden et al, 2018).

Desde hace pocos años, la evidencia emergente sugiere la influencia y la necesidad de incluir aspectos psicosociales y sociales junto a los aspectos biológicos, estructurales y somáticos en los modelos fisiopatológicos de DFP. Hay evidencia limitada de diferencias cognitivas y de salud mental en individuos con DFP en comparación con controles asintomáticos. Siendo las características más correlacionadas con el dolor y la función física en el DFP aquellas incluyen ansiedad, depresión, catastrofismo y miedo relacionado con el dolor (Mackachlan, 2017).

Ya en la presentación de su modelo patomecánico, Powers recogió que las personas con DFP persistente exhiben el anormal funcionamiento de (Powers et al, 2017):

- procesamiento nociceptivo, es decir, hiperalgesia mecánica generalizada o modulación del dolor alterada.
- procesamiento somatosensorial manifestado mediante el dolor neuropático.
- función sensoriomotora como la propiocepción y el equilibrio.
- ciertos factores psicológicos, por ejemplo, catastrofismo y kinesiophobia.

Y lanza la necesidad de investigar con calidad y cantidad de investigación en las vías no "patomecánicas" hacia las que el DFP está evolucionando. Y deben ser reflejadas en las futuras Declaraciones de Consenso que emanan de los Retiros internacionales de investigación sobre el DFP (Powers et al, 2017).

Powers y sus compañeros del 4 ° Retiro Internacional de Investigación del DFP, Manchester, Reino Unido, en 2017 elaboran una Declaración consensuada, que recopilando la evidencia hasta la fecha manifiesta las luces y sombras del modelo patomecánico (Powers et al, 2017):



- *“Declaración 1. Las personas con DFP presentan un estrés elevado en la articulación femorrotuliana, el cartílago y los huesos durante las tareas funcionales; sin embargo, este hallazgo no es consistente entre los estudios”. No se ha encontrado evidencia que relacione el estrés mecánico elevado con el desarrollo de DFP, incluso la reducción del estrés no siempre produjo el mismo efecto analgésico. Por lo que no queda claro el mecanismo concreto por el que la carga articular elevada puede contribuir a el DFP. “La sobrecarga repetitiva de la articulación femorrotuliana puede aumentar la actividad metabólica del hueso subcondral rotuliano y/o elevar el contenido de agua del hueso rotuliano. Un contenido elevado de agua podría incrementar la presión intraósea dentro de la rótula, estimulando así los nociceptores mecánicos sensibles a la presión. En apoyo de esta premisa, se ha informado que los corredores con DFP presentan un contenido elevado de agua en los huesos y que el DFP inducida por la carrera fluctúa con los cambios en el contenido de agua rotuliana”.*
- *“Declaración 1.1. La tensión elevada de la articulación femorrotuliana puede resultar de la disminución del área de contacto en personas con DFP, pero esto es variable y probablemente depende del ángulo de flexión de la rodilla. La tensión elevada de la articulación femorrotuliana durante la marcha en personas con DFP es el resultado de un área de contacto disminuida. Sin embargo, la disminución del área de contacto en esta población parece depender del ángulo de flexión de la rodilla evaluado. La premisa de que el área de contacto inferior en personas con DFP puede depender de la flexión de la rodilla está respaldada por investigaciones que informan un área de contacto disminuida en esta población a 20 °, pero no a 40 ° de flexión de rodilla. Las diferencias del área de contacto entre personas con y sin DFP se minimizan una vez que la rótula se mueve más profundamente dentro de la tróclea femoral”.*
- *“Declaración 1.1a. La mala alineación y/o el mal recorrido de la rótula en personas con DFP pueden contribuir a una disminución del área de contacto, pero solo en un subconjunto de personas con DFP”.*
- *“Declaración 1.1a.1. La función alterada del cuádriceps es un hallazgo común en personas con DFP, pero su papel en la mala alineación y/o*

mal recorrido de la está claro. La debilidad y/o atrofia generalizada del cuádriceps es evidente en la DFP idiopática; sin embargo, la atrofia aislada del vasto interno no se ha informado de forma sistemática. De manera similar, la magnitud alterada y/o el momento de la activación del VMO en relación con el vasto lateral no está implicada de manera consistente en la DFP. No obstante, la debilidad del cuádriceps, así como la aparición tardía de VMO en relación con VL, está asociado con el desarrollo de DFP”.

- *“Declaración 1.1a.2. La rotación interna del fémur puede contribuir a una mala alineación y un mal recorrido de la rótula. Durante la carga, la rotación interna del fémur por debajo de la rótula es un factor importante que contribuye a la inclinación y desplazamiento lateral de la rótula. La cinemática alterada de la articulación femorrotuliana en mujeres con DFP se asocia con una rotación interna excesiva del fémur durante una tarea de sentadilla con una sola pierna, medida mediante resonancia magnética con carga de peso”.*
- *“Declaración 1.1a.3. Existe evidencia de que las personas con DFP presentan deficiencias relacionadas con las restricciones de los tejidos blandos, y que estas deficiencias pueden contribuir a la mala alineación y/o mal recorrido de la rótula. Las personas con DFP tienen un banda iliotibial mas tensa y gruesa en comparación con individuos sin dolor. La tensión de la banda iliotibial tiene un efecto sustancial sobre la alineación rotuliana y la traslación rotuliana lateral. Actualmente, no se sabe si la tensión y el engrosamiento de la banda iliotibial es una adaptación o una causa de la inclinación/traslación lateral de la rótula. La lesión ligamentosa o la laxitud pueden contribuir a una trayectoria rotuliana alterada. Aunque se ha propuesto que la laxitud ligamentosa es un factor de riesgo de inestabilidad rotuliana, no se ha informado un aumento de la movilidad pasiva de la rótula en personas con DFP. Sin embargo, la laxitud ligamentosa generalizada se asocia con el desarrollo de DFP”.*
- *“Declaración 1.1a.4. La alineación rotuliana y la cinemática de la articulación femorrotuliana están influenciadas por la geometría ósea del fémur distal, la altura rotuliana, pero no por el ángulo estático del*



cuádriceps (ángulo Q). El ángulo del surco y la inclinación anterior lateral del cóndilo femoral son determinantes importantes de la mala alineación y el mal recorrido de la rótula. Sin embargo, la inclinación anterior lateral del cóndilo femoral es un mejor predictor del recorrido mediolateral de la rótula que el ángulo del surco.

- *“Declaración 1.2. Las fuerzas de reacción de la articulación femorrotuliana en personas con DFP difieren de aquellas en individuos sin dolor. Las personas con DFP exhiben fuerzas de reacción articulares femoropatelaes resultantes máximas más bajas en comparación con los controles sanos durante la caminata, corriendo y deambulación por escaleras. Sin embargo, las personas con DFP tienen un componente lateral más alto de la fuerza de reacción de la articulación patelofemoral que las personas sin dolor. Las fuerzas de reacción de la articulación PF más bajas resultantes en personas con DFP pueden representar una estrategia compensatoria para minimizar la carga de la articulación femorrotuliana durante las tareas funcionales”.*
- *“Declaración 1.2a. Las personas con DFP exhiben diferencias en la cinemática tibiofemoral en los tres planos de movimiento en comparación con los individuos sin dolor, pero no de manera consistente. La cinemática de la articulación tibiofemoral alterada en los planos sagital, frontal y transversal puede influir en la magnitud y dirección del vector de fuerza de reacción de la articulación femoropatelar resultante. En el plano sagital, se esperaría que una mayor flexión de la rodilla aumentara el componente posterior (compresión) del vector de fuerza de reacción de la articulación patelofemoral. Sin embargo, las personas con DFP presentan flexión de la rodilla inferior al caminar, deambulación de escaleras y corriendo. Aunque la flexión reducida de la rodilla en personas con DFP puede representar una estrategia compensatoria para minimizar la carga de la articulación femorrotuliana durante la función tareas (declaración 1.2), el hallazgo de flexión reducida de la rodilla durante las tareas ambulatorias no es consistente en todos los estudios. Curiosamente, se ha informado que la flexión inferior de la rodilla durante una tarea de salto*

es un factor de riesgo para el desarrollo de DFP”.

- *“Declaración 1.2a.1. La cinemática de la articulación tibiofemoral alterada en los planos sagital, frontal y transversal puede influir en el área de contacto disponible para distribuir las fuerzas de reacción de la articulación femoropatelar. El área de contacto de la articulación femorrotuliana aumenta con la flexión de la rodilla y la flexión de la parte inferior de la rodilla durante tareas dinámicas como la marcha y la carrera podría resultar en una menor área de contacto disponible para distribuir las fuerzas de reacción de la articulación femoropatelar”.*
- *“Declaración 1.2a.2a. Aunque el rendimiento de los músculos de la cadera deficiente se informa consistentemente en personas con DFP, falta evidencia de estructura anormal de cadera/fémur en personas con DFP.*
- *“Declaración 1.2a.3. La rotación excesiva de la tibia acompaña a la pronación de la articulación subastragalina y puede contribuir a la disfunción femorrotuliana. Si bien un subconjunto de personas con DFP puede presentar alteraciones de la cinemática del pie y presiones plantares, las medidas de la función dinámica del pie no se asocian consistentemente con DFP”.*
- *“Declaración 1.2a.3a. Las personas con DFP presentan deficiencias físicas en el pie y el tobillo que son compatibles con la pronación excesiva del pie, pero estos hallazgos no son universales. Las personas con DFP presentan varo en el retropié y el antepié, gota navicular, y rigidez en la pantorrilla; sin embargo, este no es un hallazgo universal en todos los estudios. De manera similar, las medidas estáticas de la postura del pie (es decir, índice de altura del arco del pie, índice de postura del pie) no están asociadas con DFP en todos los estudios. Si bien algunos autores informan diferencias en la postura del pie en personas con DFP, Otros no lo hacen. Aunque existe alguna indicación de que la postura del pie puede estar asociada con ciertas medidas de la función dinámica del pie. Existe evidencia limitada de que una postura del pie en pronación esté asociada con el desarrollo de DFP. Por el contrario, la caída del navicular se asocia con el desarrollo de DFP”.*



- *“Declaración 1.2b. Las personas con DFP presentan diferencias en la cinética tibiofemoral en los tres planos de movimiento en comparación con las personas sin dolor; sin embargo, existen inconsistencias entre los estudios”.*
- *“Declaración 1.2b.1. La población con DFP exhiben diferencias en las fuerzas de reacción del suelo en comparación con las personas sin dolor, pero los resultados del estudio son inconsistentes. En comparación con los controles sanos, las personas con DFP tienen fuerzas de reacción en el suelo y tasas de carga más bajas durante la marcha libre y rápida. tasas de carga más altas de lo normal durante la deambulación por escaleras, y sin diferencias en la tasa de carga de fuerza vertical durante el funcionamiento. Aunque las tasas más altas de reacción y carga en el suelo durante la deambulación por escaleras se asociaron con dolor y estado funcional, no se ha establecido la influencia de la tasa de carga de la fuerza vertical sobre la carga de la articulación femorrotuliana”.*
- *“Declaración 1.2b.2. Las personas con DFP exhiben diferencias en la cinemática del tronco en comparación con las personas sin dolor, pero los hallazgos no son consistentes. La postura del tronco en el plano sagital tiene el potencial de influir en el momento extensor de la rodilla y, por lo tanto, en la fuerza de reacción de la articulación femoropatelar. Por ejemplo, correr con una postura del tronco más erguido se asocia con momentos de extensión de la rodilla más altos, fuerza de reacción de la articulación femoropatelar y mayor estrés en la articulación femoropatelar en comparación con correr con un tronco más flexionado.*
- *“Declaración 1.2b.2a. El rendimiento deficiente de los músculos de la cadera y el tronco puede contribuir a alterar la cinemática del tronco en personas con DFP; sin embargo, existe inconsistencia entre los estudios.*
- *“Declaración 1.2c. Las personas con DFP presentan tensión en los grupos de músculos cuádriceps e isquiotibiales. Sin embargo, los estudios prospectivos que relacionan la tensión muscular con el desarrollo de DFP son inconsistentes.*
- *“Declaración 1.3. El grosor reducido del cartílago rotuliano puede contribuir a una carga elevada de la articulación femorrotuliana. Se ha*

informado que la reducción del grosor del cartílago rotuliano se asocia con una mayor tensión del hueso rotuliano y comportamiento de deformación disminuido del cartílago rotuliano. También se ha demostrado que la reducción del grosor del cartílago da como resultado una tensión elevada del cartílago para una carga determinada. Como tal, la disminución del grosor del cartílago rotuliano puede contribuir a un círculo vicioso de patología de la articulación femorrotuliana: reducción del grosor del cartílago → estrés elevado del cartílago → mayor reducción del grosor del cartílago → osteoartritis femorrotuliana”.

En un visión global de esta actual incertidumbre con respecto a la patogenia de la DFP, se puede relacionar tal imprecisión con la presencia de subgrupos dentro de la población de pacientes con DFP. La identificación de subgrupos de pacientes con DFP considerando factores estructurales, biológicos, biomecánicos y psicosociales puede mejorar la comprensión de la patogénesis de la DFP y puede guiar el desarrollo de tratamientos dirigidos (Crossley et al, 2019).

A grayscale photograph of a patient lying on a gurney. The patient's back is highlighted with a red glow, indicating a specific area of concern or treatment. Two hands are visible, one on the left and one on the right, gently holding the patient's back. The overall tone is clinical and focused on patient care.

GESTIÓN Y TRATAMIENTO DEL PACIENTE CON DFP

3. GESTIÓN DEL PACIENTE CON DFP Y SU TRATAMIENTO

La DFP, al igual que otros desordenes musculoesqueléticos como la lumbalgia, se caracteriza por un alto grado de persistencia y recurrencia de los síntomas (Winters et al, 2020).

A corto plazo la mayoría de pacientes suelen tener muy buenos resultados, aunque poco satisfactorios en lo concerniente a su actividad cotidiana, pues muchos abandonan la actividad deportiva que realizaban antes de desarrollar DFP; como demuestran estudios con seguimiento a largo plazo de 5 y 7 años. Otro estudio con un seguimiento de 5 a 8 años observó que el 57% evolucionan de forma insatisfactoria; y eso que el 98% de la muestra no presento signos radiológicos mediante radiografía convencional (Gomez-Palomo et al, 2017).

A largo plazo, y recogiendo varias perspectivas el pronóstico de DFP es malo. Los estudios con seguimiento, desprenden que mas del 50% de los pacientes tienen un resultado desfavorable después de 5 a 20 años. El pronóstico de los adolescentes parece similar o peor que el de los adultos; llegando a persistir los síntomas en el 78%. Los factores pronósticos de adultos y adolescentes que tienen más probabilidades de tener un resultado desfavorable, después de un año y después de cinco a ocho años de seguimiento son los síntomas de mayor duración y las peores puntuaciones en la escala de dolor anterior de rodilla. Estos resultados fueron consistentes con los datos en una revisión de la literatura que concluyó que una larga duración de los síntomas era la variable informada con mayor frecuencia asociada con un mal resultado (Collins et al, 2012;; Smith et al, 2019).

Así podemos atisbar que la duración de los síntomas por un tiempo superior a 2 meses y puntuación desfavorable en las escalas de dolor femoropatelar (Escala Kujala de dolor femoropatelar, escala de dolor anterior de rodilla, etc.) se relacionan con un pronóstico desfavorable a los 12 meses. Este mal pronóstico también se relaciona con edad avanzada, sexo femenino, síntomas bilaterales, mayor frecuencia e intensidad del dolor, hipermovilidad



rotuliana, niveles más bajos de salud y educación o perfil psicológico pasivo-depresivo (Gomez-Palomo et al, 2017; Crossley et al, 2019).

Un año después de ser diagnosticados, el 66% de los pacientes siguen sintiendo dolor. Pasados dos años casi el 40% de los pacientes con DFP continúan con síntomas, lo que se asocia con el uso frecuente/abuso de analgésicos, disminución del nivel de actividad física y baja calidad de vida. Tras cuatro años del diagnóstico el 91% sufre dolor y disfunción (Collins et al 2012; Rathleff et al, 2016; Lankhorst *et al*, 2016; Winters et al , 2020; Smith et al, 2019).

En una serie de estudios Sharma et al encontraron que el daño del cartilago de articulación patelofermoral y las lesiones de la médula ósea se asociaron con síntomas frecuentes, persistentes e incidentes durante 5 años. Además, el empeoramiento del daño femoropatelar radiográfico previo al desarrollo de la patología se asoció con síntomas persistentes (Crossley et al, 2016 b).

Según una revisión sistemática para el dolor musculoesquelético crónico, las intervenciones de autocuidado y la depresión son factores pronósticos para el dolor y la discapacidad. El dolor catastrófico y el aumento de la actividad física fueron los factores mediadores mas importantes (Smith et al, 2019).

En líneas generales, una mayor gravedad del dolor y una mayor duración de los síntomas predicen un mal pronóstico. Lo que invita a pensar que el abordaje temprano y efectivo puede ser la clave para limitar el impacto a largo plazo del DFP (Crossley et al, 2019).

Al ser una patología de largo recorrido es importante mantener informado al paciente sobre el proceso que seguirá y deberá seguir ya que es fundamental su protagonismo activo para la mejora. Además, esa comunicación informativa nos servirá para, crear pronósticos sobre la evolución, valorar resultados y ajustar las medidas terapéuticas teniendo en cuenta la perspectiva del paciente sobre su DFP (Crossley et al, 2016 b).

Estas medidas reportadas por el paciente, Patient Reported Outcome Measures (PROMs) en inglés, generalmente se realizan mediante cuestionarios,

minimizando el sesgo del observador, buscando la mayor objetividad posible y contemplando aspectos que probablemente sean de especial interés para el paciente (Crossley et al, 2016 b).

Por eso se deben emplear unas medidas de información estándar para DFP, que sean lo mas especificas y sensibles. Y nos permitan comparar y agrupar datos para la mejora en el manejo y tratamiento del DFP. A propuesta del International Patellofemoral Pain Research Retreat estos cuestionarios deben abarcar tres aspectos fundamentales: dolor, función y evaluación global. Una vez satisfechos estos pilares, se pueden extender en su desarrollo hacia aspectos colaterales como calidad de vida, condición física, etc. A día de hoy hay pocas medidas autoinformadas desarrolladas específicamente para la DFP, lo cual crea una sombra sobre la carencia de validez de contenido para las investigaciones en esta población (Crossley et al, 2016b; Wallis et al, 2021).

El gestionar la recuperación de un paciente con DFP es un autentico desafío, no solo por ser un problema complejo de salud debido a su prevalencia, cronicidad e impacto sociosanitario sino por la falta de evidencia respecto al tratamiento a seguir, llámese escasez de guías clínicas basadas en la evidencia, llámese artículos de alta calidad que los fundamenten. Hay varias revisiones sistemáticas tradicionales que valoran los tratamientos, con el hándicap de la obsolescencia rápida que sufren, pero nunca se ha comparado la efectividad de los tratamientos (Barton et al, 2015; Van der Heijden et al, 2015; Crossley et al, 2016 a, c; Gomez-Palomo et al, 2017; Crossley et al, 2019; Smith et al 2019; Winters et al 2020).

Actualmente se desconoce la efectividad comparativa de todos los tratamientos disponibles, pero cualquiera de los tratamientos analizados fue superior a “esperar y ver”, un enfoque común de primera línea que actualmente administran los médicos generales (Winters et al, 2020).

Esto hace que muchos pacientes reciban múltiples tratamientos que impactan en el consumo de atención médica y la elección del tratamiento más apropiado, dentro del basto y heterogéneo arsenal existente, sea un desafío y



puede explicar la variabilidad de la práctica clínica (Smith et al, 2017; Winters et al, 2020).

La planificación del proceso serán inicialmente unas medidas terapéuticas orientadas al control analgésico, para posteriormente ir mejorando la función mediante la atenuación de los factores de riesgo y corrección de los déficits biomecánicos presentes; lo que permite a los pacientes mantener un estilo de vida físicamente activo. Por ello se recomienda fundamentalmente un enfoque conservador donde además de primar la reducción del dolor, mejorar el deslizamiento y alineación de la rótula y recuperar la función mediante una metodología clásica dirigida por el fisioterapeuta, como es el incremento de la flexibilidad y la fuerza basada en los hallazgos clínicos y el uso de medidas complementarias como ortesis plantares (Crossley et al, 2016a; Gomez-Palomo et al, 2017).

El consenso internacional y la evidencia actual recomiendan la terapia con ejercicios físicos, centrada en el fortalecimiento de la cadera y la rodilla, como piedra angular del tratamiento del DFP. A la cual sumar otras medidas, como ortesis plantares y combinación de tratamientos físicos, y nuevos enfoques actuales como reeducación/reentrenamiento del movimiento, la educación sobre DFP y los aspectos psicosociales que proporcionen mayor número de vías y nuevas para mejorar los resultados de los pacientes con DFP (Collins et al, 2018; Crossley et al, 2016a, b; Barton et al, 2019; Crossley et al, 2019; Wallis et al, 2021).

En la actualidad esto no deja de ser lo más aceptado o recomendado, pues existe poca evidencia de nivel 1 de calidad alta en la que basar el tratamiento conservador, e incluso la terapia mediante ejercicio físico que tiene la base científica más sólida mantiene lagunas con evidencia insuficiente para determinar la mejor forma y la dosis de ejercicio terapéutico (Barton et al, 2015; Van der Heijden et al, 2015; Smith et al 2019; Crossley et al 2019; Wallis et al, 2021).

La aplicación de estas recomendaciones y las decisiones de tratamiento deben integrarse con la información recopilada de pacientes individuales con

respecto a sus preferencias, experiencias, presentación y valores, es decir, la capacidad y necesidades del paciente, la progresión del tipo y carga, compromiso del paciente y adherencia al programa. Y así acercar posturas con los valores, la experiencia y las habilidades del profesional sanitario individual para crear un enfoque de tratamiento centrado en el paciente. Es primordial el acuerdo entre el profesional sanitario y el paciente para establecer las intervenciones. La educación del paciente es fundamental y podría incluir la gestión de las expectativas, la gestión de la carga, la garantía de la autogestión, la importancia de la adherencia y las estrategias para abordar los miedos y la ansiedad (Maclachlan et al, 2017; Barton et al, 2019; Crossley et al, 2019; Wallis et al, 2021).

Un ejemplo de esta personalización de las recomendaciones terapéuticas surge en cuanto a la edad madurativa del paciente. A sabiendas de que el dolor de los adolescentes puede pasar a la edad adulta, es posible que la educación y el tratamiento para el DFP deban comenzar en la adolescencia cuando brotan los primeros síntomas. No se debe esperar que el DFP adolescente se recupere espontáneamente. Alguna literatura sugiere que la duración de los síntomas es mayor en los adolescentes que en los adultos. Sin embargo, la adherencia a la terapia con ejercicios supervisados parece particularmente desafiante en esta población de pacientes, por lo que se considera necesaria más investigación para determinar el manejo efectivo del dolor en este subgrupo de pacientes con DFP (Crossley et al, 2019)

A pesar de la justificación teórica y los numerosos procedimientos efectivos, más del 40% de las personas con DFP tienen síntomas persistentes. De ahí que durante la dirección de la recuperación, a lo largo de todo su proceso, debemos tener en presente que la evidencia creciente sugiere que DFP es una condición recalcitrante, que persiste durante muchos años. La naturaleza recalcitrante de la DFP, persiste hasta la actualidad y se apoya en el 57% de las personas con DFP que tienen resultados desfavorables 5-8 años después de la inscripción en un ensayo clínico (Collins et al, 2013; Crossley et al, 2016 b, c; Lankhorst et al, 2016; Barton, 2019).



Conjuntamente y con frecuencia este proceso se ha considerado autolimitante, es decir que se resuelve solo. Esta afirmación es mas que cuestionada en la actualidad y existe evidencia de su carácter no autolimitante. DFP es capaz de provocar una disminución en la actividad de la vida diaria y/o participación deportiva, llegando a causar invalidez e impactar en la calidad de vida a lo que sumar su alta propensión a la cronicidad perpetuandose comúnmente hasta 20 años. El sujeto con DFP debe modificar su actividad diaria evitando aquellas que provocan dolor por la relación estrecha entre sobrecarga tisular (Crossley et al, 2016 a, c; Gomez-Palomo et al, 2017; Crossley et al, 2019; Winters et al, 2020)

Varias voces han sugerido DFP como precursor de la osteoartritis femoropatelar. Si bien se carece de evidencia adecuada para respaldar esto, existen múltiples factores de riesgo convergentes asociados con ambas afecciones de la rodilla, que incluyen crepitación, sexo femenino y dolor alrededor de la rótula. Además, se ha informado un aumento de la presión de contacto y del esfuerzo cortante en personas con DFP, lo que sugiere que puede ocurrir un estrés/tensión articular alterada antes del daño estructural en pacientes con osteoartritis femoropatelar. Solo unos pocos estudios tuvieron como objetivo investigar la relación longitudinal entre DFP y osteoartritis femoropatelar, con resultados contradictorios. Esto puede estar relacionado con las técnicas de radiografía aplicadas y el tiempo de seguimiento de los estudios, ya que los rayos X no pueden detectar cambios tempranos de la osteoartritis femoropatelar. Por lo tanto, se desconoce si el DFP es un precursor de la osteoartritis femoropatelar, y se necesitan futuros estudios longitudinales para confirmar esta posible relación (Crossley et al, 2019).

Esto da mayor relevancia al diagnóstico y explicación precisa de la afección, y la justificación del programa terapéutico con alguna indicación del cronograma para el pronóstico; con el fin de mejorar la probabilidad de éxito (Crossley et al, 2016 a).

3.1. Tratamiento farmacológico

Los datos existentes sobre la administración oral o tópica de

antiinflamatorios no esteroideos (AINEs) en el DFP son escasísimos. Quedan circunscritos a la fase aguda como tratamiento sintomático, y no hay estudios científicos contemplando su utilidad a largo plazo (Gomez-Palomo et al, 2017).

Haciendo uso de procedimientos mas invasivos como la infiltración, tampoco hay referencias fehacientes que avalen ni corticoides ni sulfato de glucosamina. No obstante, la toxina botulínica tipo A en el vasto lateral y/o tensor de la fascia lata es una modalidad en tendencia. La parálisis funcional a corto plazo que modula la influencia muscular reporta una evidente mejora del dolor en escala EVA y otros síntomas, además de una mayor funcionalidad, incluso en DFP de 5 años de evolución. Este procedimiento puede considerarse poco agresivo, fácil, de corta duración y rentable. Como también puede contemplarse las relativamente novedosas infiltraciones con ácido hialurónico o plasma rico en plaquetas, donde no hay artículos con evidencias de primer nivel. La literatura al respecto relata que la infiltración con estos últimos tiene una disminución de dolor mas duradera que con el ácido. Pero no hay referencias respecto a la función y menos en sujetos con actividad física alta/deportistas (Gómez-Palomo et al, 2017; D. Cansino, comunicación personal, 20 de abril de 2021).

Estos tratamientos farmacológicos rara vez se emplean como terapia aislada y única, si no dentro de un programa de recuperación combinado (D. Cansino, comunicación personal, 20 de abril de 2021).

3.2. Tratamiento quirúrgico

La cirugía debe ser el último recurso, tras la realización de 6 a 12 meses de tratamiento conservador sin resultados y siempre que exista una alteración corregible. Aún así, el fracaso de un tratamiento conservador no implica que el tratamiento quirúrgico sea exitoso. Muchos pacientes lejos de mejorar empeoran tras operarse y a veces se inician en una cascada de intervenciones. La cirugía artroscópica acompañada de ejercicios frente a terapia únicamente de ejercicios ha mostrado tener resultados similares (Gomez-Palomo et al, 2017).

Los procedimientos quirúrgicos mas practicados para el DFP son (Gomez-Palomo et al, 2017):



- A. Sección extrasinovial del alerón externo.** Se aplica en casos rebeldes, con el fin de liberar el retináculo lateral de la rodilla. Se emplea de forma aislada o combinada a otros procedimientos, como la osteotomía de rótula tipo coronal. Esta asociación comentada obtiene resultados satisfactorios en la mejora del dolor y la funcionalidad del paciente.
- B. Desensibilización artroscópica por lesión térmica.** Asentada en la eliminación o atenuación de los receptores nociceptivos en el tejido blando perirrotuliano.
- C. Osteotomía plano-oblicua.** Es una cirugía desrotadora con trazo oblicuo supratuberositario, que corrige plano transversal y frontal. Esta indicada ante la existencia de hipertorsión tibial externa y pseudovaro.

3.3. Educación para la salud y consideraciones psicológicas en pacientes con DFP

Hasta la actualidad, casi todas las investigaciones sobre DFP han tenido por objetivo la eficacia o influencia del ejercicio como terapia con o sin medidas pasivas complementarias. Ha existido poco o ningún énfasis en la educación del paciente. Los expertos internacionales consideran que la educación del paciente es fundamental para tratar la DFP a pesar de la falta de pruebas sobre sus efectos aislados. Un ensayo aleatorizado destaca la clara importancia de la educación adecuada del paciente en una población que corre con DFP. Según Esculier et al, ni los ejercicios de cadera y cuádriceps, ni el reentrenamiento de la técnica de carrera produjeron mayores efectos del tratamiento que la educación con respecto al manejo de la carga. En el 2020, Winters et al publican un metaanálisis en red, para que lejos de tener fecha de caducidad se puedan seguir incorporando artículos que mantengan vivas las conclusiones. Dicho metaanálisis revela que la educación a corto plazo no presume de ser tan eficaz como el tratamiento físico combinado de ejercicio, ortesis, vendaje y terapia manual. Sin embargo, a los 12 meses la educación arroja tasas de éxito similares al tratamiento físico combinado. Comparando todas las posibilidades terapéuticas combinadas y aisladas a los 3 meses, corto plazo, son superiores a

la estrategia “esperar y ver”; no pudo hacerse comparación a los 12 meses (Barton et al, 2015; Esculier et al., 2018; Crossley et al, 2019; Winters et al, 2020).

La educación eficaz propicia el autocuidado y optimizar la adherencia a otras intervenciones como la terapia con ejercicios. La educación de calidad del paciente sobre la DFP debe ser la primera medida terapéutica. E incluir el control de la carga, el control del peso cuando sea necesario, la comprensión del valor potencial de tratamientos como el ejercicio terapéutico, abordar cualquier miedo al movimiento y el reentrenamiento de la marcha. Ya que cualquiera de las temáticas puede ser igual de eficaz. La educación del paciente también puede garantizar el desarrollo de habilidades y conocimiento en el sujeto que le permita autogestionar su progresión mas allá del tiempo de tratamiento supervisado por fisioterapeuta (Barton et al, 2015; Crossley, 2019; Winters et al, 2020).

Al haberse investigado insuficientemente esta perspectiva de la educación del paciente con DFP y como apoyar su cambio de comportamiento, la fundamentación de educar en las mejores prácticas basada en la evidencia es muy limitada. Por lo que, en esta ausencia de evidencia, la educación del paciente debe adaptarse al paciente de forma individual en función de sus conocimientos, necesidades y preferencias previas. Otro determinante es la modalidad de impartición y el contenido. Es posible que el desarrollo de un programa de educación correcto requiera múltiples consultas para facilitar la obtención de conocimientos adecuados como entender los tratamientos según evidencia científica, la sensibilización al dolor y las influencias psicológicas sobre el dolor. O un cambio de comportamiento como el manejo óptimo de la carga, participación activa en la terapia con ejercicios físicos, etc. En este sentido, para valorar que terapia es mas eficiente hay que plantear la relación coste/beneficios y tiempo/resultado que en términos coloquiales se denomina calidad/precio. Quizá ahí la balanza se puede decantar por la educación terapéutica sobre la DFP (Crossley et al 2019; Winters et al, 2020; Wallis et al, 2021).

La investigación proporciona información sobre cómo el cambio de comportamiento y el manejo más activo retroalimentan a la practica clínica y a la investigación, alentando a los profesionales sanitarios a adaptar la prescripción del ejercicio a la participación en él, considerar el contexto ambiental y los

recursos disponibles, brindar tranquilidad relacionada con el dolor y considerar los apoyos sociales, el ejercicio, la pareja, familiares y/o amigos (Crossley et al 2019).

Actualmente, existen pocos recursos educativos publicados para personas con DFP. Destacando el famoso folleto desarrollado y publicado por Barton y Rathleff en 2016. Basado en la síntesis de la bibliografía contemporánea y aportaciones de expertos internacionales, adaptaron una versión final basándose en los comentarios de pacientes y médicos. Este díptico de cuatro hojas puede respaldar la práctica clínica, pero no está diseñado para reemplazar la consulta individual con un fisioterapeuta. Por lo tanto, el sanitario consultor aún necesita fuertes habilidades de comunicación, incluyendo facilitar y apoyar la toma de decisiones compartida (Barton & Rathleff, 2016; Crossley et al, 2019).

KEY FACTORS AND TREATMENT OPTIONS
(See inside for greater details)

KEY BIOMECHANICAL FACTORS TO ADDRESS

- Poor function and weakness of hip muscles
- Poor function and weakness of thigh muscles
- Too much foot roll (pronation)

KEY TREATMENT OPTIONS

- Exercise to improve strength and function of the hip and thigh muscles
- Taping of the knee cap to reduce pain in the short term
- Foot orthotics if you have too much foot roll (pronation)

PRIORITIES TO MANAGE YOUR PATELLOFEMORAL PAIN

- If you think you have patellofemoral pain, you should seek help as early as possible – this will improve your chances of a successful recovery.
- There are many effective treatment options which you should discuss with your treating therapist.
- Your recovery will be best if you actively participate in your rehabilitation.
- Appropriately modifying your physical activity level is often the first step towards successful recovery.
- Ensure you slowly and safely build up your physical activity levels (Figure 5).

WHAT MIGHT CAUSE MY KNEE PAIN?

Excessive loading or varied and rapid increases to physical activity which your knee (knee cap) with (Figure 1) are thought to contribute to pain development. Poor biomechanics (movement) can also contribute, with the knee cap thought to move forward the outside of the knee (Figure 2), stopping it from tracking normally in its groove. A number of factors can lead to this poor tracking (Figure 3). There are numerous other contributing factors to patellofemoral pain including the structure of your knee, trauma, surgery and systemic disease, which you may wish to speak to your therapist about.

TREATMENT OPTIONS
(Good quality exercise rehabilitation is the key)

Exercise

WHAT EXERCISE PRINCIPLES ARE IMPORTANT?

- Your therapist may suggest a period of rest before starting exercise again.
- Exercises in sitting or lying at the beginning may help to get your hip and thigh muscles functioning without pain.
- As soon as pain allows, exercises should be performed in standing postures which mimic everyday activities.
- Your therapist should supervise you with any new exercises to ensure correct techniques.
- Using mirrors and video recordings may help you to complete correct exercise techniques at home.
- Exercises will not help unless you perform them with the correct technique and on a regular basis.

WHAT EXERCISES SHOULD BE COMPLETED?

- Weakness and poor function of the hip and thigh is common, so you will most likely need exercises to improve this. Sometimes exercises for the foot or back are also required.
- You may need to stretch your calf, hamstring or thighs.
- Exercises should be progressed to activities you previously had pain with (squating, stairs, running, etc.), ensuring good movement patterns during their completion. (Figure 4 - example)

Additional treatments

PAIN REDUCTION

- Taping or strapping can relieve pain in the short term – your therapist can apply this or teach you how to do this.
- Braces can also help relieve pain.
- Foot orthotics sometimes reduce pain – your therapist will help you decide if they are appropriate, or refer you to someone who can.

HOW ELSE CAN MY THERAPIST HELP?

- Guide you on your most appropriate exercises and other helpful treatments.
- Answer questions related to your knee pain, and explain in greater detail the contents of this information leaflet where necessary.
- Help you understand why you have knee pain, what factors have most likely caused your pain and how to modify your activity to improve your pain and recovery.
- Provide manual therapy which may be important to improve pain and flexibility.

Figura 3. Información educativa para el paciente con DFP. Extraído de Barton & Rathleff (2016).

Un apartado importante en la educación debe ser el abordaje del dolor. La evidencia actual sugiere que los mecanismos centrales del dolor pueden ser un factor a considerar en algunos, pero no en todos los pacientes con DFP. En un entorno clínico, los siguientes signos pueden sugerir mecanismos centrales de dolor facilitados (Maclachlan et al, 2017; Crossley et al 2019):

- 1) dolor desproporcionado, lo que implica que la gravedad y la discapacidad relacionada informada o percibida son desproporcionadas con la naturaleza y extensión de la lesión.
- 2) presencia de distribución difusa del dolor, alodinia e hiperalgesia.

Las recomendaciones previas en el abordaje de la sensibilización central del dolor musculoesquelético crónico también pueden aplicarse al DFP. Estos incluyen educación en neurociencia del dolor, planificación prudente de las cargas iniciales y la progresión de ejercicios, junto con el fomento del ejercicio en áreas del cuerpo que no duelan. Las implicaciones clínicas de esto pueden resultar en un proceso más largo en el tiempo. Además, también puede ser importante evitar los brotes de dolor durante todo el proceso de recuperación y considerando intervenciones complementarias como vendajes y ortesis, si son efectivas. La monitorización del dolor en presencia de sensibilización central debe abordarse y se necesita investigación urgentemente para confirmar la factibilidad/éxito de tales enfoques (Crossley et al, 2019; Wallis et al, 2021).

La reunión de consenso de 2016 no pudo hacer recomendaciones relacionadas con la educación del paciente de forma aislada, debido a la escasez de investigaciones en lo relativo a la educación del paciente con DFP. Esta situación se mantiene a día de hoy. Por lo que los autores promueven que las investigaciones futuras deben ser más abundantes y profundizar en la eficacia de los programas, en las estrategias de cambio de comportamiento y en el abordaje de factores concretos mediante la información máxima cuando difícilmente se le imputa daños adversos (Crossley et al, 2016 c; Crossley et al 2019; Willy et al, 2019; Wallis et al, 2021).



