

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE
FACULTAD DE MEDICINA TRABAJO DE FIN DE GRADO

GRADO EN FISIOTERAPIA



**“EFECTO DEL GAIT-RETRAINING EN COMPARACIÓN CON EJERCICIO DE FUERZA
DE MIEMBRO INFERIOR ENFOCADO EN LA RODILLA EN PACIENTES CORREDORES
CON DOLOR PATELOFEMORAL; PROTOCOLO DE ENSAYO CLÍNICO”**

AUTOR: Domínguez Oma, Sergio

Departamento: Patología y

TUTOR: Colmena Zaragoza, Carlos Manuel

Cirugía

COTUTOR: Quereda Moreno, Pablo

Curso académico 2024-2025

Convocatoria de Junio

ÍNDICE

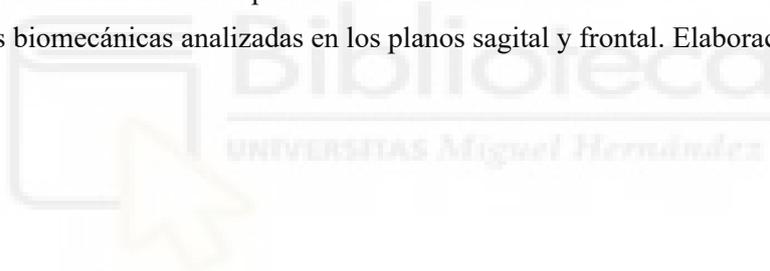
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
GLOSARIO DE ABREVIATURAS	3
INTRODUCCIÓN	4
OBJETIVOS	7
HIPÓTESIS.....	8
MATERIAL Y MÉTODOS.....	8
Pregunta de investigación (PICOS).....	8
Pregunta en formato PICOS.....	9
Consideraciones éticas	9
Diseño del estudio	9
Población del estudio	9
Criterios de elegibilidad	10
Tamaño de la muestra.....	11
Aleatorización y Cegamiento	12
Descripción de la intervención	12
Protocolo de mediciones	17
Variables	19
Cronograma	20
Seguimiento	21
Análisis estadístico	21
Limitaciones metodológicas	21
DISCUSIÓN	23
CONCLUSIONES	25
BIBLIOGRAFIA.....	26
ANEXOS.....	29

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Modificaciones biomecánicas asociadas al incremento de la cadencia (SR10%). Elaboración propia.....	7
Tabla 2. Criterios de elegibilidad. Elaboración propia.	10
Tabla 3. Fórmula predictiva de cadencia esperada. Elaboración propia.....	10
Tabla 4. Protocolo SR10% realizado por los grupos A y C. Elaboración propia.	15
Tabla 5. Protocolo de ER realizados por los grupos B y C. Elaboración propia.	16
Tabla 6. Progresión de cargas del protocolo de ER supervisado realizado por los grupos B y C. Elaboración propia.	17
Tabla 7. Protocolo secuencial de mediciones y procedimientos en cada fase del estudio. Elaboración propia.....	17
Tabla 8. Tipo de variables, descripción y medición utilizada en el estudio. Elaboración propia.	19
Tabla 9. Cronograma de intervención, evaluación y seguimiento de los grupos experimentales. Elaboración propia.	20

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Comparación de patrones biomecánicos en corredores con alta y baja economía de carrera: implicaciones en el desarrollo del dolor patelofemoral. Creación de Bas Van Hooren. et. al.....	6
Figura 2. Variables biomecánicas analizadas en los planos sagital y frontal. Elaboración propia.	13



RESUMEN

Introducción: El dolor patelofemoral (PFP) es una de las lesiones más frecuentes en corredores, caracterizándose por dolor difuso en la región anterior de la rodilla y afectando significativamente la funcionalidad y la continuidad deportiva. Entre las intervenciones conservadoras, el ejercicio de fuerza de miembros inferiores (MMII) enfocado en la rodilla (ER) y el Gait-Retraining (GR) han demostrado eficacia en la reducción del dolor y la mejora biomecánica, aunque existe debate sobre cuál estrategia ofrece mejores resultados a corto y medio plazo.

Objetivos: El objetivo principal de este estudio es comparar el efecto de un programa combinado de GR y ER frente a la aplicación aislada de cada intervención sobre el dolor patelofemoral durante la carrera en corredores, tras 4 semanas de intervención supervisada.

Metodología: Se propone un ensayo clínico aleatorizado con tres grupos de intervención: GR, ER y una combinación de ambos. Se evaluará variables como el dolor durante la carrera, la función y parámetros biomecánicos, utilizando escalas validadas y análisis de la cinemática de carrera. El tamaño muestral y el protocolo de intervención está definido para garantizar la validez y reproductividad de los resultados.

Conclusiones: Este estudio busca aportar evidencia sobre la eficacia de intervenciones combinadas en el manejo del PFP en corredores, facilitando la toma de decisiones clínicas basadas en resultados funcionales y biomecánicos.

Palabras clave: PFP; Running; Gait-Retraining; Knee Exercises; Biomechanics.

ABSTRACT

Introduction: Patellofemoral pain (PFP) is among the most common injuries in runners, characterized by diffuse pain in the anterior knee region, significantly affecting functionality and sports participation. Among conservative interventions, lower limb strength exercises focused on the Knee (ER) and Gait-Retraining (GR) have shown efficacy in reducing pain and improving biomechanics, although there is ongoing debate regarding which strategy achieves better short and medium-term results.

Objectives: The main objective of this study is to compare the effect of a combined program of GR and ER versus each intervention alone on patellofemoral pain during running in runners, after 4 weeks of supervised intervention.

Methods: A randomized clinical trial is proposed with three intervention groups: GR, ER and a combination of both. Variables such as pain during running, function, and biomechanical parameters will be assessed using validated scales and running kinematic analysis. The sample size and intervention protocol are defined to ensure validity and reproducibility of the results.

Conclusions: This study aims to provide evidence on the effectiveness of combined interventions in the management of PFP in runners, supporting clinical decision making based on functional and biomechanical outcomes.

Keywords: PFP; Running; Gait-Retraining; Knee Exercises; Biomechanics.

GLOSARIO DE ABREVIATURAS

AKPS	Anterior Knee Pain Scale.
AVD	Actividades de la vida diaria.
CDM	Centro de Masas.
CI	Fase de Contacto Inicial.
CKC	Cadena cinética cerrada.
ER	Ejercicio de fuerza de miembro inferior enfocado en la rodilla.
GR	Gait-Retraining.
ITT	Intención de tratar.
MA	Fase de máxima amortiguación.
MMII	Miembros inferiores.
NRS	Escala Numérica del Dolor.
OKC	Cadena cinética abierta.
PJF	Fuerzas que actúan sobre la articulación patelofemoral.
PFP	Dolor Patelofemoral.
PPM	Pasos por minuto.
RIR	Repeticiones en reserva.
RPE	Escala de esfuerzo percibido.
SR10%	Incremento de 10% de la cadencia.