Pero recientemente, se le atribuye a la educación un papel importante dentro del tratamiento. Su impacto está valorado a corto y largo plazo de la siguiente forma (Winters et al, 2020; Wallis et al, 2021):

- En combinación con un tratamiento físico (ejercicio, ortesis o vendaje/movilización rotuliana) tiene más probabilidades de ser eficaz a los 3 meses.
- Por sí sola es comparable a la educación combinada con un tratamiento físico (ejercicios, ortesis o vendaje / movilización rotuliana) a los 12 meses.

3.3.1. CONSIDERACIONES PSICOLÓGICAS EN PACIENTES CON DFP

Las tendencias conceptuales y clínicas provenientes de la evidencia emergente sugieren que en el abordaje del DFP se deben considerar los contribuyentes biológicos/somáticos al dolor y también los factores psicológicos y sociales. Esta es la inferencia de los modelos biopsicosociales de dolor, donde se plantea la hipótesis de que los factores psicológicos tienen un papel mediador/modulador en las deficiencias físicas, los factores sociales/contextuales, el rendimiento funcional y, en última instancia, la actividad física/participación deportiva (Crossley et al , 2019; Willy et al, 2019; Wallis et al, 2021).

Profusas cantidades de pacientes con DFP desarrollan miedo asociado al dolor. Los pacientes experimentan conductas como la evitación por miedo, consistente en la no realización de movimientos que experimentan o sospechan dolorosos (kinesiofobia), los pensamientos catastrofistas y la baja “autoeficacia” (Smith et al 2018; Smith et al, 2019).

Por tanto, los factores psicológicos relacionados, afectan a la función, la calidad de vida de los pacientes con DFP e incluso son capaces de modular la experiencia individual del dolor. De manera que trasgreden el desarrollo o mantenimiento del estado de dolor crónico (Smith et al, 2019).

Actualmente la escasez existente de investigaciones al respecto es un gran condicionante para comprender cómo y cuánto los factores físicos y

psicológicos pueden afectar la función. Se comparó la kinesiofobia, el catastrofismo del dolor y la función objetiva entre mujeres con DFP y sin dolor; concluyendo que es evidente una mayor kinesiofobia, catastrofismo del dolor y una función objetiva más deficiente en las mujeres con DFP. Pero no asocia la kinesiofobia y el catastrofismo con la función objetiva en mujeres con DFP (Priore et al, 2019).

Bajo este enfoque nuestro plan de tratamiento debe tener como objetivo mejorar el miedo relacionado con el dolor y aumentar la actividad física sobre todo las relativas a las estrategias de autocuidado. La intervención específica de las deficiencias psicosociales, como la autoeficacia y la confianza, incluyen el establecimiento de objetivos, la imaginación y el entrenamiento en relajación. Esto precisa que los clínicos estén dispuestos y faciliten la derivación en el caso de una respuesta psicológica extrema en relación con la DFP (Smith et al, 2019; Crossley et al, 2019).

Es interesante considerar la implicación de las características psicosociales en la evaluación y el tratamiento de la DFP. Existen múltiples herramientas transversales, según el objeto del estudio, como el cuestionario de dolor musculoesquelético de Orebro o la escala de kinesiofobia de Tampa disponibles, fáciles de implementar y asociadas con la gravedad de la DFP. Estos cuestionarios sirven de cribaje para identificar la magnitud del componente psicológico y la necesidad de una evaluación y un tratamiento más detallados de estos factores. (Maclachlan et al, 2017; Crossley et al 2019).

Algunos de los autores más recientes e influyentes, van más allá de reivindicar el reporte de las características psicológicas del DFP. Y declara que existe la necesidad de desarrollar e implementar estudios de intervención que tengan por objetivo la mejora de los resultados psicológicos para ayudar a los pacientes con DFP a recuperarse con éxito (Crossley et al, 2019; Willy et al, 2019; Wallis et al, 2021).



3.4. Tratamiento físico

Son muchas las terapias físicas que tienen que auxiliar en el abordaje del DFP. Sin embargo, las últimas Declaraciones de Consenso del International Patellofemoral Pain Research Retreat relativas al su tratamiento, 2016 y 2018, apenas han existido cambios. Tampoco hay modificaciones importantes en la última revisión sistemática sobre las guías de procedimientos clínicos. Las posibilidades terapéuticas quedan agrupadas en el siguiente orden, terapia mediante ejercicio físico, varias intervenciones/terapias combinadas, ortesis en pie y/o rodilla, vendaje/refuerzo rotuliano y otras intervenciones complementarias donde tienen cabida acupuntura/punción seca, movilización rotuliana, movilización/manipulación lumbar, terapia manual y agentes electrofísicos (Crossley et al 2016c; Collins et al 2018; Willy et al, 2019; Wallis et al 2021).

Inversamente proporcional al elevado número de terapias que se emplean en la clínica actual hay pruebas sólidas de su eficacia, es decir, ninguna. No hay pruebas sólidas respecto al empleo de tratamiento conservador o agentes clásicos como hielo, ultrasonidos o corrientes eléctricas en el alivio del dolor por DFP, ni tan siquiera en la fase aguda (Crossley et al 2016; Collins et al 2018; Willy et al, 2019; Wallis et al, 2021).

3.4.1. TERAPIA MEDIANTE EJERCICIO FÍSICO TERAPÉUTICO

La terapia con ejercicios ha sido la única modalidad probada de forma aislada que contó con el apoyo del grupo de expertos del International Patellofemoral Pain Research Retreat. La terapia con ejercicios sigue siendo la intervención de elección para el dolor femoropatelar, pues posee el mayor cuerpo de evidencia que respalda su uso para mejorar el dolor y la función a corto, mediano y largo plazo. Es la ganancia en la función muscular, la coordinación y el equilibrio del miembro inferior y tronco la que facilite la mejora del dolor y la función. Aún así hay autores que no recomiendan el ejercicio terapéutico como un tratamiento independiente (Lack et al, 2015; Van der Heijden et al, 2015; Barton et al, 2015; Crossley et al, 2016 c; Collins et al, 2018; Holden et al, 2018; Crossley et al 2019; Wallis et al, 2021).

La evidencia encontrada organizada en objetivo y tiempo se agrupa en cuatro premisas, valorando su nivel para precisar el grado de recomendación del ejercicio como medida terapéutica (Crossley et al, 2016c):

1. La reducción del dolor en menos de 6 meses estaba presente en estudios de calidad alta y moderada con resultados positivos que implican una recomendación apropiada.
2. Reducción del dolor entre 6-12 meses, obtiene un encargo apropiado.
3. Mejora de la función y síntomas en menos de 6 meses, su encomienda es incierta.
4. Mejora de la función y síntomas entre 6-12 meses, adquiere una recomendación apropiada.

Clásicamente los ejercicios han sido enfocados al trabajo de la región de la rodilla, sensiblemente en el cuádriceps, apoyándose en que la potenciación del cuádriceps parece comportar una menor sobrecarga femorrotuliana. Otros fundamentos que centran el trabajo sobre el cuádriceps hablan del reentrenamiento de su vasto medial oblicuo (VMO) respecto al vasto lateral para una mejora en la activación. Sin embargo, no se pueden activar el VMO de forma aislada y ningún ejercicio parece ser preferencial para la activación del VMO. Por lo tanto, para la mayoría de los pacientes, es probable que un programa de terapia de ejercicio graduado centrado en los cuádriceps sea eficaz, sin prestar especial atención al VMO (Gomez-Palomo et al, 2017; Crossley et al, 2019).

También hay precursores de otra opción centrada en la cadera, existiendo numerosos documentos novedosos que inciden en el trabajo de la musculatura separadora y rotadora externa de la cadera respecto al trabajo exclusivo de la rodilla. La terapia con ejercicios centrados en la cadera se asocia con la reducción del dolor, potencialmente más que los ejercicios centrados en los cuádriceps en las etapas iniciales (Khayambashi et al, 2012; Barton et al, 2013).

Fukuda et al. agregó el fortalecimiento de la musculatura de la cadera a un programa de estiramiento y fortalecimiento de la rodilla en mujeres sedentarias con DFP; resultando ser más efectivo que los ejercicios de rodilla solos para mejorar la función a largo plazo y el dolor (Fukuda et al, 2012).



Investigaciones posteriores demostraron que la adición de ejercicios de fortalecimiento de los músculos de la cadera produce una mejoría más rápida del dolor anterior de la rodilla en comparación con un programa de rehabilitación de rodilla estándar (Nascimento et al, 2018).

Se puede considerar comenzar con ejercicio centrado en la cadera en aquellos con síntomas más irritables, o cuando el ejercicio centrado en el cuádriceps exacerba los síntomas. También porque la investigación transversal informa consistentemente de los déficits en la función y capacidad de los músculos de la cadera, incluida la función neuromotora deteriorada de los glúteos y los déficits de fuerza (isométrica y concéntrica) en comparación con personas asintomáticas. Incluso identificamos grandes déficits en la fuerza dinámica (10 repeticiones como máximo), la potencia muscular y la tasa de desarrollo de la fuerza en la cadera en personas con DFP (Gomez-Palomo et al, 2017; Nunes, Barton & Serrão, 2018; Nascimento et al, 2018; Nunes et al, 2020; Crossley et al 2019; Barton et al, 2019).

Tanto la terapia de ejercicio dirigida a la rodilla como a la cadera son beneficiosas, los programas dirigidos a la cadera parecen proporcionar mayores beneficios para el dolor y la función a corto y medio plazo. Muchas entidades ofrecen programas mediante ejercicios terapéuticos destinados al estiramiento y potenciación de separadores de cadera, tensor de la fascia lata, extensores y flexores de rodilla (Barton et al, 2015; Lack et al, 2015).

En este sentido se posiciona la evidencia emergente pero convincente y la experiencia clínica que deben combinarse a largo plazo, dando resultados superiores al enfoque aislado, especialmente considerando la probabilidad de déficits en la fuerza muscular en ambas áreas (Gomez-Palomo et al, 2017; Crossley et al, 2019; Willy et al, 2020; Wallis et al 2021).

Si analizamos la combinación de ejercicios combinados de cadera y rodilla en las premisas anteriores son recomendaciones apropiadas, pudiendo sintetizar el apoyo científico en las siguientes dos recomendaciones (Barton et al, 2015; Wallis et al, 2021).

La primera, se recomienda el ejercicio para reducir el dolor a corto, medio y largo plazo, y mejorar la función a medio y largo plazo (Lack et al, 2015; Van der Heijden et al, 2015; Barton et al, 2015; Crossley et al, 2016 c; Holden et al, 2018,).

Seguidamente, se recomienda combinar ejercicios de cadera y rodilla para reducir el dolor y mejorar la función a corto, mediano y largo plazo, y esta combinación debe darse con preferencia a los ejercicios de rodilla por sí solos. (Crossley et al, 2016c; Collins et al, 2018; Crossley et al, 2019; Wallis et al, 2021).

Algunos autores recomiendan la inclusión del fortalecimiento de la zona lumbar y pélvica, ya que, al ser los estabilizadores de columna vertebral y pelvis, parecen inducir una mejora en el dolor y en el equilibrio dinámico (Gómez Palomo et al, 2017).

Inicialmente, la prescripción de la terapia con ejercicios debe adaptarse para priorizar el abordaje de los déficits clave, y el programa debe desarrollarse en complejidad con el tiempo para garantizar que se aborden todos los déficits potenciales. La progresión de los ejercicios deben, atendiendo a los principios de prescripción del ejercicio en las directrices del American College of Sports Medicine (ACSM), progresar con una carga y dificultad cada vez mayores cuando sea posible, de forma que lo prioritario es el control motor y la resistencia, después la fuerza y la potencia una vez que se obtuvieron la técnica de ejercicio y el control motor correctos (Gomez-Palomo et al, 2017; Crossley et al, 2019; Barton et al, 2019).

Los esfuerzos de investigación del ejercicio terapéutico deben estar mejor dirigidos a comprender y determinar los componentes clave de la prescripción efectiva de ejercicio como tipo de contracción, método de ejecución, dosis de carga en intensidad y volumen, tiempo de trabajo, tiempo de recuperación/descanso, tipo de trabajo, planificación, etc. De forma que se optimice el trabajo y los beneficios potenciales del paciente en su recuperación, sea más fácil la implementación de los resultados de los ECA en la práctica clínica y se mejore la adherencia (Collins et al, 2018).



El trabajo en cadena cinética cerrada es prioritario, pues se toleran mejor y producen menos sobrecarga femorrotuliana (Gomez-Palomo et al, 2017).

La línea a seguir, al igual que en otros trastornos musculoesqueléticos, es la de tolerancia a la carga, ejercicios terapéuticos encaminados a cargar y agravar temporalmente los síntomas de los pacientes. Su justificación viene dada por los cambios positivos en los mecanismos de dolor central y periférico, en el sistema inmunológico y en los aspectos afectivos del dolor que causan los ejercicios dolorosos con carga. Estos ejercicios afrontan el miedo relacionado con el dolor dentro del paradigma “molestia/dolor no es igual a daño”. Con la experiencia racionalizada de dolor como consecuencia de tejido “desacondicionado”. Así, hipotéticamente, con el tiempo, los ejercicios reducirán este miedo al dolor y la sensibilización central, modificando la experiencia de dolor (Smith et al, 2017; Smith et al 2018; Smith et al 2019).

En cuanto a la dosis-respuesta para el volumen y a la intensidad, hemos encontrado que cuanto mayor es el volumen y la intensidad del ejercicio que realiza el paciente, mayor es su mejoría al dolor y la función a largo plazo. El tratamiento con ejercicios con bandas de resistencia y ejercicios con el peso corporal puede ser apropiado al principio, pero los principios aceptados de prescripción de ejercicio obligan a avanzar hacia la rehabilitación basada en una mayor carga. Una revisión sistémica sobre dolor musculoesquelético crónico comparó ejercicios dolorosos frente a ejercicios sin dolor, concluyendo un beneficio pequeño pero significativo a corto plazo para aquellos realizados con dolor. Además, constató que los ejercicios dolorosos suelen manejar mayores cargas y dosis (Smith et al, 2017; Smith et al, 2019; Crossley et al, 2019).

La progresión puede monitorizarse parcialmente mediante la ausencia de dolor significativo, que debe corresponder a 2-3 sobre 10 de la escala visual analógica para el dolor. En estos valores se evita la inhibición muscular inducida por el dolor y mejora la adherencia al ejercicio. Los niveles de dolor de hasta 5 sobre 10, momentáneamente durante el ejercicio o inmediatamente después del ejercicio, son aceptables si no se extienden hasta la mañana siguiente. (Gomez-Palomo et al, 2017; Crossley et al, 2019).

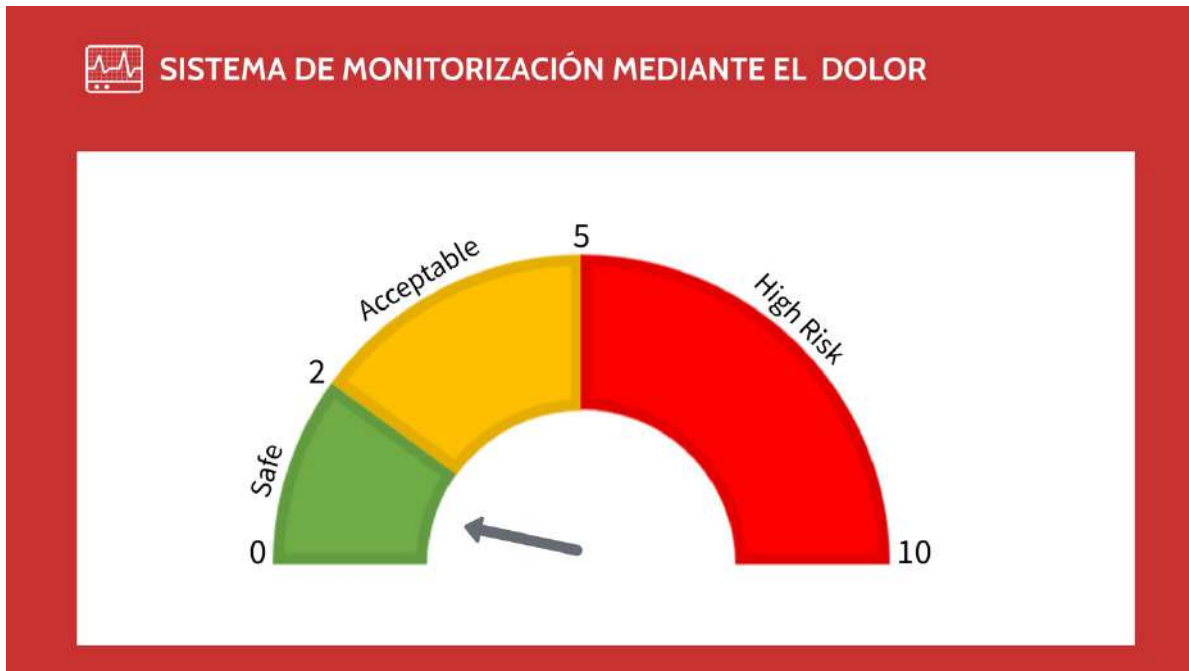


Figura 4. Sistema de monitorización mediante el dolor. Modificado de Crossley et al, (2019).

La dosis óptima de ejercicio con mayores mejoras para la DFP sigue siendo incierta (Van der Heijden et al, 2015; Smith et al, 2019).

Respecto al tipo de trabajo a realizar donde se busque activación neuromuscular, fuerza, resistencia o potencia hay pocos estudios que hayan examinado esta vertiente del ejercicio terapéutico. Es posible que la disminución de los efectos del tratamiento a largo pueda estar relacionada con una consideración inadecuada de los requisitos de fuerza, resistencia o potencia en la rehabilitación con DFP. La evidencia de un único ensayo controlado aleatorio multicéntrico en el entorno de atención primaria de la salud en Escandinavia sugiere que una dosis de terapia de ejercicio más alta supervisada por un fisioterapeuta durante 12 semanas (3 veces por semana, 3x30 repeticiones, 9 ejercicios, 60 min) fue más efectiva que la intervención de terapia de ejercicio equivalente a una dosis más baja (3 veces por semana, 2x10 repeticiones, 5 ejercicios, 20 min). Por otro lado, y acorde a estos hallazgos varios autores no han encontrado de forma tácita la disminución de fuerza, mientras que si una menor resistencia muscular. Esto hace que promuevan un plan de ejercicios



diferentes en según sea tratamiento o prevención. En el tratamiento por DFP el objetivo será aumentar la resistencia a la fatiga por lo que se establece un numero alto de repeticiones. Así bajo deducción se ratifica que las personas con DFP pueden lograr mejores resultados a largo plazo siguiendo los programas de terapia de ejercicio que incorporan principios de entrenamiento de resistencia progresivos apropiados (Lack, Neal, Silva & Barton, 2018 en Barton, 2019; Crossley et al, 2019; Brown et al, 2019).

No se han encontrado estudios que evaluaran la progresión adecuada en carga/intensidad o duración adecuada para afrontar suficientemente a los déficits de fuerza y potencia en personas con DFP. La mayoría de los estudios no han proporcionado suficiente progresión del ejercicio para inducir cambios en la fuerza. Además, cuando han evaluado el programa de ejercicio de progresión adecuada para mejorar la fuerza, potencia e hipertrofia se limitó a una intervención de 6 semanas, que puede ser demasiado corta para asimilar y afianzar esos cambios provocados por las cargas mas pesadas que a menudo se ven limitadas por brotes de dolor. Las mejoras sostenidas en la fuerza muscular, la potencia y la hipertrofia requieren un mayor incremento de la carga progresiva y duración del programa al menos de 8 semanas (Dong et al, 2019).

El grueso de la literatura emplea este corto periodo de tiempo típicamente limitado a una duración de:

- Entre 3-8 semanas (Lack et al, 2015; van der Heijden et al, 2015; Barton et al, 2019).
- 12 semanas (Gomez-Palomo et al, 2017; Crossley et al, 2019; Barton et al, 2019).
- Mas de 8-12 semanas (Crossley et al, 2019).

Si los beneficios son reales y factibles, las personas con DFP merecen ser consideradas para realizar programas de ejercicios dirigidos y más intensivos (Barton et al, 2019)

Una etapa superior del abordaje es la integración del ejercicio en la funcionalidad. La reeducación o reentrenamiento automatismos, funciones

globales básicas como la marcha, la carrera, subir/bajar escaleras, etc. Valora el beneficio del ejercicio terapéutico analítico en la corrección de un déficit estático o de alineación que afecta al posicionamiento/postura. Pero que quizás no alcance a cambiar su comportamiento durante un gesto funcional. Así promueve que debe realizarse un ejercicio terapéutico funcional corregir el patrón viciado/disfunción del gesto. Sirva de ejemplo, el valgo de rodilla en la postura bípeda con un valgo dinámico durante la carrera. Existen patrones estáticos y dinámicos descritos como factores de riesgo o persistencia de DFP pero como ya citamos anteriormente la relación no es significativamente evidente (Crossley et al, 2019).

En esta concepción las investigaciones sobre reentrenamiento de patrones de movimiento, la marcha se incorporó a las discusiones de consenso en el Retiro de 2017 dada la popularidad del reentrenamiento de la marcha para el DFP. Incluso hay quien la idealizó como una categoría de intervención independiente. La literatura al respecto era vaga y se la consideró como una intervención complementaria por albergar incertidumbre con respecto a los efectos a corto plazo sobre dolor y función. La gran parte de las publicaciones se han centrado en la carrera con un resultado indiferente o mixto. Se recomienda el uso de retroalimentación mediante estímulos verbales “abrir piernas”, “ensanchar postura” “involucrar glúteos” o visuales a través de espejos o videos, incluso otras señales como el aumento de la tasa de pasos, valores de la dinámica plantar, etc. Esto puede adaptarse a cualquiera que sea la tarea dificultada, sea subir escaleras, ponerse en cuclillas, etc. (Collins et al, 2018; Crossley et al 2019).

Otra modalidad o dispositivo para el ejercicio físico terapéutico es el entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo. El paciente realiza un ejercicio de fortalecimiento de cargas más bajas con un torniquete, neumático o elástico, colocado alrededor del muslo proximal; esto puede ser más tolerable que el entrenamiento con cargas pesadas y resulta en mayores ganancias de fuerza en comparación con el entrenamiento de baja carga usual. Su recomendación fue debatida en el Consenso de 2017. Tras 8 semanas, no se encontró una reducción significativa en el dolor durante las actividades de la vida diaria.



Tampoco hubo efectos a las 8 semanas ni a los 6 meses sobre el peor dolor o función de la rodilla. Sobre esta base, el panel de expertos consideró que existe incertidumbre con respecto al entrenamiento de restricción del flujo sanguíneo para el DFP (Collins et al, 2018).

Resumiendo, podemos conceptualizar que el abordaje convencional ideal debería ser mediante el ejercicio físico (Barton et al, 2015; Crossley et al, 2016c; Gómez Palomo et al, 2017; Barton et al, 2019; Crossley et al, 2019):

- Para reducir el dolor a corto, medio y largo plazo y mejorar la función a medio y largo plazo.
- Porque la evidencia muestra claramente que la terapia con ejercicios es efectiva, independientemente del tipo de ejercicio.
- Que incluya ejercicios lumbares, pélvicos, de cadera y rodilla realizados preferentemente en cadena cinética cerrada.
- Que progrese en complejidad y la carga mas alta posible siempre sin dolor significativo.
- Con el enfoque personalizado.
- Combinado con otras modalidades terapéuticas.

3.4.2. VARIAS INTERVENCIONES O TERAPIAS COMBINADAS

Las intervenciones combinadas (combinan la terapia con ejercicios para rodilla y cadera, el vendaje femorrotuliano, la movilización y la ortesis plantar) se consideraron apropiadas para los pacientes con dolor femorrotuliano, lo cual es consistente con la recomendación más fuerte de la “Guía de mejores prácticas” de Barton de 2015. Un enfoque combinado refleja una mejor la gestión de la práctica clínica y proporciona al profesional sanitario abordar varios déficits específicos identificados en el sujeto (Barton et al, 2015; Crossley et al, 2016c; Collins et al, 2018).

Sin embargo, en las intervenciones combinadas deben individualizarse los tratamientos para cada paciente, ya que no todos los pacientes requerirán todos ni en la misma medida los tratamientos. Las ortesis de pie se pueden usar como una alternativa a la terapia de ejercicios si estimamos mas adecuada como

puede ser el caso de un paciente con poca predisposición al ejercicio, o como un complemento de la terapia de ejercicios si el paciente tiene dificultad para realizar su ejercicio por dolor o cualquier otra circunstancia (Crossley et al, 2016c; Crossley et al, 2019).

En la práctica podemos definirlos como un programa terapéutico donde se complementa el ejercicio físico con al menos uno de los siguientes: ortesis de pie, vendaje rotuliano o terapia manual (Collins et al, 2018; Crossley et al, 2019; Wallis et al, 2021).

La evidencia de la investigación actual para orientar la adaptación de las intervenciones es muy limitada, la omnipresencia del ejercicio físico proviene de ser la más respaldada y de que la mayoría de los programas de intervención combinados estudiados en ECA incluyen el ejercicio como uno de los componentes terapéuticos. La incertidumbre en torno a la recomendación que respalda las intervenciones combinadas para adolescentes con DFP es muy probable fruto de la falta de estudios. Los resultados para los adolescentes fueron consistentes para una intervención similar en adultos, pero las tasas generales de recuperación después del tratamiento pueden ser más bajas en adolescentes que en adultos. A sabiendas de que la evidencia muestra que los síntomas persisten mucho más allá de la adolescencia. Por otro lado, no hay pruebas que apoyen las intervenciones combinadas a largo plazo, más allá de los 12 meses para adultos ni para adolescentes pese a que más de la mitad de los sufridores seguirán experimentando síntomas después de 2-8 años. De ahí que el comité de expertos califique de "incierto" (Crossley et al, 2016c; Collins et al, 2018; Crossley et al 2019; Wallis et al, 2021).

La adherencia al ejercicio como terapia es un reto y pasa mayor factura en la población adolescente (Rathleff et al, 2016; Holden et al, 2018; Smith et al, 2019).

Se consuma la recomendación de las intervenciones combinadas para reducir el dolor en adultos con DFP a corto y medio plazo; pues el análisis de la evidencia muestra su nivel en los siguientes términos (Crossley et al, 2016c):



- En menos de 6 meses, recomendación apropiada.
- Entre 6-12 meses, recomendación apropiada.
- En mas 12 meses, recomendación incierta.

Basado en evidencia de nivel 1, y en opinión de expertos, se propone la recomendación del uso de intervenciones combinadas para reducir el dolor a corto y medio plazo y ortesis podálicas prefabricadas para reducir el dolor a corto plazo. Podemos recapitular y resumir este enunciado en la recomendación de intervenciones combinadas y ortesis de pie para reducir el dolor a corto y medio plazo (Crossley et al, 2016c; Collins et al, 2018).

Este mismo año, se ha planteado la idoneidad del ejercicio y cualquier intervención a corto plazo como vendaje rotuliano y ortesis prefabricadas (Wallis et al, 2021).

3.4.3. ORTESIS DEL PIE Y LA RODILLA

Las ortesis femorrotulianas pueden mejorar la cinemática, el dolor y las lesiones de médula ósea. Se recomendaron las ortesis de pie para el alivio del dolor a corto plazo en personas con DFP (Barton et al, 2015; Crossley et al 2016b, c; Wallis et al, 2021).

Sin embargo, una consideración importante es que el promedio de reducción analgésica facilitada por la ortesis de pie prefabricada carece de significación clínica debido a la variabilidad individual en la respuesta. Puede ser ineficaz o perjudicial en algunos pacientes con DFP, siendo importante la identificación de aquellos con más probabilidades de éxito. Los estudios publicados han informado características clínicas que se pueden utilizar para predecir el éxito de la intervención con ortesis de pie, incluida una mayor movilidad del mediopié, menor dorsiflexión de tobillo y mejora inmediata del dolor femorrotuliano al realizar una sentadilla monopodal con plantilla. (Crossley et al, 2016c).

En este escenario poco esclarecedor, se enuncia la recomendación de las ortesis podales prefabricadas para reducir el dolor a corto plazo. Los primeros

análisis pormenorizados de la evidencia sobre su comportamiento obtuvieron la siguiente valoración (Crossley et al, 2016c):

- Reduce el dolor a corto plazo, recomendación apropiada.
- Mejora de la función a corto plazo, incierta.

Un año más tarde, se plantea de nuevo el uso de ortesis plantares y de rodilla por la Cochrane, que resuelve manifestando la escasez de datos que avalen la eficacia del empleo de ortesis en el DFP. Los estudios sobre ortesis plantares no proporcionan pruebas sólidas de la efectividad de las plantillas pero se aprecian mejores resultados en combinación con la Fisioterapia. El repertorio científico sobre ortesis en rodilla es de escaso rigor metodológico y concluye de manera controvertida. No reduce la sintomatología, pero mejora el dolor, la velocidad de la marcha, longitud del paso y otros parámetros biomecánicos (Gomez-Palomo et al, 2017).

A continuación, compilamos las consideraciones actuales sobre el uso y recomendación en función de la evidencia (Collins et al, 2018; Crossley et al 2019):

- Las ortesis podológicas prefabricadas siguen siendo una recomendación para el alivio del dolor a corto plazo.
- No hay evidencia que respalde el uso de ortesis de pie fabricadas a medida para el DFP, a partir de una representación tridimensional del pie del paciente.
- Hay variabilidad en la respuesta al tratamiento, por lo que es clave la selección de pacientes en función de características específicas, la postura del pie y las características de movilidad o la mejora inmediata en el rendimiento funcional con la ortesis podal.

Desde entonces se recomiendan las ortesis de pie para reducir el dolor a corto plazo (Crossley et al, 2019; Wallis et al, 2021).



3.4.4. TERAPIA MANUAL

Se han recopilado los datos sobre la aplicación de las movilizaciones/manipulaciones de la rodilla y de la región lumbar. En la Declaración del Consenso de 2016 se recopilaron los datos sobre la aplicación de las movilizaciones/manipulaciones de la rodilla y de la región lumbar. Tras su análisis por el plantel de expertos, expresaron la inexistencia de evidencia que las sustenten y mostraron el resultado de sus deliberaciones (Crossley et al, 2016c):

- La movilización de la rodilla, con independencia de lo analítica que se realice, no mejora la función ni el dolor en menos de 6 meses; luego fue dictada inapropiada.
- La movilización/manipulación lumbar no mejora la función ni síntomas en menos de 6 meses; obtuvo también la calificación de inapropiada.

Ante tal escenario y con la posibilidad de que las movilizaciones femorrotuliana y lumbar no mejoren los resultados, se emitió la no recomendación para dichos procedimientos (Crossley et al, 2016c).

Un año después, un artículo de revisión sobre DFP concluye que (Gomez-Palomo et al, 2017):

- La presión isquémica continuada aplicada directamente sobre el vasto interno del cuádriceps puede ser una alternativa eficaz a corto y largo plazo.
- Las técnicas miofasciales unidas a programas de ejercicios terapéuticos también representan una opción terapéutica.

Por extensión se generó gran incertidumbre sobre el uso de técnicas manuales de tejidos blandos para DFP. Y la cuestión tomo relieve y se fueron aportando estudios que revelaron pobres e insignificantes efectos sobre el dolor y la función para las técnicas miofasciales, la compresión/liberación isquémica en cadera, zona peripatelar o retropatelar, manipulación lumbopélvica. El dilema

cala en la sociedad investigadora y aparecen artículos con dispar conclusión, siendo encontrada también la opinión de los expertos (Collins et al, 2018).

En la Declaración de Consenso de 2018, no se recomienda la movilización articular para DFP. La búsqueda en la literatura no identificó evidencia nueva que modificase las recomendaciones. El elenco de expertos desaconseja el uso de la movilización femorrotuliana, de rodilla y lumbar como intervenciones primarias en el tratamiento de pacientes con DFP. Eso si, la movilización femorrotuliana puede jugar su papel terapéutico dentro de una intervención combinada cuando sea apropiado (Collins et al; 2018).

Debemos destacar que el paradigma terapéutico de la salud desde la Fisioterapia y medicina cambia intervenciones físicas activas basadas en el movimiento, para DFP y el dolor musculoesquelético en general. Por lo que institucionalmente se recomiendan que estas intervenciones pasivas no sean el foco de futuros ECA (Collins et al, 2018).

El autor del artículo mas reciente que con amplitud aborda DFP, es de 2019 y dictamina que no se recomiendan las movilizaciones de la articulación femorrotuliana, la rodilla y la zona lumbar de forma aislada. Afirmación que recoge la guía de procedimientos mas reciente (Crossley et al, 2019; Wallis et al, 2021).

3.4.5. ELECTROTERAPIA (ULTRASONIDOS, SONOFORESIS, LASER, etc.)

Crossley et al, recogió en la Declaración de Consenso de 2016 que la evidencia sobre la que emitir la recomendación es ridícula, inapropiada. No hay evidencia que sustente que los agentes electrofísicos mejoren la función y los síntomas en menos de 6 meses (Crossley et al,2016c).

No se recomienda el uso de electroterapia por ser posible que no mejoren los resultados en DFP (Crossley et al, 2016c; Wallis et al, 2021).

Con mas concreción, y mas recientemente, hemos encontrado que no se ha podido demostrar el efecto significativo en el alivio de dolor y la mejora de la función de los ultrasonidos en los pacientes de DFP. Que la aplicación de



campos electromagnéticos incida positivamente y faciliten la realización de programas de ejercicios terapéuticos, permitiendo una reincorporación más rápida a la actividad (Gomez-Palomo et al, 2017).

En la Declaración de Consenso de 2018, no se recomiendan los agentes electrofísicos para el dolor femorrotuliano. El grupo de expertos desaconseja el uso de agentes electrofísicos, como intervenciones primarias en el tratamiento de pacientes con DFP (Collins et al, 2018).

Un año mas tarde y en la actualidad, diversos autores mantienen la no recomendación del empleo de agentes electrofísicos (Crossley et al, 2019; Willy et al, 2019; Wallis et al, 2021).

3.4.6. VENDAJE Y BRAZALETE ROTULIANO

En el 4º Retiro internacional de 2016, no estaba claro el papel que jugaba el vendaje rotuliano, si debería ser tratamiento de primera línea en población con DFP. Este panel de expertos se posicionó en consonancia con la “Guía de mejores prácticas” de Barton et al. de 2015. El vendaje rotuliano varía considerablemente con respecto al tipo y permanencia/duración, y las revisiones sistemáticas han abordado la variabilidad de manera inconsistente. Los confusos datos que aportan las revisiones sistemáticas pueden explicar parcialmente la incertidumbre del consenso y las recomendaciones asociadas para respaldar el vendaje rotuliano (Barton et al, 2015; Crossley et al, 2016c).

La incertidumbre en torno a las recomendaciones también podría deberse a la necesaria mayor consideración de las necesidades individuales de los pacientes. El vendaje y el refuerzo rotuliano podrían desempeñar un papel en el manejo del dolor femorrotuliano en una intervención combinada, pero su papel de forma aislada aún no se ha determinado completamente. No se recomendaron otros tratamientos coadyuvantes, como movilizaciones articulares (rótula, rodilla, lumbar) y agentes electrofísicos para el dolor femorrotuliano (Barton et al, 2015; Crossley et al, 2016c; Gomez-Palomo et al, 2017).

El análisis de la evidencia recopilada para valorar su recomendación quedó así (Crossley et al 2016c):

- La reducción del dolor en menos de 6 meses se apoya en estudios de calidad alta y moderada con resultados positivos que implican una recomendación apropiada.
- La mejora de la función y síntomas en menos de 6 meses, es incierta.
- El vendaje rotuliano personalizado o no personalizado para reducir el dolor inmediatamente durante la acción funcional generó una recomendación incierta.
- El vendaje rotuliano no personalizado reduce el dolor a corto y medio plazo, también provocó una recomendación incierta.
- La combinación de vendaje rotuliano con ejercicio para reducir aun mas el dolor a largo plazo, fue una recomendación incierta.

En el empleo de aparatos ortopédicos que puedan inducir reducciones del estrés de la articulación femoropatelar durante la marcha, se dio como resultado una disminución inmediata de los síntomas de DFP, pero no se informó la misma relación estrés-dolor durante la deambulacion por las escaleras (Powers et al, 2017).

La última recomendación al respecto emanada de la mas reciente guía procedimental, proponen la factibilidad y eficacia del vendaje rotuliano, pero no la del refuerzo, brazaletes u ortesis rotuliana (Wallis et al, 2021).

3.4.7 TERAPIAS COMPLEMENTARIAS O ALTERNATIVAS

La “Guía de mejores prácticas” de 2015, recomienda considerar la acupuntura. En el 4º Retiro internacional en Manchester, fue considerada, pero se descartó su recomendación por tener evidencia de apoyo muy limitada, pese a estar muy extendida entre los médicos clínicos que tratan el DFP (Barton et al, 2015; Crossley et al, 2016c).



La Declaración de Consenso de 2016 sanciona que la recomendación en el supuesto, la acupuntura reduce el dolor a medio plazo, existe muy poca evidencia, por tanto, la recomendación es incierta (Crossley et al, 2016c).

La nueva aportación de estudios de alta calidad en años siguientes motivó que el panel de expertos del Consenso de 2018, reconoció que la acupuntura y la punción seca en los puntos gatillo tienen diferencias clave en su indicación clínica y aplicación, se decidió agruparlos en una sola recomendación sobre la base de que la evidencia para ambos era limitada e incierta. Pero expuso la necesidad tratarlas independientemente (Collins et al, 2018).

A principios de este año, la publicación de una nueva guía clínica solo recoge la aplicación de la punción seca. Que es citada como no recomendable (Wallis et al, 2021).

A modo recopilación de la evidencia para la consecuente recomendación de los tratamientos físicos en la última Declaración de Consenso (2018) y con la intención de mostrar de un solo vistazo el estado actual de los tratamientos físicos, podemos desarrollar las siguientes líneas concluyentes y la tabla 2 (Collins et al, 2018).

Se apoyan el uso de la terapia con ejercicios (especialmente la combinación de ejercicios centrados en la cadera y la rodilla), combinados intervenciones y ortesis de pie para mejorar el dolor o la función en pacientes con dolor femorrotuliano. No se recomiendan las movilizaciones femorrotulianas, de rodilla o lumbares de forma aislada, ni de agentes electrofísicos. Existe incertidumbre con respecto al uso de vendaje/refuerzo rotuliano, acupuntura/punción seca, técnicas manuales de tejido blando, entrenamiento de restricción del flujo sanguíneo y reentrenamiento de la marcha en pacientes con DFP (Collins et al, 2018).

No obstante, los tratamientos además de medidas físicas deben implementar reentrenamiento del movimiento, educación y aspectos psicosociales a fin de proporcionar mejores resultados para los pacientes con DFP (Crossley et al, 2019).

TERAPIA FISICA	RECOMENDACIÓN
TERAPIA DE EJERCICIO	
1. Reduce el dolor a corto plazo.	apropiado
2. Mejora la función y los síntomas a corto plazo.	incierto
3. Reduce el dolor a medio y largo plazo.	apropiado
4. Mejora la función y los síntomas a medio y largo plazo.	apropiado
Terapia combinada de ejercicios dirigidos a la cadera y la rodilla	
5. Reduce el dolor en comparación con la terapia de ejercicios dirigida a la rodilla a corto plazo.	apropiado
6. Mejora la función en comparación con la terapia de ejercicio dirigida a la rodilla a corto plazo.	apropiado
7. Reduce el dolor en comparación con la terapia de ejercicios dirigida a la rodilla a mediano y largo plazo.	apropiado
8. Mejora la función en comparación con la terapia de ejercicio dirigida a la rodilla a mediano y largo plazo.	apropiado
Terapia de ejercicio dirigida a la cadera	
9. Reduce el dolor en comparación con la terapia de ejercicios dirigida a la rodilla a corto plazo.	incierto
10. Mejora la función en comparación con la terapia de ejercicio dirigida a la rodilla a corto plazo	incierto
11. Disminuye el dolor en comparación con la terapia de ejercicios dirigida a la rodilla a mediano y largo plazo.	incierto
12. Mejora la función en comparación con la terapia de ejercicio dirigida a la rodilla a mediano y largo plazo.	incierto
13. El reentrenamiento de la marcha reduce el dolor y mejora la función a corto plazo	incierto
INTERVENCIONES COMBINADAS	
1. Disminuye el dolor a corto plazo.	apropiado
2. Disminuye el dolor a medio plazo.	apropiado
3. Disminuye el dolor a largo plazo en adolescentes con DFP.	incierto



ORTESIS DE PIE PREFABRICADAS	
1. Disminuye el dolor a corto plazo.	apropiado
2. Mejora la función a corto plazo.	incierto
VENDAJE Y REFUERZO ROTULIANO	
1. Vendaje patelar personalizado o no, reduce el dolor inmediatamente durante las tareas funcionales.	incierto
2. Vendaje rotuliano no adaptado combinado con ejercicio reduce más aún el dolor a largo plazo.	incierto
3. Refuerzo rotuliano para reducir el dolor a corto y medio plazo.	incierto
OTRAS INTERVENCIONES COMPLEMENTARIAS	
1. Acupuntura o punción seca en los puntos gatillo reducen el dolor a corto/mediano plazo.	incierto
2. La movilización femorrotuliana y de rodilla mejora el dolor o los resultados funcionales a corto plazo.	inapropiado
3. La movilización / manipulación lumbar mejora el dolor o los resultados funcionales a corto plazo.	inapropiado
4. Los agentes electrofísicos (por ejemplo, ultrasonido, fonoforesis y terapia con láser) mejoran el dolor o los resultados funcionales a corto plazo	inapropiado
5. Las técnicas manuales de tejidos blandos (p. Ej., Compresión isquémica de los puntos gatillo peripatelar y retropatelar; técnicas miofasciales) son beneficiosas a corto plazo	incierto
6. El entrenamiento de restricción del flujo sanguíneo es superior a la terapia de ejercicio centrada en las rodillas para reducir el dolor con las actividades de la vida diaria a corto plazo	incierto
7. El reentrenamiento de la marcha reduce el dolor y mejora la función a corto plazo	incierto

Tabla 2. Recomendación de los tratamientos físicos según evidencia científica. Elaboración propia a partir de los datos extraídos de Collins et al. (2018).

3.5. Tratamiento Preventivo

El primer paso hacia la prevención es el establecimiento de los pilares del manejo del DFP junto a la identificación de los posibles factores de riesgo (Crossley et al, 2019).

Por tanto, y como parece ser que el ejercicio físico tiene un influencia directa y primordial sobre el DFP, es la medida terapéutica que será fundamental para su prevención. Existen estudios donde evidencian que realizar un programa de ejercicios de fortalecimiento y estiramientos baja la incidencia del DFP con respecto a la población que no los realiza (Gómez Palomo et al, 2017).

Con fin del desarrollo y la evaluación de estrategias de prevención, la mayoría de los ensayos se han realizado en reclutas militares varones jóvenes bajo la premisa de ser una población con alto riesgo de DFP debido a un rápido aumento en la actividad física intensa como parte del entrenamiento militar. Las intervenciones para reducir el riesgo de DFP se han centrado en el uso de ortesis plantares o calzado específico, programas de estiramiento y fortalecimiento de miembros inferiores y aparatos ortopédicos femorrotulianos durante 6 y 16 semanas. Los resultados para cada intervención son los siguientes (Crossley et al, 2019).

- Las ortesis podálicas (plantillas prefabricadas versus planas o plantillas planas versus sin ortesis) o calzado deportivo (zapatillas de baloncesto versus botas de infantería normales) no redujeron significativamente el riesgo de DFP.
- Los aparatos ortopédicos femorrotulianos, en comparación con ningún aparato ortopédico, redujeron significativamente el riesgo de DFP hasta en un 50% y 74%.
- El efecto de los programas de estiramiento y fortalecimiento de las extremidades inferiores (en comparación con el calentamiento normal o el fortalecimiento de las extremidades superiores) fue mixto. Un estudio informó una reducción estadísticamente significativa del 75% en el riesgo de DFP, mientras que otros tres estudios no informaron una reducción significativa del riesgo.

Aunque los programas de estiramiento y fortalecimiento de las extremidades inferiores generalmente no fueron efectivos para reducir el riesgo de DFP en poblaciones militares y deportivas, las intervenciones reales a menudo se describieron de manera deficiente, con información limitada sobre si se proporcionaron las progresiones necesarias y la calidad del movimiento



optimizada y no siempre específica a la prevención del DFP. Sin embargo, existen otros estudios donde evidencian positivamente que realizar un programa de ejercicios de fortalecimiento y estiramientos baja la incidencia del DFP con respecto a la población que no los realiza (Gomez-Palomo et al, 2017; Crossley et al 2019).

Por tanto y como parece ser que el ejercicio físico tiene un influencia directa y primordial sobre el DFP, es la medida terapéutica que será fundamental para su prevención. Los ensayos futuros de prevención de la DFP deben evaluar la efectividad de los programas de entrenamiento neuromuscular dirigidos específicamente a los factores de riesgo conocidos y modificables de la DFP. Estos programas han demostrado su eficacia en la prevención de lesiones de lumbalgia y LCA, patología que guarda muchas analogías. La apreciación emergente de la educación para la salud, incluida la optimización de la carga de entrenamiento para evitar la sobrecarga de la articulación patelofemoral, es otro objetivo atractivo para futuros ensayos de prevención. Deben priorizarse a grandes grupos de población con un riesgo elevado de DFP, como adolescentes activos, atletas y corredoras (Gomez-Palomo et al, 2017; Crossley et al 2019; Winters et al, 2020).

Según algunos autores es difícil encontrar un déficit de fuerza muscular, aunque si una disminución de la resistencia a la fatiga que predisponga a padecer DFP, lo cual implicaría que la estrategia de abordaje mediante ejercicio físico terapéutico fuera diferente cuando el objetivo planteado sea prevención o tratamiento. Así en la prevención estableceríamos un programa tras la carrera donde primarían pocas repeticiones (Brown et al, 2019).



AVANCES EN EL TRATAMIENTO DEL
DOLOR PATELOFEMORAL CON VIBRACIÓN
DE CUERPO COMPLETO

4. AVANCES EN EL TRATAMIENTO DEL DOLOR FEMOROPATELAR CON VIBRACIÓN DE CUERPO COMPLETO

Desde la década de los 50 cuando se estudian los efectos de las vibraciones como agente mecánico capaz de producir una respuesta en el organismo. En sus inicios, aspecto que se mantiene a día de hoy, se abordó su estudio como agente pernicioso, se les presumía solo efectos negativos, y el mayor interés proliferó en aquellos oficios en los que se requerían exposiciones a vibraciones de alta frecuencia, amplitud y duración (Krajnak, 2018; Sagar & Lohana, 2019).

Fue a finales del siglo XX, cuando se abordaron los posibles efectos beneficiosos de las vibraciones en un organismo vivo. Las investigaciones realizadas en la primera década del siglo XXI se han centrado en analizar la influencia de las VCC en aspectos determinados del organismo, tipos de fuerzas, amplitud de movimiento, sistema cardiocirculatorio, sistema endocrino, sistema neurológico, etc. En la actualidad se encaminan al campo de la clínica valorando el comportamiento terapéutico en diferentes afecciones o enfermedades, donde se han abierto nuevas y prometedoras líneas de investigación en el campo de la salud como elemento terapéutico (Chanou et al, 2012; Albornoz & Meroño, 2012; Dolny & Reyes, 2008; Rittweger, 2020).

El examen del interés del mundo científico por la vibración de cuerpo completo pasa por la búsqueda estadística de las métricas de su término anglosajón “Whole Body Vibration -WBV” en la base de datos WOS. En ella nos aparecen un total de 4247 publicaciones, con un índice-h de 110 y una gran repercusión. El grueso lo forman en su mayoría artículos, 3205, que han sido generados entorno a la última década. La producción española esta en la séptima posición mundial con 252 publicaciones, siendo las primeras naciones por orden de mayor a menor Estados Unidos de America, Alemania, Inglaterra y Republica Popular China; y proliferan primordialmente desde las disciplinas de ingeniería con 1129, ciencias del deporte con 925, salud pública y medio ambiente con 470, rehabilitación con 401 y neurociencia/neurología con con 342.

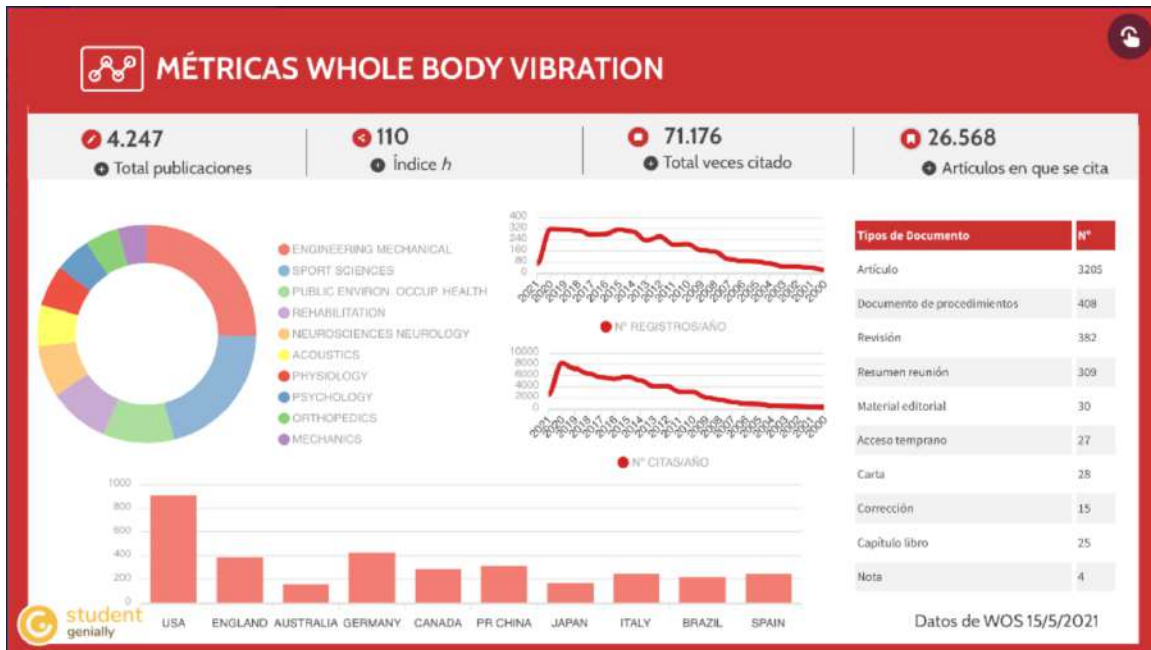


Figura 5. Análisis de las métricas de “WHOLE BODY VIBRATION”. Elaboración propia basada en los datos extraídos de la WOS el 11/5/2021.

El punto de inflexión se produce cuando Rittweger, en 2002, se pronunció sobre la idoneidad de añadir el empleo de la VCC en los programas de salud basados en fisioterapia y recuperación funcional, explicitando el caso de la lumbalgia. Tras esta justificada opinión, la aplicación de la VCC se ha teorizado y probado en multitud de patologías (Albornoz & Meroño Gallut, 2012).

El abanico de patologías abordadas es tan amplio y dispar que acoge desde procesos pediátricos hasta geriátricos, franqueando metabolismo óseo, lumbalgia, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, incontinencia urinaria, trastornos neuromusculares, neurológicos, cardiovasculares, síndrome metabólico y cáncer. Incluso recientemente se ha publicado una revisión valorando el potencial de la aplicación de la VCC como intervención útil y segura para el manejo de personas infectadas por Covid-19 (Albornoz & Meroño, 2012; Rittweger, 2020; Sañudo et al, 2020).

Se conoce el efecto de la VCC sobre el organismo, influencias sobre los sistema neuromuscular, endocrino y circulatorio; de ahí, su certificado medico como relevante en el tratamiento de ciertas afecciones, algunas relacionadas con nuestra cuestión. La acreditación como dispositivo médico requiere

estándares de calidad altos sobre los antecedentes científicos prueba de su efectividad terapéutica, calidad de producción y una atención específica sobre la seguridad de su uso y marco normativo. Sus posibles efectos adversos deben registrarse con las autoridades para garantizar que se identifiquen los posibles peligros para la salud y se tomen las medidas necesarias (Albornoz & Meroño, 2012; Chanou et 2012; Rittweger, 2020).

La aplicación y estudio de las VCC en la salud se presenta como un amplio campo apenas inexplorado y lleno de expectativas. A tenor del compendio de datos expuestos, la iniciativa por parte de todo tipo de profesionales sanitarios es considerable, pues las VCC ofrecen una amplitud encomiable en cuanto a aplicaciones en la salud se refiere (Albornoz & Meroño, 2012; Chanou et 2012; Rittweger, 2020).

No obstante, y pese a la teóricamente idoneidad de la VCC en el abordaje del DFP, no existe apenas bibliografía que recoja esta indicación ni nos informe sobre la factibilidad, seguridad y eficacia del procedimiento. quizás sean muchas las causas que frenan la investigación de esta terapia, el coste de los equipos, los beneficios inmediatos y poco duraderos y su reciente introducción en la práctica clínica, que la hace desconocida para el estamento terapéutico o incluso la banalidad de las modas. Hoy día es una terapia de fácil acceso, con muchas posibilidades de aportar mejoras y grata en cuanto a las sensaciones que produce su aplicación correcta. De ahí que desde nuestro ámbito de la Fisioterapia, y en concreto la aplicación terapéutica de la VCC, la propuesta de este estudio para el tratamiento del DFP (Albornoz Cabello & Meroño, 2012; Chanou et 2012; Rittweger, 2020).

4.1. Definición

Se denomina VCC a aquellas oscilaciones mecánicas aplicadas a grandes extensiones corporales influyendo en una respuesta adaptativa general, administradas mediante plataformas vibratorias (Albornoz & Meroño, 2012).

Fundamentado en la segunda ley de Newton o principio fundamental de la dinámica “*Fuerza = masa x aceleración*”, la aparición de una mayor gravedad

tendrá que originar una mayor fuerza. Las altas aceleraciones impuestas por la vibración de la plataforma actúan generando un ambiente o fenómeno de hipergravedad que exagera la respuesta adaptativa de nuestro organismo, sobre todo en los músculos esqueléticos modificando su capacidad funcional global. Es decir, la terapia vendrá determinada por las consecuencias neurales y morfológicas de realizar tareas en ese ambiente hipergrávido. Se han descrito cargas gravitacionales de hasta 14 G, 14 veces la acción de la gravedad en el planeta tierra (Albornoz & Meroño-Gallut, 2012).

De todos es conocido que el pilar fundamental conocido es la efectividad del ejercicio físico como terapia de diversas enfermedades musculoesqueléticas como lumbalgia, osteoartritis y el susodicho DFP; como recogen las guías clínicas y artículos científicos. Pero en los últimos tiempos los resultados de estos estudios parecen ser mejores si añaden el componente de VCC (Wang et al, 2015; Ribeiro et al 2019; Hisao et al, 2019; Wang et al 2020; Willy et al, 2019; Rittweger, 2020; Yañez et al 2020; Wallis et al, 2021; Corum et al 2018; Yañez et al, 2020; Rajis et al, 2020).

Patología musculoesquelética	Autores, año
Lumbalgia	Wang et al, 2020; Rittweger, 2020
Osteoartritis de rodilla	Wang et al 2015; Ribeiro et al 2019; Hsiao et al 2019
DFP	Corum et al 2018; Yañez et al 2020; Rajis et al, 2020.

Tabla 3. Patología musculoesquelética con publicaciones que mejoran al incluir VCC. Elaboración propia a partir de los estudios citados en la tabla.

Haciendo caso expreso a la recomendación general en DFP de usar la terapia de ejercicio físico como piedra angular, trabajando las regiones de cadera y rodilla; con el objetivo de aumentar la fuerza en todas sus vertientes resistencia, fuerza aplicada y potencia junto con la facilitación neuromuscular. Por eso en este trabajo entendemos la ventaja de realizarlo bajo la influencia de la VCC.

4.2. Efectos neurofisiológicos de la vibración de cuerpo completo y su aplicación

Las vibraciones al tratarse de un estímulo mecánico propagado por todo el cuerpo estimulan una serie de mecanorreceptores cutáneos, sensoriales,

musculares, etc. entre los que destacan los husos neuromusculares y el órgano tendinoso de Golgi; que desencadenarán el reflejo tónico vibratorio (RTV) responsable de la contracción o relajación muscular. Se cree, que esta actividad refleja es la responsable en la mayor parte de los efectos de la VCC y por tanto de nuestro interés para el tratamiento del DFP (Albornoz & Meroño-Gallut, 2012; Rittweger, 2020).

El RTV actúa sobre los diferentes mecanorreceptores reduciendo (efecto inhibitor) ó aumentando (efecto facilitador) su actividad según la disposición y actividad momentánea de la estructura influenciada. A lo que se suma un aumento de la actividad electromiográfica y de varias expresiones de fuerza aplicada, contracción voluntaria isométrica y concéntrica máximas, y potencia muscular. A los procesos internos que provocan estas adaptaciones se le denomina “estrategia de afinamiento” de la actividad muscular (Albornoz & Meroño-Gallut, 2012).

Existen una multitud de estudios que respaldan el empleo de la VCC en el tratamiento del DFP. Son estudios cuyos parámetros, analizados con mejoras, serían empíricamente extrapolables al tratamiento ideal del DFP. Los objetivos han sido variados y la influencia de la VCC sobre los sistemas muscular, esquelético, nervioso, articular, endocrino, circulatorio, linfático y tegumentario ha quedado manifiesta. Expresamos brevemente los más importantes para nuestra cuestión (Albornoz & Meroño-Gallut, 2012).

- Mejora la fuerza muscular en todas sus variantes y tanto de forma analítica como aplicada. Incluido un efecto reductor de la percepción del dolor muscular que facilita la práctica y recuperación de la actividad física.
- Favorece de forma enfática la amplitud de movimiento.
- Aumenta la facilitación neural, de ahí que se incremente el rendimiento del reclutamiento neuromuscular, la coordinación y el equilibrio estático y dinámico.
- Incremento de la densidad mineral ósea, en casos osteopenia y/o osteoporosis. Aquí hay disparidad de criterios en cuanto a las



características de la exposición, mediciones, resultados e interpretaciones; no obstante, casi la totalidad de los autores concluyen el efecto positivo.

- Acrecentamiento de la potencia metabólica del ejercicio y síntesis de hormonas anabólicas, hormona del crecimiento, testosterona, adrenalina, noradrenalina, etc. Además, sin la correspondiente subida de nivel de las hormonas catabólicas ó marcadores séricos de daño muscular (cortisol).

Destaquemos el importante papel que juega la hormona del crecimiento, pues en su presencia se estimula la pérdida de peso, disminución del tejido adiposo alrededor del abdomen, incremento de la densidad ósea, de la masa magra, de la circulación, de los niveles lipídicos en sangre y varios efectos inmunitarios.

Esta inducción anabólica beneficia al sujeto acelerando la adaptación al entrenamiento y la recuperación en cualquier tipo de proceso.

- Mejora la oxigenación del sistema cardiovascular mediante la regulación del sistema nervioso vegetativo, la eficiencia en la captación de oxígeno y la circulación local.

De forma general se aumenta la velocidad del flujo sanguíneo, el volumen de la circulación periférica y el retorno venosos y linfático. Durante la acción de la VCC se incrementan la resistencia periférica total, la presión arterial media manteniendo el gasto cardiaco necesario. Después de la exposición a la VCC y respecto a condiciones de reposo disminuyen la resistencia periférica total y la presión arterial diastólica, manteniéndose aumentada la presión arterial sistólica. Hecho que se normaliza pasados los 15 minutos.

Otro aspecto importante respecto a los parámetros de administración de la VCC es la frecuencia, las bajas aumentan el consumo máximo de oxígeno, la oxidación muscular y sanguínea, activación del flujo sanguíneo local y general, activación de la temperatura y enzimas locales. Mientras las frecuencias altas provocan un aumento de la presión arterial.

✖ AVANCES EN EL TRATAMIENTO DEL DFP CON VIBRACIÓN DE CUERPO COMPLETO

- Mejora la composición corporal, si bien el sujeto no tiene que perder peso, al incrementar la función muscular, la ósea y la osmosis hídrica, la composición corporal cambia de forma que la porción grasa es menor.
- En la clínica neurológica de origen central mejora la percepción somatosensorial y por tanto los trastornos posturales recentrando y estabilizando el centro de gravedad del cuerpo humano. También progresa en el ámbito funcional y de la independencia, incluyendo otros trastornos menores como temblor o rigidez.

4.3. Dosificación de los parámetros para la aplicación de la vibración de cuerpo completo

La aplicación de la VCC mediante plataformas vibratorias requiere el razonamiento de diferentes parámetros de dosificación, unos derivados de la propia metodología del ejercicio y otros desarrollados por la vibración.

Los parámetros a programar en el equipo serán, frecuencia, amplitud, tiempo de exposición, además en nuestro caso el control neumático para corregir la diferencia de peso "*air adaptive*". Del producto de ellos es del que va a derivar la carga mecánica, aportando la intensidad y el volumen.

Frecuencia de la vibración. Es el numero de impulsos mecánicos, vibraciones, por segundo y se mide en hertzios (Hz). Refleja el número de veces y la velocidad a la que se desplazará la plataforma. Los límites convencionales suelen estar entorno a los 20 y los 50Hz. Las frecuencias fuera de este rango son consideradas posiblemente dañinas o menos operativas. Por debajo de 20 Hz entraríamos en la zona de resonancia tisular y por encima de los 40 Hz disminuye la percepción y adaptación a la estimulación mecánica exponencialmente. No obstante, la mejor respuesta del aparato neuromuscular suele estar entre los 30 y 50 Hz (Albornoz & Meroño-Gallut, 2012).

Recopilando la evidencia científica se pueden establecer unos rangos de frecuencias en función del objetivo, quedando así para flexibilidad 30 Hz, potencia 10 Hz, fuerza dinámica e isométrica 30-50 Hz, 35 Hz, 25-45 Hz, rehabilitación y fisioterapia para mejorar el equilibrio y la movilidad en personas

mayores 10 y 26 Hz y pacientes con afecciones neurológicas 1.0-4.4Hz y 20 Hz, para reducir el dolor lumbar inespecífico, caídas y tasas de fracturas en adultos mayores de 50 años de edad y mejora del recambio óseo, para la prevención del desacondicionamiento físico debido a la inmovilización prolongada y descarga 18-26 Hz. Para nosotros es de interés destacar que entre 40-60 Hz es la franja donde se desarrolla el movimiento ilusorio (Naito et al, 1999; Tidoni, 2014; Rittweger, 2020).

Amplitud de la vibración. Distancia recorrida por la vibración desde su pico negativo a su pico positivo. Se expresa en mm y representa la altura-longitud del desplazamiento de la plataforma. El límite legal para las plataformas vibratorias está en 5mm. Las amplitudes de la vibración ideales entre los 2 y los 10 mm. Siendo 2mm y 4mm las más empleada y las disponibles en nuestro dispositivo.

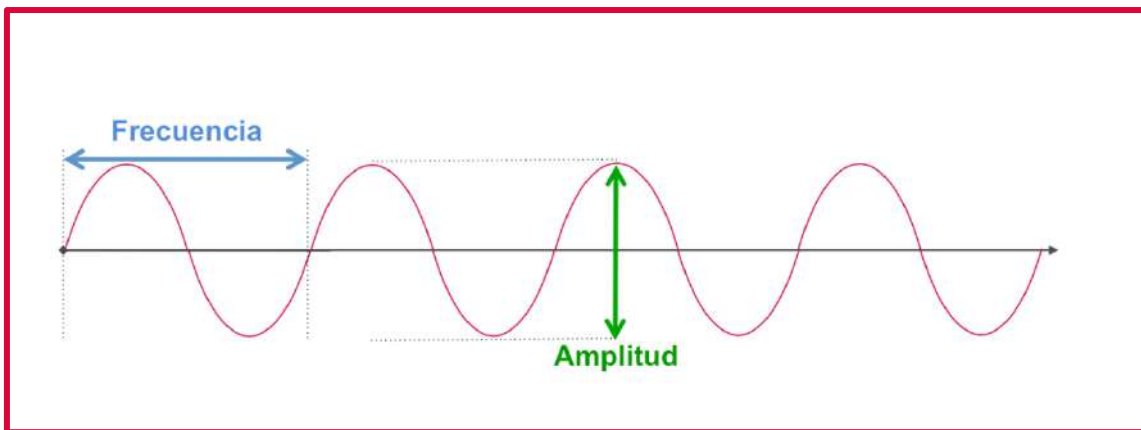


Figura 6. Parámetros físicos de la onda vibrátil: Frecuencia y amplitud. Elaboración propia.

Por unanimidad los autores citan la importancia de la relación conjunta de frecuencia y amplitud. Aunque no se logra un acuerdo sobre las combinaciones más efectivas. Pujari et al. comenta que la frecuencia de 50Hz con 0,5mm desarrolla mejor actividad neuromuscular en cuádriceps que 50Hz con 1,5mm; y 30Hz con 1,5 mm actuó mínimamente sobre el bíceps femoral (Pujari 2019; Albornoz & Meroño-Gallut, 2012; Rittweger, 2020).

Es necesario que se reflejen todos los datos sensibles en el informe de la investigación. Por culpa de estas ausencias, riesgos de malentendidos y la producción de informes incompletos, la gran parte de la evidencia relativa a VCC

✘ AVANCES EN EL TRATAMIENTO DEL DFP CON VIBRACIÓN DE CUERPO COMPLETO

no es concluyente y las revisiones metaanalíticas difícilmente pueden generar conocimientos. Ante esta situación de capital importancia, los miembros de la World Association of Vibration Exercise Experts (Wavex) han elaborado un documento de consenso donde se recogen los datos que deben quedar registrados para mejorar la calidad de los informes, la comparabilidad y facilitar el desarrollo de diseños de los estudios de VCC en humanos. (Wuestefeld et al, 2020).

Category	Items
<i>Information about vibration</i>	1. The type of vibration (i.e., synchronous, side-alternating, other)
	2. The units of the vibration parameters
	3. The amplitude of the vibration (in mm)
	4. Which frequency (Hz) is used
	5. The position of each foot on the base of the vibration platform to calculate PDD or amplitude for side-alternating vibration
	6. Whether the frequency (Hz) is constant or variable
	7. Whether manufacturer settings or own settings are used
	8. How the vibration parameters are measured
	9. Whether the vibration is immediately full or increases slowly
	10. Which peak-to-peak displacement (PDD) of the vibration occurs
	11. Where on the platform the vibration parameters are measured
	12. Which peak-acceleration (in multiples of g) occurs
	13. The definitions/explanations of the vibration parameters (see [1,6,23,32])
	14. Vibration parameters should be measured with
<ul style="list-style-type: none"> • frequency and amplitude, or • frequency, amplitude, and peak-to-peak displacement, or • the aid of 3D-accelerometers <ul style="list-style-type: none"> a. with 3D-accelerometer at vibration platform and on participant, and/or b. 3D-accelerometer for vertical and horizontal acceleration 	
<i>Information about device</i>	15. >Whether the device vibrates horizontal, vertical, side-alternating, waveform changing, or other)
	16. Whether changes are made to the device (e.g., mounting a chair on it)
	17. The manufacturer, device specifications, and production type
	18. Whether a handrail is available
<i>Information about administration</i>	19. Which posture or body position the participants take on during the vibration (e.g., sitting, standing, squatting)
	20. Whether the position/posture changes during the WBV (static versus dynamic exercise)
	21. The number of sessions where WBV was utilized
	22. The resting time between sessions of WBV
	23. The number of exposures to WBV within one session
	24. Where the feet of the participants are placed
	25. The total exposure time to WBV across all sessions
	26. Where the hands of the participants are placed
	27. The on vs. off-times of vibration (e.g., pauses and how long) within one session
	28. Which exact tools and aids were used during the WBV (e.g. type and size of dumbbells)
	29. Whether the outcome measures (cognitive/physical) are assessed during or after the WBV
	30. Whether an examiner was present to supervise the WBV administration
	31. Possible follow-ups to determine possible lasting effects
	32. To report whether only parts of the subjects' body are subjected to vibration (e.g., only the feet)
	33. The location of the intervention (e.g., hospital or gym)
	34. To explain the decision which parts (e.g., only feet) of the participants are subjected to vibration and why

Figura 7. Relación de parámetros dosificados a reflejar en el informe de investigación. Extraída de Wuestefeld et al, (2020).



4.4. Efectos de la vibración de cuerpo completo sobre el dolor patelofemoral

En este apartado nos centraremos en la implicación de los efectos generados que pueden ser esenciales en el tratamiento del DFP, dolor, función y amplitud de movimiento. Primero, expondremos como las VCC influyen sobre ellas, para posteriormente recoger las experiencias presentes en la literatura científica.

4.4.1. DOLOR

No está claramente razonado el mecanismo por el que la VCC tiene un efecto analgésico sobre los procesos agudos y crónicos. Algunos estudios la han equiparado a la estimulación eléctrica transcutánea nerviosa (TENS), fundamentándose en la teoría del control de la puerta, según la cual las señales aferentes conducidas por fibras gruesas mielinizadas, inhiben presinápticamente la actividad de las fibras delgadas nociceptivas; y la teoría de la liberación de endorfinas por mediar las contracciones musculares provocadas por el RTV y los ejercicios. Mas allá aún, a nivel superior parece ser que genera adaptaciones corticoespinales, alteración del sistema propioceptivo llegando a crear la llamada “respuesta de movimiento ilusorio”, adaptación de los nociceptores y elevación del umbral de dolor, estrategias que también reportan reducción del dolor (Albornoz & Meroño-Gallut, 2012; Rittweger, 2020; Rittweger, 2020) .

De hecho, según recoge Rittweger la combinación de TENS con VCC produce mayor disminución de dolor que cualquiera de las modalidades de forma independiente, quizá porque cada tipo de estímulo actúa sobre una subclase particular de mecanoreceptor táctil. La conducta del sujeto bajo estos influjos parece alentarnos a que es enorme el estímulo aferente en piel, músculo y tendón. (Rittweger, 2020).

En experimentos se ha demostrado que la vibración del tendón propicia el reclutamiento de aferentes musculares que reducen el dolor muscular crónico, la vibración tangencial de la piel hace lo propio con los receptores cutáneos. También se confirmó que la activación simultánea de ambos canales sensitivos

provoca efectos analgésicos mas fuertes y prolongados. Tal es así que los sujetos que percibieron movimientos ilusorios reportaron el efecto mas fuerte, muestra de la influencia de las VCC a nivel cortical; se cree en la posible modulación de la corteza sensitivomotoras a través de los movimientos ilusorios y los movimientos reales reduciendo las sensaciones dolorosas percibidas (Rittweger, 2020)

La influencia de la VCC en el metabolismo hace que aumente el consumo de oxigeno, la temperatura local, la actividad enzimática y la secreción de hormona del crecimiento junto con la reducción de marcadores séricos de daño muscular. No debemos olvidar que al facilitar el ejercicio y la respuesta muscular también facilita la liberación de productos metabólicos que contribuyan a la respuesta analgésica (Albornoz & Meroño-Gallut, 2012).

Pero cuidado, hay que tener en cuenta que la actividad aferente inducida por la vibración también puede desencadenar el efecto contrario, es decir, un aumento del dolor en determinadas condiciones (Rittweger, 2020).

4.4.2. FUNCIONALIDAD

Como hemos citado anteriormente, produce adaptaciones en sistema nervioso central y periférico de las que se pueden destacar la facilitación neural, el aumento del reclutamiento neuromuscular, la optimización del mecanismo de retroalimentación propioceptivo y una mayor coordinación en las unidades motoras intra e intermusculares. Así mejora la coordinación de músculos sinérgicos y la inhibición de músculos antagonistas. Estas adaptaciones neuromusculares agudas, crónicas y ganancias de fuerza son similares al entrenamiento de resistencia tradicional con cargas elevadas. Pero la evidencia científica demuestra que durante la vibración existe mayor actividad neuromuscular que en comparación con la observada durante ejercicios equivalentes realizados sin un estímulo vibratorio dependiente de la dosis (Albornoz & Meroño-Gallut, 2012; Rittweger, 2020; Yáñez et al 2020).

Los estudios que reportan estos datos surten de evidencia a la cuestión más investigada de las VCC, la mejora en fuerza y funcionalidad. Se le atribuye



la capacidad de generar fuerza en todas sus variantes, isotónica, isométrica, potencia, etc. y aplicaciones contribuyentes al desarrollo de la función. Los mecanismos fisiológicos subyacentes a las respuestas del cuerpo humano a la VCC no se comprenden completamente, y la evidencia existente es errática en lo referente al tamaño y la dirección de los efectos evocados (Albornoz & Meroño-Gallut, 2012; Rittweger, 2020; Yáñez et al, 2020).

No debemos menospreciar que ligado a la función muscular está el sistema circulatorio, el cual bajo un ambiente de VCC aumenta su flujo sanguíneo local/regional, así como la circulación linfática. Este aumento de la circulación sanguínea periférica es uno de los responsables de la mejor recuperación muscular y funcional que causa, donde debemos reseñar la reducción de las molestias pos entrenamiento.

Gran parte de los efectos del estímulo vibratorio en el sistema neuromuscular pueden ser justificados mediante la evidencia dejando por solventar algunas incógnitas y a sabiendas de que pueden existir otras posibles vías de explicación. *“La evidencia predominante atribuye el aumento de la activación y el rendimiento neuromuscular a la capacidad del estímulo vibratorio para influir en los procesos neurales en los niveles espinal y supraespinal del sistema nervioso central humano (SNC). El circuito espinal es la primera etapa dentro del circuito de retroalimentación sensoriomotora para generar respuestas rápidas y efectivas a la entrada propioceptiva. Además, se ha demostrado que la entrada directa de las aferentes musculares, en particular de las aferentes a la corteza cerebral, las áreas corticales motoras y las proyecciones corticoespinales contribuyen hasta en un 30% de la impulsión neural central al músculo durante la actividad y, por lo tanto, desempeñan un papel importante en el control motor”.* (Rittweger, 2020).

En relación a los efectos supraespinales se ha demostrado que las áreas corticales del cerebro reciben información propioceptiva directa. Además de la activación de la primaria (Ia) y, en menor medida, la secundaria (II) y las aferentes Ib de los órganos tendinosos de Golgi. La electroencefalografía (EEG,) para estudiar los potenciales evocados somatosensoriales, ha informado que la vibración de diferentes frecuencias (40-80-160 Hz) entregada a músculos evoca

potenciales corticales fásicos con un componente altamente lateralizado, es decir, que se origina en la corteza sensorial primaria y una porción posterior de distribución focal de potenciales localizados en el surco central contralateral al segmento trabajado. También se observó potenciales evocados negativos que se distribuyeron simétricamente en las regiones frontocentrales, lo que se interpretó como evidencia de activación cortical inducida por vibraciones más allá de los campos sensoriales primarios, muy probablemente relacionados con el fenómeno cinestésico. La ilusión cinestésica inducida por vibraciones musculares es de gran interés como herramienta para los científicos y los profesionales de la rehabilitación de la función sensoriomotora y para la creación de entornos virtuales multisensoriales (Rittweger, 2020).