INTRODUCCIÓN

El “*Running*” se ha consolidado como una de las disciplinas deportivas más populares a nivel global, experimentando un auge significativo en el número de corredores y competiciones en las últimas décadas. Motivo de esto puede ser, su económica accesibilidad y la flexibilidad que supone practicarlo en diversos entornos (Vitti et al., 2020). El “*Running*” ofrece múltiples beneficios para la salud: mejora de la condición física, promoción de un estilo de vida saludable, mayor longevidad y reducción de enfermedades cardiovasculares [2]. No obstante, la práctica del “*Running*” también se asocia con una alta incidencia de lesiones musculoesqueléticas, oscilando entre el 18,2% y el 92,4% o 6,8-59 lesiones por cada 1000h de exposición a la carrera [3].

La acumulación de microtraumatismos resultantes de ciclos repetitivos durante la actividad es una de las principales causas de lesión en corredores [4]. Se estima que alrededor el 50% de los corredores experimentan al menos una lesión anual que interrumpe temporalmente su práctica deportiva. Entre el 70% y el 80% de estas lesiones están asociadas al sobreuso por repetición de estructuras anatómicas, principalmente rodilla, e tobillo/pie y tibia [5]. Entre las lesiones más prevalentes entre los corredores se encuentra el dolor patelofemoral (PFP), con una incidencia del 16,7% en comparación con el 9,1% del Síndrome de estrés tibial, el 7,9% de la fasciopatía plantar, el 7,9% síndrome de la cintilla iliotibial y el 6,6% de la tendinopatía aquilea [6].

El PFP es un síndrome frecuente del sistema musculoesquelético de origen multifactorial, manifestándose como un conjunto de síntomas (dolor, rigidez, sensación de inestabilidad) asociados a disfunciones en la mecánica articular, fuerza muscular o distribución de cargas [7]. Se caracteriza por un dolor de inicio insidioso y de carácter difuso, localizado en la región retropatelar y/o peripatelar anterior de la rodilla. A diferencia de una lesión o patología específica, el PFP no siempre implica daño tisular directo y se describe como un síndrome funcional que puede incluir otras afectaciones, como la condromalacia rotuliana, sin ser necesariamente su principal causa de síntomas. Puede manifestarse gradualmente o de forma aguda, exacerbándose con la carga de los miembros inferiores (MMII) [7]. En un estudio con 459 individuos con PFP, los síntomas se manifestaban al ponerse de cuclillas (93,7%),

subir escaleras (93,7%) y correr (90,8%). Mas de la mitad (54,5%) reportó dolor al permanecer sentados durante periodos prolongados, mientras que un 26,4%, informo dolor al sentarse después del ejercicio [8].

Las revisiones sistemáticas y las guías de práctica clínica señalan que los enfoques conservadores, especialmente aquellos centrados en la terapia mediante ejercicio, son eficaces para aliviar los síntomas y mejorar la funcionalidad en los pacientes [9].

El entrenamiento de fuerza constituye una estrategia terapéutica fundamental en el abordaje del PFP, ampliamente utilizado como tratamiento de primera línea por su efectividad en la reducción del dolor y mejora de la función [10]. El entrenamiento de fuerza de MMII enfocado en la rodilla (ER), ha demostrado beneficios a corto plazo en el alivio del dolor y a medio plazo en la recuperación funcional, favoreciendo el retorno seguro a las AVD y deportivas, con menor riesgo de recaída [10]. Las intervenciones pueden estructurarse en cadenas cinéticas abiertas (OKC) o cerradas (CKC), ambas con efectos positivos sobre los síntomas del PFP (11). En fases agudas, los ejercicios isométricos resultan especialmente eficaces para el control del dolor, mientras que los ejercicios concéntricos y excéntricos muestran mayor utilidad en la ganancia de fuerza y funcionalidad a medio y largo plazo [11].

Otra intervención relevante para el tratamiento del PFP es el Gait-Retraining (GR), una estrategia basada en la reeducación de la técnica de carrera para optimizar el movimiento y reducir el impacto sobre las articulaciones. GR busca modificar patrones biomecánicos perjudiciales que incrementan el estrés y la carga sobre las articulaciones de los MMII, mejorando la eficiencia del corredor. Estudios han demostrado efectos inmediatos y a corto plazo (entre 1 y 3 meses de tratamiento) sobre la reducción de dolor, mejora de la función y optimización de la biomecánica en individuos con PFP [12–14]. Los corredores con PFP tienden a adoptar patrones de carrera autoelegidos, que pueden incrementar los microtraumatismos por repetición en la articulación patelofemoral [13]. En la *Figura 1* [15] se ilustran parámetros de la técnica de carrera que influyen en la eficiencia durante la misma.

	Lower energy cost / Better economy	Higher energy cost / Poorer economy	Biomechanical differences of lower EC relative to higher EC	GRADE evidence
Initial contact			<ul style="list-style-type: none"> ↓ trunk flexion ROM during gait cycle ↘ elbow/arm ROM during gait cycle ↔ COM-heel distance at IC ↔ hip & knee flexion stance leg at IC ↔ thigh/shank angle stance leg at IC ↓ knee flexion swing leg during gait cycle ↗ ankle dorsiflexion at IC ↔ footstrike angle/index at IC ↘ peak braking GRF/braking impulse ↑ cadence / ↘ step length 	<ul style="list-style-type: none"> Low (k=1) Low (k=2) High (k=7) Moderate (k=4-8) Low-high (k=1-4) Low (k=1) Moderate (k=8) Moderate (k=8) Low (k=4) Moderate (k=19-37)
Mid stance			<ul style="list-style-type: none"> ↓ trunk flexion ROM during gait cycle ↓ vertical oscillation pelvis/COM ↘ hip & knee ROM during stance ↘ peak knee flexion during stance ↑ vertical and leg stiffness ↓ knee flexion swing leg during gait cycle ↔ muscle activation during stance ↔ ankle angle mid-stance ↘ normalized peak vertical GRF ↔ spatiotemporal metrics during gait cycle (e.g., contact time, duty factor) 	<ul style="list-style-type: none"> Low (k=1) Moderate (k=23) Moderate (k=3) Moderate (k=9) Moderate (k=18) Low (k=1) Moderate-high (k=2-7) Moderate (k=4) Low (k=6) Moderate-high (k=8-40)
Toe-off			<ul style="list-style-type: none"> ↓ trunk flexion ROM during gait cycle ↘ trunk rotation during gait cycle ↘ elbow/arm ROM during gait cycle ↔ hip angle at TO ↔ knee angle at TO ↘ ankle extension at TO 	<ul style="list-style-type: none"> Low (k=1) Low (k=2) Low (k=2) Low (k=5) Moderate (k=6) Moderate (k=7)

Figura 1. Comparación de patrones biomecánicos en corredores con alta y baja economía de carrera: implicaciones en el desarrollo del dolor patelofemoral. Creación de Bas Van Hooren. et. al. [15]. Corredores con peor economía de carrera presentan mayor flexión de cadera y rodilla y más oscilación vertical del centro de masas, lo que implica menor estabilidad y mayor estrés patelofemoral, características frecuentes en quienes sufren PFP [15].