En laboratorio se ha confirmado los efectos nerviosos excitadores mediante la reducción del umbral motor, el aumento de la amplitud y el área total de los potenciales evocados motores, así como la reducción de la latencia y el período de silencio de los potenciales evocados motores. De manera similar a los efectos del ejercicio prolongado, los efectos facilitadores de la vibración sobre la activación del músculo están acompañados de inhibición de la producción cortical al músculo antagonista y al músculo antagonista contralateral no vibrado. Lo más probable es que la inhibición interhemisférica inducida por vibraciones tenga lugar por las vías transcallosales. El potencial de utilizar la vibración muscular para inducir una neuroplasticidad duradera se ha reconocido desde hace mucho tiempo como una herramienta para ayudar a la rehabilitación de trastornos y lesiones neurológicas (Rittweger, 2020).

Más recientemente, se han demostrado efectos transitorios similares sobre los procesos corticoespinales e intracorticales relacionados con la activación de los músculos de las extremidades inferiores en comparación con el control. Durante el ejercicio de sentadillas realizado en una plataforma VCC, aumento del 50% en la excitabilidad corticoespinal y reducción del 20% en la excitabilidad intracortical tanto facilitadora como inhibitoria en comparación con una condición de control que implicaba ponerse en cuclillas sobre una plataforma VCC apagada. Curiosamente, durante este estudio sólo la inhibición intracortical del antagonista se redujo, lo que destaca la especificidad muscular de los efectos



de la vibración. A pesar de utilizar un enfoque diferente para realizar el ejercicio de vibración, es decir, durante una postura relajada y erguida sobre una plataforma VCC de lado alterno, Krause et al. observó hasta 30% aproximadamente de retención de las amplitudes de los potenciales evocados motores aumentados después del VCC acompañado de una reducción en los reflejos H registrados en tríceps sural en respuesta a la estimulación del nervio periférico (Rittweger, 2020).

En conclusión, los hallazgos de los estudios que emplean ejercicios de VCC refuerzan y amplían la evidencia de los procesos corticales intra e interhemisféricos mejorados por vibración. Se ha observado una mayor dependencia de las contribuciones corticales y subcorticales, en lugar de las reflexivas espinales, al comando motor central enviado a la musculatura activa, tanto durante como después de la vibración. Esto implica que los ejercicios de vibración pueden mejorar la integración sensoriomotora y el rendimiento muscular de forma bilateral y, por lo tanto, tienen implicaciones beneficiosas para la recuperación de la activación y coordinación muscular durante las acciones voluntarias (Rittweger, 2020).

Respecto a los efectos espinales, los estudios se centran principalmente en los reflejos somáticos, con énfasis en las motoneuronas alfa, que afectan la actividad muscular relacionada con el control de la longitud y la tensión del músculo, pero prestan menos atención a los reflejos de retracción provocados en los lados ipsi y contralateral. La investigación ha evaluado los cambios en el reflejo de Hoffmann (reflejo H) y los reflejos de estiramiento del huso muscular. El reflejo de estiramiento espinal se induce después de un estiramiento muscular, mientras que el reflejo H es el resultado de una estimulación eléctrica. Por lo tanto, el reflejo H es el análogo eléctrico del reflejo de estiramiento muscular y se provoca puenteando al huso muscular y despolarizando directamente el nervio aferente. Las amplitudes se recuperan progresivamente después en un período de 5 a 30 min. El consenso científico alcanzado en las últimas décadas destaca efectos significativos de la vibración sobre la excitabilidad espinal, que provocan una inhibición temporal tanto de los reflejos de estiramiento como de los reflejos H (Rittweger, 2020).

Sobre la Actividad de la motoneurona espinal, la evidencia científica concuerda ampliamente en que la estimulación por vibración da como resultado una inhibición significativa y sostenida de la amplitud del reflejo H; y del reflejo de estiramiento e incluso en el segmento contralateral o no vibrado, mas no hay consenso sobre el tamaño y la persistencia de esta inhibición ejercida en el grupo de motoneuronas alfa. Lo más probable es que esto se deba a los enfoques metodológicos no homogéneos, los parámetros de vibración y los grupos de músculos afectados (Rittweger, 2020).

El mecanismo subyacente al efecto de la vibración en la descarga de las motoneuronas espinales parece fundamentarse probablemente en la alta activación de las aferentes Ia por las respuestas del huso muscular a los estímulos vibratorios causando la supresión de la respuesta del reflejo H durante la VCC que a su vez se sustenta en (Rittweger, 2020):

1. El aumento de la inhibición premotoneuronal, directamente al afectar la eficacia de las terminaciones aferentes primarias del huso muscular presinápticamente, a través de la depresión postactivación.
2. La inhibición presináptica, indirectamente al afectar las interneuronas que inhiben las primarias del huso a través varias interneuronas.
3. La depresión homosináptica, es la modulación dependiente de la frecuencia de la aferente Ia, la sinapsis motoneurona que surge de la activación previa de aferentes musculares homónimos. las motoneuronas después de ser reactivadas por impulsos antidrómicos generados durante la despolarización supramáxima de un nervio periférico.

Otra evidencia de la mejora de la inhibición presináptica por vibración proviene del demostrado aumento del umbral de activación de las aferentes Ia, una depresión postactivación significativa debido a la depleción de neurotransmisores en las terminales aferentes Ia y un aumento de la inhibición recíproca disináptica de antagonistas a músculos agonistas. Se ha demostrado que el aumento adicional de la inhibición presináptica de las aferentes Ia de descarga está mediado por interneuronas gabaérgicas bajo control supraespinal (Rittweger, 2020).



La interacción espinal-supraespinal en las respuestas de los músculos esqueléticos a la VCC es esencial y muy compleja para su relevancia funcional. Existe evidencia contundente sobre adaptaciones neuronales y plasticidad en respuesta a la exposición a vibraciones (Rittweger, 2020).

4.4.3. RANGO DE AMPLITUD DE MOVIMIENTO

Existe numerosa bibliografía al respecto, junto con la fuerza es uno de los aspectos mas indagados en las VCC. Sus efectos son inmediatos, como hemos expuesto recientemente en el apartado anterior, se relaciona fundamentalmente con el RTV y se produce sin interacción con la producción de fuerza (Albornoz & Meroño-Gallut, 2012; Rittweger, 2020; Yáñez et al, 2020).

A la acción refleja le acompaña el efecto analgésico, donde toma importancia la adaptación de los nociceptores y el aumento del umbral de dolor. Además, concurren con el aumento de la temperatura y su consecuente efecto tixotrópico aumentado por la vibración (Albornoz & Meroño-Gallut, 2012; Rittweger, 2020; Yáñez et al, 2020).

Estos mismos argumentos recoge un metaanálisis que aborde la estimulación exógena del músculo esquelético o del tendón se utiliza a menudo para mejorar la amplitud de movimiento. Siendo la VCC una herramienta que lo práctica de forma exponencial, no se han podido aclarar los efectos de la vibración sobre la flexibilidad. El metanálisis mostró que las intervenciones de vibración tuvieron efectos significativos sobre la flexibilidad, llegando a la conclusión de que el uso de vibraciones podría conducir a mejoras en la flexibilidad (Osawa, & Oguma; 2013).

4.4.4. ENSAYOS CLÍNICOS DE VIBRACIÓN DE CUERPO COMPLETO Y DOLOR PATELOFEMORAL

Ya se ha propuesto como conveniente el empleo de VCC en el tratamiento de trastornos musculoesqueléticos como la lumbalgia. Si a este le unimos, como se ha citado anteriormente, que junto con la osteoartrosis y la recuperación de la RLCA son trastornos del mismo sistema con multitud de características similitudes en cuanto a concepto fisiopatológico y gestión del tratamiento

podemos indagar en el probado el efecto de la VCC en la recuperación de alguna de estas lesiones. Todos ellos van buscando la posibilidad de obtener unos efectos beneficiosos mas tempranos, realizar ejercicio físico con menor impacto, reducir la cronicidad, un mejor pronóstico, mejoras en la calidad de vida relativa a la salud y reducir costes. (Wang et al, 2015; Ribeiro et al 2019; Hisao et al, 2019; Wang et al 2020; Willy et al, 2019; Rittweger, 2020; Yañez et al 2020; Wallis et al, 2021; Corum et al 2018; Yañez et al, 2020; Rajis et al, 2020).

En 2019, se comprobó que la intervención con VCC para pacientes tras RLCA tuvo un efecto significativo inmediato en el aumento de la fuerza de los extensores de rodilla y una disminución de la hinchazón de la rodilla/pantorrilla. Dicha afirmación se sustentó en la bajada de la intensidad del dolor y la mejora en el rendimiento funcional en ambos grupos sin una diferencia significativa entre los grupos. No hubo diferencias significativas en el rango de movimiento de la rodilla (ROM) y el rendimiento funcional entre los grupos (Hsiao et al; 2019).

Wang et al, en 2020, realizaron una revisión sistemática de ECAs para resumir y determinar la eficacia de la terapia de VCC en individuos con dolor lumbar inespecífico mediante la valoración de los parámetros de VCC, la intensidad del dolor y/o la capacidad funcional, así como la calidad metodológica de los estudios. Demostraron que la VCC puede reducir el dolor lumbar y mejorar las capacidades funcionales de los pacientes; sin embargo, no está clara la frecuencia y duración óptimas de la vibración para uso terapéutico.

Se incluyeron en la revisión sistemática 7 ECA publicados (418 pacientes). Debido a la heterogeneidad en los parámetros de vibración y prescripciones, y al pequeño número de estudios, no se realizó un metanálisis. El 66% de los estudios incluidos que utilizaron el dolor como medida de resultado mostraron que la VCC tuvo un efecto beneficioso sobre el dolor en comparación con el grupo control, pero solo el 33% de los ensayos se consideraron de alta calidad metodológica. Entre el 66% estudios que midieron la capacidad funcional, el 50% de ellos con buena calidad, informaron diferencias significativas entre los grupos a favor de VCC. Por lo que concluyó en la existencia de evidencia limitada sugerente del beneficio de la VCC par la lumbalgia inespecífica en comparación con otras formas de intervenciones

(entrenamiento de estabilidad, fisioterapia clásica, actividad diaria de rutina) (Wang et al; 2020).

Específicamente con el objetivo de averiguar los efectos del entrenamiento con VCC sobre pacientes con DFP, solo hemos encontrado dos artículos a parte del nuestro (Corum et al, 2018; Rajis et al, 2020; Yáñez et al, 2020).

Un primer ECA titulado “*Effects of whole body vibration training on isokinetic muscular performance, pain, function, and quality of life in female patients with patellofemoral pain: a randomized controlled trial*”, valoró el rendimiento muscular isocinético, el dolor (EVA), la función (KPS) y la calidad de vida (SF-36) antes y después del tratamiento. La muestra final fueron 34 mujeres de 18 a 40 años, de las cuales aproximadamente la mitad formó parte del grupo experimental y recibió un entrenamiento con VCC supervisado 3 veces por semana durante 8 semanas, con un total de 24 sesiones. El programa de ejercicios consistió en 4 ejercicios repetidos 3 veces durante 30s, 45s y 60s con una pausa de 30s entre cada ejecución y 60s cada cambio de ejercicio. Los ejercicios fueron lunge isométrico con pie delantero apoyado en la plataforma, semisentadilla isométrica, semisentadilla isométrica con pelota entre las rodillas y sentadilla dinámica entre 45°-60° de flexión rodilla-cadera. El trabajo total de los extensores de rodilla y EVA mejoró significativamente después del tratamiento en el grupo VCC en comparación con el grupo de control. Sin embargo, no hubo diferencias significativas entre los grupos en el seguimiento de 6 meses. Los presentes hallazgos concluyeron en una recomendación donde ocho semanas de entrenamiento VCC más ejercicio en casa pueden reducir el dolor y mejorar la resistencia de los extensores de rodilla de manera más efectiva que el ejercicio en casa de un paciente con DFP (Corum et al, 2018).

Otro segundo ECA, ligeramente posterior al nuestro, titulado “*Effects of whole body vibration with exercise therapy versus exercise therapy alone on flexibility, vertical jump height, agility and pain in athletes with patellofemoral pain: a randomized clinical trial*”. Sus autores evaluaron antes y después los efectos de la VCC en un programas de ejercicios en la intensidad del dolor, la flexibilidad, la agilidad, la prueba de “seat and reach”, el “T-test” modificado, y la altura del

salto vertical en atletas con PFP. Atletas masculinos con PFP fueron aleatorizados en dos grupos iguales, grupo experimental con VCC + ejercicio y grupo control con ejercicio solo. La terapia se administró en sesiones por semana, durante 4 semanas consecutivas; totalizando un global de 12 sesiones. Los participantes se colocaron en la plataforma VCC en posición de sentadilla con 30 grados de flexión de rodilla, cada sesión incluyó 2 series de entrenamiento de 60 s con un intervalo de 30 s entre series. Los parámetros de la vibración axial, frecuencia 50 Hz y amplitud 4 mm de VCC. La vibración de todo el cuerpo se aplicó durante las mismas sesiones que la terapia de ejercicios, con un descanso de 15 minutos entre los dos tratamientos. Los ejercicios que ambos grupos recibieron (3 sesiones de 45 a 60 min / semana) en dos fases:

Fase 1 (primeras dos semanas): 3 min de calentamiento en bicicleta estática, isométricos de cuádriceps con rodilla en extensión (2 series, 10 repeticiones, 10 s de mantenimiento), elevaciones de pierna estirada en decúbito supino (3 series, 10 repeticiones, 10 s de mantenimiento), elevaciones de pierna estirada en decúbito lateral (3 series, 10 repeticiones, 10 s de mantenimiento), apoyo monopodal (3 series, 30 s mantener). Autoestiramientos de los isquiotibiales (mantenimiento de 30 s, 3 repeticiones), cuádriceps (mantenimiento de 30 s, 3 repeticiones) y músculos de la pantorrilla (mantenimiento de 30 s, 3 repeticiones).

Fase 2 (2 últimas semanas): 3 min de calentamiento en bicicleta estática. Autoestiramientos de la banda iliotibial (mantenimiento de 30 s, 5 repeticiones), isquiotibiales (mantenimiento de 30 s, 5 repeticiones), cuádriceps (mantenimiento de 30 s, 5 repeticiones) y músculos de la pantorrilla (mantenimiento de 30 s, 5 repeticiones) isométricos de cuádriceps con rodilla en extensión (2 series, 15 repeticiones, 10 s de mantenimiento) Ejercicios dinámicos: ejercicio en máquina de cable con apoyo monopodal en flexión (3 series, 10 repeticiones), direcciones de extensión y abducción (3 series, 10 repeticiones), mini sentadillas bilaterales (3 series, 10 repeticiones) y ejercicio de plancha boca abajo (3 series, 10 repeticiones).

Durante los ejercicios dinámicos, el capacitador dio retroalimentación verbal a los participantes para corregir el error y aumentar la motivación. Los ejercicios se interrumpieron si los participantes informaron algún dolor en la rodilla. Después de las intervenciones, todas las variables de altura del salto vertical, flexibilidad, agilidad e intensidad del dolor mejoraron significativamente en ambos grupos ($p < 0.05$). La prueba de flexibilidad mostró una mejora significativamente mayor en el grupo de ejercicio VCC ($p < 0,001$), mientras que para la altura del salto vertical, la agilidad y la intensidad del dolor, no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los grupos ($p > 0,05$). Los hallazgos mostraron que la terapia de ejercicio con y sin VCC puede disminuir significativamente el dolor y aumentar la agilidad, la altura del salto vertical y la flexibilidad en atletas con PFP. Sin embargo, agregar VCC a la terapia de ejercicio de rutina puede aumentar los efectos de esta última sobre la flexibilidad (Rasti et al, 2020).

Para una mejor visualización de estas investigaciones de los efectos de las VCC sobre los pacientes con DFP, hemos elaborado un cuadro resumen.

Autoría	Año	Periodización (ses/sem)	Duración (sem)	Población (n)	Tamaño	Profesión	Edad (años)	Género	Variable de medida	Método de medida
Corum et al.	2018	3	8	40	$\alpha = 0.05,$ $\beta = 80,$ 95% IC	indiferente	18-40	100% mujer	Dolor Funcionalidad Calidad de vida	EVA KPS SF-36
Yáñez Alvarez et al.	2020	3	4	50		indiferente	30-65	50% hombre 50% mujer	Dolor Funcionalidad Amplitud movimiento	EVA DN4 KPS LEFS
Rasti et al.	2020	3	4	24		atleta	20-31	100% hombre	Dolor Flexibilidad Agilidad Salto vertical	GONIOMETRO ESCALA NUMERICA TRAS SUBIR/BAJAR ESCALON SIT AND REACH TEST T-TEST MODIFICADO VERTICAL JUMP TEST

Tabla 4. Análisis de la Muestra y Medidas. Datos extraídos de Corum et al. (2018), Rasti et al. (2020) y Yáñez et al. (2020).

Autoría	Parámetros VCC	Gravidez (G)	Esfuerzo (N)	Tiempo sobre VCC (min/ses)	Tiempo trabajo total (min)	Tiempo trabajo + descanso	Ejercicios	Foco	Desarrollo	Periodización (ses/sem)	Duración (sem)
Corum et al.	35Hz x 2mm	2,5	1544	20-30	40	4 (30s VCC+ 30s desc + 45s VCC+ 30s desc + 60s VCC+ 30s desc + 60 s desc entre ejercicio)	3 isom.	rodilla y cadera	3 estáticos	3	8
	35Hz x 4mm	4,9	3025				1 isot.		1 dinámico		
Yáñez Álvarez et al.	40Hz x 2mm	3,2	2395	15	23	15 (30s VCC+ 30s desc) 3 (60s VCC+ 6s desc) 2 (120s VCC+ 12s desc)	7 isom.	rodilla, cadera, pelvis y lumbar	10 estáticos.	3	4
	40Hz x 4mm	6,4	4790				13 isot. (3 excent.)		10 dinámicos.		
Rasti et al.	50Hz x 4mm	10	7291	2	48	2 (60s VCC+ 30s desc) el resto de ejercicios sin VCC	5 isom (2 en VCC)	rodilla, cadera, pelvis y lumbar	5 estáticos (2 en VCC)	3	4
					63		3 isot		3 dinámicos		
							5 isom (2 en VCC)		5 estáticos (2 en VCC)		
						5 isot		5 dinámicos			

Tabla 5. Análisis de la intervención de DFP y VCC. Datos extraídos de Corum et al. (2018), Rasti et al. (2020) y Yáñez et al. (2020).

4.5. Marco legal de la vibración de cuerpo completo en uso terapéutico

En los últimos años, existe una especial sensibilización con los riesgos por la exposición a la vibración, sobre todo a la prolongada. Esta especial atención se ve plasmada en las diferentes normativas que regulan la exposición, ya sea en aplicación local ó de cuerpo completo. Por otro lado, diversos organismos regulan las prestaciones, características y riesgos de los equipos que generan esas vibraciones.

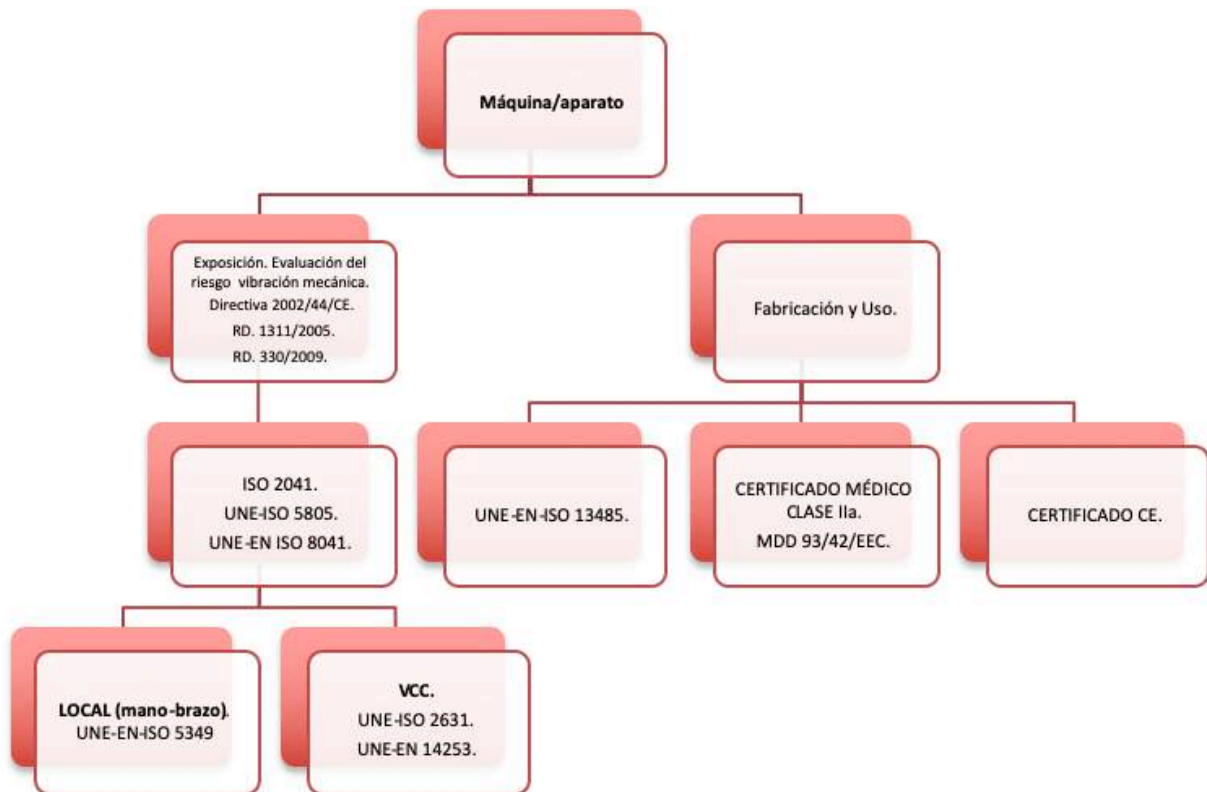


Figura 8. Marco legal de la aplicación de vibración de cuerpo completo en uso terapéutico. Elaboración propia.

Las leyes que regulan los riesgos de la exposición de las vibraciones mecánicas tienen sus antecedentes en la protección y vigilancia de la salud del trabajador en el ámbito laboral, que como ya hemos comentado tenía un vasto conocimiento del asunto, aunque sesgado.

- A)** La primera disposición específica, en este sentido, es la Directiva 2002/44/Comunidad Europea, del Parlamento Europeo, de Consejo sobre las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (vibraciones) (Directiva 2002/44/CE). La cual se transpone al derecho español mediante el Real Decreto 1311/2005 (R.D. 1311/2005), de 4 de noviembre, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas. Este R.D. 1311/2005 establece los valores límite de exposición, los valores de exposición que dan lugar a una acción y como ha de proceder el empresario en caso de exceder

dichos límites. También, en su disposición transitoria establece el periodo de adaptación de la maquinaria a esta norma.

En años posteriores, el R.D. 330/2009, de 13 de marzo, por el que se modifica el R.D. 1311/2005; concluye que no todos los equipos de trabajo puestos a disposición de los trabajadores de nuestro país, están en condiciones de permitir la aplicación de lo dispuesto en el real decreto respecto de los valores límite, lo que obliga a prorrogar los plazos.

Esta ley conforma el asiento básico de las siguientes aplicaciones de derecho que se bifurcan en según si la afectación de la vibración mecánica será local, el denominado sistema mano-brazo, ó al cuerpo completo. La afectación local, mano-brazo queda regulada mediante la UNE-EN-ISO 5349, Una Norma Española que adapta la normativa europea que a su vez expresa la internacional ISO 5349. La afectación de cuerpo completo se rige por la UNE-ISO 2631 y la UNE-EN 14253.

B) Norma ISO 2631. Vibraciones y choques mecánicos.

“Define métodos para la medición de vibraciones de cuerpo entero periódicas, aleatorias y transitorias. Se indican los principales factores que se combinan para determinar el grado a la que la exposición a vibraciones será aceptable. Los anexos informativos indican la opinión actualizada y proporcionan una guía sobre los posibles efectos de las vibraciones sobre la salud, el bienestar, la percepción y el mal del movimiento. El rango de frecuencia considerado es:

- *de 0,5 Hz a 80 Hz para salud, bienestar y percepción.*
- *de 0,1 Hz a 0,5 Hz para el mal del movimiento.*

Aunque no se abarcan los efectos potenciales sobre el comportamiento humano, la mayoría de las directrices sobre medición de vibraciones de cuerpo entero también se aplican a esta área. Parte de la Norma ISO 2631 define también criterios para los métodos preferidos de montaje de transductores para determinar la exposición humana. No se aplica en la



evaluación de choques de magnitud extrema tal como ocurre en los accidentes de vehículos.

Esta parte de la Norma ISO 2631 se aplica a movimientos transmitidos al cuerpo humano en su conjunto: los pies de una persona; las nalgas, espalda y pies de una persona que está sentada o la zona de contacto de una persona en posición tumbada. Este tipo de vibraciones se encuentra en vehículos, maquinaria, en edificios y en la proximidad de máquinas en funcionamiento”.

Las Normas UNE-ISO 2631-1:2008 y UNE-EN 14253:2004+A1 además de tratar el impacto de las vibraciones en el cuerpo humano, ambas apuntan a la exposición DIARIA PROLOGADA (entre 6 y 8 horas al menos 5 días a la semana), veremos en adelante como afectan estos límites al cuerpo en el entrenamiento por aceleración, donde los tiempos de exposición jamás deberán superar los 25 / 30 minutos diarios un máximo de 2-4 veces a la semana.

Cuando utilizamos el método de entrenamiento por aceleración, la calidad de la maquina utilizada es fundamental en la búsqueda de resultados positivos. Es importante que el proveedor de los equipos pueda demostrar que los Rangos de Vibraciones expuestos en los Visores son REALES, que tengan una relación verdadera con la frecuencia de la vibración del aparato y que las vibraciones no sean aleatorias o irregulares, sino que sean vibraciones homogéneas sostenidas en el tiempo en forma constante.

Los materiales de fabricación también resultan fundamentales, donde los motores deben estar preparados para no variar su nivel de prestación a lo largo del tiempo y si lo hiciera la empresa deberá informar el tiempo de vida útil de los mismos. La superficie de trabajo deberá estar construida en materiales de alta durabilidad y que permita el uso intensivo sin deformación, permitiendo la transmisión correcta de vibraciones al usuario.

C) Norma ISO UNE-EN 14253. Vibraciones mecánicas. Medidas y cálculos de la exposición laboral a las vibraciones de cuerpo completo con referencia a la salud. Guía práctica.

“Esta norma europea proporciona una guía para la medida y la evaluación de las vibraciones de cuerpo completo en el puesto de trabajo.

Esta norma europea describe las precauciones a tomar para que las medidas de las vibraciones sean representativas y para la determinación del tiempo de exposición diario en cada operación a fin de calcular el valor de exposición diario normalizado en un periodo de referencia de 8 h. Esta norma europea proporciona un medio para determinar las operaciones pertinentes que deben tenerse en cuenta para la determinación de la exposición a las vibraciones”.

D) Norma ISO 2041. Vibraciones mecánicas, choques y monitorización de las condiciones. Vocabulario.

“Esta norma internacional especifica los requisitos a seguir y los límites de tolerancia de los instrumentos diseñados para la medida de las vibraciones, con el fin de evaluar la respuesta humana a las vibraciones. Se incluyen los requisitos para la evaluación patrón, verificaciones periódicas y comprobaciones in-situ, y las especificaciones del calibrador de vibraciones para las comprobaciones in-situ.

Los instrumentos de medida de las vibraciones especificados en esta norma internacional pueden ser un único instrumento, una combinación de instrumentos o sistemas basados en la adquisición y análisis computerizada de datos”.

E) Norma UNE-ISO 5805. Vibraciones y choques mecánicos. Exposición humana. Vocabulario.

“Esta norma internacional define los términos relacionados con la biodinámica del cuerpo humano y los términos que se utilizan en el contexto específico de otras normas relativas a la evaluación de la exposición humana a vibraciones y choques mecánicos. Proporciona definiciones normalizadas de términos y complementa a la Norma ISO



2041, pero no contiene términos generales que se encuentran fácilmente en los diccionarios”.

F) Norma ISO 8041. Respuesta humana a las vibraciones. Instrumentos de medida.

“Esta norma internacional especifica los requisitos a seguir y los límites de tolerancia de los instrumentos diseñados para la medida de las vibraciones, con el fin de evaluar la respuesta humana a las vibraciones. Se incluyen los requisitos para la evaluación patrón, verificaciones periódicas y comprobaciones in-situ, y las especificaciones del calibrador de vibraciones para las comprobaciones in-situ.

Los instrumentos de medida de las vibraciones especificados en esta norma internacional pueden ser un único instrumento, una combinación de instrumentos o sistemas basados en la adquisición y análisis computerizada de datos”.

G) Norma ISO 13485. Productos médicos, sistemas de gestión de la calidad y requisitos para fines reglamentarios.

La ISO 13485 es otro estándar de calidad específico para la industria de dispositivos médicos. Es la consecución de un código de buenas prácticas de fabricación, mantenimiento de la documentación y verificación de productos.

“Esta norma internacional especifica los requisitos de un sistema de gestión de la calidad cuando una organización precisa demostrar su capacidad de proporcionar productos sanitarios y servicios relacionados que cumplen de forma coherente requisitos del cliente y requisitos reglamentarios aplicables a los productos sanitarios y a los servicios relacionados”.

Los dispositivos médicos forman un binomio con los pacientes y se extienden desde un apoyo menor a las condiciones médicas hasta la capacidad de salvar vidas. Por lo que exigen criterios altos de diseño, desarrollo, fabricación, distribución y atención de dispositivos médicos.

Un certificado ISO 13485 demuestra su compromiso con la calidad de los dispositivos médicos. Permite demostrar que su sistema de gestión

de calidad ha sido evaluado y declarado conforme a fin de cumplir con los requisitos reglamentarios y satisfacer las necesidades de los clientes. Así reza en la documentación relativa al aparato que vamos a emplear, Power Plate Pro-5 air adaptative (Certificación ISO 13485:2003).

H) Certificación aparataje médico clase IIa.

Los Dispositivos Médicos se regulan bajo la ley y el Reglamento de Control de Productos y Elementos de Uso Médico. La ley obliga a los fabricantes de los dispositivos médicos a asegurar que su aparatología sea certificada. En el Reino Unido y en todo el territorio económico Europeo, todas las regulaciones de Dispositivos Médicos se conocen como Medical Devices Directive 93/42/EEC (MDD). Las regulaciones definen qué y de qué manera algo puede clasificarse como dispositivo médico.

Las categorías de Dispositivos Médicos son cuatro, según el riesgo potencial al que se exponen: Clase I, IIa, IIb y III. Toda plataforma vibratorias de uso terapéutico debe poseer una certificación de estas características, se cataloga como Clase IIa (riesgo medio a bajo). Concretamente, debe figurar, el Certificado Médico Clase II MDD 553319/0086; como es el caso de nuestra Power Plate® Pro 5 air adaptative.

Este certificado avala que el producto ofrece una serie de beneficios terapéuticos bajo un correcto uso, de los cuales destacamos bajo nuestro interés la mejora de:

1. Fuerza y potencia muscular.
2. Celulitis.
3. Perdida de peso.
4. Densidad ósea.
5. Circulación y sistema cardiovascular.
6. Flexibilidad y amplitud de movimiento.
7. Bienestar y calidad de vida.



I) Certificación CE.

La marca CE proviene del francés y significa "Conformité Européenne" o de Conformidad Europea y es una marca europea para ciertos grupos de servicios o productos industriales. Se apoya en la directiva 93/68 de la comunidad económica europea (CEE).

El distintivo CE debe ser ostentada por un producto si éste se encuentra dentro del alcance de las aproximadamente 20 llamadas Directivas "de nuevo enfoque" y, puede venderse y ponerse en servicio legalmente dentro de los países que conforman la Unión Europea. Si el producto cumple las provisiones de las Directivas Europeas aplicables y la marca CE se ostenta en el producto, los estados miembros no pueden prohibir, restringir o impedir la colocación en el mercado o puesta en servicio del producto. La marca CE puede considerarse como el pasaporte para el comercio del producto dentro de los países de la Unión Europea.

Fue establecida por la Comunidad Económica Europea y es el testimonio por parte del fabricante de que su producto cumple con los mínimos requisitos legales y técnicos en materia de seguridad de los Estados miembros de la Unión Europea.

Es muy común que se mencione a la Certificación como referente de Calidad, debe tener presente que la marca CE "NO" implica la calidad del producto, solo indica procedencia del mismo y no existen controles de Calidad asociados a los productos que portan esta identificación.

J) Otros certificados o recomendaciones.

Es frecuente que las plataformas contemplen otras certificaciones diferentes o respaldos por otros organismos científicos, profesionales o culturales de particular interés.

4.6. Efectos adversos y contraindicaciones de la vibración de cuerpo completo

El uso seguro de estos dispositivos pasa por cumplir las normas de la Organización Internacional de Normalización (ISO) que definen métodos de

medición y proporcionan límites de exposición y precaución. Rittweger recoge las ISO 2631-1, ISO 2631-5, ISO 5349, ISO 13485. Las fichas técnicas de muchas plataformas muestran frecuencias y amplitudes capaces de causar lesiones vasculares, neurales y musculoesqueléticas. Su propagación por el cuerpo se va disminuyendo a medida que es absorbida por los tejidos, pero también se puede amplificar por la resonancia de tejidos distante y provocar daños. Es decir, que la vibración que penetra por los pies repercute en todo el cuerpo y puede producir efectos nocivos para la salud en cualquier región (Rittweger, 2020).

Las causas, los signos, los síntomas y los efectos adversos, derivados de la aplicación de VCC mediante el uso de plataformas vibratorias no se conocen con suficiente profundidad. Por ello, es vital conocer las condiciones potencialmente dañinas, los signos y síntomas de lesiones por exposición vibrátil; así como recomendar acciones preventivas. En la actualidad, existe evidencia de que estos posibles efectos indeseados sean consecuencia del uso erróneo del procedimiento y/o la impericia del fisioterapeuta (Albornoz & Meroño, 2012; Rittweger, 2020).

Los efectos desfavorables recopilados son:

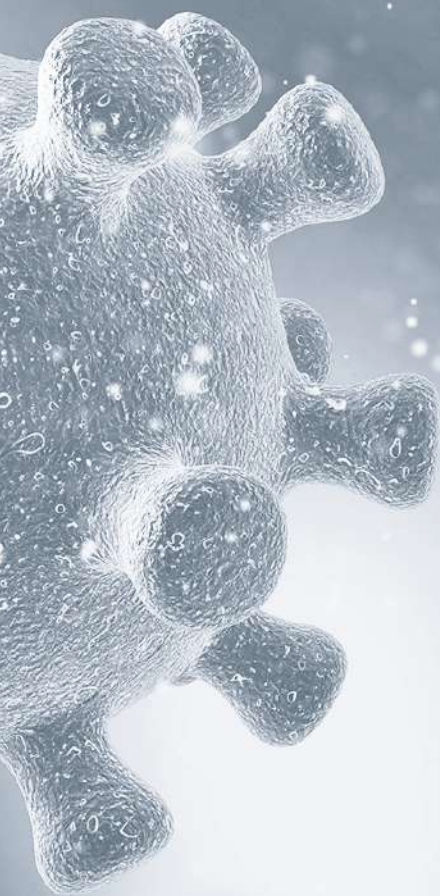
- Hemorragia vítrea, dislocación de lentes intraoculares, visión deteriorada.
- Hematuria, nefrolitiasis.
- Eritemas, prurito y edema.
- Vértigos y epilepsia.
- entumecimiento.
- Lumbalgias.
- Molestias y dolores en sujetos desentrenados.
- Reducción en el flujo sanguíneo y síndrome de dedo blanco.
- Un excesivo tiempo de exposición a vibraciones puede provocar fatiga e inhibición del rendimiento muscular.

Existe una diferenciación en las contraindicaciones con objeto de favorecer la operatividad de la aplicación de esta técnica, con objeto de que el fisioterapeuta haga uso de su criterio y libertad para aplicar el tratamiento según las características individuales de cada paciente.

CONTRAINDICACIONES	
ABSOLUTAS	RELATIVAS
Marcapasos, arritmias y/o mal funcionamiento de las válvulas cardíacas	Niños
Embarazo	Migraña aguda
Epilepsia (prevención de lesiones secundarias).	Enfermedad cardiovascular.
Trombosis aguda o oclusión arterial.	Mujeres con DIU colocado recientemente
Infección e inflamación agudas.	Personas con material osteosintético.
Tumores o patologías malignas.	Diabéticos.
Implantes recientes.	Heridas postoperatorias recientes (especialmente en lesiones oculares).
Fracturas recientes (cuando ejercita directamente).	
Patología discal o hernia abdominal aguda.	
Tendinopatía agudas (cuando ejercita directamente)	Hernias discales, discopatías, espondilosis espondiliólisis y espondilolistesis,
Litiasis de vías renales y biliares.	
Episodios agudos de osteoartritis, artritis, artrosis y osteoporosis avanzada.	

Tabla 6. Contraindicaciones de la vibración de cuerpo completo. Datos extraídos de Albornoz&Meroño (2012) y Rittweger (2020).

OBJETIVOS E HIPÓTESIS



5. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

El dolor femoropatelar (DFP) es un síndrome muy extendido en la población general que ha sido abordado desde diversas disciplinas y terapias sin que exista una evidente eficacia establecida para su resolución. El presente estudio plantea un procedimiento de Fisioterapia consistente en la realización de un protocolo de ejercicios sobre una plataforma vibratoria con el fin de provocar influencias inmediatas en los sistemas afectados y en la calidad de vida del paciente.

5.1. Objetivos

El objetivo general de este estudio es: “Analizar la influencia de un procedimiento fisioterapéutico de aplicación de las vibraciones de cuerpo completo en el dolor femoropatelar”.

Los objetivos específicos son:

1. Explorar la evidencia científica de los procedimientos de aplicación de la vibración de cuerpo completo en relación con el dolor femoropatelar.
2. Establecer y validar un procedimiento de actuación con vibraciones de cuerpo completo para el tratamiento del dolor femoropatelar (parámetros de aplicación y ejercicios realizados).
3. Analizar la mejor clínica de los pacientes con dolor femoropatelar en relación al dolor, la funcionalidad y la amplitud de movimiento de un procedimiento de Fisioterapia con vibraciones de cuerpo completo.



5.2. Hipótesis

En función de los objetivos marcados en este estudio, nos planteamos la siguiente hipótesis de investigación:

H_a = “El tratamiento de Fisioterapia con un procedimiento de VCC en sujetos con DFP produce mejoras estadísticamente significativas en los parámetros medidos de dolor e incapacidad funcional y amplitud de movimiento”.

H_0 = “El tratamiento de Fisioterapia con un procedimiento de VCC en sujetos con DFP NO produce mejoras estadísticamente significativas en los parámetros medidos de dolor e incapacidad funcional y amplitud de movimiento”.

METODOLOGÍA Y RESULTADOS



6. METODOLOGÍA Y RESULTADOS

6.1. Metodología y resultados según artículo publicado

A continuación, mostramos de forma genérica y resumida la metodología implementada en la publicación incluida en la presente tesis doctoral y que lleva por título ***“Effects of exercise combined with whole body vibration in patients with patellofemoral pain syndrome: a randomised-controlled clinical trial”***.

Este ensayo clínico aleatorizado se ha publicado en la revista científica *BMC Musculoskeletal Disorders* (tipo journal, categoría: orthopedics and sports medicine, rheumatology; índice h 81; ranking 5207; SJR 0,88; factor de Impacto JCR 1,879 (44/82); editor Biomed Central; Pais Reino Unido; ISSN 14712474).

DISEÑO	PARTICIPANTES	PROCEDIMIENTO	VARIABLES	METODOLOGIA
Ensayo clínico aleatorizado prospectivo simple ciego	<ul style="list-style-type: none"> - Reclutados por un médico de atención primaria en un centro de salud pública en Sevilla. -50 personas con PFP entre 19 y 67 años. -Hombres y mujeres. -Grupo experimental (n=25) y grupo control (n=25). 	<ul style="list-style-type: none"> - Datos de filiación. - 12 sesiones de bajo supervisión de un fisioterapeuta durante 4 semanas consecutivas (3 sesiones por semana). - 18 ejercicios físicos de tronco, cadera y rodilla realizados con VCC. 	<ul style="list-style-type: none"> - Dolor. - Función. -Amplitud de movimiento rodilla: extensión y flexión. 	<ul style="list-style-type: none"> EVA (100mm) Cuestionario DN4 Cuestionario LEFS Cuestionario KPS Goniómetro

Tabla 7. Resumen de la metodología de la publicación. Datos extraídos de Yáñez et al. (2020).



RESEARCH ARTICLE

Open Access

Effects of exercise combined with whole body vibration in patients with patellofemoral pain syndrome: a randomised-controlled clinical trial



Angel Yañez-Álvarez^{1†}, Beatriz Bermúdez-Pulgarín^{2†}, Sergio Hernández-Sánchez^{3*} and Manuel Albornoz-Cabello¹

Abstract

Background: Patellofemoral pain is a prevalent condition in the general population, especially in women, and produces functional impairment in patients. Therapeutic exercise is considered an essential part of the conservative management. The use of vibration platforms may help improve strength and function and reduce pain in patients with knee disorders. The aim of this investigation was to determine the effects of adding whole body vibration (vertical, vibration frequency of 40 Hz, with an amplitude from 2 to 4 mm) to an exercise protocol for pain and disability in adults with patellofemoral pain.

Methods: A randomised clinical trial was designed, where 50 subjects were randomly distributed into either an exercise group plus whole body vibration or a control group. Pain, knee function (self-reported questionnaire) and range of motion and lower limb functionality were assessed at baseline and at 4 weeks. The experimental group performed 12 supervised sessions of hip, knee and core strengthening exercises on a vibration platform 3 times per week during 4 weeks. The control group followed the same protocol but without vibration stimuli. Differences in outcome measures were explored using an analysis of the variance of 2 repeated measures. Effect sizes were estimated using Square Eta (η^2). Significant level was set at $P < 0.05$.

Results: Statistically significant differences were found after intervention in favour of the experimental group in the between-groups comparison and in the interaction of the experimental group before and after treatment in terms of pain perception ($P = 0.000$; $\eta^2 = 0.63$) and function outcomes scores ($P = 0.000$; η^2 0.39 and 0.51 for lower limb functional scale and Kujala scores respectively).

Conclusion: A 4-week whole body vibration exercise programme reduces pain level intensity and improves lower limb functionality in patellofemoral pain patients and is more effective than exercise alone in improving pain and function in the short-term.

Trial registration: ClinicalTrials.gov (NCT04031248). This study was prospectively registered on the 24th July, 2019.

Keywords: Anterior knee pain, Whole body vibration, Therapeutic exercise

* Correspondence: sehesa@goumh.umh.es

[†]Angel-Rufino Yañez-Álvarez and Beatriz Bermúdez-Pulgarín contributed equally to this work

³Physiotherapy Area, Translational Research Centre of Physiotherapy, Miguel Hernández University, Sant Joan d'Alacant, 03550 Alicante, Spain
Full list of author information is available at the end of the article



© The Author(s). 2020 **Open Access** This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>. The Creative Commons Public Domain Dedication waiver (<http://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/>) applies to the data made available in this article, unless otherwise stated in a credit line to the data.

Background

Knee pain is a common condition with a high prevalence in the general population, with patellofemoral pain (PFP) being one of the most common forms of knee pain [1]. Patellofemoral pain is described as a diffuse non-traumatic pain in the anterior area of the knee, which is aggravated when performing patellofemoral joint loading activities such as squats, running, going up and down stairs or sitting for a long time [2]. Its annual prevalence is approximately 23% in adults, increasing to 29% in adolescents; and it is more frequent in women [3].

There is no specific cause of pain in these patients and the aetiology of PFP is considered multifactorial. For this reason, the diagnosis is complex and essentially based on the clinical history, always ruling out lesions of adjacent structures such as ligaments or menisci [2]. This syndrome is considered to be a 'black hole' in orthopaedic medicine because no single explanation clarifies the patellofemoral problem and no single therapeutic intervention can reduce all patellofemoral dysfunction [4].

Pain around or behind the patella, weakened knee extensor muscles and associated symptoms usually reduce knee functionality and entail a limitation in daily and occupational activities, negatively impacting a patient's quality of life and social aspects [5].

Exercise therapy is an evidenced-based non-pharmacological intervention often prescribed for this condition [6]. There is strong evidence that supports its use to improve pain and function in both the short and long term [7, 8]. Particularly, strength training is considered an essential part of the exercise programmes when conservative treatment is applied [9, 10]. Traditionally, quadriceps strengthening has been used for functional re-education in these patients [11]. However, currently, it is strongly recommended to combine quadriceps and proximal hip exercises in patients who suffer PFP in order to obtain better results in terms of pain reduction and improved function [6, 12].

Whole body vibration (WBV) training has demonstrated improvements in muscle strength, power, balance, flexibility, proprioception or human gait in healthy adults, the elderly [12–15]. In this type of training, vibration is transmitted from a platform on which an individual remains standing while holding on to the device with the upper limb, or even passively being the patient seated in a chair in front of the platform and the feet (barefoot) on the platform [16]. The amplitude of the vibration generated by these devices ranges from 0.7 to 14 mm, with a specific oscillation frequency that can range from 0.5 to 80 Hz [17]. Different mechanisms have been described by which vibration can contribute to flexibility improvement, especially as an acute effect, such as reduction of pain sensation, increase in blood flow or reduction of muscle stiffness [18].

In clinical settings, there is growing evidence about the positive effects of WBV training on reducing pain intensity and increasing lower limb functionality in patients with several musculoskeletal painful conditions [19, 20]. Zafar et al. [21] concluded that WBV training reduces pain and improves function in individuals



with knee OA. The inclusion of the WBV in rehabilitation programs was suggested by Wang et al. [22] and Simao et al. [23] considering its benefits for improving functionality in patients with knee osteoarthritis. More recently, Wang et al. [24] supports this effect on pain reduction in patients with non-specific chronic low back pain.

To our knowledge, only one study using WBV training has been developed in patients with PFP [25]. The improvements in quadriceps and hip strength induced by the WBV make it a potential therapeutic resource for treating patients with this syndrome. The dosage of the exercise is one of the most diffuse aspects of this type of training, and it is necessary to establish optimal load parameters to maximise the benefits and reduce potential injury risks [22, 23, 26]. As far as we know, no reports exist about short-term training periods (four weeks), including knee, hip and core exercises in patients with PFP, and considering in the exercise dosage the contraction time during a global position (30 s), and not the number of repetitions of a movement. Therefore, the aim of this study was to determine the effects of adding WBV to an exercise protocol on pain and disability in patients with anterior knee pain. We hypothesised, a priori, that an exercise protocol performed on the vibratory platform for a 4-week period, with a three days per week frequency, is more effective than exercise alone for reducing pain levels and improving knee function in patients with PFP.

Methods

Study design

This study was a single-blind prospective randomised-controlled clinical trial, conducted between September and December 2019 at the AY360° Health and Sport Clinic (Seville, Spain).

The study was approved by the Ethical Research Committee of Jaen Province (project code 0916-N-19, approval date June 19, 2019) and prospectively registered (clinicaltrials.gov, Identifier NCT04031248). The Consolidated Standards of Reporting Trials (CONSORT) guidelines were followed. All participants provided written informed consent prior to being included in the study.

Participants

Adults who had reported anterior knee pain were recruited by a primary care physician in a public health centre in a province of southern Spain. In order to increase the sample size of participants for the study, it was decided to expand the lower limit of the age range registered in clinicaltrials.gov, from 30 to 65 years. Based previous studies [25, 27], those participants who met the following inclusion criteria were invited to participate in the study: i) insidious onset of anterior knee pain with a duration greater than 12 weeks; ii) self-reported patellofemoral pain intensity ≥ 30 mm on the 100mm Visual Analogue Scale (VAS); iii) pain provoked by at least two of the following situations: prolonged sitting or kneeling, squatting, running, hopping or ascending or descending stairs.

Participants were excluded in cases of clinical history of patellofemoral

dislocation or subluxation; knee osteo- arthritis (confirmed with radiological tests); knee joint effusion; concomitant injury or pain from the hip, lum- bar spine, or other knee structures (meniscus, ligaments, bursa, synovial plica, infrapatellar fat); traumatic lesions of soft tissues or previous orthopaedic surgery in lower limbs; having received knee injections of corticosteroids or hyaluronic acid; cognition or impaired communica- tion; being involved in an ongoing medical- legal dispute.

In addition, the exclusion criteria included having any contraindication for using whole body vibration, such pace- makers, arrhythmias, cardiac valve dysfunction, pregnancy, epilepsy, recent acute thrombosis, infection and recent in- flammation, malignant tumours, recent implants, recent frac- tures, acute disc pathology, acute tendinopathy, renal lithiasis or biliary and an acute episode in rheumatic pathology.

Patients were advised not to take analgesic medication from the beginning of the study, as well as not to receive other treatments, such as physiotherapy or injection therapy. Pa- tients in both groups were required to participate in at least 80% of the programmed sessions (10 sessions) for the analysis.

Those participants who met the inclusion criteria were randomly assigned by a member of the research team to the experimental or control group following simple randomization procedures (using a random-number generator website <http://www.randomization.com>, and considering a 1:1 ratio distribution of participants in the study groups).

Study protocol

An external assistant collected all patient demographic and clinical data through interviews. A blind evaluator performed all measurements at baseline and immediately after the last treatment session for the entire sample, without knowing the group to which each participant belonged. A specific form for registering the demo- graphic and clinical data of each participant was used. This form was filled out for each subject and codified in order to protect their privacy in accordance with the Or- ganic Law 15/1999 on Protection of Personal Data, EU Regulation 2016/679 of the European Parliament and the Council of 27 April 2016 Data Protection as well as the Organic Law 3/2018, of December 5, on Protection of Personal Data and Guarantee of Digital Rights.

The research protocol was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki statement of ethics, legal and regulatory principles in order to provide guidance for research related human health and all participants pro- vided written informed consent prior to participating.

Outcome measures

Primary outcome measure for this study was pain intensity. In addition, knee range of movement and lower limb func- tionality were assessed at baseline and at 4 weeks (post-treat- ment) using standardised instruments and cross-culturally validated patient-reported outcome measures.



Pain intensity and neuropathic pain

For the assessment of pain intensity during activity, VAS of 10 cm was used, where 0 corresponds to 'no pain' and 100 represents the 'worst pain imaginable' [28]. Patient were asked to express the mean intensity of his/her knee pain over time, considering for this, the last 7 days. Minimal clinically important difference for the VAS was based on a reduction of 15 mm from the baseline or a 15–20% change after intervention [29].

In addition, to assess neuropathic pain (NP), the Spanish version of the Douleur Neuropathique-4 items (DN4) was used [30]. This questionnaire has 10 items, consisting of descriptions and signs of pain that are evaluated with 1 (yes) or 0 (no), indicating patients who have a high probability of having a neuropathic pain component. The evaluations of individual items were added to obtain a maximum total score of 10 with a cut-off point ≥ 4 .

Knee flexion-extension range of movement (ROM)

For the knee flexion assessment, subjects lay in a supine position with 90 degrees of hip flexion. Hip positioning was guaranteed by the use of a thigh device that aided in the maintenance of the pre-set position. A universal goniometer was placed next to the femoral lateral epicondyle. The static handle of the goniometer was aligned with the thigh, using the femoral major trochanter as a reference, while the mobile handle aligned with the leg referencing the fibula lateral malleolus [31]. For the knee extension assessment, patients lay in a supine position and the limb being evaluated was raised by the heel, with knee stabilisation in contact with the stretcher. The instrument positioning in relation to the segment was the same as in the knee flexion measurement.

Lower limb functional assessment

The Spanish version of the Lower Extremity Functional Scale (LEFS) was used for the lower limb functional assessment [32]. This is a short self-reported questionnaire that has been proven to be a valid and reliable tool for assessing musculoskeletal dysfunction in the lower extremity. This scale consists of 20 items, with a score of 0 to 4, where the highest score represents the highest functionality of the lower limb. It has a high correlation with the Short Form Health Survey (SF-36), especially with the physical function and pain subscales [26]. The minimal clinically important LEFS difference in patients with lower extremity musculoskeletal conditions is 9 points [33].

Finally, the available Spanish version of the Kujala Patellofemoral Score was filled out by participants. This 13-item questionnaire represents a specific self-report measure of knee function in patients with PFP. Seven items have a maximal score of 10 and 6 with maximal 5 points. Total score ranges from 0 to 100, where the highest scores represent a better functional capacity [34]. The Kujala score has a reported minimum clinically important difference threshold of 9.5 points in a 4-week follow-up period [35].

Interventions

Whole body vibration (WBV) training

In the present study, an axial (vertical) vibration platform was used (PowerPlate® Pro 5TM AIRdaptive TM HP, Power Plate North America, Inc., Northbrook, IL, USA). This device is annually reviewed by the technical unit of the company and complies with the international Medical Devices regulations (Devices Directive [MDD] 93/ 42/EEC [ISO 2631. 2011, Powerplate.com, 2013]). This model has a Class IIA certificate (MDD 553319/0086), which classifies it as having a medium low risk, ensuring that the device offers a therapeutic benefit under correct use (ISO 2631:2011, Powerplate.com, 2013).

The designed program consisted of a single bout of 18-exercise routine, executed on the vibration platform (Table 1). Graphic representation of the selected exercises is shown in Fig. 1.

Based on the scientific literature on exercise recommendations for patients with PFP [8, 36, 37], isometric and isotonic exercises that involve core, gluteal and quadriceps muscles were selected. We also based the WBV protocol on weight-bearing position considering the recommendations for patients with anterior knee pain and due to its greater functional transfer to daily living activities [10].

The frequency of the vibration platform was fixed at 40 Hz along the study and the amplitude of the vibration platform (peak-to-peak displacement) was set at 2 mm in the first two weeks, and 4 mm during the following two [38]. The acceleration peak for these parameters were 3.2G and 6.4G respectively. In terms of force (Newtons) developed for the participants to perform the exercises, this ranged from 748.5 N in a neutral environment (without vibration, control group), to 2395.2 N (intervention group, using 40 Hz, 2 mm, 3.2G) and 4790.4 N (when parameters in the intervention group were 40 Hz, 4 mm, 6.4 G).

Table 1 Exercise protocol of the study

PHASE	EXERCISE	WORK	
WARM-UP	ATHLETIC POSITION	30 s work + 30 s rest.	
	DEEP SQUAT (ISOMETRIC)	30 s work + 30 s rest.	
	SQUAT (ISOTONIC)	30 s work + 30 s rest.	
	DEEP SQUAT (ISOTONIC)	30 s work + 30 s rest.	
CONDITIONING	LUNGE (RIGHT)	30 s work + 30 s rest.	
	LUNGE (LEFT)	30 s work + 30 s rest.	
	BRIDGE	30 s work + 30 s rest.	
	PLANK	30 s work + 30 s rest.	
	FRONTAL STEP AND CROSS RIGTH-LEFT	30 s work + 30 s rest.	
	FRONTAL STEP AND CROSS LEFT-RIGHT	30 s work + 30 s rest.	
	LATERAL STEP UP AND DOWN (RIGHT)	30 s work + 30 s rest.	
	LATERAL STEP UP AND DOWN (LEFT)	30 s work + 30 s rest.	
	DIP TRICEPS EXTENSION	30 s work + 30 s rest.	
	SINGLE LEG ROMANIAN DEAD LIFT (RIGTH)	30 s work + 30 s rest.	
	SINGLE LEG ROMANIAN DEAD LIFT (LEFT)	30 s work + 30 s rest.	
	COOL DOWN	STRETCHING	HIP FLEXORS (RIGTH)
HIP FLEXORS (LEFT)			60 s work + 6 s rest.
POSTERIOR GLOBAL			60 s work + 6 s rest.
RELAX		TRUNK INHIBITION	120 s work + 12 s rest.
		LEG INHIBITION	120 s work+ 12 s rest.



Each session was structured following scheduled phases of warm-up, main active part and, finally, cool-down and stretching, as recommended by the American College of Sports Medicine [39]. The warm-up phase consisted of different lower limb active exercises to increase the blood flow, muscle temperature and to activate the central nervous system [40]. All exercises in the warm-up and conditioning phases were performed considering the time on the vibration platform in sets of 30 s, with 30 s of rest between repetitions. Finally, the cool-down period involved global stretching and trunk and lower limb relaxation, with exercises involving 60s of work and 6s of rest and 120s of work with 12s of rest, respectively. The total duration of the program was 22 min, following the general lines of high-intensity aerobic interval training, which establishes a rest period that is at least equal to that of the work period [10, 41]. Based on a modified pain monitoring model, pain or discomfort only was allowed during the exercise execution if was acceptable ($<4/10$) and if returned to the same baseline level of pain as before starting exercises within 24 h. If this does not occur, the exercise should be modified by reducing load (time, exercise posture or vibration amplitude) [11].

The treatment protocol comprised 12 sessions conducted over 4 consecutive weeks (3 sessions per week) and each session was supervised by an experienced clinical physiotherapist. The aim was to avoid pain during all exercises and also to avoid unusual physical activity or other additional exercises [3]. The physiotherapist assisted each participant during these sessions, supervising and correcting their positions before beginning each exercise, as well as during its execution, indicating necessary adaptations if needed. The exercise program was performed using only body weight resistance without external weight. All participants performed the exercises wearing sports shoes.

Control group

The control group participants were instructed to do the same supervised exercise protocol but on a vibration platform while the system was off and did not transmit any vibration to the patient's feet.

Statistical analysis

The statistical data processing was carried out using the PASW Advanced Statistics Package (SPSS Inc., Chicago, IL, USA), version 24.0. The data were reported as mean (standard deviation) and confidence intervals (95% CI). First, the normal distribution of the variables was verified by the Shapiro-Wilk test, following a descriptive analysis. The homogeneity of the variations was observed using the Levene test. Linearity was evaluated by bivariate scatter plots of residual values observed against expected values. Comparisons between the baseline demographic and clinical data of the groups were made using the Student's t-test for continuous data and the chi-square test for categorical data.

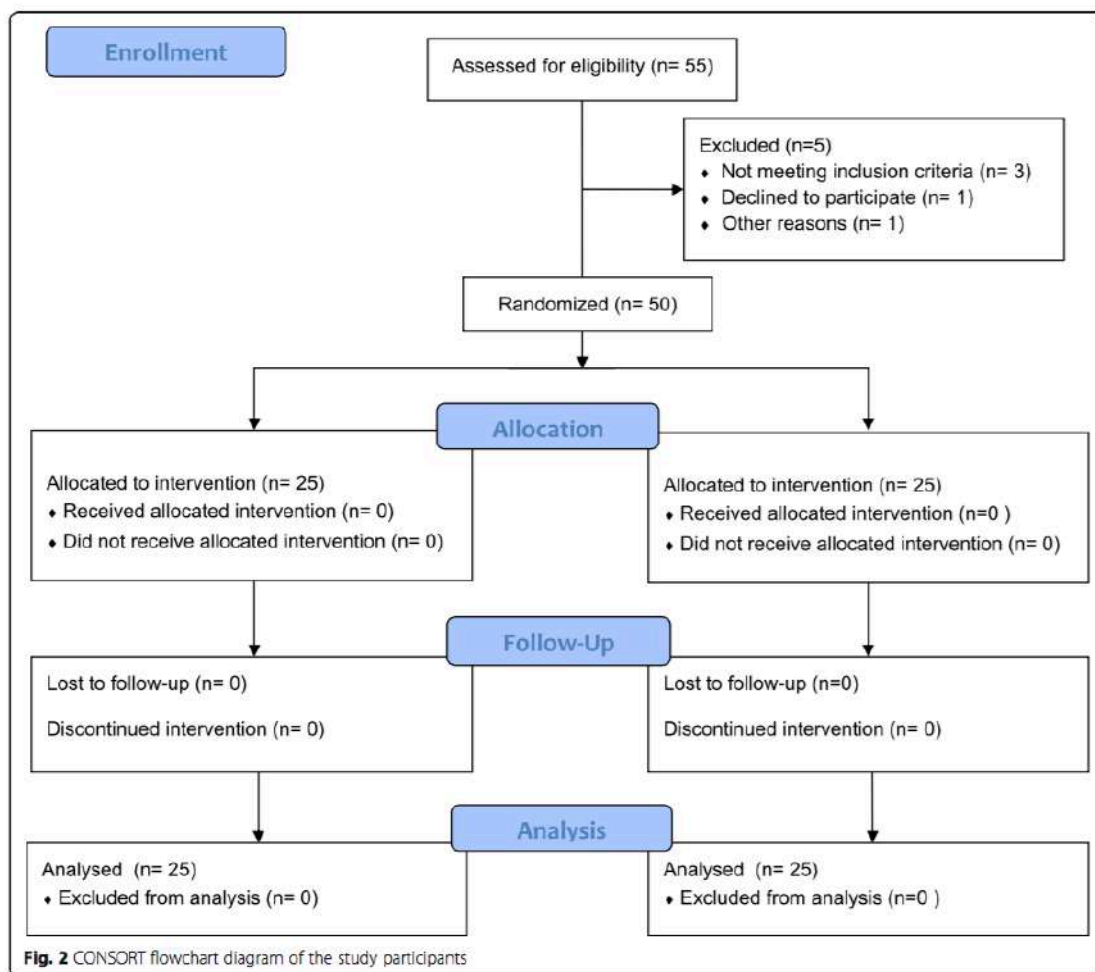
Separate $2 \times (2)$ mixed-model analysis of variance (ANOVA) was used to evaluate interaction time \times groups, including the time effects (baseline, post-treatment) and group effects (supervised exercise group vs WBV+ supervised exercise group) for each outcome measure. All analyses followed the intention-to-treat principle and groups were analyzed as randomized. Effect sizes were

calculated using Square Eta (η^2) was used to calculate the effect size (small, $0.01 \leq \eta^2 < 0.06$, medium, $0.06 \leq \eta^2 < 0.14$, and large, $\eta^2 > 0.14$). The statistical significance was set at a value of $p < 0.05$.

The sample size calculation was based on the detection of: 1) a 15% change in the intensity of self-reported pain [29] and 2) a difference of > 9 points on the LEFS scale [33] and > 10 points on the Kujala scale in the comparison between groups after the intervention [35]. Taking into account the ANOVA analysis of repeated measures between factors (group x time), an alpha value of 0.05, a desired power of 90% and a medium effect size ($f = 0.25$), 46 participants in total were required for the study (G * Power, version 3.1.9.2).

Results

A sample of 55 subjects, between 19 and 67 years of age, were selected for the study. A participant flow-diagram is shown in Fig. 2. After the enrolment phase, 5 subjects were excluded due to different reasons. The final sample included 50 individuals, 24 men and 26 women (mean age \pm SD, 50 ± 12.0 years).



The right lower limb side was affected for 54% of the participants ($n = 27$) and the left for 46% ($n = 23$). The participants' level of education was: 40% primary studies ($n = 20$), 30% secondary ($n = 15$) and 30% university degree ($n = 15$).

With respect to pharmacology treatment, 28 subjects used to take nonsteroidal anti-inflammatory drugs and analgesics before the study and 22 did not take any medication. Around 58% of the sample had an occupation in the service sector, 20% in the construction field and 22% in industry.

Table 2 shows the mean values and the standard deviation of the main variables at the baseline for both groups. The gender of the participants in each group is also presented. There were no differences between groups at the beginning of the study in any of the studied variables. Although the knee extension variable was recorded by the goniometric measurement, all the knees in the study presented a value of 0 degrees (full extension).

Table 2 Baseline characteristics of the participants (mean ± standard deviation)

	Total sample (N = 50)	WBV Group (n = 25)	Control Group (n = 25)	P Value *
Age (years)	50 ± 12.0	48 ± 13.0	52 ± 10.7	0.229
Height (cm)	167 ± 10.1	165 ± 10.7	169 ± 9.3	0.180
Weight (kg)	79 ± 16.5	76.3 ± 14.5	82.2 ± 18.1	0.205
Sex, n (%)				
Men	24 (48.0)	11 (44.0)	13 (52.0)	0.395
Women	26 (52.0)	14 (56.0)	12 (48.0)	
Body Mass Index (kg/m ²)	28.1 ± 4.2	27.8 ± 3.8	28.5 ± 4.7	0.576
LEFS, (0–80)	50 ± 19.3	53 ± 21.3	48 ± 17.1	0.393
KUJALA, (0–100)	51 ± 19.5	50 ± 23.4	52 ± 15.1	0.700
DN4, 0–10	3.8 ± 1.85	4.2 ± 2.1	3.4 ± 1.5	0.129
VAS, mm	58 ± 17.1	56 ± 20.2	59 ± 13.6	0.581
Knee ROM _{FLEX} °	117 ± 11.7	120 ± 12.0	115 ± 10.9	0.105

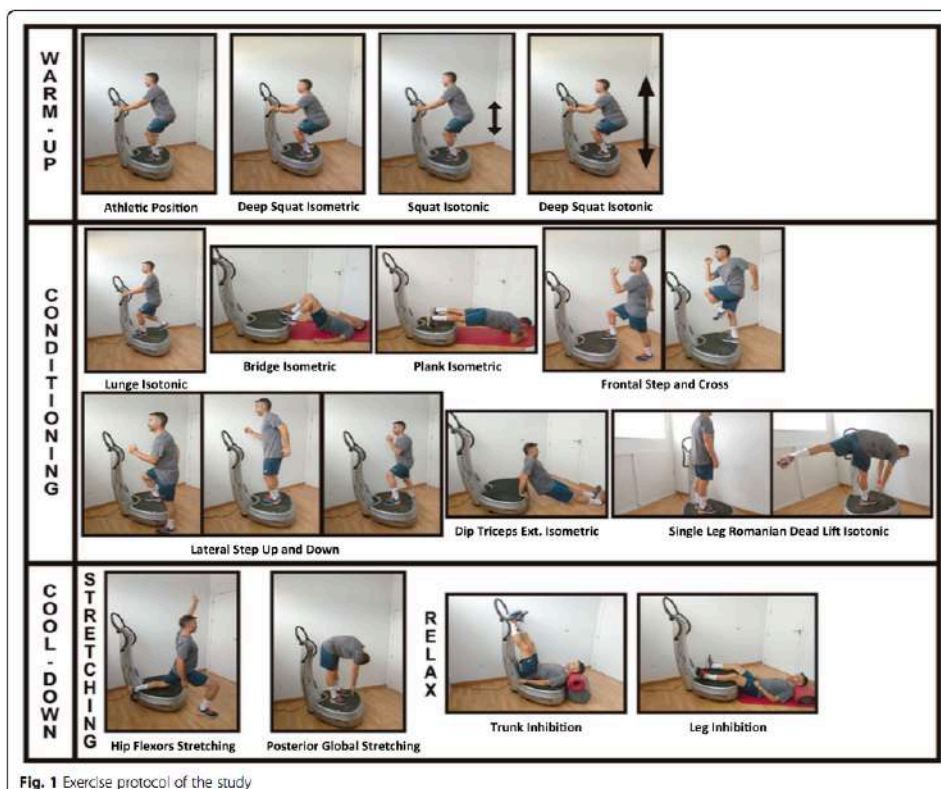


Fig. 1 Exercise protocol of the study

Table 3 Mean differences within-group and between-groups at post-treatment in the studied variables (mean ± standard deviation or (95% confidence interval)

Group	Baseline	Post-treatment	Within-group mean changes	Between-groups mean changes
LEFS, points				
Control	48 ± 17.1	50 ± 17.0	2 (1 to 4)	20.0 (10 to 29) ^{††}
WBV	53 ± 21.3	70 ± 16.0	17 (13 to 20) ^{**}	
KUJALA, points				
Control	52 ± 15.1	52 ± 13.0	0 (-3 to 3) [*]	19.0 (10 to 27) ^{††}
WBV	50 ± 23.4	71 ± 15.6	21 (14 to 28) ^{**}	
DN4, points				
Control	3.4 ± 1.5	2.1 ± 1.2	1.3 (0.9 to 1.6) ^{**}	1.9 (1.3 to 2.4) ^{††}
WBV	4.2 ± 2.1	0.2 ± .5	4 (3.1 to 4.9) ^{**}	
VAS, mm				
Control	59 ± 13.6	54 ± 14.1	5 (2 to 9) [*]	44.0 (35 to 52) ^{††}
WBV	56 ± 20.2	10 ± 15.4	46 (37 to 55) ^{**}	
KNEE ROM_{FLEX}(°)				
Control	115 ± 10.9	110 ± 13.2	5 (0 to -7) [*]	23.0 (16 to 28) ^{††}
WBV	120 ± 12.0	133 ± 7.3	13 (9 to 15) ^{**}	
KNEE ROM_{EXT}(°)				
Control	0.4 ± 1.4	0.2 ± 1	0.2 (-0.2 to 0.6)	0.2 (-0.5 to 0.9)
WBV	1 ± 2	0.4 ± 1.4	0.6 (-0.08 to 1.3)	

Abbreviations: WBV, whole body vibration; LEFS-lower extremity functional scale; DN4, Douleur Neuropathique-4 Items questionnaire; VAS, visual analogue scale; ROM_{FLEX}, knee flexion range of motion; ROM_{EXT}, knee extension range of motion

* Indicates statistically significant within-group differences ($p < 0.05$)

** Indicates statistically significant within-group differences ($p < 0.001$)

†† Indicates statistically significant between-groups differences ($p < 0.001$)

Table 3 includes the differences between the baseline and post-treatment scores of the studied variables for each group and between groups. Statistical significance was found in favour of the experimental group in the between-groups comparison and in the interaction of the experimental group before and after treatment in terms of pain perception: VAS $F_{1, 48} = 82.4$; $p = 0.000$; $\eta^2 = 0.63$ and DN4: $F_{1, 48} = 35.7$; $p = 0.000$; $\eta^2 = 0.43$; as in the lower limb functionality and disability outcomes, LEFS: $F_{1, 48} = 49.1$; $p = 0.000$; $\eta^2 = 0.51$ and KUJALA: $F_{1, 48} = 30.5$; $p = 0.000$; $\eta^2 = 0.39$; and, finally, in the knee flexion range of motion: $F_{1, 48} = 52.7$; $p = 0.000$; $\eta^2 = 0.53$.

There were no adverse events reported by the participants in either group.

Discussion

The aim of this investigation was to determine the effects of adding WBV to an exercise protocol to improve pain and disability in patients with anterior knee pain.

Present findings indicate that performing knee, hip and core exercises on the vibrating platform achieves better immediate results in terms of pain relief and functional knee self-reported outcomes in comparison with exercises on their own (without a vibratory stimulus). The average change on self-reported instruments obtained by the subjects in the experimental group (VAS, LEFS and Kujala scores) reached the respective thresholds of minimal clinically important difference. Therefore, the combination of exercise and vibration may be



considered to have a high short-term value in clinical practice for pain relief and improve lower limb functionality.

Pain intensity reduction after WBV training has been reported in previous studies but the mechanism for this effect remains unclear [19]. Several theories have been proposed to explain the analgesic effect of global vibration, such as the gate control or the inhibitory effect of vibration-induced non-noxious stimulus over spinothalamic tract neurons [19, 21, 23]. In addition, the stimulation generated by the vibration on the musculature through the tonic vibration reflex can generate a positive contribution to this previously mentioned analgesic effect [42]. Most likely, this marked reduction in pain intensity may be the mechanism by which patients in the experimental group showed a clinically and statistically significant improvement in self-reported knee and lower limb functionality at the end of the intervention. Avelar et al. reported that WBV may be a strategy to use to improve the functionality and self-perception of knee osteoarthritis in older adults [43]. Simao et al. also described an improvement in the self-perception of pain in elders with knee osteoarthritis after 12 weeks (3 times per week) of adding vibration to a squat exercise [23]. In our study, the intervention period is shorter but includes several exercises that can lead to the reported benefits in self-reported knee pain and functionality.

Respect to the pain quality in PFP syndrome, Jensen et al. hypothesised that the observed sensory aberrations in these patients may cause neuropathic-like knee pain [44]. Using the DN-4 questionnaire, we obtained results that could point to neuropathic components in the subjects of our sample. An alteration in the repetition or processing of A-beta inputs could generate a reduction of the pain inhibitory capacity [45]. A possible explanation for the pain reduction after WBV training may be

that the increase in sensory inputs from the mechanoreceptors of the skin, joint and muscle responses caused by vibration could also favour a reduction in pain level caused by physical activity in subjects with PFP or even improve the quadriceps arthrogenic muscle inhibition [46]. In any case, better understanding of the pain mechanisms that underlying the PFP syndrome becomes essential for administering adequate treatment [44].

We suggest that the present findings about the WBV training on pain level reduction effect in short-term could help patients with PFP to overcome the negative emotional impact of this injury, which include confusion and low expectations for improvement as well as low perceived self-efficacy [3]. It is known that psychosocial impact of a musculoskeletal disease correlates with pain level and reduced physical function [47], and achieving a clinically relevant reduction in pain relief could help reduce this psychosocial impact.

In most studies, exercise programs that reported positive effects on pain intensity and muscle strength for patients with PFP were 8 weeks in duration [19]. Therefore, 4 weeks seems to be most likely a short time to show neuromuscular adaptations in these patients. In our study, we did not evaluate the effects of training on neuromuscular parameters and, therefore, we cannot confirm effects at this level. However, Abassi et al. reported beneficial effects of WBV training on the muscle strength electromyographic parameters in patients

with knee osteoarthritis in a 4-week period [48]. This indicates that short-term improvements in muscle strength parameters are possible and could potentially lead to functional improvements of the self-reported scales employed. Additionally, the tonic vibration reflex, induced by the mechanical platform vibrations, can potentially increase the recruitment of the motor units and the activity of the proprioceptive system, resulting in a clinical improvement [10, 41].

In our study, a statistically significant improvement in the knee flexion range of motion after completing the protocol was observed. Osawa & Oguma, in their meta-analysis, showed that vibration interventions had significant effects on flexibility [18]. These observed changes in the knee flexion range of motion could be mediated by the knee pain level reduction. Other potential mechanism could be involved such a potential increase in blood flow after vibration or a reduction of muscle stiffness [41, 43]. In any case, we do not test directly any of these mechanisms. Nevertheless, how long the effects can be maintained after the sessions remains unclear and chronic effects of the WBV training on the knee ROM should be studied in subjects with PFP.

In this study, the exercise programme was carried out by decentralising the focus of attention on the patellofemoral joint and trying to improve the strength and function of the full lower limb and core [3, 10]. Previous investigations have shown that adding hip muscle strengthening exercises (hip abductors, external rotators and abdominal core muscles) produces a faster improvement in anterior knee pain in comparison to a standard knee rehab program [49]. Fukuda et al. reported that adding hip musculature strengthening to a knee strengthening and stretching programme in sedentary women with PFP was more effective than knee exercises alone in improving long-term function and pain outcomes. For this reason, we included additional exercises to the traditional squat training [50].