Diversos estudios señalan que ciertas características cinemáticas como una zancada más corta, una menor oscilación vertical del Centro de Masas (CDM) y un patrón de apoyo más eficiente, se asocian con una reducción de las fuerzas que actúan sobre la articulación patelofemoral (PJF) [15,16]. Las modificaciones descritas en la **Tabla 1** representan correcciones clave para alcanzar estos parámetros óptimos y han demostrado ser efectivas en la reducción del dolor, mejora de la función y prevención de recidivas en este tipo de población [17].

Tabla 1. Modificaciones biomecánicas asociadas al incremento de la cadencia (SR10%). Elaboración propia.

Modificación biomecánica	Descripción	Beneficio
Reducción de la longitud de la zancada	Acorta la distancia entre el CI de una pierna con su siguiente CI.	Disminuye el estrés articular y minimiza el riesgo de Overstride.
Cambio de apoyo a mediopié	Modifica el patrón de carrera para evitar el apoyo predominante en el retropié.	Reduce el impacto sobre la articulación patelofemoral y mejora la eficiencia en carrera.
Reducción de la oscilación vertical	Minimiza el movimiento vertical del centro de masas durante la carrera.	Mejora la estabilidad y reduce el estrés en las estructuras articulares.
Ajuste de flexión de cadera/rodilla	Optimiza los ángulos articulares durante la fase de CI y MA.	Mejora la distribución de cargas y reduce el dolor asociado a PFP.
<p><i>El aumento de la cadencia y las modificaciones cinemáticas asociadas permiten reducir las PJJ, optimizando la eficiencia en carrera y disminuyendo los factores de riesgo que, en corredores con PFP, tienden a estar elevados [15,16].</i></p>		

Esta intervención no invasiva, guiada por profesionales, permite aplicar correcciones individualizadas que reducen el estrés mecánico en rodilla, tobillo, cadera y región lumbar, optimizando así la eficacia del patrón de carrera [16,18]. Además de demostrar eficacia en la mejora del dolor y la función en corredores con PFP, por ello la intervención presenta una aplicación clínica práctica y accesible, sin requerir tratamientos invasivos ni prolongados.

OBJETIVOS

Objetivo principal

Evaluar el impacto de un programa combinado de Gait-Retraining junto con ejercicio de fuerza de miembros inferiores enfocado en la rodilla, en comparación con la aplicación aislada de ambas terapias, evaluando la evolución del dolor patelofemoral durante la carrera, en corredores tras 4 semanas de intervención supervisada.

Objetivos secundarios

Determinar el impacto de un programa combinado de Gait-Retraining junto con ejercicio de fuerza de miembro inferior enfocado en la rodilla en la mejora funcional y en el dolor durante las actividades de la vida diaria en corredores con dolor patelofemoral.

Investigar la eficacia de los protocolos Gait-Retrainig, ejercicio de fuerza de miembro inferior enfocado en la rodilla y su combinación en los siguientes parámetros biomecánicos: la caída pélvica contralateral, eversión de talón, distancia entre el contacto inicial y el centro de masas, flexión de rodilla e inclinación de pie y tibia en la fase de contacto inicial y flexión de rodilla en la fase de máxima amortiguación en corredores con dolor patelofemoral.

Evaluar la adherencia al tratamiento durante el proceso de intervención, así como la recaída o recidiva en sujetos corredores con dolor patelofemoral a medio plazo durante las 10 semanas posteriores a la intervención.

HIPÓTESIS

La incorporación de un programa de Gait-Retraining junto al ejercicio de fuerza de MMII enfocado en la rodilla permitirá reducir el dolor, mejorar la función y parámetros cinemáticos como la caída pélvica contralateral, eversión de talón, distancia entre el contacto inicial (CI) y el CDM, flexión de rodilla e inclinación de pie y tibia en CI y flexión de rodilla en fase de máxima amortiguación (MA) durante la carrera a corto y medio plazo. Esta combinación de tratamientos también reducirá el riesgo de recaída y recidiva en corredores con PFP, además, aumentará la adherencia al tratamiento en comparación con la aplicación aislada de cada intervención.

MATERIAL Y MÉTODOS

Pregunta de investigación (PICOS)

¿un programa combinado de Gait-Retraining y ejercicio de fuerza de MMII enfocado en la rodilla es más eficaz que la aplicación aislada de cada intervención en términos de reducción de dolor, mejora de la función y cambios en la cinemática de los miembros inferiores?

Pregunta en formato PICOS

P (Población)→ Corredores con dolor patelofemoral

I (intervención)→ Incorporación de un programa combinado de Gait-Retraining y ejercicio de fuerza de MMII enfocado en la rodilla.

C (comparación)→ Gait-Retraining o ejercicio de fuerza de MMII enfocado en la rodilla. de manera aislada

O (resultado)→ Reducción del dolor, mejora de la función, aumento de las actividades de la vida diaria (AVD) y cambios en la cinemática de carrera de las extremidades inferiores.

S (diseño de estudio)→ Ensayo clínico.

Consideraciones éticas

Se obtuvo la aprobación ética del Comité de Revisión Institucional de la Universidad Miguel Hernández de Elche con el código COIR 241123082305 (*Anexo III*). Todos los sujetos firmarán un consentimiento detallado antes de ingresar al estudio (*Anexo IV*).

Diseño del estudio

Se propone un ensayo clínico aleatorizado, simple ciego, de tres brazos con asignación 1:1:1, intervención de 4 semanas y seguimiento de 10 semanas. Los participantes se dividirán en tres grupos: grupo A (solo GR), grupo B (solo ER) y grupo C (combinación GR+ER). Las evaluaciones se realizarán al inicio (t0), a mitad de la intervención (t2), al finalizar las 4 semanas de intervención (t4) y al final de las 10 semanas de seguimiento (t14).

Población del estudio

El estudio se llevará a cabo en corredores que cumplan los criterios de elegibilidad pertenecientes a la población de la provincia de Alicante.

Criterios de elegibilidad

Tabla 2. Criterios de elegibilidad. Elaboración propia.

Inclusión	Exclusión
(I) Los participantes deberán presentar una cadencia al menos de 6 pasos por minuto (ppm) por debajo de su cadencia media teórica, la cual será calculada mediante una fórmula ajustada por sexo, velocidad, altura y tipo de apoyo, como se muestra en la Tabla 2 .	(I) Presentar otros trastornos musculoesqueléticos diagnosticados recientemente en los MMII; (II) antecedentes de cirugía en los MMII en el último año.
(II) Edad entre 18 y 45 años.	(II) Antecedentes de cirugía en los MMII en el último año.
(III) Dolor localizado en la región retropatelar y/o peripatelar, con intensidad de al menos 3/10 en la Escala Numérica del Dolor (NRS), durante la carrera, y una tarea entre sentadillas, subir y bajar escaleras, arrodillarse y/o extender la rodilla con leve resistencia [10].	(III) Enfermedades sistémicas descontroladas o en tratamiento agudo actual que puedan influir en la capacidad del paciente para participar en el estudio (ej., asma no controlada, diabetes no controlada, enfermedades cardiovasculares inestables).
(IV) Realizar al menos 3 días de carrera con un mínimo de 30 kilómetros a la semana.	(IV) No mostrar interés en adherirse a un protocolo de GR y ER durante 4 semanas
(V) Poseer diagnóstico de PFP.	
(VI) Ser capaz de correr a una velocidad de 12 km/hora con un Índice de Percepción del Esfuerzo (RPE) de 2-3/10 durante 10 min.	
(VII) Pacientes que no realicen actividades de running fuera de lo estipulado en el protocolo del estudio durante las 4 semanas de intervención.	

Tabla 3. Fórmula predictiva de cadencia esperada. Elaboración propia.

Factor	Ajuste en fórmula	Aplicación práctica
Fórmula base	$C_{esperada} = 182 - 3(h - 170) + 6(v - 12)$	h: Altura en cm; v: Velocidad en km/h
Sexo	Mujeres: -4ppm; Hombres: +0ppm	Auto-reporte validado con documento identificado.
Tipo de apoyo	Retropié: -7ppm; Mediopíe: ±0ppm; Antepíe: +4ppm	Determinado mediante grabación en cinta.
Cadencia corregida	$C_{corregida} = C_{esperada} + \text{Ajuste sexo} + \text{Ajuste apoyo}$	Ejemplo: Mujer (160cm, 12km/h, retropíe); $C_{corregida} = [182 - 3 \times (160 - 170) + 6 \times (12 - 12)] - 4 - 7$ $= [182 - 3 \times (-10) + 0] - 4 - 7$ $= (182 + 30) - 4 - 7 = 201 \text{ ppm}$
Criterio de inclusión	$C_{media} < C_{corregida}$	
Método manual	Conteo de pasos en 30 segundos x2. Registrar 3 mediciones consecutivas.	Protocolo estandarizado: - Corredor avisado al inicio del conteo. - Cronómetro con señal audible.

“La tabla presentada resume la fórmula utilizada como criterio de inclusión en este estudio. Esta fórmula, basada en los trabajos de Burns et al. [19] y Hoogkamer et al. [20], permite estimar la cadencia esperada en corredores, considerando factores como la altura y la velocidad, y ajustarla por sexo y tipo de apoyo. Su implementación garantiza la inclusión de participantes con cadencia inferior a la esperada, permitiendo evaluar el efecto de la intervención sobre este parámetro biomecánico clave”.

C: cadencia; ppm: pasos por minuto.

Los participantes serán reclutados mediante contacto electrónico, telefónico o a través de clubes de corredores de Alicante. Ser realizará un cribado inicial mediante cuestionario que incluirá datos antropométricos, historial lesional, características del entrenamiento e información sobre el dolor y posibles enfermedades sistémicas (**Anexo I**). La elegibilidad se confirmará con una grabación para el cálculo manual de la cadencia, siguiendo el protocolo descrito por estudios previos [21] y detallado en el **Anexo II**.

Se excluyeron corredores con una cadencia igual o superior a la teórica individual, o con una diferencia inferior a 6ppm, ya que el objetivo es evaluar el efecto de un incremento significativo de cadencia sobre el PFP. En estos casos, un incremento podría ser contraproducente y elevar el riesgo de lesión [22].

Se incluirán participantes con síntomas unilaterales o bilaterales, sin embargo, en el segundo caso, solo se considerará para el análisis la peor rodilla (mayor NRS).

Tamaño de la muestra

El tamaño muestral se basó en Sheikhi et al. [23], sobre intervenciones similares en PFP. Este estudio recomendó un mínimo de 25 participantes por grupo para detectar diferencias clínicamente relevantes. Considerando una posible tasa de abandono del 20%, se ajustó el tamaño a 30 participantes por grupo, resultando en un total de 90 participantes distribuidos equitativamente entre los tres brazos del estudio. Este enfoque garantiza comparabilidad metodológica con investigaciones previas y facilita la justificación del diseño.

Aleatorización y Cegamiento

Las sesiones de intervención se realizarán en horarios independientes para evitar la interacción entre evaluadores y terapeutas responsables del tratamiento minimizando así el riesgo de sesgo en los resultados. Debido a la naturaleza de las intervenciones, no es posible cegar a los participantes ni terapeutas. Los participantes serán asignados aleatoriamente a uno de los tres grupos de estudio (GR, ER, GR+ER) en proporción 1:1:1 mediante un programa de generación de números aleatorios. Para mantener el cegamiento de los evaluadores, las asignaciones de los grupos fueron codificadas con etiquetas alfanuméricas y esta información se mantuvo en sobre sellado hasta el final del estudio. Las evaluaciones se realizarán en los laboratorios de la UMH.

Descripción de la intervención

En la sesión presencial (t0), se grabará a todos los participantes desde los planos sagital y frontal para analizar su mecánica de carrera, siguiendo los criterios de Souza R. B [24] para el análisis biomecánico en video basado en la evidencia. Donde se recogerá información sobre la caída pélvica contralateral, eversión de talón, distancia entre el CI y el CDM, flexión de rodilla e inclinación de pie y tibia en el IC y flexión de rodilla en fase de MA durante la carrera, en el plano sagital y frontal (**Figura 2**). Para estandarizar la grabación, esta se realizará en tapiz rodante a una velocidad de 12km/h, siguiendo el procedimiento detallado en el **Anexo V**. En caso de que un participante presente un NRS>5 durante la intervención, esta será suspendida y reprogramada una semana después. Se permitirá un único aplazamiento por participante para minimizar pérdidas. Desde este punto los participantes del estudio no podrán seguir realizando sus actividades habituales de “*running*” fuera de lo estipulado durante las 4 semanas de intervención. Las grabaciones se repetirán a la mitad del periodo de intervención (t2), al finalizar la intervención de 4 semanas (t4) y 10 semanas después de terminar la intervención (t14).



Figura 2. Variables biomecánicas analizadas en los planos sagital y frontal. Elaboración propia.

Plano frontal; (A) caída pélvica contralateral, (B) eversión de talón. Plano sagital; (C) distancia entre el CI y el CDM, (D) flexión de rodilla durante CI, (E) inclinación del pie durante CI, (F) inclinación de tibia durante CI, (G) flexión de rodilla durante la fase de MA.

CI; contacto inicial. CDM; centro de masas. MA; máxima amortiguación.