The results of this study should be considered with caution due to some methodological limitations. First, the main outcomes were obtained using self-reported measures of pain and knee functionality without any other neuromuscular objective parameters. A longer follow-up period is most likely needed in order to objectively register neuromuscular adaptations. Second, only acute effects on clinical outcomes were assessed during the post-intervention period and, therefore, we do not know how long the registered benefits can be maintained. Studies with longer follow-up periods are necessary. Third, we did not stratify our sample into subgroups of patients with homogeneous clinical statuses as has been suggested [5]. Due to the complex

nature and aetiology of this painful syndrome, it is necessary to group patients with similar clinical characteristics together in order to know the effects of clinical interventions more specifically. For example, in this work, although not statistically different there are some differences in the subject's characteristics such age or weight (i.e. intervention group subjects are a little younger than controls) which could have influenced the results. Finally, potential adaptations on the trained musculature have not been evidenced. To the best of our knowledge, previous results of WBV training have been reported in women with PFP [51]. We have reported results for a male sample, which should be contrasted in future studies with a greater sample and a longer follow-up period.



Conclusion

In conclusion, the realisation of a training protocol of hip, knee and core exercises on a vibratory platform produces positive effects on the pain level and functional capacity of patients with PFP and is more effective than exercise alone in improving pain and function in patients with PFP in the short term.

Abbreviations

WBV: Whole body vibration; PFP: Patellofemoral pain; LEFS: Lower extremity functional scale; VAS: Visual Analogue Scale; NP: Neuropathic pain; DN4: Douleur Neuropathique 4-item scale; SD: Standard deviation; CI: Confidence interval; ANOVA: Analysis of variance

Acknowledgments

The authors would like to thank the participants for their time and effort.

Authors' contributions AY and BB conceived the research idea and participated in its design; MA and BB contributed to the statistical analysis; AY, SH and MA participated in the data collection, SH contributed to the interpretation of the results and wrote the original draft. All authors have read and approved the final version of the manuscript, and agree with the order of presentation of the authors.

Funding

No form of funding was received from any source.

Availability of data and materials

The datasets analysed in the current study are available from the corresponding author on reasonable request.

Ethics approval and consent to participate

Ethics approval was obtained from the Ethical Research Committee of Jaen Province (project code 0916-N-19, approval date June 19, 2019). All participants provided written informed consent before the commencement of the study.

Consent for publication

Written informed consent was obtained from the person depicted in Fig. 1 for the publication of this picture in the manuscript. A copy of the written consent is available for review by the Editor-in-Chief of this journal.

Competing of interest

The authors declare that they have no competing interests.

Author details

¹Department of Physiotherapy, Faculty of Nursing, Physiotherapy and Podiatry,

University of Seville, 41009 Seville, Spain. ²Department of Cellular

Biology, University of Seville, 41009 Seville, Spain. ³Physiotherapy Area, Traslational Research Centre of Physiotherapy, Miguel Hernandez University, Sant Joan d'Alacant, 03550 Alicante, Spain.

Received: 3 March 2020 Accepted: 18 August 2020

Published online: 28 August 2020

References

1. Crossley KM, Stefanik JJ, Selfe J, Collins NJ, Davis IS, Powers C, et al. 2016 Patellofemoral pain consensus statement from the 4th international Patellofemoral pain research retreat, Manchester. Part 1: terminology, definitions, clinical examination, natural history, patellofemoral osteoarthritis and patient-reported outcome measures. *Br J Sports Med.* 2016;50:839–43. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096384>.
2. McCarthy MM, Strickland SM. Patellofemoral pain: an update on diagnostic and treatment options. *Current Rev Musculoskelet Med.* 2013;6:188–94. <https://doi.org/10.1007/s12178-013-9159-x>.
3. Smith BE, Selfe J, Thacker D, Hendrick P, Bateman M, Moffatt F, Rathleff MS, Smith, TO, Logan P Incidence and prevalence of patellofemoral pain: A systematic review and meta-analysis *PLoS One.* 2018;13:e0190892. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190892>.
4. Petersen W, Ellermann A, Gösele-Koppenburg A, Best R, Rembitzki IV, Brüggemann G, Liebau C. Patellofemoral pain syndrome. *Knee Surg Sports Traumatol Arthroscop.* 2014;22:2264–74. <https://doi.org/10.1007/s00167-013-2759-6>.
5. Crossley KM, Callaghan MJ, van Linschoten R. Patellofemoral pain. *BMJ.* 2015;351:3939. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-h3939rep>.
6. Collins NJ, Barton CJ, van Middelkoop M, Callaghan MJ, Rathleff MS, Vicenzino B, et al. Consensus statement on exercise therapy and physical interventions (orthoses, taping and manual therapy) to treat patellofemoral pain: recommendations from the 5th international Patellofemoral pain research retreat, Gold Coast, Australia, 2017. *Br J Sports Med.* 2018;52:1170– 8. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099397>.
7. Alba-Martín P, Gallego-Izquierdo T, Plaza-Manzano G, Romero-Franco N, Núñez-Nagy S, Pecos-Martín D. Effectiveness of therapeutic physical exercise in the treatment of patellofemoral pain syndrome: a systematic review. *J Phys Ther Sci.* 2015;27:2387–90. <https://doi.org/10.1589/jpts.27.2387>.



8. Crossley KM, Middelkoop M, Callaghan MJ, Collins NJ, Rathleff MS, Barton CJ, et al. 2016 Patellofemoral pain consensus statement from the 4th international Patellofemoral pain research retreat, Manchester. Part 2: recommended physical interventions. *Br J Sports Med.* 2016;50:844–52.
9. Cardoso RK, Caputo EL, Rombaldi AJ, Del Vecchio FB. Effects of strength training on the treatment of patellofemoral pain syndrome - a meta- analysis of randomized controlled trials. *Fisioterapia em Movimento.* 2017; 30:391–8. <https://doi.org/10.1590/1980-5918.030.002.ar02>.
10. Willy R, Høglund L, Barton C, Bolgla L, et al. Patellofemoral pain: using the evidence to guide physical therapist practice. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2019;49:631–2. <https://doi.org/10.2519/jospt.2019.0503>.
11. Werner S. Anterior knee pain: an update of physical therapy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2014;22:2286–94. <https://doi.org/10.1007/s00167-014-3150-y>.
12. Lack S, Barton C, Sohan O, Crossley K, Morrissey D. Proximal muscle rehabilitation is effective for patellofemoral pain: a systematic review with meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2015;49:1365–76. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094723>.
13. Fischer M, Vialleron T, Laffaye G, et al. Long-term effects of whole-body vibration on human gait: a systematic review and meta-analysis. *Front Neurol.* 2019;10:627. <https://doi.org/10.3389/fneur.2019.00627>.
14. Simão AP, Mendonça VA, Avelar NCP, et al. Whole body vibration training on muscle strength and brain-derived Neurotrophic factor levels in elderly woman with knee osteoarthritis: a randomized clinical trial study. *Front Physiol.* 2019;10:756. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00756>.
15. Alam MM, Khan AA, Farooq M. Effect of whole-body vibration on neuromuscular performance: a literature review. *Work.* 2018;59:571–83. <https://doi.org/10.3233/WOR-182699>.
16. 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.* 2007;17:2–11. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2006.00578.x>.
17. Moreira-Marconi E, Dionello CF, Morel DS, Sá-Caputo DC, Sousa-Gonçalves CR, Paineiras-Domingos LL, Teixeira-Silva Y, dos Santos Pereira MJ, Bernardo-Filho M. Whole body vibration and auriculotherapy improve handgrip strength in individuals with knee osteoarthritis. *J Tradit Chin Med.* 2019; 39(5):707–15.18.
18. Osawa Y, Oguma Y. Effects of vibration on flexibility: a meta-analysis. *J Musculoskelet Neuronal Interact.* 2013;13:442–53.19.
19. Dong Y, Wang W, Zheng J, Chen S, Qiao J, Wang X. Whole body

- vibration exercise for chronic musculoskeletal pain: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Arch Phys Med Rehabil.* 2019;100: 2167–78. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2019.03.011>.
20. van der Heijden RA, Lankhorst NE, van Linschoten R, Bierma-Zeinstra SM, van Middelkoop M. Exercise for treating patellofemoral pain syndrome. *Cochrane Database Syst Rev.* 2015;1:CD010387. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD010387.pub2>.
 21. Zafar H, Alghadir A, Anwer S, Al-Eisa E. Therapeutic effects of whole-body vibration training in knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis. *Arch Phys Med Rehabil.* 2015;96:1525–32. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2015.03.010>.
 22. Wang P, Yang L, Li H, Lei Z, Yang X, Liu C, Jiang, et al. Effects of whole-body vibration training with quadriceps strengthening exercise on functioning and gait parameters in patients with medial compartment knee osteoarthritis: A randomised controlled preliminary study. *Physiotherapy (UK).* 2016;102:86–92. <https://doi.org/10.1016/j.physio.2015.03.3720>.
 23. Simão AP, Avelar NC, Tossige-Gomes R, Neves CD, Mendonça VA, Miranda AS, et al. Functional performance and inflammatory cytokines after squat exercises and whole-body vibration in elderly individuals with knee osteoarthritis. *Arch Phys Med Rehabil.* 2012;93:1692–700. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2012.04.017>.
 24. Wang XQ, Gu W, Chen BL, Wang X, Hu HY, Zheng YL, Zhang J, Zhang HY, Chen PJ. Effects of whole-body vibration exercise for non-specific chronic low back pain: an assessor-blind, randomized controlled trial. *Clin Rehabil.* 2019;33(9):1445–57. <https://doi.org/10.1177/0269215519848076>.
 25. Corum M, Basoglu C, Yakal S, Sahinkaya T, Aksoy C. Effects of whole body vibration training on isokinetic muscular performance, pain, function, and quality of life in female patients with patellofemoral pain: a randomized controlled trial. *J Musculoskelet Neuronal Interact.* 2018;18:473–84.
 26. Holden S, Rathleff MS, Jensen MB, Barton CJ. How can we implement exercise therapy for patellofemoral pain if we don't know what was prescribed? A systematic review. *Br J Sports Med.* 2018;52:385. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-097547>.
 27. Rathleff MS, Rathleff CR, Holden S, Thorborg K, Olesen JL. Exercise therapy, patient education, and patellar taping in the treatment of adolescents with patellofemoral pain: a prospective pilot study with 6 months follow-up. *Pilot Feasibility Stud.* 2018;13:73. <https://doi.org/10.1186/s40814-017-0227-7>.



28. Crossley KM, Bennell KL, Cowan SM, Green S. Analysis of outcome measures for persons with patellofemoral pain: which are reliable and valid? *Arch Phys Med Rehabil.* 2004;85:815–22. [https://doi.org/10.1016/s0003-9993\(03\)00613-0](https://doi.org/10.1016/s0003-9993(03)00613-0).
29. Dworkin RH, Turk DC, Wyrwich KW, Beaton D, Cleeland CS, Farrar JT, et al. Interpreting the clinical importance of treatment outcomes in chronic pain clinical trials: IMMPACT recommendations. *J Pain.* 2008;9:105–21. <https://doi.org/10.1016/j.jpain.2007.09.005>.
30. Perez C, Galvez R, Huelbes S, Insausti J, Bouhassira D, Diaz S, Rejas J. Validity and reliability of the Spanish version of the DN4 (Douleur Neuropathique 4 questions) questionnaire for differential diagnosis of pain syndromes associated to a neuropathic or somatic component. *Health Qual Life Outcomes.* 2007;5:66. <https://doi.org/10.1186/1477-7525-5-66>.
31. Hancock GE, Hepworth T, Wembridge K. Accuracy and reliability of knee goniometry methods. *J Exp Orthop.* 2018;5:46. <https://doi.org/10.1186/s40634-018-0161-5>.
32. Cruz-Díaz D, Lomas-Vega R, Osuna-Pérez MC, Hita-Contreras F, Fernández AD, Martínez-Amat A. The Spanish lower extremity functional scale: a reliable, valid and responsive questionnaire to assess musculoskeletal disorders in the lower extremity. *Disabil Rehabil.* 2014;36:2005–11. <https://doi.org/10.3109/09638288.2014.890673>.
33. Mehta SP, Fulton A, Quach C, Thistle M, Toledo C, Evans NA. Measurement properties of the lower extremity functional scale: a systematic review. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2016;46:200–16. <https://doi.org/10.2519/jospt.2016.6165>.
34. Gil-Gámez J, Pecos-Martín D, Kujala UM, Martínez-Merinerio P, Montañez-Aguilera FJ, Romero-Franco N, Gallego-Izquierdo T. Validation and cultural adaptation of “Kujala score” in Spanish. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016;24:2845–53. <https://doi.org/10.1007/s00167-015-3521-z>.
35. Çelik D, Çoban Ö, Kılıçoğlu Ö. Minimal clinically important difference of commonly used hip-, knee, foot-, and ankle-specific questionnaires: a systematic review. *Clin Epidemiol.* 2019;113:44–57. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2019.04.017>.
36. Barton CJ, Lack S, Malliaras P, Morrissey D. Gluteal muscle activity and patellofemoral pain syndrome: a systematic review. *Br J Sports Med.* 2013; 47:207–14. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-090953>.
37. Morell KM, Carrelli M, Nunez MA, Smith CA, Warren GL. Addition of hip exercises to treatment of patellofemoral pain syndrome: A meta-analysis. *World J Meta-Anal.* 2015;3:118–24.

<https://doi.org/10.13105/wjma.v3.i2.118>.

38. Marín PJ, Rhea, M.R. *Effects of vibration training on muscle strength: a meta- analysis.* *J Strength Cond Res* 2010;24:548–556. doi: <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181c09d22>.
39. American College of Sports Medicine. *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription.* 9th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2014.
40. Kelly SB, Alvar BA, Black LE, Dodd DJ, Carothers KF, Brown LE. *The effect of warm-up with whole-body vibration vs. cycle ergometry on isokinetic dynamometry.* *J Strength Cond Res.* 2010;24(11):3140–3.
41. Zacharias A, Green RA, Semciw AI, Kingsley MI, Pizzari T. *Efficacy of rehabilitation programs for improving muscle strength in people with hip or knee osteoarthritis: a systematic review with meta-analysis.* *Osteoarthr Cartil.* 2014;22(11):1752–73. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2014.07.005>.
42. Kim H, Kwon BS, Park Jw, lee H, Nam K, park T, Kim T. *effect of whole body horizontal vibration exercise in chronic low Back pain patients: vertical versus horizontal vibration exercise.* *Ann Rehabil Med.* 2018;42:804–13. <https://doi.org/10.5535/arm.2018.42.6.804>.
43. Avelar NC, Simão AP, Tossige-Gomes R, Neves CD, Rocha-Vieira E, Coimbra CC, Lacerda AC. *The effect of adding whole-body vibration to squat training on the functional performance and self-report of disease status in elderly patients with knee osteoarthritis: a randomized, controlled clinical study.* *J Altern Complement Med.* 2011;17:1149–55.
44. Jensen R, Kvale A, Baerheim A. *Is pain in patellofemoral pain síndrome neuropathic?* *Clin J Pain.* 2008;24:384–94. <https://doi.org/10.1097/AJP.0b013e3181658170>.
45. Whittingham M, Palmer S, Macmillan F. *Effects of taping on pain and function in patellofemoral pain syndrome: a randomized controlled trial.* *J Orthop Sports Phys Ther.* 2004;34:504–10. <https://doi.org/10.2519/jospt.2004.34.9.504>.
46. Blackburn JT, Pamukoff DN, Sakr M, Vaughn AJ, Berkoff DJ. *Whole body and local muscle vibration reduce artificially induced quadriceps arthrogenic inhibition.* *Arch Phys Med Rehabil.* 2014;95:2021–8. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2014.07.393>.
47. Smith BE, Moffatt F, Hendrick P, Bateman M, Rathleff MS, Selfe J, Smith TO, Logan P. *The experience of living with patellofemoral pain-loss, confusion and fear-avoidance: a UK qualitative study.* *BMJ Open.* 2018;23:e018624. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2017-018624>.
48. Abbasi E, Kahrizi S, Razi M, Faghihzadeh S. *The effect of whole-body vibration training on the lower extremity muscles' electromyographic activities in patients with knee osteoarthritis.* *Med J Islam Repub Iran.*



2017; 31:–107. <https://doi.org/10.14196/mjiri.31.107>.

49. Nascimento LR, Teixeira-Salmela LF, Souza RB, Resende RA. Hip and knee strengthening is more effective than knee strengthening alone for reducing pain and improving activity in individuals with Patellofemoral pain: a systematic review with meta-analysis. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2018;48: 19–31. <https://doi.org/10.2519/jospt.2018.7365>.
50. Fukuda TY, Melo WP, Zaffalon BM, Rossetto FM, Magalhães E, Bryk FF, Martin RL. Hip Posterolateral musculature strengthening in sedentary women with Patellofemoral pain syndrome: a randomized controlled clinical trial with 1-year follow-up. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2012;42:823–30. <https://doi.org/10.2519/jospt.2012.4184>.
51. Maclachlan LR, Collins NJ, Matthews MLG, Hodges PW, Vicenzino B. The psychological features of patellofemoral pain: a systematic review. *Br J Sports Med.* 2017;51:732–42. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096705>.

6.2. Otros aspectos metodológicos a destacar

La publicación realizada no refleja de forma clara algunos aspectos metodológicos de los que queremos dejar constancia, como son el tipo de diseño, las variables consideradas en el estudio, las características de la muestra así como su tamaño, el procedimiento que hemos seguido para la selección de los sujetos, los aspectos éticos relevantes en la investigación y el protocolo de intervención.

6.2.1. DISEÑO DEL ESTUDIO

Para poder corroborar ó refutar nuestra hipótesis vamos a utilizar un ensayo clínico aleatorio (ECA), que forma parte de los estudios experimentales. Esta tipología prima evaluar la factibilidad y eficacia de una intervención terapéutica.

Nosotros nos ceñiremos a la factibilidad y la seguridad interpretando que ambas, en esta modalidad terapéutica aplicadas durante un periodo de tiempo mayor, pues abordamos un proceso crónico, resultan en la eficacia del procedimiento terapéutico sometido a estudio.

Referenciando a los autores Argimon y Jiménez y Polit y Hungler podemos verter diversas consideraciones para definir nuestro estudio (Argimon y Jiménez, 2013; Polit y Hungler, 2003).

Un ensayo clínico se considera un estudio experimental, ya que el investigador controla el factor de estudio.

Estas investigaciones intentan establecer relaciones causa-efecto con los resultados, dando una mayor evidencia a la conclusión obtenida, son a su vez catalogadas de analítico.

Nuestro estudio consistirá en la administración de 1 sesión de ejercicio físico con 18 acciones a ejecutar sobre una plataforma vibratoria. Realizaremos mediciones de frecuencia cardiaca, tensión arterial, saturación parcial de oxígeno, gasto calórico y percepción de esfuerzo antes, recién terminada y 20 minutos después de la sesión. La percepción de esfuerzo se realiza en una única toma a la finalización de la rutina.

De acuerdo a lo anterior, este estudio será prospectivo en cuanto a la temporalidad, es decir, de carácter longitudinal. Pues los datos han sido recogidos conforme se han ido sucediendo.

Es de carácter estructurado, pues el control metodológico aplicado en nuestro estudio por el investigador especifica la naturaleza de las intervenciones y de las comparaciones a realizar, los métodos que se utilizaron para controlar las variables extrañas, la programación de la colecta de datos, el lugar y el ambiente del estudio y la información que habrá que darle a los pacientes antes de recabar cualquier dato.

También será controlado al tratarse de una comparación de efectos del tratamiento entre un grupo de intervención y otro grupo que ejerce de control. Además, será en paralelo porque cada grupo recibirá un tratamiento único. Decimos que es aleatorizado, por la distribución azarosa de los sujetos en ambos grupos.

En lo relativo al ciego, hemos de conceptualarlo como investigación con ciego simple, en la cual los pacientes no conocerán la intervención a la que serán sometidos, disminuyendo posibles sesgos.

En resumen, se trata de un ensayo clínico controlado en paralelo y aleatorio, longitudinal, prospectivo, experimental, analítico y con ciego simple.

6.2.2. CÁLCULO DE LA MUESTRA

El tamaño de la muestra se determina mediante el programa G Power 3.1, para Windows. Hemos considerado varianzas desconocidas pero iguales, un tamaño de efecto de Cohen o efecto clínico de 0,8 y una proporción 1:1 entre el tamaño de ambos grupos.

Hemos tomado un error alfa o error tipo I del 95% ($p < 0,05$) y un error beta o error tipo II del 80%.

La hipótesis ha sido planteada a una cola. El tamaño de la muestra resultante es de 42 sujetos, 21 de ellos se asignaron al grupo experimental y otros 21 al grupo control.

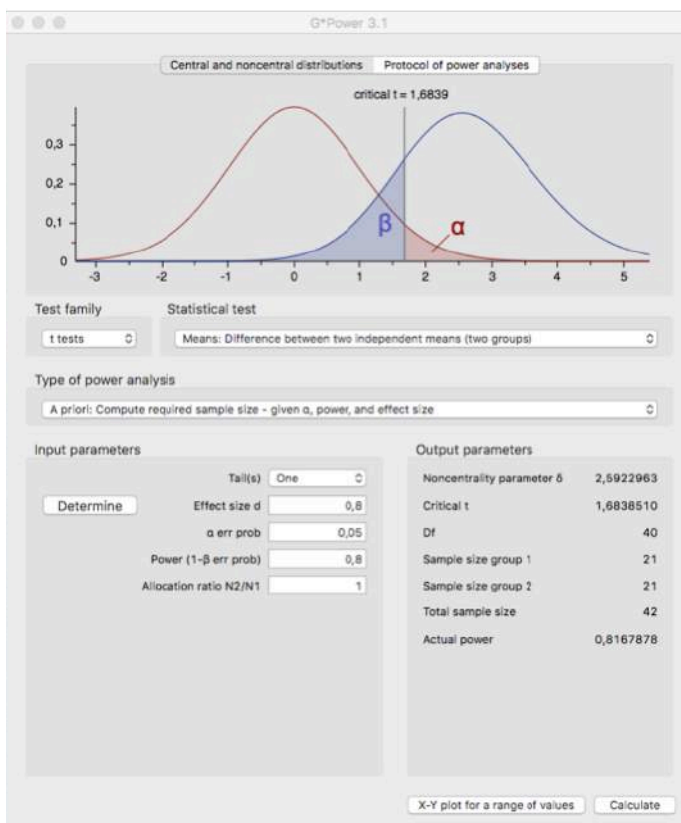


Figura 9. Cálculo de tamaño muestral. Extraída del Software G Power 3.1.

6.2.3. MÉTODO DE INTERVENCIÓN DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE: RUTINA DE EJERCICIOS

El programa consta de una rutina de 18 ejercicios a ejecutar donde se busca el mayor reclutamiento neuromuscular, sustentándonos en referentes bibliográficos. La mayoría de los ejercicios son dinámicos e isotónicos para buscar la reeducación del gesto funcional y la reequilibración entre agonistas y antagonistas. Por tanto generan contracciones concéntricas y excéntricas, muy versadas en los procesos de recuperación musculoesqueléticas (Collins et al, 2010; Holden et al, 2018; Crossley et al, 2019).

También hacemos un uso racional de isométricos pues facilitan la adaptación a la vibración mecánica, el reclutamiento, la actividad metabólica y una analgesia inmediata de gran valor en este proceso. Al estar en menor medida este tipo de ejercicios contenemos su limitada aplicabilidad funcional de la fuerza generada (de la Fuente, Valero & Cuadrado, 2019).

Otro aspecto tenido en cuenta es la organización de los ejercicios partiendo de tareas analíticas con su mayor efecto sobre la fuerza. Seguidas de tareas complejas donde realzar la globalidad y funcionalidad del gesto que aumentan el control motor, dando lugar al desarrollo eficiente de tareas complejas como correr, saltar, subir escalones, actividades de la vida diaria que suelen estar limitadas o sintomáticas en el DFP.

Está estructurado siguiendo las fases pautadas por ACSM, de calentamiento, desarrollo y vuelta a la calma/estiramiento, distribuidas a lo largo de los 22 minutos que dura una sesión. Dentro de esta estructura hemos pautado un diseño en líneas generales de entrenamiento interválico de alta intensidad (High Intensity Interval Training-HIIT), que establece un periodo de descanso al menos igual que el de trabajo. Existe variedad entre las configuraciones del modelo de trabajo HIIT, nosotros hemos optado por el formato de intervalos cortos. Entendiendo que este se ajusta fácilmente a la población diana y a la dosificación por tiempos de la VCC (ACSM, 2017; Laursen & Bouchheit, 2018).



La supervisión presencial del fisioterapeuta es fundamental, porque debe impartir educación sobre la salud y marcar la cadencia de la sesión ante el desconocimiento actual de cual es la cantidad optima de estrés optimo que debe asumir la rodilla en cada sesión para la recuperación del DFP, debe controlar cuantos mas factores y aplicarlos con un criterio progresivo. Tambien debe vigilar y corregir al paciente para que realice la ejecución correcta de los ejercicios, solo así podremos ir focalizando correctamente los resultados beneficiosos. Ya que se ha observado que la población con DFP mantienen patrones musculares anómalos durante el step-up, step-down y el lunge en comparación con la población sana. Solo el hecho de realizar el ejercicio mejora la función y el patrón de activación, siendo interesante que la ejecución sea con la mayor amplitud que el sujeto pueda de forma comoda (Escamilla et al, 2012; Contreras et al, 2016; Glaviano & Saliba, 2019).

El grueso de los ejercicios seleccionados para el programa tienen una amplia justificación dentro de la literatura científica, por su aplicación en procesos de recuperación de trastornos musculoesqueléticos y por matices que lo adecuan al trabajo de DFP con VCC.

Posición atlética o semisentadilla isométrica, sentadilla isométrica y sentadillas dinámicas. Sirven para que el sujeto se acople al impacto mecanico de la VCC y lo que implica la adopción de la postura que permita a la vibración centrarse en rodillas y zonas aledañas con comodidad. Su factibilidad hace que sea esencial al inicio y como parte fundamental del tratamiento (Cabello & Meroño, 2012).

Lunges isotónicos, dinámicos. La estocada es ideal para rehabilitar procesos de reeducación de movimientos complejos como la marcha tras trastornos musculoesqueléticos de larga evolución por combinar trabajo excéntrico y concéntrico, ejecutarse en cadena cinética cerrada, realizar una activación específica del VMO del cuádriceps además de glúteo e isquiosurales de la pierna adelantada, estabilizar la articulación, poder formar parte de la progresión de la sentadilla y se puede ajustar fácilmente con perturbaciones (Ekstrom, Donatelli & Carp, 2007; Jönhagen, Halvorsen & Benoit, 2009; Begalle

et al, 2012; Albornoz & Meroño, 2012; Marchetti et al, 2018; Petushek et al, 2019; Wu et al, 2020).

Plancha ventral. Este ejercicio con frecuencia se ha indicado en la prevención y el tratamiento estabilizadora y corrector de patrones motores anómalos, incluso en lumbalgias y RLCA. Destaca su gran reclutamiento y la facilitación neuromuscular intra e intermuscular, las cocontracciones que desarrolla en otras regiones generan mayores beneficios, a esto se le suma la capacidad de adicionar perturbaciones externas. (Ekstrom, Donatelli & Carp, 2007; McGill & Karpowicz, 2009; McGill, 2010; Calatayud et al, 2017; Choi, Kim & Cynn, 2019; Petushek et al, 2019).

Puente o plancha dorsal. Es uno de los ejercicios que mayor activación produce, su ejecución clásica es una cadena cinética cerrada muy fácil de controlar. Puede ser que por ello sea uno de los ejercicios más empleados en la prevención y recuperación de trastornos musculoesqueléticos de larga evolución. Además, puede focalizar la activación muscular según la flexión de rodilla, si queremos mayor repercusión sobre glúteos y menos sobre isquiales debemos alcanzar los 135°; por otro lado si añadimos perturbaciones aumenta el trabajo de los músculos del tronco como oblicuos y rectos anteriores del abdomen (Ekstrom, Donatelli & Carp, 2007; McGill & Karpowicz, 2009; McGill SM. 2010; Lehecka et al, 2017; Yoon et al, 2018; Petushek et al, 2019).

Step hacia arriba con codo-rodilla contralateral y step lateral con desplazamiento. Esta modalidad de ejercicios es muy aplicada en la recuperación de patrones de movimientos funcionales, destacando que reproduce uno de las actividades desencadenantes del DFP. Selectivamente, se recomienda iniciarse con el step hacia delante y el step lateral ya que el step abajo genera mayores valores de estrés y fuerzas reactivas en la articulación femoropatelar (Ekstrom, Donatelli & Carp, 2007; Bouderau et al, 2009; Begalle et al, 2012).

Fondos de tríceps en extensión con elevación de tórax. El fin de este ejercicio es seguir trabajando la estabilización de tronco desde la distancia mediante los miembros superiores en cadena cinética cerrada con apoyo



manual. La influencia general de la VCC se realizará por los musculos protagonistas donde prima un patrón equilibrador entre serrato anterior y dorsal ancho.

Peso muerto rumano sobre una pierna. Este ejercicio se propone por su gran coactivación de la musculatura cuadriciptal e isquisural, ambos grupos tienen la mayor contracción simultanea posible en cadena cinética cerrada. Es por ello que es una magnifica herramienta para la recuperación de lesiones musculoesqueléticas (Begalle et al, 2012).

DISCUSIÓN



7. DISCUSIÓN

El objetivo principal de esta investigación fue determinar la influencia de agregar vibración de cuerpo completo (VCC) a un protocolo de ejercicio para mejorar el dolor y la funcionalidad en pacientes con dolor femoropatelar (DFP). Los hallazgos actuales indican que deben establecerse los parámetros de administración propios de la VCC, amplitud, frecuencia, tiempo de exposición. Y los parámetros de dosificación relativos al ejercicio físico realizado bajo la influencia de la VCC, tipo de ejercicio, región focalizada, tiempo de trabajo, tiempo de descanso, etc. Así la configuración de un programa de 20 ejercicios 3 veces por semana durante 4 semanas, con sesiones de 23 min de duración total y 15 min de exposición a una VCC de 35 Hz de frecuencia y una amplitud de 2 mm que posteriormente se amplían a 4 mm; realizando ejercicios de rodilla, cadera y tronco en la plataforma vibratoria logra mejores resultados inmediatos en términos autoinformados sobre el dolor y la funcionalidad de la rodilla en comparación con los ejercicios por sí solos. El cambio promedio en las medidas autoinformadas obtenidas por los sujetos en el grupo experimental (puntuación EVA, LEFS y Kujala), alcanzó los respectivos umbrales de diferencia mínima clínicamente importante. Por lo tanto, se puede considerar que la combinación de ejercicio y vibración tiene un alto valor a corto plazo en la práctica clínica para aliviar el dolor y mejorar la funcionalidad de las extremidades inferiores.

Otro de los objetivos de este estudio, es explorar la evidencia científica de los procedimientos de vibración de cuerpo completo (VCC) en relación con el DFP. En esa búsqueda de información científica tan solo hemos encontrado dos artículos que aborden dicha temática, siendo el segundo publicado posteriormente al nuestro (Corum et al, 2018; Rasti et al, 2020). Esa es toda la producción científica específica, muy vaga, pese a ser un trastorno de gran calado por su prevalencia, su tendencia a la cronicidad, su impacto en la vida diaria y los gastos que ocasiona (Barton et al, 2019; Crossley et al 2019; Perez-Prieto et al, 2019; Winters et al 2020). Desde el punto de vista de los expertos en tratamientos mediante la aplicación de VCC, se estima conveniente su empleo en trastornos musculoesqueléticos a lo que nosotros sumamos el DFP



(Wang et al, 2015; Ribeiro et al 2019; Hisao et al, 2019; Wang et al 2020; Rittweger, 2020; Yañez et al, 2020; Corum et al 2018; Rasti et al, 2020).

Tanto es así, que nuestro artículo ha sido citado por Ellen Hoffmeister como punta de lanza de una nueva estrategia de tratamiento donde aún no se dan resultados esperados (Hoffmeister, 2021).

Nuestro procedimiento de actuación de aplicación de la VCC para el DFP ha consistido en un programa ejercicios ejecutados sobre una plataforma vibratoria. La metodología específica y los parámetros de dosificación de la vibración mecánica los hemos diseñado al respecto y reflejados conforme al consenso internacional sobre directrices de investigación en VCC en humanos (Wuestefeld et al, 2020). Entendemos y compartimos su opinión de la escasa calidad de la mayoría de los estudios donde la VCC es aplicada y la poca comparabilidad de estos, por la ausencia/malentendidos de los parámetros empleados y los diferentes dispositivos comerciales que existen en el mercado.

En lo relativo a la vibración, nuestra vibración es sincrónica con mayor predominio vertical, al igual que las otras dos investigaciones (Corum et al, 2018; Rasti et al, 2020). La frecuencia aplicada en los tres trabajos son próximas, Corum et al. 35 Hz, Rasti et al 50 Hz y nosotros 40 Hz. Las tres se enmarcan en la franja genérica donde la respuesta del aparato neuromuscular es mejor, 30-50 Hz (Albornoz & Meroño, 2012) aunque Rittweger fija el tope en 45 Hz (Rittweger, 2020). El límite superior de esta horquilla, 50Hz, es un valor confuso porque a partir de 40 Hz es donde se ubica el inicio del desarrollo de movimiento ilusorio (Naito et al, 1999, Tidoni, 2014; Rittweger, 2020) pero también disminuye la percepción y la adaptación al estímulo mecánico exponencialmente e incluso puede originar riesgos para la salud (Albornoz & Meroño, 2012). Algunos autores han promovido el uso de una frecuencia alta de 50Hz pero con amplitudes pequeñas, ya que en compañía de amplitudes altas la actividad neuromuscular registrada ha sido menor (Pujari, et al, 2019). Todos los autores destacan la importancia de la conjunción de frecuencia y amplitud, aunque no existe un acuerdo de estas relaciones en función de su efectividad, pero si existe unanimidad en que no mayores valores dan mejores resultados. (Albornoz & Meroño, 2012; Pujari, et al, 2019; Rittweger, 2020). Quizás esto enmarca el por

qué nosotros y Corum et al. (2018) hayamos obtenido buenos resultados y no Rasti et al (2020).

El otro parámetro físico importante de la onda mecánica es la amplitud, siendo sus valores mas empleados 2 y 4 mm (Albornoz & Meroño, 2012). Nosotros hemos seleccionado 2 mm para las primeras semanas y 4 mm en las dos semanas finales. Este mismo planteamiento estableció Corum et al. 2-4 mm; mientras que Rasti et al. empleó un valor fijo de 4mm. Nuestro estudio se asienta en las bases de la progresión de la carga y adaptación de la estructura biológica como proponen autores como Smith et al. (2017; 2018; 2019). Debemos ir progresando en ausencia de dolor significativo (Crossley et al, 2019; Gomez-Palomo et al, 2017) buscando una mayor carga que nos reporte mayores beneficios (Smith et al, 2017; Smith et al, 2019; Crossley et al, 2019).

Por tanto, entendemos que los beneficios que ha obtenido el estudio de Corum et al. (2018) y el nuestro, pueden ser debidos, entre otros factores, a la selección de estos valores de frecuencia y amplitud. Rasti et al. (2020) ha empleado los valores máximos de este binomio de forma fija, quizá por encontrarse ante una población de atletas, no obteniendo resultados significativos de mejora clínica.

El tiempo de trabajo sobre la plataforma vibratoria es otro de los datos de interés en el manejo de la dosificación de la VCC. Corum et al. (2018) sometió a los sujetos a 9 min de un total de 40 min entre ejercicios y descansos. Rasti et al. (2020) se limitó a añadir 2 min de VCC al grupo experimental de un total de 48 min y 63 min según la fase. Nosotros establecimos una tasa de 15 min en la plataforma vibratoria sobre los 23 min totales que duraba la sesión. No hemos encontrado bibliografía al respecto, pero entendemos que 2 min puede ser un estímulo insuficiente en cuanto a la duración de la VCC y su proporción en el total de 48 y 63 min. Puede ser que debido a este dato, tanto Corum et al. como nosotros hallamos obtenido mejoras clínicas significativas entre ambos grupo,s no reportando lo mismo los resultados de Rasti et al.

La duración total de los programas de ejercicios convencionales que informaron efectos positivos sobre la intensidad del dolor y la fuerza muscular



para los pacientes con DFP tuvieron una duración de al menos de 8 semanas (Dong et al, 2019), siendo alentados programas de 12 semanas o más para poder asimilar los efectos sobre la fuerza, hipertrofia, etc. (Barton et al, 2019; Crossley et al, 2019). Los resultados de los estudios que aplican VCC en trastornos neuromusculares parecen acortar el tiempo de mejora clínica a 4-5 semanas (Abasi et al, 2017; Ribeiro et al, 2019), incluso Wang et al. (2015) circunscribe mejoras en los primeros tres días tras intervención protésica completa de la rodilla.