Los grupos A y C llevarán a cabo un protocolo basado en GR, el cual incluye SR10%. El protocolo de SR10% puesto que cada individuo tendrá una talla, características físicas y una cadencia autoelegida el SR10% será diferente entre individuos. No obstante, en aquellos casos en que un incremento del 10% supere la cadencia teórica individual, calculada según la fórmula descrita anteriormente, el incremento se limitará al valor de la cadencia teórica. Asimismo, el incremento mínimo aplicado será de 6 ppm atendiendo al criterio de inclusión (I). Se llevará a cabo 2 veces por semanas con una duración gradual de 20 a 40 minutos, a lo largo de 4 semanas. En las 4 últimas sesiones la retroalimentación se eliminará gradualmente (**Tabla 3**). Realizaremos un diseño de retroalimentación atenuada para evitar la

dependencia de la retroalimentación externa y produce una mayor adherencia largo plazo [25]. Además, se instruirá a los participantes para que incorporen este nuevo patrón a la carrera las próximas 10 semanas. Recibirán orientación sobre su cadencia y correrán con la ayuda de un metrónomo con la cadencia ajustada al 10%. En ambos grupos el terapeuta proporcionará instrucciones repetidamente durante el primer minuto y proporcionará refuerzo positivo o negativo aproximadamente cada 30 segundos durante el periodo de retroalimentación.

El grupo B y C realizará ER, el grupo C lo realizará seguidamente de la aplicación del protocolo GR. El protocolo ER incluyó seis ejercicios: “*isometric wall squat, straight leg raise, leg press, step-down y leg extension y monster walk*” (**Tabla 5**). El programa de ejercicio (número de sesiones, ejercicios y series) se eligió basándose en la evidencia científica más reciente [26] y siguiendo las recomendaciones de Collins et al. [11]. Las sesiones se llevaron a cabo dos veces por semana, bajo la supervisión de un fisioterapeuta especializado en el ámbito deportivo. La progresión de cargas siguió la **Tabla 6**, comenzando con 2 series de 8 repeticiones y aumentando hasta 3 series de 12, con descansos y repeticiones en reserva (RIR) decrecientes. La intensidad se monitorizó con la escala de esfuerzo percibido (RPE, 0-10) y RIR. En ejercicios dinámicos con carga externa como “*leg press y leg extensión*” o peso corporal “*step-down*”, el RIR se aplicó de forma convencional, solicitando a los participantes que estimaran cuántas repeticiones adicionales podrían completar con la técnica adecuada. En el caso de “*straight leg raise*” y “*monster walk*”, ambos realizados con banda elásticas, donde la resistencia variable y la naturaleza unilateral dificulta la estimación precisa del RIR, se priorizó el RPE como indicador principal de intensidad, complementando con una adaptación del RIR basada en la percepción de fatiga localizada (ejemplo: “podría realizar X repeticiones más manteniendo la tensión de la banda”). En el caso del “*monster walk*”, al tratarse de un patrón de desplazamiento lateral, se prestó atención a la fatiga en abductores de cadera como referencia para ajustar la carga. Para “*isometric wall squat*”, al tratarse de un ejercicio estático, se instruyó a los participantes a indicar el tiempo adicional que percibían para poder mantener la posición (ejemplo: “podría aguantar X segundos más”), utilizando una escala análoga al RIR. Este enfoque permitirá ajustar la carga de manera individualizada, manteniendo la seguridad y la calidad técnica de los ejercicios.

Todas las sesiones se realizarán en grupos de dos corredores para garantizar una supervisión más personalizada y permitir un ajuste específico en de las estrategias terapéuticas según las necesidades individuales.

El seguimiento de posibles eventos adversos se realizará los días que acuden a la intervención durante el periodo del protocolo. Cualquier participante que reporte empeoramiento del dolor u otro dolor musculoesquelético será registrado. Los efectos adversos se abordarán de forma descriptiva en los resultados del estudio. En cualquier momento de la intervención si el participante presenta un NRS superior a 5, la prueba será suspendida inmediatamente. En caso de que esto ocurra, la intervención se aplazará una semana para controlar las pérdidas, permitiéndose solo un aplazamiento por participante. Si el participante no puede retomar la intervención después del aplazamiento, será considerado como abandono por lesión. Para garantizar la integridad de los datos, se realizará un análisis por intención de tratar (ITT), en el cual todos los pacientes asignados inicialmente serán incluidos en el análisis, independiente de si completaron o no el protocolo.

Tabla 4. Protocolo SR10% realizado por los grupos A y C. Elaboración propia.

Semana	Día	Capacitación	Tiempo de Retroalimentación	Tiempo de entrenamiento
1	1	Supervisado	15 minutos	20 minutos
	2	Supervisado	20 minutos	23 minutos
2	3	Supervisado	24 minutos	26 minutos
	4	Supervisado	24 minutos	28 minutos
3	5	Supervisado	21 minutos	30 minutos
	6	Supervisado	18 minutos	32 minutos
4	7	Supervisado	12 minutos	35 minutos
	8	Supervisado	9 minutos	40 minutos

Tabla 5. Protocolo de ER realizados por los grupos B y C. Elaboración propia.

Ejercicio	Descripción	Ejemplo
<p>Isometric</p> <p>Wall</p> <p>Squat</p>	<p>Posición inicial: De pie, espalda apoyada en la pared, pies separados al ancho de caderas y adelantados respecto a las rodillas. Pelvis en retroversión y tronco recto.</p> <p>Ejecución: se desciende hasta alcanzar 45° de flexión de rodilla, manteniendo la postura isométrica de 30 a 45" sin perder el contacto con la pared.</p> <p>Progresión: Aumentar tiempo de isométrica y reducir ángulo (más flexión). Incluir lastre progresivo si se tolera.</p>	
<p>Straight</p> <p>Leg Raise</p>	<p>Posición inicial: Decúbito supino, una pierna extendida en contacto con el suelo, la otra con banda elástica a nivel de tobillos.</p> <p>Ejecución: Elevar la pierna activa con rodilla extendida hasta 45° de flexión de cadera manteniendo tensión constante en la banda elástica.</p> <p>Progresión: Progresar con bandas de mayor resistencia.</p>	
<p>Leg Press</p>	<p>Posición inicial: sentado en la máquina de leg press, espalda apoyada, pies en la plataforma al ancho de hombros, rodillas a 90°.</p> <p>Manos sujetas a las asas.</p> <p>Ejecución: Se extienden las piernas empujando la plataforma hasta casi extender las rodillas sin bloquearlas. Luego se flexiona lentamente hasta regresar al inicio.</p> <p>Progresión: Aumentar carga progresivamente.</p>	
<p>Step-</p> <p>Down</p>	<p>Posición inicial: De pie sobre una plataforma (step, cajón...) con un pie en el borde y el otro en el aire. Tronco erguido, manos en la cintura.</p> <p>Ejecución: Flexionar la rodilla de apoyo controlando el descenso del talón de la pierna libre hacia el suelo. Mantener el control postural y evitar compensaciones.</p> <p>Progresión: Inicial con plataforma baja y aumentar altura. Incluir carga externa en manos.</p>	
<p>Monster</p> <p>Walk</p>	<p>Posición inicial: De pie, banda elástica por encima de las rodillas. Rodillas y caderas ligeramente flexionadas.</p> <p>Ejecución: Caminar lateralmente manteniendo la tensión en la banda y una base amplia de apoyo, evitando que las rodillas colapsen hacia medial.</p> <p>Progresión: Comenzar con bandas suaves y paso corto. Aumentar resistencia.</p>	
<p>Leg</p> <p>Extension</p>	<p>Posición inicial: Sentado en máquina, rodillas a 90°, pies bajo el rodillo acolchado. Espalda apoyada y manos en asas.</p> <p>Ejecución: Extender las rodillas controladamente hasta casi la extensión completa. Regresar lentamente a la posición inicial.</p> <p>Progresión: Aumentar carga progresivamente.</p>	

Tabla 6. Progresión de cargas del protocolo de ER supervisado realizado por los grupos B y C. Elaboración propia.

Semana	Día	Series	Repeticiones	Tiempo de descanso repetición	Tiempo de descanso serie	Intensidad (RIR y RPE)
1	1	2	8	4"	1'	RIR 4 / RPE 6
	2	2	8	4"	1'	RIR 4 / RPE 6
2	3	2	9	4"	1'	RIR 4 / RPE 6
	4	3	9	3"	50"	RIR 3 / RPE 7
3	5	3	10	3"	50"	RIR 3 / RPE 7
	6	3	10	3"	50"	RIR 3 / RPE 7
4	7	3	11	2"	40"	RIR 2 / RPE 8
	8	3	12	2"	40"	RIR 2 / RPE 8

Protocolo de mediciones

Tabla 7. Protocolo secuencial de mediciones y procedimientos en cada fase del estudio. Elaboración propia.

Orden	Procedimiento	Momento Temporal	Descripción	Instrumento / Responsable	Observaciones
1	Recepción y entrevista inicial	t0	Explicación del estudio, repaso de criterios de inclusión / exclusión, entrevista (<i>Anexo I</i>) y resolución de dudas.	Investigador principal	
2	Consentimiento informado y registro inicial	t0	Firma del consentimiento (<i>Anexo IV</i>)	Investigador principal / Formulario a papel	
3	Conteo de la cadencia	t0	Conteo manual atendiendo al protocolo expuesto en el <i>Anexo II</i>		
4	Evaluación clínica (dolor, función y AVD)	t0	Utilización de cuestionarios validados (NRS, AKPS, VISA-P)	Investigador principal	
5	Asignación aleatoria a grupos (A, B, C)	t0	Aleatorización 1:1:1 mediante software	Investigador principal	
6	Grabación cinemática de carrera	t0	Carrera a 12km/h en tapiz rodante. Las grabaciones se realizan atendiendo al procedimiento de grabación de las variables cinemáticas expuesto en el <i>Anexo V</i> , siguiendo las indicaciones de	Fisioterapeuta investigador / Cámara alta velocidad	Análisis posterior por evaluador cegado

			los criterios basados en la evidencia para el análisis biomecánico de la carrera grabado en video descrito por Souza R. B [24]. Las variables cinemáticas observadas se muestran en la Figura 2 .		
7	Sesiones de intervención (GR, ER o GR+ER)	Semana 1 – 4 (t1-t4)	2 sesiones/semana. Atendiendo a Tabla 3 ; protocolo SR10% realizado por los grupos A y C, Tabla 5 ; protocolo de ER realizados por los grupos B y C y Tabla 4 ; progresión de cargas del protocolo de ER supervisado realizado por los grupos B y C	Fisioterapeuta investigador	Supervisión directa
8	Evaluación intermedia	t2	Reevaluación de cuestionarios validados expuestos en orden 4 Tabla 5 y reevaluación cinemática de carrera expuestos en orden 6 Tabla 5 .	Fisioterapeuta investigador	
9	Evaluación post-intervención	t4			
10	Registro de efectos adversos	t4	Registro sobre molestias durante la intervención	Investigador principal	
11	Instrucciones para periodo de seguimiento	t4	Explicación del protocolo de seguimiento.	Investigador principal	
12	Seguimiento cada 2 semanas	Semana 5-14 (t5-t14)	Control de adherencia, registro de recaídas, frecuencia, intensidad, volumen de entrenamiento y dolor	Investigador principal	Llamada breve (5-10min)
13	Evaluación final de seguimiento	t14	Reevaluación de cuestionarios validados expuestos en orden 4 Tabla 5 y reevaluación cinemática de carrera expuestos en orden 6 Tabla 5 .	Investigador principal	Comparación con t0, t2 y t4
14	Análisis de datos y codificación	Post-estudio	Procesamiento de todos los datos recogidos durante las 14 semanas	Estadístico e investigador principal	
t0; pre-intervención. t2; intra-intervención. t4; post-intervención. t14; post-seguimiento AVD; actividades de la vida diaria. NRS; Escala Numérica del Dolor. AKPS; Anterior Knee Pain Scale. VISA-P; Victorian Institute of Sport Assessment - Patella					

VARIABLES

Tabla 8. Tipo de variables, descripción y medición utilizada en el estudio. Elaboración propia.

TIPO DE VARIABLE	VARIABLE MEDIDA
Variable Independiente (intervenciones aplicadas)	<ul style="list-style-type: none"> - Gait-Retraining (GR) - Ejercicio de fuerza de MMII enfocado en la rodilla (ER) - Combinación de ambos (GR + ER)
Variable Dependiente (resultados medidos)	<ul style="list-style-type: none"> - Dolor durante la Carrera (NRS) [27] al finalizar la sesión 1, 4, 8 y en la semana 14 en los grupos A y C como medida principal (<i>ver Anexo VI</i>) - Funcionalidad (AKPS) [28] al finalizar la sesión 1, 4, 8 y en la semana 14 (<i>ver Anexo VII</i>) - Dolor en las AVD (VISA-P) [29] al finalizar la sesión 1, 4, 8 y en la semana 14 (<i>ver Anexo VIII</i>) - Cinemáticas de los MMII durante la carrera evaluadas a través de videos digitales grabados con iPhone 11 a 120 cuadros por segundo en cámara lenta. Las grabaciones de videos serán analizadas por el Software de libre acceso Kinovea [30]. Las variables cinemáticas de interés fueron elegidas basándonos en estudios previos [31–34]. Incluyen mediciones en los planos frontal (caída pélvica contralateral; eversión de talón) y sagital (distancia entre el CI y el CDM; flexión de rodilla e inclinación de pie y tibia en el CI y flexión de rodilla en fase MA durante la carrera) [24]. Al finalizar la sesión 1, 4, 8 y en la semana 14. <p>Para la comparación de los tres grupos de estudio se considerará la media de puntos en NRS, AKPS, VISA-P y el pico de grados en de la caída pélvica contralateral, eversión de talón, distancia entre el CI y el CDM, flexión de rodilla e inclinación de pie y tibia en el CI y flexión de rodilla en fase de MA.</p>
Covariables (factores que pueden influir)	<ul style="list-style-type: none"> - Características antropométricas; edad, sexo, altura e IMC. - Historial de lesiones previo; lesiones previas en MMII - Características de la carrera previas a la entrada del estudio; Frecuencia, volumen en Km, cadencia basal y velocidad de carrera habitual. - Dolor y Función inicial teniendo en cuenta los valores basales NRS, VISA-P, AKPS ya que los valores iniciales de dolor y función pueden condicionar la magnitud del efecto de las intervenciones. - Adherencia al tratamiento; número de sesiones completadas y cumplimiento de los protocolos GR y ER. - Enfermedades sistémicas crónicas: como asma, enfermedades cardiovasculares entre otras.