En nuestro estudio, el programa de ejercicios se diseñó descentralizando el foco de atención en la rodilla. En la búsqueda de un efecto global sobre la mejora en la fuerza y la función de todo el miembro inferior (Crossley et al, 2016c; Collins et al, 2018; Crossley et al 2019; Smith et al, 2018) y el tronco (Gomez-Palomo et al, 2017; Willy et al, 2019; Wallis et al, 2021). Investigaciones anteriores han demostrado que la adición de ejercicios de fortalecimiento de los músculos de la cadera produce una mejoría más rápida del dolor anterior de la rodilla, en comparación con un programa de rehabilitación de rodilla estándar (Nascimento et al, 2018) . Fukuda et al. informaron que agregar el fortalecimiento de la musculatura de la cadera a un programa de estiramiento y fortalecimiento de la rodilla en mujeres sedentarias con DFP fue más efectivo que los ejercicios de rodilla solos para mejorar la función a largo plazo y los resultados del dolor. Por esta razón, incluimos ejercicios adicionales al entrenamiento tradicional de sentadillas (Fukuda et al, 2012). La focalización de los estudios realizados a sujetos con DFP se limita a cadera y rodilla (Corum et al; 2018) y rodilla únicamente, aunque también se hacían ejercicios para el resto de regiones sin aplicación de VCC (Rasti et al, 2020). Según Gomez-Palomo et al. el fortalecimiento de la región lumbopélvica parece inducir una mejora en el dolor y el equilibrio dinámico. A este respecto, y buscando un mayor reclutamiento, entre nuestros ejercicios se encuentran la plancha anterior (Ekstrom, Donatelli & Carp, 2007; Petushek et al, 2019; McGill & Karpowicz, 2009; McGill, 2010; Calatayud et al, 2017; Choi, Kim & Cynn, 2019), el puente (Ekstrom, Donatelli & Carp, 2007; Petushek et al, 2019; McGill & Karpowicz, 2009; McGill, 2010; Lehecka et al, 2017; Yoon et al, 2018), el lunge, los steps

(Ekstrom, Donatelli & Carp, 2007; Bouderau et al, 2009; Begalle et al, 2012) y el peso muerto con una sola pierna (Begalle et al, 2012).

La prescripción de ejercicio debe atender con prioridad a los déficits funcionales claves (Gomez-Palomo et al, 2017; Barton et al, 2019; Crossley et al 2019). La mayor afectación del DFP se produce al realizar una actividad de carga en la articulación femoropatelar sobre una rodilla flexionada, como ponerse en cuclillas, al estar sentado y al subir/bajar escaleras (Crossley et al, 2016 b, c; Crossley et al, 2019). Por ello contemplamos la realización controlada de sentadillas isométricas a diferentes grados de flexión de cadera/rodilla, sentadillas dinámicas, puentes, lunges y steps. La progresión debe iniciarse buscando el control motor y la resistencia (Gomez-Palomo et al, 2017; Barton et al, 2019; Crossley et al 2019). De ahí, que el fisioterapeuta haya supervisado y corregido el gesto no solo postural que requieren los ejercicios isométricos o estáticos sino el movimiento funcional propio de los ejercicios isotónicos. En los ejercicios de Corum et al, priman los estáticos o isométricos sobre los dinámicos en una proporción 3:1, con un total de 4 ejercicios. Rasti et al. se aproximó a esa metodología y planteó un diseño de 5 estáticos, con tan solo 2 con VCC, y 3 dinámicos o isotónicos. Nuestra propuesta se basó en la realización de 7 isométricos y 13 isotónicos, todos ellos sobre la plataforma vibratoria para la aplicación de VCC. Entendemos que en los ejercicios isométricos generan una analgesia inmediata como sostiene de la Fuente et al. (2019), no obstante, la ganancia de fuerza solo es solo aplicable en los grados a los que se trabaja, por lo que entendemos que para la función no es especialmente productivo. En cambio, los ejercicios isotónicos pueden reproducir movimientos funcionales que alberguen contracciones concéntricas y concéntricas; de especial interés en el proceso de recuperación de una lesión musculoesquelética (Collins et al, 2010; Holden et al, 2018). A este le sumamos que el movimiento realizado bajo la influencia de la VCC está facilitado (Rittweger, 2020; Naito et al, 1999; Tidoni, 2014)

Nuestro trabajo ha priorizado el trabajo en cadena cinética cerrada como propone Gomez-Palomo et al. (2017). Aspecto que compartimos con Corum et al. (2018) y en menor medida con Rasti et al. (2020).

La línea conceptual del trabajo es la tolerancia a la carga, de forma que las actividades que generan dolor controlado reducen las conductas adversas y la sensibilización que el dolor provoca (Smith et al, 2017; 2018; 2019). Hemos diseñado la mayor parte de los ejercicios dinámicos con esta finalidad entre otras. De forma que la facilitación provocada por la VCC (Rittweger, 2020; Naito et al, 1999; Tidoni, 2014) potencie el paradigma “dolor/molestia no es igual a daño” y retroalmente la funcionalidad expresa del sujeto con DFP por reeducación de movimientos complejos y/o automatismos que proponen algunos autores actualmente (Collins et al, 2018; Crossley et al, 2019). Tras dos semanas se subió la amplitud evitar la adaptación al estímulo mecánico de la VCC. Corum et al. realizaron la misma estrategia mientras que Rastí et al., cuyos parámetros mecánicos de la vibración eran máximos, optó por aumentar el volumen de los ejercicios realizados sin aplicación de VCC (Corum et al, 2018; Rasti et al, 2020). Entendemos que la influencia de la VCC se mantiene o disminuye, por lo que razonamos que no tengan diferencias significativas entre grupo control y grupo experimental.

Recientemente el impacto del DFP en la vida del paciente es de primordial interés, lo cual hace que la perspectiva psicosocial tome gran peso en su abordaje (Crossley et al, 2019). El impacto psicosocial incluye confusión, bajas expectativas de mejora, así como una baja autoeficacia percibida (Smith et al, 2018). Y en enfermedades musculoesqueléticas se correlaciona con el nivel de dolor y la función física reducida (Smith et al, 2018). Aunque los pensamientos catastróficos y kinesofobia de los pacientes con DFP no han podido asociarse a la función objetiva (Priore et al, 2019). Es por ello la relevancia que tiene el empleo de medidas autoinformadas o reportadas por el paciente (Crossley et al, 2019). En nuestra investigación así lo hemos hecho, aplicando para valorar el dolor una EVA y el cuestionario DN4, mientras que para la funcionalidad hemos usado los cuestionarios KPS y LEFS.

En estudios previos, se ha informado sobre la reducción de la intensidad del dolor después del entrenamiento con VCC (Wang et al, 2020; Rittweger, 2020; Wang et al, 2015; Ribeiro et al, 2019; Hsiao et al, 2019; Corum et al, 2018), pero el mecanismo de este efecto sigue sin estar claro (Dong et al, 2019;

Rittweger, 2020). Se han formulado varias teorías para explicar el efecto analgésico de la VCC, como el control de la puerta de dolor, el efecto inhibitor del estímulo no nocivo inducido por la vibración sobre las neuronas del tracto espinotalámico, la liberación de endorfinas (Rittwegwer, 2020; Dong et al, 2019, Zafar et al, 2015, Simão et al, 2012, Albornoz & Meroño, 2012) . Además, la estimulación generada por la vibración en la musculatura a través del reflejo de vibración tónica puede generar una contribución positiva a este efecto analgésico mencionado anteriormente (Kim et al, 2018). Incluso la mejora de la actividad metabólica y hormonal puede contribuir a la respuesta analgésica (Albornoz & Meroño, 2012). Muy probablemente, esta marcada reducción en la intensidad del dolor puede ser el mecanismo por el cual los pacientes del grupo experimental mostraron una mejoría clínica y estadísticamente significativa en la funcionalidad autoinformada de la rodilla y las extremidades inferiores al final de la intervención. Avelar y col. informaron que la VCC puede ser una estrategia para mejorar la funcionalidad y la autopercepción de la osteoartritis de rodilla en adultos mayores (Avelar et al, 2011). Simão et al. también describió una mejora en la autopercepción del dolor en ancianos con osteoartritis de rodilla después de 12 semanas (3 veces por semana) de agregar vibración a un ejercicio de sentadilla (Simão et al, 2012). En nuestro estudio, el período de intervención es más corto, como ocurre en otro reciente estudio de DFP (Corum et al, 2018) y ambos hemos reportado resultados beneficiosos estadísticamente significativos, quizás porque incluyen mas variedad y numero de ejercicios que pueden llevar a los beneficios reportados en el dolor de rodilla y la funcionalidad autoinformados.

En cuanto a la intensidad de dolor, los tres estudios existentes en población con DFP hemos empleado una escala del 0 al 10, siendo 0 la ausencia de dolor y 10 el peor dolor imaginable (Corum et al, 2018; Rasti et al, 2020); Corum et al. y nosotros, mediante una escala visual analógica antes y después del programa, mientras Rasti et al. empleó una escala numérica antes y después de una prueba funcional al inicio y final del programa. Para Rasti et al, la intensidad del dolor mejora en ambos grupos pero sin significación estadística ni dentro del grupo ni entre grupos. El estudio de Corum et al. mejora el dolor en ambos grupos pero solo lo hace de manera significativa en el grupo



experimental. Mientras que nuestra investigación desarrolla una mejora significativa de ambos grupos con una mayor potencia en el grupo experimental y una mejora entre grupos que es significativa estadísticamente para el grupo experimental. Entendiendo que puede deberse al mayor número y variedad de ejercicios, así como al tiempo de exposición a la VCC, que no tiempo total empleado para desarrollar una sesión.

Respecto a la calidad del dolor en el DFP, Jensen et al. planteó la hipótesis de que las aberraciones sensoriales observadas en estos pacientes pueden causar dolor de rodilla de tipo neuropático (Jensen, Kvale & Baerheim, 2008). Utilizando el cuestionario DN-4, obtuvimos resultados que podrían apuntar a componentes neuropáticos en los sujetos de nuestra muestra. Una alteración en la repetición o procesamiento de las entradas A-beta podría generar una reducción de la capacidad inhibitoria del dolor (Whittingham, Palmer & Macmillan, 2004). Una posible explicación para la reducción del dolor después del entrenamiento con VCC puede ser que el aumento de las entradas sensoriales de los mecanorreceptores de la piel, las articulaciones y las respuestas musculares provocadas por la vibración, también podría favorecer una reducción del nivel de dolor causado por la actividad física en sujetos con DFP o incluso mejorar la inhibición del músculo artrogénico del cuádriceps (Blackburn et al, 2014). En cualquier caso, una mejor comprensión de los mecanismos del dolor que subyacen al síndrome de DFP se vuelve esencial para administrar el tratamiento adecuado (Jensen, Kvale & Baerheim, 2008). Sugerimos que los presentes hallazgos sobre el entrenamiento VCC sobre el efecto de reducción del nivel de dolor a corto plazo podrían ayudar a los pacientes con DFP a superar el impacto emocional negativo de esta lesión (Smith et al, 2018) y mejorar la adherencia al tratamiento.

En la mayoría de los estudios previos, los programas de ejercicio que informaron efectos positivos sobre la intensidad del dolor y la fuerza muscular para los pacientes con DFP tuvieron una duración de 8 semanas (Dong et al, 2019). Por lo tanto, 4 semanas parece ser un período de tiempo corto para mostrar adaptaciones neuromusculares en estos pacientes. En la tésitura contraria, se sitúan gran parte los estudios realizados con VCC. Hisao et al.

encuentra mejoras en la fuerza durante los tres primeros días tras intervención de prótesis completa de rodilla después de aplicar VCC, mejoran la fuerza, la amplitud de movimiento y el perímetro de la rodilla mas en el grupo experimental, aunque solo obtiene significación en las dos ultimas variables (Hisao et al, 2019). Al igual que nuestro estudio, los estudios de Abasi et al. (2017), Corum et al. (2018) y Ribeiro et al. (2019), no evalúan los efectos del entrenamiento sobre los parámetros neuromusculares y, por lo tanto, no pueden confirmar los efectos a este nivel. Sin embargo, Abassi et al. comunicaron efectos beneficiosos del entrenamiento con VCC sobre los parámetros electromiográficos de la fuerza muscular en pacientes con osteoartritis de rodilla en un período de 4 semanas (Abbasi et al, 2017). Esto indica que las mejoras a corto plazo en los parámetros de fuerza muscular son posibles y podrían conducir potencialmente a las mejoras funcionales de las escalas autoinformadas empleadas, como ocurre en los estudios de Wang et al. (2015), Ribeiro et al. (2019), Corum et al. (2018) y nosotros.

La valoración de la funcionalidad mediante la herramienta autoinformada, KPS, ha sido empleado por Corum et al. y nosotros. Los primeros autores obtuvieron mejoras en ambos sin significación estadística. En cambio, nosotros recogimos mejoras con significación estadística en ambos grupos, con una potencia mayor en el grupo experimental y una significación estadística entre grupos a favor de las VCC. Entendemos que estos resultados se han dado por la configuración del programa de ejercicios con más tiempo de exposición a la VCC y/o por la frecuencia de la onda vibrátil.

Nuestro estudio también sondeó la funcionalidad mediante el cuestionario LEFS, cuyos valores registraron una mejora significativa solo dentro del grupo de VCC y de este mismo grupo al compararlo con el de control. No hemos encontrado otro estudio que utilice el cuestionario LEFS. Los otros dos estudios sobre la influencia de VCC en el DFP examinaron la función objetiva. Así, Corum et al. ejecutó pruebas isocinéticas que mostraron que si bien mejoraron ambos grupos en la mayoría de ítems evaluados no hubo diferencias significativas entre los grupos, excepto para el trabajo total de los extensores de rodilla. Rasti et al.



exploró el salto vertical y la agilidad con mejoras significativas en ambos grupos, pero sin significación entre grupos para ambas variables.

Además, el reflejo de vibración tónica, inducido por las vibraciones de la plataforma mecánica, puede potencialmente aumentar el reclutamiento de las unidades motoras y la actividad del sistema propioceptivo (Willy et al, 2019; Zacharias et al, 2014), así como optimizar la facilitación neural de procesos periféricos, espinales y supraespinales (albornoz & Meroño, 2012; Rittweger, 2020). Al usar una frecuencia de 40 Hz, también se da ilusión cinestésica o movimiento ilusorio que facilita inconscientemente el desarrollo de patrones de movimientos normalizados propiamente (Rittweger, 2020; Naito et al, 1999; Tidoni et al, 2014). Todas estas acciones sobre la actividad neuromuscular pueden resultar en las mejoras clínica.

En nuestro estudio, se observó una mejora estadísticamente significativa en el rango de movimiento de flexión de la rodilla después de completar el protocolo. Osawa & Oguma, en su metaanálisis, mostraron que las intervenciones con vibraciones tenían efectos significativos sobre la flexibilidad (Osawa & Oguma, 2013). Estos cambios observados en el rango de movimiento de flexión de la rodilla podrían estar mediados por la reducción del nivel de dolor de la misma y la citada facilitación neuromuscular. Otros mecanismos potenciales podrían estar implicado, como un aumento potencial del flujo sanguíneo después de la vibración, una reducción de la rigidez muscular y el aumento de la temperatura con su consecuente efecto tixotrópico provocado por a la vibración (Zacharias et al, 2014; Avelar et al, 2011; Albornoz & Meroño, 2012; Hisao et al, 2019). En cualquier caso, no probamos directamente ninguno de estos mecanismos. Ni siquiera está claro cuánto tiempo se pueden mantener los efectos después de las sesiones, y los efectos a medio y largo plazo del entrenamiento VCC en el ROM de la rodilla deben estudiarse en sujetos con DFP.

7.1. Limitaciones del estudio

Los resultados de este estudio deben considerarse con cautela debido a algunas limitaciones metodológicas que hemos advertido durante su realización.

En primer lugar, los resultados principales se obtuvieron mediante el uso de medidas autoinformadas de dolor y funcionalidad de la rodilla sin ningún otro parámetro objetivo neuromuscular. Puesto que la finalidad perseguida era constatar la seguridad, factibilidad y eficacia del procedimiento. Lo más probable es que se necesite un período de seguimiento más prolongado para registrar objetivamente las adaptaciones neuromusculares. Donde también, a tenor de las características recalcitrantes del DFP, puede ser estimado una monitorización mas exhaustiva.

En segundo lugar, solo se evaluaron los efectos agudos sobre los resultados clínicos durante el período posterior a la intervención y, por lo tanto, no sabemos cuánto tiempo se pueden mantener los beneficios registrados. Son necesarios estudios con períodos de seguimiento más prolongados.

En tercer lugar, no estratificamos nuestra muestra en subgrupos de pacientes con estados clínicos homogéneos como se ha sugerido. Debido a la compleja naturaleza y etiología de este doloroso síndrome, es necesario agrupar a pacientes con características clínicas similares para conocer de forma más específica los efectos de las intervenciones clínicas. Por ejemplo, en este trabajo, aunque no son estadísticamente diferentes, existen algunas diferencias en las características de los sujetos como la edad o el peso (los sujetos del grupo de intervención son un poco más jóvenes que los controles) que podrían haber influido en los resultados. Hasta donde sabemos, se han informado resultados previos del ejercicio físico con aplicación de VCC en mujeres y en hombres con PFP, por separado. Hemos reportado resultados para una muestra mixta, que deberían ser contrastados en futuros estudios con una muestra mayor y un período de seguimiento más largo.



Finalmente, Nuestro estudio ha propuesto una sola combinación de frecuencia y amplitud, no pudiendo establecer si existe una combinación de parámetros más optima.

7.2. Prospectiva y futuras líneas de investigación

La prospectiva y las futuras acciones científicas que pueden emanar de este trabajo pueden se expuestas con las siguientes consideraciones. Los resultados se obtuvieron tras 12 sesiones y en 2 tiempos diferentes, sería interesante ampliar ese control a una monitorización constante y prolongar dicha valoración a fin de establecer el comportamiento a medio y largo plazo.

El estudio se ha limitado a un único centro, es muy interesante la expansión del mismo trabajo a un ensayo multicéntrico. Al objeto de abordar la ampliación del tamaño muestral, la estratificación en subgrupos de pacientes con estados clínicos homogéneos y así ganar potencia estadística y validez externa para una relevante aportación clínica.

Sería interesante adaptar las variables medidas a diversos valores subyacentes que permitan el estudio de nuevas relaciones entre las variables con fines identificativos y terapéuticos.

Es pertinente, para próximos estudios sobre DFP, valorar la adherencia de los pacientes al tratamiento. Sobre todo, en procesos crónicos, donde es determinante a la hora de evaluar los efectos de un protocolo de tratamiento con ejercicios terapéuticos.

Estimamos pertinente acercar esta metodología del programa de ejercicios y parámetros de dosificación de la VCC a otras patologías musculoesqueléticas o similares.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONS

A₂



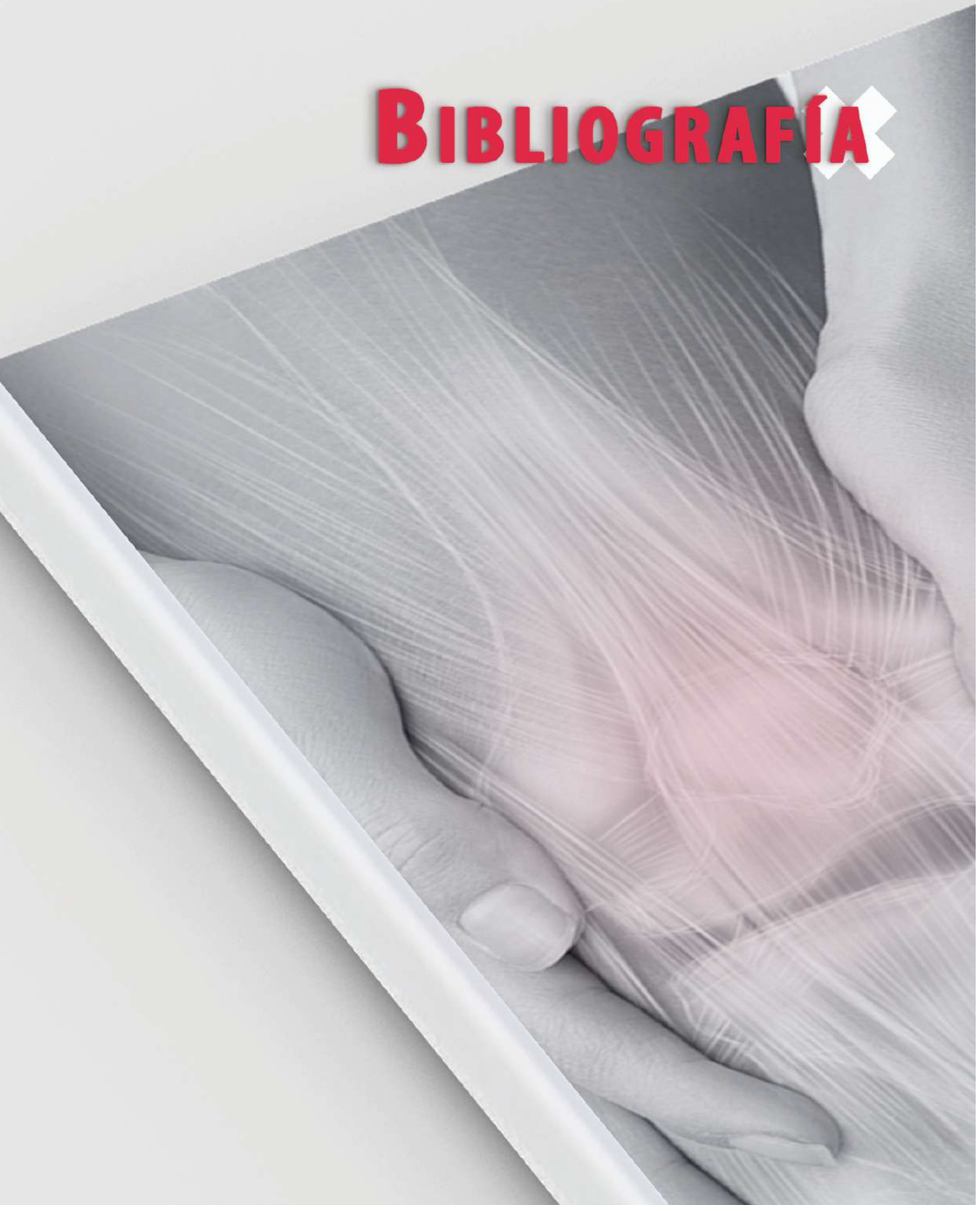
8. CONCLUSIONES

Una vez concluido nuestro estudio y consistente en la aplicación de un protocolo de ejercicios terapéuticos bajo la influencia de la vibración de cuerpo completo para sujetos con PFP en comparación con otro grupo de pacientes con el mismo síndrome que realizará los mismos ejercicios sin dicha vibración mecánica. Y tras reflexionar sobre los datos obtenidos, podemos concluir:

- La evidencia científica de los de los procedimientos de aplicación de la vibración de cuerpo completo en relación con el dolor femoropatelar son escasos y precisa de mas estudios científicos.
- El procedimiento de aplicación de la vibración de cuerpo completo propuesto (40 Hz de frecuencia, amplitud inicial de 2mm y un posterior un incremento a 4 mm para desarrollar 3.2G y 6.4G respectivamente) es valido y fiable para el tratamiento de pacientes con dolor femoropatelar.
- Un procedimiento de Fisioterapia consistente en aplicación de vibración de cuerpo completo de 18 ejercicios para tronco, cadera y rodilla, con 12 sesiones aplicadas en 4 semanas consecutivas bajo un régimen supervisado de 3 sesiones por semana con una duración por sesión de 22 minutos es valido y fiable para el tratamiento del dolor femoropatelar.
- La aplicación de la vibración de cuerpo completo a pacientes con dolor femoropatelar produce mejoras clínicas estadísticamente significativas en el dolor percibido, medido mediante la escala visual analógica y el cuestionario DN4 para dolor neuropático.
- La aplicación de la vibración de cuerpo completo a pacientes con dolor femoropatelar produce mejoras clínicas estadísticamente significativas en la función cuantificada mediante los cuestionarios Kujala Pain Score y Lower Extremity Functional Scale.
- La aplicación de la vibración de cuerpo completo a pacientes con dolor femoropatelar produce mejoras clínicas estadísticamente significativas en la

amplitud articular en la flexión, no así en la extensión (ya que ésta estaba conservada en un valor normal).

BIBLIOGRAFÍA



9. BIBLIOGRAFIA

1. Abbasi E, Kahrizi S, Razi M, & Faghihzadeh S. (2017). The effect of whole-body vibration training on the lower extremity muscles' electromyographic activities in patients with knee osteoarthritis. *Med J Islam Repub Iran*, 31, 107.
2. Ahmadi M, Rahimi A, Naeimi S, & Akbarzadeh Baghban A. (2018). The Comparison of "Whole Body Vibration" and "Routine Exercise Therapy" for a Period of 6 Weeks on Navicular Drop in Children with Bilateral Flexible Flat Foot. *J Clin Physiother Res*, 3(1), 34-41.
3. Alam MM, Khan AA, & Farooq M. (2018) Effect of whole-body vibration on neuromuscular performance: a literature review. *Work*. 59:571–83.
4. Alba-Martín P, Gallego-Izquierdo T, Plaza-Manzano G, Romero-Franco N, Núñez-Nagy S, & Pecos-Martín D. (2015). Effectiveness of therapeutic physical exercise in the treatment of patellofemoral pain syndrome: a systematic review. *J Phys Ther Sci*. 27, 2387–90.
5. Albornoz Cabello M & Meroño Gallut J. (2012). *Procedimientos generales de fisioterapia. Practica basada en la evidencia*. Elsevier (Ed.) España. 139-156.
6. American College of Sports Medicine. (2017). ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 10^a edition. Lippincott Williams & Wilkins.
7. American Physical Therapy Association (2020). Guide to Physical Therapy Practice 3.0. Accessed August 10. <http://guidetoptpractice.apta.org/content/current>.
8. Pujari AN, Neilson R D, & Cardinale M. (2019). Effects of different vibration frequencies, amplitudes and contraction levels on lower limb muscles during graded isometric contractions superimposed on whole body vibration stimulation. *J Rehabil Assist Technol Eng*, 6, 2055668319827466.
9. Andersen RE, Crespo CJ, Ling SM, Bathon JM, & Bartlett SJ. (1999). Prevalence of significant knee pain among older Americans: results from the Third National Health and Nutrition Examination Survey. *J Am Geriatr Soc*. 47, 1435-8.
10. Andrade R, Pereira R, van Cingel R, Staal JB, & Espregueira-Mendes J. (2020). 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*. 54, 512–519.
11. Argimon JM, & Jiménez J. (2013). Métodos de investigación clínica y epidemiología. 4^o ed. Elsevier (Ed). Barcelona.
12. Avelar NC, Simão AP, Tossige-Gomes R, Neves CD, Rocha-Vieira E, Coimbra CC, & Lacerda AC. (2011). The effect of adding whole-body vibration to squat training on



- the functional performance and self-report of disease status in elderly patients with knee osteoarthritis: a randomized, controlled clinical study. *J Altern Complement*. 17, 1149–55.
13. Barton CJ, Lack S, Malliaras P, & Morrissey D. (2013). Gluteal muscle activity and patellofemoral pain syndrome: a systematic review. *Br J Sports Med*. 47, 207–14.
 14. Barton CJ, Lack S, Hemmings S, Tufail S, & Morrissey D. (2015). The best practice guide to conservative management of patellofemoral pain: incorporating level 1 evidence with expert clinical reasoning. *Br J Sports Med*. 49, 923–934.
 15. Barton CJ, & Rathleff MS. (2016). 'Managing My Patellofemoral Pain': the creation of an education leaflet for patients. *BMJ Open Sport Exerc. Med*. 2:e000086.
 16. Barton CJ, de Oliveira Silva D, Patterson BE, Crossley KM, Pizzari T, & Nunes GS. (2019). A proximal progressive resistance training program targeting strength and power is feasible in people with patellofemoral pain. *Phys Ther Sport*. 38, 59-65.
 17. Begalle RL, DiStefano LJ, Blackburn T, & Padua DA. (2012). Quadriceps and Hamstrings Coactivation During Common Therapeutic Exercises. *J Athl Train*. 47(4), 396–405.
 18. Blackburn JT, Pamukoff DN, Sakr M, Vaughn AJ, & Berkoff DJ. (2014). Whole body and local muscle vibration reduce artificially induced quadriceps arthrogenic inhibition. *Arch Phys Med Rehabil*. 95, 2021–8.
 19. Binkley JM, Stratford PW, Lott, SA, & Riddle DL. (1999). The Lower Extremity Functional Scale (LEFS): scale development, measurement properties, and clinical application. North American Orthopaedic Rehabilitation Research Network. *Phys Ther*, 79(4), 371–383.
 20. Bouderau SN, Dwyer M, Mattacola CG, Lattermann C, Uhl TL, & McKeon JM. (2009). Hip-muscle activation during the lunge, single-leg squat and step-up and over exercise. *J Sport Rehabil*. Feb;18(1):91-103.
 21. Bouhassira D, Attal N, Alchaar H, Boureau F, Brochet B, Bruxelle J, Cunin G, Fermanian J, Ginies P, Grun-Overdyking A, Jafari-Schluep H, Lantéri-Minet M, Laurent B, Mick G, Serrie A, Valade D, & Vicaut E. (2005). Comparison of pain syndromes associated with nervous or somatic lesions and development of a new neuropathic pain diagnostic questionnaire (DN4). *Pain*, 114(1-2), 29–36.
 22. Boyle LJ, & Nagelkirk PR. (2010). The effects of whole body vibration and exercise on fibrinolysis in men. *Eur J Appl Physiol*. 110(5), 1057–1061.
 23. Brouwers MC, Florez ID, McNair SA, Vella ET, & Yao X. (2019). Clinical Practice Guidelines: Tools to Support High Quality Patient Care. *Semin Nucl Med*, 49(2), 145–152.

24. Brouwers MC, Kho ME, Browman GP, Burgers JS, Cluzeau F, Feder G, Fervers B, Graham ID, Grimshaw J, Hanna SE, Littlejohns P, Makarski J, Zitzelsberger L, & AGREE Next Steps Consortium (2010). AGREE II: advancing guideline development, reporting and evaluation in health care. *CMAJ*. 182(18), E839–E842.
25. Brown AM, Zifchock RA, Lenhoff M, Song J, & Hillstrom HJ. (2019). Hip muscle response to a fatiguing run in females with iliotibial band syndrome. *Hum Mov Sci*. 64, 181–190.
26. Calatayud J, Casaña J, Martín F, Jakobsen MD, Colado JC, Gargallo P, Jueas A, Muñoz V, & Andersen LL. (2017). Trunk muscle activity during different variations of the supine plank exercise. *Musculoskelet Sci Pract*. 28, 54–58.
27. Cardinale M, Leiper J, Erskine J, Milroy M, & Bell S. (2006). The acute effects of different whole body vibration amplitudes on the endocrine system of young healthy men: a preliminary study. *Clin Physiol Funct Imaging*, 26(6), 380–384.
28. Cardoso RK, Caputo EL, Rombaldi AJ & Del Vecchio FB. (2017). Effects of strength training on the treatment of patellofemoral pain syndrome - a metaanalysis of randomized controlled trials. *Fisioter Mov*. 30:391–8.
29. Çelik D, Çoban Ö, & Kılıçoğlu Ö. (2019). Minimal clinically important difference of commonly used hip, knee, foot, and ankle-specific questionnaires: a systematic review. *Clin Epidemiol*. 113:44–57.
30. Chanou K, Gerodimos V, Karatrantou K, & Jamurtas A. (2012). Whole-body vibration and rehabilitation of chronic diseases: a review of the literature. *J Sports Sci Med*. 11(2), 187–200.
31. Choi JH, Kim DE, & Cynn HS. (2019). Comparison of Trunk Muscle Activity Between Traditional Plank Exercise and Plank Exercise With Isometric Contraction of Ankle Muscles in Subjects With Chronic Low Back Pain. *J Strength Cond Res*, 10.1519/JSC.0000000000003188. Advance online publication.
32. Clijsen R, Fuchs J, & Taeymans J. (2014). Effectiveness of exercise therapy in treatment of patients with patellofemoral pain syndrome: systematic review and meta-analysis. *Phys Ther*. 94:1697–1708.
33. Collins NJ, Crossley KM, Darnell R, & Vicenzino B. (2010). Predictors of short and long term outcome in patellofemoral pain syndrome: A prospective longitudinal study. *BMC Musculoskel Dis*. 11:11.
34. Collins NJ, Bierma-Zeinstra SM, Crossley KM, van Linschoten RL, Vicenzino B, & van Middelkoop M. (2013). Prognostic factors for patellofemoral pain: a multicentre observational analysis. *Br J Sports Medicine*, 47(4), 227–233.
35. Collins NJ, Barton CJ, van Middelkoop M, Callaghan MJ, Rathleff MS, Vicenzino BT, Davis IS, Powers CM, Macri EM, Hart HF, de Oliveira Silva D, & Crossley KM. (2018).



- 2018 Consensus statement on exercise therapy and physical interventions (orthoses, taping and manual therapy) to treat patellofemoral pain: recommendations from the 5th International Patellofemoral Pain Research Retreat, Gold Coast, Australia, 2017. *Br J Sports Med.* 52(18), 1170–1178.
36. Collins NJ, Oei E, de Kanter JL, Vicenzino B, & Crossley, KM. (2019). Prevalence of Radiographic and Magnetic Resonance Imaging Features of Patellofemoral Osteoarthritis in Young and Middle-Aged Adults With Persistent Patellofemoral Pain. *Arthritis Care Res*, 71(8), 1068–1073.
37. Colvin L, Rose M, Beirne P, et al (2018). Management of chronic pain in children and young people. A national clinical guideline. Scottish Intercollegiate Guidelines Network (SIGN). Accessed January 21, 2020. <https://www.sign.ac.uk/our-guidelines>.
38. Contreras B, Vigotsky AD, Schoenfeld BJ, Beardsley C, & Cronin J. (2016). A Comparison of Gluteus Maximus, Biceps Femoris, and Vastus Lateralis Electromyography Amplitude in the Parallel, Full, and Front Squat Variations in Resistance-Trained Females. *J appl biomech.* 32(1), 16–22.
39. Corum M, Basoglu C, Yakal S, Sahinkaya T, & Aksoy C. (2018). Effects of whole body vibration training on isokinetic muscular performance, pain, function, and quality of life in female patients with patellofemoral pain: a randomized controlled trial. *J Musculoskelet Neuronal Interact.* 18(4), 473–84.
40. Crossley KM, Bennell K, Green S, & McConnell J. (2001). A systematic review of physical interventions for patellofemoral pain síndrome. *Clin J Sport Med.* 11(2), 103–110.
41. Crossley KM, Bennell KL, Cowan SM, & Green S. (2004). Analysis of outcome measures for persons with patellofemoral pain: which are reliable and valid? *Arch Phys Med Rehabil.* 85:815–22.
42. Crossley KM, Callaghan MJ, & van Linschoten R. (2016a). Patellofemoral pain. *Br J Sports Med*, 50(4), 247–250.
43. Crossley KM, Stefanik JJ, Selfe J, Collins NJ, Davis IS, Powers CM, McConnell J, Vicenzino B, Bazett-Jones DM, Esculier JF, Morrissey D, & Callaghan MJ. (2016b). 2016 Patellofemoral pain consensus statement from the 4th International Patellofemoral Pain Research Retreat, Manchester. Part 1: Terminology, definitions, clinical examination, natural history, patellofemoral osteoarthritis and patient-reported outcome measures. *Br J Sports Med.* 50(14), 839–843.
44. Crossley KM, van Middelkoop M, Callaghan MJ, Collins NJ, Rathleff MS, & Barton CJ. (2016c). 2016 Patellofemoral pain consensus statement from the 4th International Patellofemoral Pain Research Retreat, Manchester. Part 2: recommended physical interventions (exercise, taping, bracing, foot orthoses and combined interventions). *Br*

- J S Med.* 50(14), 844–852. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096268>
45. Crossley KM, Middelkoop M, Barton CJ, & Culvenor AG. (2019). Rethinking patellofemoral pain: Prevention, management and long-term consequences. *Best Pract Res Clin Rheumatol.* 33(1) : 48-65.
 46. Cruz-Díaz D, Lomas-Vega R, Osuna-Pérez MC, Hita-Contreras F, Fernández AD, & Martínez-Amat A. (2014). The Spanish lower extremity functional scale: a reliable, valid and responsive questionnaire to assess musculoskeletal disorders in the lower extremity. *Disabil Rehabil.* 36, 2005–11.
 47. Directiva 2002/44/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo. Sobre las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (vibraciones). Diario Oficial de las comunidades Europeas. L 177, 13-19.
 48. Djulbegovic B, & Guyatt G. (2019). Evidence vs consensus in clinical practice guidelines. *JAMA.* 322, 725–726.
 49. Dolny DG, & Reyes GF. (2008). Whole body vibration exercise: Training and benefits. *Curr Sports Med Rep.* 7(3), 152-157.
 50. Dong Y, Wang W, Zheng J, Chen S, Qiao J, & Wang X. (2019). Whole body vibration exercise for chronic musculoskeletal pain: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Arch Phys Med Rehabil.* 100 (11), 2167–78.
 51. Dworkin RH, Turk DC, Wyrwich KW, Beaton D, Cleeland CS, Farrar JT, et al (2008). Interpreting the clinical importance of treatment outcomes in chronic pain clinical trials: IMMPACT recommendations. *J Pain.* 9,105–21.
 52. Dye SF. (2005). The pathophysiology of patellofemoral pain: a tissue homeostasis perspective. *Clin Orthop Relat Res.* (436): 100-110.
 53. Ekstrom RA, Donatelli RA, & Carp KC. (2007). Electromyographic analysis of core trunk, hip, and thigh muscles during 9 rehabilitation exercises. *J Orthop Sports Phys Ther.* 37(12), 754-762.
 54. Eloá MM, Carla FD, Danielle SM, Danubia CSC, Cintia RSG, Laisa LPD, Ygor TS, & Dos Santos MJ (2019). Whole body vibration and auriculotherapy improve handgrip strength in individuals with knee osteoarthritis. *J Tradit Chin Med.* 39(5), 707–715.
 55. Escamilla RF, Macleod TD, Wilk KE, Paulos L, & Andrews JR. (2012). Anterior cruciate ligament strain and tensile forces for weight-bearing and non-weight-bearing exercises: a guide to exercise selection. *J Orthop Sports Phys Ther.* 42(3), 208–220.
 56. Esculier JF, Bouyer LJ, Dubois B, Fremont P, Moore L, McFadyen B, & Roy JS. (2018). Is combining gait retraining or an exercise programme with education better than education alone in treating runners with patellofemoral pain? A randomised clinical trial. *Br J Sports Med.* 52(10), 659–666.