Cronograma

Tabla 9. Cronograma de intervención, evaluación y seguimiento de los grupos experimentales. Elaboración propia.

Semana	Intervención	Grupo A (GR)	Grupo B (ER)	Grupo C (GR+ER)	Evaluaciones
0 (t0)	Recogida de datos	Cálculo manual de la cadencia (<i>ver Anexo II</i>)			Entrevista inicial
0 (t0)	Sesión inicial – Análisis biomecánico inicial	Grabación video plano frontal y sagital (<i>ver Anexo V</i>)			AKPS, NRS, VISA-P y Variables cinemáticas.
1-4 (t1-t4)	Intervención (2 sesiones/semana)	Protocolo GR con SR10%	Protocolo ER	Protocolo GR + ER	Seguimiento diario de efectos adversos
2 (t2)	Evaluación entre intervención	Grabación video plano frontal y sagital (<i>ver Anexo V</i>)			Cuestionarios AKPS, NRS, VISA-P y Variables cinemáticas.
4 (t4)	Ultima sesión - Evaluación post intervención	Fin protocolo GR + Instrucciones para continuar sin feedback + Grabación video plano frontal y sagital	Fin del protocolo ER + Grabación video plano frontal y sagital	Fin protocolo GR + Instrucciones para continuar sin feedback + Grabación video plano frontal y sagital	Cuestionarios AKPS, NRS, VISA-P y Variables cinemáticas.
4-14 (t4-t14)	Seguimiento (10 semanas)	Sin intervención			Cuestionarios por llamada telefónica cada 2 semanas.
14 (t14)	Evaluación final.	Grabación video plano frontal y sagital (<i>ver Anexo V</i>)			Cuestionarios AKPS, NRS, VISA-P y Variables cinemáticas.

Seguimiento

Para asegurar la retención de los participantes, los investigadores realizarán llamadas telefónicas cada 2 semanas durante las 10 semanas de seguimiento post-intervención para monitorizar dolor, entrenamiento, actividad física y uso de otros tratamientos. Los participantes pueden abandonar el estudio en cualquier momento, registrándose sus resultados y razones por las cuales estos participantes no completaron el seguimiento.

Análisis estadístico

Se calcularán medidas de tendencia central (media, mediana) y dispersión (desviación estándar, rango intercuartílico) para resumir las características demográficas y clínicas de los participantes al inicio el estudio (edad, IMC, historias de carrera, NRS basal, parámetros cinemáticos basales, AKPS y VISA-P). La normalidad de las variables dependientes se evaluará mediante la prueba de Shapiro-Wilk, considerando que el tamaño muestral previsto es inferior a 50 participantes por grupo. En función del cumplimiento del supuesto de normalidad, se empleará ANOVA para variables con distribución normal o la prueba de Kruskal-Wallis para aquellas que no lo cumplan, con el fin de comparar las diferencias entre los tres grupos de intervención (GR, ER y GR+ER).

Para el análisis longitudinal de la variable principal (NRS durante la carrera) y variables secundarias (VISA-P, AKPS y parámetros cinemáticos), se aplicará un ANOVA de medidas repetidas para evaluar los cambios a lo largo del tiempo (t0, t2, t4, t14) y entre grupos. En caso de encontrar efectos significativos, se realizarán pruebas post hoc para identificar diferencias específicas entre tiempos y grupos.

Asimismo, se llevará a cabo un análisis de correlación para explorar las relaciones entre las variables clínicas y biomecánicas evaluadas por grupos. Si las variables presentan distribución normal, se utilizará el coeficiente de correlación de Pearson; de lo contrario, se empleará el coeficiente de correlación de Spearman. Tras identificar diferencias mediante ANOVA entre los grupos, se realizarán análisis de correlación adicionales centrados en los grupos que presenten diferencias significativas con comportamiento similar.

El nivel de significación estadística se establecerá en $p < 0,05$, para todas las pruebas. Los análisis se ejecutarán en R (versión 4.4.0) garantizando la validez y reproductividad de los resultados.

Limitaciones metodológicas

Una de las principales limitaciones es la dificultad de realizar un cegamiento completo a pacientes y terapeutas a causa de la interacción directa y ajustes personalizados que requiere esta intervención. Sin embargo, se implementarán medidas como la estandarización de los protocolos y la supervisión por fisioterapeutas especializados para reducir el posible sesgo.

Una posible limitación metodológica radica en la medición manual de la cadencia. Aunque este procedimiento se basa en estudios previos y se detalla en el *Anexo II*, la determinación de la cadencia a partir de grabaciones, el conteo manual de pasos y el no uso de sensores específicos puede estar sujeta a errores humanos y variabilidad inter-observador.

La adherencia al tratamiento representa una limitación potencial, ya que factores individuales como la motivación personal, disponibilidad y eventos personales que pueden influir en el cumplimiento del protocolo. Para mitigar este efecto, se realizarán seguimientos regulares y se registrarán detalladamente las sesiones completadas por cada participante.

Otra limitación relevante radica en la imposibilidad de controlar con exactitud los posibles cambios que los participantes puedan realizar en su entrenamiento, alimentación o tratamiento fisioterápico externo durante las 10 semanas posteriores a la intervención. Estas modificaciones podrían influir en los resultados obtenidos. Para reducir este sesgo, se establecerán seguimientos quincenales estandarizados y registros detallados de todas las intervenciones externas o alteraciones relevantes en los hábitos de entrenamiento.

DISCUSIÓN

Se propone una metodología innovadora para abordar el PFP en corredores amateurs, comparando la eficacia de tres intervenciones: GR, ER y la combinación de ambas. Esta propuesta se fundamenta en la evidencia publicada sobre el GR [12–15] y los ER [10,11,26,35] como estrategias efectivas para el manejo del PFP, lo que invita a cuestionar la eficacia de su sinergia.

La metodología propuesta se alinea con estudios previos en cuanto a la duración de la intervención y los métodos de evaluación. Se pueden mencionar autores como Davis IS. et. al. [36], quienes demostraron la eficacia de una intervención de GR de 2 semanas en la reducción del dolor y la corrección de parámetros de la biomecánica en corredores con PFP. Sin embargo, nuestro estudio extiende el periodo de intervención a 4 semanas, lo que podría proporcionar una visión más completa de los efectos a medio plazo.