57. Espí-López GV, Arnal-Gómez A, Balasch-Bernat M, & Inglés M. (2017). Effectiveness of Manual Therapy Combined With Physical Therapy in Treatment of Patellofemoral Pain Syndrome: Systematic Review. *Journal of chiropractic medicine*, 16(2), 139–146.
58. Fischer M, Vialleron T, Laffaye G, Fourcade P, Hussein T, Chèze L, Deleu PA, Honeine J, L, Yiou E, & Delafontaine A. (2019). Long-Term Effects of Whole-Body Vibration on Human Gait: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in neurology*, 10, 627.
59. de la Fuente A, Valero B, & Cuadrado N. (2019). Physiotherapeutic management of patellar tendinopathy: Sistematic review. *Fisioterapia*. 41, 131–142.
60. Fukuda TY, Melo WP, Zaffalon BM, Rossetto FM, Magalhães E, Bryk FF, & Martin RL. (2012). Hip posterolateral musculature strengthening in sedentary women with patellofemoral pain syndrome: a randomized controlled clinical trial with 1-year follow-up. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 42(10), 823–830.
61. Glaviano NR, & Saliba S. (2019). Differences in Gluteal and Quadriceps Muscle Activation During Weight-Bearing Exercises Between Female Subjects With and Without Patellofemoral Pain. *J Strength Cond Res*. 10.1519/JSC.0000000000003392. Advance online publication.
62. Gómez-Palomo JM, Montañez-Heredia E, & Domecq-Fernández de Bobadilla G. (2017). Síndrome doloroso Rotuliano. Controversias y evidencias. *Rev. S. And. Traum. y Ort.* 34 (4/4): 07-15.
63. Graham R, Mancher M, Miller Wolman D, et al. (2011). Clinical Practice Guidelines We Can Trust. Institute of Medicine (US) Committee on Standards for Developing Trustworthy Clinical Practice Guidelines. Washington (DC): National Academies Press (US); Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK209539/doi:10.17226/13058>.
64. Gil-Gámez J, Pecos-Martín D, Kujala UM. et al. (2016). Validation and cultural adaptation of “Kujala Score” in Spanish. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 24, 2845–2853.
65. Hancock GE, Hepworth T, & Wembridge K. (2018) Accuracy and reliability of knee goniometry methods. *J Exp Orthop.* 5:46.
66. Hart HF, Barton CJ, Khan KM, Riel H, & Crossley KM. (2017). Is body mass index associated with patellofemoral pain and patellofemoral osteoarthritis? A systematic review and meta-regression and analysis. *Br J Sports Med.* 51 (10): 781-790.
67. Hoffmann TC, Maher CG, Briffa T, et al (2016). Prescribing exercise interventions for patients with chronic conditions. *Can Med J.* 188:510–518.

68. Hoffmeister, Ellen (2021). Whole-Body Vibration Plus Exercise Effective in Patellofemoral Pain Syndrome. Lippincott's Bone and Joint Newsletter. 27(1):1-3.
69. Holden S, Rathleff MS, Jensen MB, & Barton CJ. (2018). How can we implement exercise therapy for patellofemoral pain if we don't know what was prescribed? A systematic review. *Br J Sports Med*. 52:385.
70. Hsiao YH, Chien SH, Tu HP, Fu JC, Tsai ST, Chen YS, Chen YJ, & Chen CH. (2019). Early Post-Operative Intervention of Whole-Body Vibration in Patients After Total Knee Arthroplasty: A Pilot Study. *J Clin Med*. 8(11), 1902.
71. Insall J. (1982). Current Concepts Review: patellar pain. *J Bone Joint Surg Am*. 64(1), 147–152.
72. Jönhagen S, Halvorsen K, & Benoit DL. (2009). Muscle activation and length changes during two lunge exercises: implications for rehabilitation. *ScanD J MED SCI Sports*. 19(4), 561–568.
73. Juhl C, Christensen R, Roos EM, Zhang W, & Lund H. (2014). Impact of exercise type and dose on pain and disability in knee osteoarthritis: a systematic review and meta-regression analysis of randomized controlled trials. *Arthritis Rheum (Hoboken, N.J.)*. 66(3), 622–636.
74. Jensen R, Kvale A, & Baerheim A. (2008). Is pain in patellofemoral pain síndrome neuropathic? *Clin J Pain*. 24, 384–94.
75. Khayambashi K, Mohammadkhani Z, Ghaznavi K, Lyle MA, & Powers CM. (2012). The effects of isolated hip abductor and external rotator muscle strengthening on pain, health status, and hip strength in females with patellofemoral pain: a randomized controlled trial. *J Orthop Sports Phys*, 42(1), 22–29.
76. Kelly SB, Alvar BA, Black LE, Dodd DJ, Carothers KF, & Brown LE. (2010). The effect of warm-up with whole-body vibration vs. cycle ergometry on isokinetic dynamometry. *J Strength Cond Res*. 24(11), 3140–3.
77. Kim H, Kwon BS, Park Jw, lee H, Nam K, park T, & Kim T. (2018). Effect of whole body horizontal vibration exercise in chronic low Back pain patients: vertical versus horizontal vibration exercise. *Ann Rehabil Med*. 42, 804–13.
78. Krajnak, K. (2018). Health effects associated with occupational exposure to hand-arm or whole body vibration. *J Toxicol Environ Health B Crit Rev*. 21(5), 320–334.
79. Lack S, Barton C, Sohan O, Crossley K, & Morrissey D. (2015). Proximal muscle rehabilitation is effective for patellofemoral pain: a systematic review with meta-analysis. *Br J Sports Med*. 49(21), 1365–1376.
80. Lack S, Neal B, De Oliveira Silva D, & Barton C. (2018). How to manage patellofemoral pain - Understanding the multifactorial nature and treatment



- options. *Phys ther Sport*. 32, 155–166.
81. Lankhorst NE, van Middelkoop M, Crossley KM, Bierma-Zeinstra SM, Oei EH, Vicenzino B, & Collins NJ. (2016). Factors that predict a poor outcome 5-8 years after the diagnosis of patellofemoral pain: a multicentre observational analysis. *Br J Sports Med*, 50(14), 881–886.
 82. Laursen P, & Bouchheit M. (2018). Science and application of high intensity interval training: solutions to the programming puzzle. *Hum Kinet*.
 83. Lehecka BJ, Edwards M, Haverkamp R, Martin L, Porter K, Thach K, Sack RJ, & Hakansson NA. (2017). Building a better gluteal bridge: Electromyographic analysis of hip muscle Activity during modified single-leg bridges. *Int J Sports Phys Ther*. 12 (4), 543-549.
 84. Lentz TA, Goode AP, Thigpen CA, & George SZ. (2020). Value-based care for musculoskeletal pain: are physical therapists ready to deliver? *Phys Ther*. 2020; 100:621–632.
 85. Lin I, Wiles LK, Waller R, Goucke R, Nagree Y, Gibberd M, Straker L, Maher CG, & O'Sullivan P. (2018). Poor overall quality of clinical practice guidelines for musculoskeletal pain: a systematic review. *Br J Sports Med*. 52(5), 337–343.
 86. Logan CA, Bhashyam AR, Tisosky AJ, Haber DB, Jorgensen A, & Roy A, Provencher MT. (2017). Systematic Review of the Effect of Taping Techniques on Patellofemoral Pain Syndrome. *Sports Health*. 9 (5), 456-461.
 87. Marchetti PH, Guiselini, MA, da Silva JJ, Tucker R, Behm DG, & Brown LE. (2018). Balance and Lower Limb Muscle Activation between In-Line and Traditional Lunge Exercises. *J Hum Kinet*. 62, 15–22.
 88. Maclachlan LR, Collins NJ, Matthews MLG, Hodges PW, & Vicenzino B. (2017). The psychological features of patellofemoral pain: a systematic review. *Br J Sports Med*. 51. 732–742.
 89. Marín PJ, & Rhea, M.R. (2010). Effects of vibration training on muscle strength: a meta- analysis. *J Strength Cond Res*. 24, 548–556.
 90. Martínez-Cano JP, Arango AS, Castro AM, Piña AM, & Martínez- Rondanelli A. (2017). Validación de la Escala de Kujala para dolor patelofemoral en su versión en español. *CES Med*. 31(1), 47-57.
 91. McCarthy MM, & Strickland SM. (2013). Patellofemoral pain: an update on diagnostic and treatment options. *Current Rev Musculoskelet Med*. 6, 188–94.
 92. McConnell J. (1986). The management of chondromalacia patellae: a long term solution. *Aust J Physiother*. 32, 215–223.
 93. McGill SM, & Karpowicz A. (2009). Exercises for spine stabilization: motion/motor patterns, stability progressions, and clinical technique. *Arch Phys Med Rehabil*.

- 90(1):118-126.
94. McGill SM. (2010). Core Training: Evidence Translating to Better Performance and Injury Prevention. *J Strength Cond Res.* 32 (3), 33-46.
 95. Mehta SP, Fulton A, Quach C, Thistle M, Toledo C, & Evans NA. (2016). Measurement properties of the lower extremity functional scale: a systematic review. *J Orthop Sports Phys Ther.* 46, 200–16.
 96. MeSH. (2005). Patellofemoral pain. En la MeSH Databe. Visitado el 21 de octubre de 2020, en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh/?term=patellofemoral+pain>.
 97. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG & The PRISMA Group. (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Med.* 6(7): e1000097.
 98. Morell KM, Carrelli M, Nunez MA, Smith CA, & Warren GL. (2015) Addition of hip exercises to treatment of patellofemoral pain syndrome: A meta-analysis. *World J Meta-Anal.* 3, 118–24.
 99. Muraki S, Akune T, Teraguchi M. *et al.* (2015). Quadriceps muscle strength, radiographic knee osteoarthritis and knee pain: the ROAD study. *BMC Musculoskel Dis.* 16, 305.
 100. Nascimento LR, Teixeira-Salmela LF, Souza RB & Resende RA. (2018). Hip and knee strengthening is more effective than knee strengthening alone for reducing pain and improving activity in individuals with Patellofemoral pain: a systematic review with meta-analysis. *J Orthop Sports Phys Ther.* 48, 19–31.
 101. Naser Nawayseh, & Sadeque Hamdan. (2019). Apparent mass of the standing human body when using a whole-body vibration training machine: Effect of knee angle and input frequency. *J Biomech.* 8 (3), 291-298.
 102. National Institute for Health and Clinical Excellence (NICE). (2016) Low back pain and sciatica in over 16s: assessment and management (NG59). Consultado el 20 de diciembre de 2020. <https://www.nice.org.uk/guidance/ng59>.
 103. Neal BS, Lack SD, Lankhorst NE, Raye A, Morrissey D, & van Middelkoop M. (2018). Risk factors for patellofemoral pain: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 53(5), 270–281.
 104. Neal BS, Barton CJ, Birn-Jeffery A, & Morrissey D. (2019). Increased hip adduction during running is associated with patellofemoral pain and differs between males and females: A case-control study. *J Biomech.* 91, 133–139.
 105. Norma International Organization of Standarization 2041. Vibraciones mecánicas, choques y monitorización de las condiciones. Vocabulario. 19/9/2018. En <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/iso/>.
 106. Norma International Organization of Standarization 2631. Vibraciones y choques



- mecánicos. Evaluación de la exposición humana a las vibraciones transmitidas al cuerpo entero. 1/10/2014. En <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/iso/>.
107. Norma International Organization of Standardization 5349. Vibraciones mecánicas. Medición y evaluación de la exposición humana a las vibraciones transmitidas por la mano. 17/4/2002. En <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/iso/>.
108. Norma International Organization of Standardization 8041. Respuesta humana a las vibraciones. Instrumentos de medida. 19/12/2018. En <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/iso/>.
109. Norma International Organization of Standardization 13485. Productos médicos, sistemas de gestión de la calidad y requisitos para fines reglamentarios. 15/7/2018. En <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/iso/>.
110. Novak I. (2012). Evidence to practice commentary: the evidence alert traffic light grading system. *Phys Occup Ther Pediatr.* 32(3), 256–259.
111. Nunes GS, Barton, C J, & Viadanna Serrão F. (2019). Females with patellofemoral pain have impaired impact absorption during a single-legged drop vertical jump. *Gait & posture.* 68, 346–351.
112. Nunes GS, Wolf DF, dos Santos DA, de Noronha M & Serrão FV. (2020) Acute effects of hip mobilization with movement technique on pain and biomechanics in females with patellofemoral pain: a randomized, placebo-controlled trial, *J Sport Rehabil.* 29 (6), 707-717.
113. de Oliveira Silva D, Pazzinatto MF, Rathleff MS, Holden S, Bell E, Azevedo F, & Barton C. (2020). Patient Education for Patellofemoral Pain: A Systematic Review. *J Orthop Sports Phys Ther.* 50(7), 388–396.
114. Organización Mundial de la Salud. (5 de enero de 2021). *Un reporte sobre la salud.* Recuperado de <https://www.who.int/topics/epidemiology/es/>
115. Osawa Y, & Oguma Y. (2013). Effects of vibration on flexibility: a meta-analysis. *J Musculoskelet Neuronal Interact.* 13(4), 442–453.
116. O'Sullivan PB, Caneiro JP, O'Keeffe M, Smith A, Dankaerts W, Fersum K, & O'Sullivan K. (2018). Cognitive Functional Therapy: An Integrated Behavioral Approach for the Targeted Management of Disabling Low Back Pain. *Phys Ther,* 98(5), 408–423.
117. Papadopoulos KD, Noyes J, Barnes M, Jones JG & Thom JM. (2012). How do physiotherapists assess and treat patellofemoral pain syndrome in North Wales? A mixed method study. *Int J Ther Rehabil.* 19:261–271.

118. Perez C, Galvez R, Huelbes S, Insausti J, Bouhassira D, Diaz S, & Rejas J. (2007). Validity and reliability of the Spanish version of the DN4 (Douleur Neuropathique 4 questions) questionnaire for differential diagnosis of pain syndromes associated to a neuropathic or somatic component. *Health Qual of life outcomes*. 5, 66.
119. Pérez-Prieto, J Amestoy, R Torres, J Sánchez, C Piqueras, V Sánchez, J Ares, A Solano, P Hinarejos, J Leal-Blanquet, & JC Monllau. (2019). Dolor femoropatelar después de meniscectomía artroscópica: estudio de actividad eléctrica y atrofia de vasto medial. *Rev Esp Artrosc Cir Articul*. 26(1), 10-4.
120. Petersen W, Ellermann A, Gösele-Koppenburg A, Best R, Rembitzki IV, Brüggemann GP, & Liebau C. (2014). Patellofemoral pain syndrome. *Knee Surg, Sports Traumatol Arthroscop: official journal of the ESSKA*, 22(10), 2264–2274.
121. Petushek EJ, Sugimoto D, Stoolmiller M, Smith G, & Myer GD. (2019). Evidence-Based Best-Practice Guidelines for Preventing Anterior Cruciate Ligament Injuries in Young Female Athletes: A Systematic Review and Meta-analysis. *Am J Sports Med*, 47(7), 1744-1753.
122. Plataforma vibratoria: norma ISO 2631. 2011; Disponible en <http://plataformavibratoriaprofesional.blogspot.com.es/2011/10/plataformavibratoria-revision-de.html>. Visitada el 14/4/ 2020.
123. Plataforma vibratoria: available at: <http://www.powerplate.com/ar/productos/pro5-airdaptive-hp>. Visitada el 12/3/2020.
124. Polit D & Hungler B. (2003). Investigación Científica en Ciencias de la Salud. 6ª Ed. McGraw-Hill Interamericana: México.
125. Powers CM, Witvrouw E, Davis IS, & Crossley KM. (2017). Evidence-based framework for a pathomechanical model of patellofemoral pain: 2017 patellofemoral pain consensus statement from the 4th International Patellofemoral Pain Research Retreat, Manchester, UK: part 3. *Br J Sports Med*. 51(24), 1713–1723.
126. Priore LB, Azevedo FM, Pazzinatto MF, Ferreira AS, Hart HF, Barton C, & de Oliveira Silva, D. (2019). Influence of kinesiophobia and pain catastrophism on objective function in women with patellofemoral pain. *Phys Ther*. 35, 116–121.
127. Rasti E, Rojhani-Shirazi Z, Naghme Ebrahimi N, & Sobhan MR. (2020). Effects of whole body vibration with exercise therapy versus exercise therapy alone on flexibility, vertical jump height, agility and pain in athletes with patellofemoral pain: a randomized clinical trial. *BMC Musculoskel Dis*. 21, 705.
128. Rathleff MS, Rathleff CR, Olesen JL, Rasmussen S, & Roos EM. (2016). Is Knee Pain During Adolescence a Self-limiting Condition?: Prognosis of Patellofemoral Pain and Other Types of Knee Pain. *Am. J. Sports Med*. 44(5), 1165–1171.



129. Rathleff MS, Rathleff CR, Holden S, Thorborg K, & Olesen JL. (2018). Exercise therapy, patient education, and patellar taping in the treatment of adolescents with patellofemoral pain: a prospective pilot study with 6 months follow-up. *Pilot Feasibility Stud.* 13, 73.
130. Real Decreto 13/2005, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas. BOE, 265, 2005, 36385-36390.
131. Real Decreto 330/2009, por el que se modifica el Real Decreto 13/2005 sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas. BOE, 73, 2009, 29156-29158.
132. Rehn B, Lidström J, Skoglund J, & Lindström B. (2007). Effects on leg muscular performance from whole-body vibration exercise: a systematic review. *Scand J Med Sci Sports.* 17, 2–11.
133. Rothermich MA, Glaviano NR, Li J, & Hart JM. (2015). Patellofemoral pain: epidemiology, pathophysiology, and treatment options. *Clin Sports Med.* 34, 313-327.
134. Ribeiro Kütter C, Moreira-Marconi E, Teixeira-Silva Y, Cristina Moura-Fernandes M, Gonçalves de Meirelles A, José dos Santos Pereira M, Chang S, Alexandre Bachur J, Liane Paineiras-Domingos L, Taiar R, Bernardo-Filho M, & da Cunha de Sá-Caputo D. (2019). Effects of the Whole-Body Vibration and Auriculotherapy on the Functionality of Knee Osteoarthritis Individuals. *Appli Sci.* 9(23), 5194.
135. Ríos E, Serón P, Lanás F, Bonfill X, Quigley EM, & Alonso-Coello P. (2014). Evaluation of the quality of clinical practice guidelines for the management of esophageal or gastric variceal bleeding. *Eur J Gastroenterol Hepatol.* 26,422–431.
136. Rittweger J. (2020). *Manual of Vibration Exercise and Vibration Therapy.* Springer.
137. Rothermich MA, Glaviano NR, Li J, & Hart JM. (2015). Patellofemoral pain: epidemiology, pathophysiology, and treatment options. *Clin Sports Med.* 34, 313-327.
138. Royal Australian College of General Practitioners (RACGP). (2018) Guideline for the management of knee and hip osteoarthritis. Visitada el 20/12/2020. <https://www.racgp.org.au/download/Documents/Guidelines/Musculoskeletal/guideline-for-the-management-of-knee-and-hip-oa-2nd-edition.pdf>.
139. Sagar JH, & Lohana ST. (2019). Hand-arm Vibration Syndrome in Farmers and its Correlation with Degenerative Triangular Fibrocartilage Complex Injury. *Indian J Occup Environ Med.* 23(2), 79–82.

140. Saini V, Brownlee S, Elshaug AG, Glasziou P, & Heath I. (2017). Addressing overuse and underuse around the world. *Lancet*. 390, 105–107.
141. Salarie Sker F, Anbarian M, Yazdani AH, Hesari P, & Babaei-Ghazani A. (2017). Patellar bracing affects EMG activity of leg and thigh muscles during stance phase in patellofemoral pain síndrome. *Gait Posture*. 58, 7-12.
142. Sañudo B, Seixas A, Gloeckl R, Rittweger J, Rawer R, Taiar R, van der Zee EA, van Heuvelen MJG, Lacerda AC, Sartorio A, Bembem M, Cochrane D, Furness T, de Sá-Caputo D, & Bernardo-Filho M. (2020). Potential application of whole body vibration exercise for improving the clinical conditions of COVID-19 infected individuals: A narrative review from the World Association of Vibration Exercise Experts (WAVEX) panel. *Int J Env Res Pub He*. 17(10), [3650].
143. Satkunskiene D, Mickevicius M, Snieckus A, & Kamandulis S. (2017) . Leg stiffness, valgus knee motion, and Q-angle are associated with hypertrophic soft patella tendon and idiopathic knee pain in adolescent basketball players. *J Sports Med Phys Fitness*. 57 (7-8), 1003-1013.
144. Scott IA, & Duckett SJ. (2015). In search of professional consensus in defining and reducing low-value care. *Med J Australia*. 203, 179–181. 33.
145. Serón P, Lanás F, Ríos E, Bonfill X, & Alonso-Coello P. (2015) . Evaluation of the quality of clinical guidelines for cardiac rehabilitation: a critical review. *J Cardiopulm Rehabil Prev*. 35, 1–12.
146. Simão AP, Avelar NC, Tossige-Gomes R, Neves CD, Mendonça VA, Miranda AS, et al. (2012). Functional performance and inflammatory cytokines after squat exercises and whole-body vibration in elderly individuals with knee osteoarthritis. *Arch Phys Med Rehabil*. 93, 1692–700.
147. Simão AP, Mendonça VA, Avelar NCP, et al. (2019). Whole body vibration training on muscle strength and brain-derived Neurotrophic factor levels in elderly woman with knee osteoarthritis: a randomized clinical trial study. *Front Physiol*. 10, 756.
148. Smith BE, Hendrick P, Bateman M, et al. (2017). Current management strategies for patellofemoral pain: an online survey of 99 practicing UK physiotherapists. *BMC Musculoskelet Disord*. 18, 181.
149. Smith BE, Moffatt, F, Hendrick P, Bateman M, Rathleff MS, Selfe J, Smith TO, & Logan P. (2018a). The experience of living with patellofemoral pain-loss, confusion and fear-avoidance: a UK qualitative study. *BMJ open*. 8(1), e018624.
150. Smith BE, Selfe J, Thacker D, Hendrick P, Bateman M, Moffatt F, Rathleff MS, Smith TO, & Logan P. (2018b). Incidence and prevalence of patellofemoral pain: A



- systematic review and meta-analysis. *PloS one*, 13(1), e0190892.
151. Smith BE, Hendrick P, Bateman M, Moffatt F, Rathleff MS, Selfe J, Smith TO, & Logan P. (2019). A loaded self-managed exercise programme for patellofemoral pain: a mixed methods feasibility study. *BMC Musculoskeletal Disord*, 20(1), 129.
152. Snowdon DA, Leggat SG, Harding, KE, Scroggie G, Hau R, Darzins P, & Taylor NF. (2020). Direct supervision of physiotherapists improves compliance with clinical practice guidelines for patients with hip fracture: a controlled before-and-after study. *Disabil Rehabil*. 42(26), 3825–3832.
153. Snowdon DA, Sargent M, Williams CM, Maloney S, Caspers K, & Taylor NF. (2020). Effective clinical supervision of allied health professionals: a mixed methods study. *BMC Health Serv Res*. 20, 1–11.
154. Swinkels RA, van Peppen RP, Wittink H, Custers JW, & Beurskens AJ. (2011). Current use and barriers and facilitators for implementation of standardised measures in physical therapy in the Netherlands. *BMC Musculoskeletal Disord*. 12:106.
155. Taylor NF, Dodd KJ, Shields N, & Bruder A. (2007). Therapeutic exercise in physiotherapy practice is beneficial: a summary of systematic reviews 2002–2005. *Aust J Physiother*. 53,7–16.
156. The Appraisal of Guidelines Research and Evaluation— Recommendation EXcellence (AGREE-REX). Visitada el 20/12/2020. <https://www.agreetrust.org/resource-centre/agree-rex-recommendation-excellence/>.
157. TREK. Translating Research Evidence and Knowledge. Accessed December 20, 2020. <https://patellofemoral.trekeeducation.org/understanding-patellofemoral-pain/>.
158. Tsuji T, Yoon J, Aiba T, Kanamori A, Okura T, & Tanaka K. (2014). Effects of whole-body vibration exercise on muscular strength and power, functional mobility and self-reported knee function in middle-aged and older Japanese women with knee pain. *J Knee*. 21 (6):1088-1095.
159. UNE-EN 14253. Vibraciones mecánicas. Medidas y cálculos de la exposición laboral a las vibraciones de cuerpo completo con referencia a la salud. Guía práctica. 3/6/2009.
- 160.
161. Van der Heijden RA, Lankhorst NE, van Linschoten R, Bierma-Zeinstra SM, & van Middelkoop M. (2015). Exercise for treating patellofemoral pain syndrome. *Cochrane Database Syst Rev*. 1, CD010387.
162. Van der Heijden RA, Poot D, Ekinci M, Kotek G, van Veldhoven P, Klein S, Verhaar J, Krestin GP, Bierma-Zeinstra S, van Middelkoop M, & Oei E. (2018). Blood perfusion of patellar bone measured by dynamic contrast-enhanced MRI in patients

- with patellofemoral pain: A case-control study. *J. Magn. Reson. Imaging.* 48(5), 1344–1350.
163. Wallis JA, Roddy L, Bottrell J, Parslow S, & Taylor NF. (2021). A Systematic Review of Clinical Practice Guidelines for Physical Therapist Management of Patellofemoral Pain. *Phys Ther.* 101(3), pzab021.
164. Wang P, Yang X, Yang Y, Yang L, Zhou Y, Liu C, Reinhardt JD, & He C. (2015). Effects of whole body vibration on pain, stiffness and physical functions in patients with knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil.* 29(10), 939–951.
165. Wang P, Yang L, Li H, Lei Z, Yang X, Liu C, Jiang, Zhang L, Zhou Z, Reinhardt JD, & He C. (2016). Effects of whole-body vibration training with quadriceps strengthening exercise on functioning and gait parameters in patients with medial compartment knee osteoarthritis: A randomised controlled preliminary study. *Physiotherapy.* 102, 86–92.
166. Wang XQ, Gu W, Chen BL, Wang X, Hu HY, Zheng YL, Zhang J, Zhang HY, & Chen PJ. (2019) Effects of whole-body vibration exercise for non-specific chronic low back pain: an assessor-blind, randomized controlled trial. *Clin Rehabil.* 33(9); 1445–57.
167. Wang W, Wang S, Lin W, Li X, Andersen LL, & Wang Y. (2020). Efficacy of whole body vibration therapy on pain and functional ability in people with non-specific low back pain: a systematic review. *BMC Complement Med Ther.* 20, 158.
168. Werner S. (2014). Anterior knee pain: an update of physical therapy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 22, 2286–94.
169. Whittingham M, Palmer S, & Macmillan F. (2004) Effects of taping on pain and function in patellofemoral pain syndrome: a randomized controlled trial. *J Orthop Sports Phys Ther.* 34, 504–10.
170. Willy RW, Högglund LT, Barton CJ, Bolgla LA, Scalzitti DA, Logerstedt, DS, Lynch AD, Snyder-Mackler L, & McDonough CM. (2019). Patellofemoral Pain. *J Orthop Sports Phys Ther.* 49 (9), CPG1–CPG95.
171. Winters M, Holden S, Lura CB, Welton NJ, Caldwell DM, Vicenzino BT, Weir A, & Rathleff MS. (2021). Comparative effectiveness of treatments for patellofemoral pain: a living systematic review with network meta-analysis. *Br J Sports Med.* 55, 369–377.
172. Wood L, Muller S, Peat G. (2011). The epidemiology of patellofemoral disorders in adulthood: a review of routine general practice morbidity recording. *Prim Health Care Res Dev.* 12, 157-164.
173. Wu HW, Tsai CF, Liang KH, & Chang YW. (2020). Effect of Loading Devices on



- Muscle Activation in Squat and Lunge. *Journal of sport rehabilitation*, 29(2), 200–205.
174. Wuestefeld A, Fuermaier A, Bernardo-Filho M, da Cunha de Sá-Caputo D, Rittweger J, Schoenau E, Stark C, Marin PJ, Seixas A, Judex S, Taiar R, Nyakas C, van der Zee EA, van Heuvelen M, & Tucha O. (2020). Towards reporting guidelines of research using whole-body vibration as training or treatment regimen in human subjects-A Delphi consensus study. *PloS one*. 15(7), e0235905.
175. Yañez-Álvarez A, Bermúdez-Pulgarín B, Hernández-Sánchez S, & Albornoz-Cabello M. (2020). Effects of exercise combined with whole body vibration in patients with patellofemoral pain syndrome: a randomised-controlled clinical trial. *BMC Musculoskelet Disord*. 21, 582.
176. Yoon JO, Kang MH, Kim JS, & Oh JS. (2018). Effect of modified bridge exercise on trunk muscle activity in healthy adults: a cross sectional study. *Braz. J. Phys. Ther*. 22 (2), 161–167.
177. Zacharias A, Green RA, Semciw AI, Kingsley MI, & Pizzari T. (2014). Efficacy of rehabilitation programs for improving muscle strength in people with hip or knee osteoarthritis: a systematic review with meta-analysis. *Osteoarthr Cartil*. 22 (11), 1752–73.
178. Zadro J, O’Keeffe M, & Maher C. (2019). Do physical therapists follow evidence-based guidelines when managing musculoskeletal conditions? Systematic review. *Br Med J*. 9, 1-19.
179. Zafar H, Alghadir A, Anwer S, & Al-Eisa E. (2015). Therapeutic effects of whole-body vibration training in knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis. *Arch Phys Med Rehabil*. 96, 1525–32.
180. Zheng YL, Wang XF, Chen BL, Gu W, Wang X, Xu B, Zhang J, Wu Y, Chen CC, Liu XC, & Wang XQ. (2019). Effect of 12-Week Whole-Body Vibration Exercise on Lumbopelvic Proprioception and Pain Control in Young Adults with Nonspecific Low Back Pain. *Med Sci Monit*. 25, 443–452.
181. Zoubi FMA, Menon A, Mayo NE, & Bussièrès AE. (2018). The effectiveness of interventions designed to increase the uptake of clinical practice guidelines and best practices among musculoskeletal professionals: a systematic review. *BMC Health Serv Res*. 18, 1–11.



A NEXOS 

10. ANEXOS

ANEXO I. CERTIFICADO COMITÉ ÉTICO



D^a. ANA LAURA ORTEGA GRANADOS, Secretaria del Comité de Ética de la Investigación de Centros, de la Provincia de Jaén,

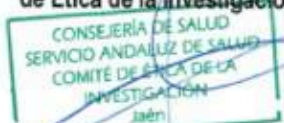
CERTIFICA

Que el Comité de Ética de la Investigación de la Provincia de Jaén, ha considerado emitir **Informe Favorable**, según consta en el acta de la reunión celebrada el día 27 de junio de 2019,

Al Proyecto de Investigación titulado: **0916-N-19 "Análisis de la vibración de cuerpo completo en el síndrome de dolor femoropatelar"**, presentado por el Investigador Principal: D. Manuel Albornoz Cabello, de la Universidad de Sevilla.

Lo que firmo en Jaén, a 27 de junio de 2019.

La Secretaria del Comité de Ética de la Investigación



Fdo.: D^a. Ana Laura Ortega Granados



ANEXO II. CONSENTIMIENTO INFORMADO



Nº DE REGISTRO:

HOJA DE INFORMACIÓN AL PACIENTE Y CONSENTIMIENTO INFORMADO

El estudio para el “ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE VIBRACIÓN DE CUERPO COMPLETO (VCC) EN EL SÍNDROME DE DOLOR FEMOROPATELAR (PFP)” es pertinente en tanto que sus resultados podrían abrir nuevos horizontes en la investigación y descubrir y/o plantear nuevos retos en la estrategia de aplicación de Fisioterapia; tanto en el ámbito preventivo como terapéutico. Centrando el estudio en sus principales acciones como son dolor, rango de movimiento y función articular del sujeto con PFP, y pudiéndose utilizar el resultado como ayuda en la organización y gestión de las atenciones fisioterápicas.

Su participación supondrá someterse a la monitorización de síntomas y funciones anteriormente citados antes y después de practicar un protocolo de ejercicios sobre una plataforma vibratoria con vibración de cuerpo completo o no. Previo a su inclusión se ha valorado, diagnosticado y propuesta su participación. Los criterios de inclusión del presente estudio son: sujetos mayores de 18 años sin distinción de sexo, capaces de realizar la lectura comprensiva del texto de los cuestionarios, que padezcan PFP y no tengan contraindicado el ejercicio físico y/o la vibración de cuerpo completo.

Dicha participación no supone riesgo para su salud, sus leves y posibles complicaciones, respetando las contraindicaciones, son sensaciones derivadas del ejercicio físico (agujetas, picor momentáneo y muy raros casos mareos). Ante cualquier sensación desagradable debe avisar de inmediato al profesional sanitario.

Las contraindicaciones para la práctica de ejercicio bajo la influencia de vibraciones de cuerpo completo son:

Embarazos	Trombosis aguda reciente	Discopatía aguda
Epilepsia	Infección/inflamación reciente	Tendinopatía aguda
Marcapasos	Tumores malignos	Litiasis renal o biliar
Arritmias	Implantes recientes	Patología reumática aguda
Válvulopatía cardíaca	Fracturas recientes	

Dicho proceso se llevarán a cabo en las instalaciones de *AY360^º Salud & Deporte*, autorizado por la Consejería de salud de la Junta de Andalucía bajo el NICA 34856, cita en calle Doctor Miguel Ríos Sarmiento, 3. CP 41020. Sevilla, Andalucía, España.

La participación en el estudio no supondrá gasto ó remuneración económica al paciente. No existe financiación externa del proyecto, siendo el grupo investigador el que aporta los recursos. Además estará regida por el Reglamento UE 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de abril de 2016 de Protección de Datos (RGPD) y a la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales.

Si tiene alguna duda o quiere mayor información se puede dirigir al profesor D. ÁNGEL YÁÑEZ ALVAREZ y colaboradores, inscritos en el Departamento de Fisioterapia de la Universidad de Sevilla; en su despacho del Centro Docente de Fisioterapia y Podología de la Facultad de Enfermería, Fisioterapia y Podología de la Universidad de Sevilla, en la c/ Avicena s/n con código postal 41.009 y teléfono no: 954486509.

Yo, D./Dña....., con DNI....., declaro que he sido informado/a en un lenguaje claro y sencillo por lo que he comprendido qué es, cómo será mi participación, así como los riesgos y beneficios del presente estudio. Pudiendo revocar mi consentimiento en cualquier momento.

ANEXO III. REGISTRO CLINICALTRIALS

ClinicalTrials.gov Search Results 05/10/2021

NCT Number	Title	Status	Study Results	Conditions	Interventions	Characteristics	Locations
1	NCT04031248 Whole Body Vibration and Exercise in Knee Pain	Completed	No Results Available	•Patello Femoral Syndrome	•Device: Whole body vibration •Other: EXERCISE group	Study Type: •Interventional Study Design: •Allocation: Randomized •Intervention Model: Parallel Assignment •Masking: Double (Investigator, Outcomes Assessor) •Primary Purpose: Treatment Outcome Measures: •Pain intensity •Knee range of movement •Disability and functional assessment	•A360 Health and Sport Clinic, Sevilla, Spain

U.S. National Library of Medicine | U.S. National Institutes of Health | U.S. Department of Health & Human Services

**ANEXO IV. INFORME DE ORIGINALIDAD**

turnitin

Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Angel R. Yañez Alvarez
 Título del ejercicio: INFORME DE ORIGINALIDAD
 Título de la entrega: ANALISIS DE LA APLICACIÓN DE LA VIBRACIÓN DE CUERPO C...
 Nombre del archivo: E_LA_VIBRACION_DE_CUERPO_COMPLETO_EN_EL_DOLOR_FE...
 Tamaño del archivo: 4.74M
 Total páginas: 115
 Total de palabras: 43,239
 Total de caracteres: 237,726
 Fecha de entrega: 05-jun-2021 01:43p.m. (UTC+0200)
 Identificador de la entre... 1600885448

Departamento de Fisioterapia
 Facultad de Enfermería, Fisioterapia y Podología.
 Universidad de Sevilla

UNIVERSIDAD DE SEVILLA

"ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE LA VIBRACIÓN DE CUERPO COMPLETO EN EL DOLOR FEMOROPATELAR"

TESIS DOCTORAL

Autor: Prof. D. Ángel Rufino Yañez Alvarez.

Directores: Prof. Dr. D. Manuel Albornoz Cabelejo,
 Prof. Dra. Dña. Beatriz Hernández Palgatin.

Sevilla, junio de 2021.

Derechos de autor 2021 Turnitin. Todos los derechos reservados.

ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DE LA VIBRACIÓN DE CUERPO COMPLETO EN EL DOLOR FEMOROPATELAR

INFORME DE ORIGINALIDAD

6%

INDICE DE SIMILITUD

6%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE



D. ÁNGEL R. YÁÑEZ ÁLVAREZ
SEVILLA **JUNIO** 2021