Una fortaleza del estudio es el seguimiento de 10 semanas, permitiendo evaluar recaída y adherencia a medio plazo, aspecto clave en el manejo de PFP no abordados en estudios de corta duración. Otros autores [8,10] destacan la efectividad de los enfoques conservadores, especialmente el trabajo de fuerza, y la necesidad de evaluar los efectos a medio y largo plazo de las intervenciones en PFP.

La elección de SR10% como parte de la intervención de GR se basa en la evidencia previa que ha demostrado su eficacia en la reducción de las PJF. Autores como Wille et. al. [33] y Esculier et al. [16,37] han contribuido significativamente a la comprensión de las modificaciones de técnica de carrera como parte de programas de GR para reducir el PFP. Este enfoque sería beneficioso, ya que aborda un mecanismo causal del dolor.

Finalmente, la evaluación de los resultados en dolor y función es clave para identificar la efectividad a largo plazo. Estudios similares, como la tendinopatía de Aquiles, muestran que intervenciones más sostenidas son más costo-efectivas [38].

Asimismo, explorar los parámetros biomecánicos puede contribuir a la recuperación a medio y largo plazo en el PFP. Existen múltiples factores de riesgo en la cinemática de carrera que aumentan la probabilidad de sufrir esta patología. En el GR, se ha demostrado que al aumentar la cadencia, disminuye la zancada y, por consiguiente, el impacto por paso en la articulación patelofemoral [17]. Este cambio se manifiesta en el plano sagital aumentando la flexión de rodilla al CI, disminuyendo las PJF [16], y la

distancia entre el CDM y el CI, lo que resulta en la reducción de la absorción del impacto. En el plano frontal, el GR puede influir en la caída pélvica contralateral y la eversión del talón, optimizando la alineación de los MMII y por lo tanto reduciendo el impacto en la rodilla [17].

Por su parte, ER contribuye a mejorar la estabilidad dinámica de la rodilla, ya que el aumento de masa muscular está íntimamente relacionado con el control y alineación de la rótula (13–16). Un protocolo de ejercicio adecuado del cuádriceps, especialmente del vasto medial, puede mejorar el control neuromuscular y reducir la traslación lateral de la rótula, disminuyendo así el dolor en pacientes con PFP [10]. El aumento de la fuerza y la estabilidad puede traducirse en una menor inclinación de la tibia y el pie en el plano sagital, lo que favorece una distribución más equilibrada de las cargas durante la carrera.

La economía de carrera, según Van Hooren et al. [15], puede ser determinante en el desarrollo y manejo de PFP. Corredores con baja economía presentan patrones biomecánicos subóptimos, como menor flexión de rodilla en CI, mayor oscilación vertical del CDM y menor estabilidad, lo que incrementa los microtraumatismos repetitivos en la articulación patelofemoral. Esta deficiencia se asocia a mayores PJF y mayor consumo de oxígeno, favoreciendo la fatiga y el riesgo de lesión. Así, las intervenciones de GR que optimizan la biomecánica y reducen las PJF podrían mejorar el dolor y la función en estos pacientes (13,17–19).

Por último, además de la posible reducción del dolor y la función en corredores con PFP tanto el GR como el ER puede prevenir futuras lesiones [12–14]. La corrección de patrones cinemáticos alterados optimiza la carga en tobillo, cadera y columna [17,18], disminuyendo el riesgo de lesiones por sobreuso comunes en corredores [6]. El aumento de la estabilidad y la mejora en absorción de impactos, derivados del fortalecimiento muscular, previenen recaídas y nuevas patologías [11]. Estos programas son una estrategia preventiva eficaz tanto en el “*Running*” recreativo como competitivo.

CONCLUSIONES

1. El protocolo permitirá evaluar rigurosamente el impacto de un programa combinado de Gait-Retraining y ejercicio de fuerza de miembro inferior enfocado en la rodilla sobre el dolor patelofemoral durante la carrera en corredores con dolor patelofemoral, en comparación con intervenciones aisladas, tras 4 semanas de intervención supervisada.
2. Se evaluará si el programa combinado ofrece beneficios funcionales superiores y una mayor reducción del dolor en las actividades de la vida diaria en comparación con las intervenciones aisladas, valorando su impacto en la calidad de vida de los participantes.
3. Se investigará la eficacia de los protocolos de Gait-Retraining, ejercicio de fuerza de miembro inferior enfocado en la rodilla y su combinación en las modificaciones de parámetros biomecánicos clave durante la carrera, identificando posibles cambios en la técnica.
4. El protocolo incluye la evaluación de la adherencia y la sostenibilidad de las intervenciones, así como el registro de recaídas, con el objetivo de valorar su viabilidad a medio plazo de corredores con dolor patelofemoral.



BIBLIOGRAFIA

- [1] Vitti A, Nikolaidis PT, Villiger E, Onywera V, Knechtle B. The “New York City Marathon”: participation and performance trends of 1.2M runners during half-century. *Res Sports Med Print* 2020;28:121–37. <https://doi.org/10.1080/15438627.2019.1586705>.
- [2] Fields KB, Sykes JC, Walker KM, Jackson JC. Prevention of running injuries. *Curr Sports Med Rep* 2010;9:176–82. <https://doi.org/10.1249/JSR.0b013e3181de7ec5>.
- [3] van Poppel D, van der Worp M, Slabbekoorn A, van den Heuvel SSP, van Middelkoop M, Koes BW, et al. Risk factors for overuse injuries in short- and long-distance running: A systematic review. *J Sport Health Sci* 2021;10:14–28. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2020.06.006>.
- [4] Bertelsen ML, Hulme A, Petersen J, Brund RK, Sørensen H, Finch CF, et al. A framework for the etiology of running-related injuries. *Scand J Med Sci Sports* 2017;27:1170–80. <https://doi.org/10.1111/sms.12883>.
- [5] Arnold MJ, Moody AL. Common Running Injuries: Evaluation and Management. *Am Fam Physician* 2018;97:510–6.
- [6] Kakouris N, Yener N, Fong DTP. A systematic review of running-related musculoskeletal injuries in runners. *J Sport Health Sci* 2021;10:513–22. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2021.04.001>.
- [7] Davis IS, Powers C. Patellofemoral Pain Syndrome: Proximal, Distal, and Local Factors—An International Research Retreat: April 30–May 2, 2009, Fells Point, Baltimore, MD. *J Orthop Sports Phys Ther* 2010;40:A1–48. <https://doi.org/10.2519/jospt.2010.0302>.
- [8] Collins NJ, Vicenzino B, van der Heijden RA, van Middelkoop M. Pain During Prolonged Sitting Is a Common Problem in Persons With Patellofemoral Pain. *J Orthop Sports Phys Ther* 2016;46:658–63. <https://doi.org/10.2519/jospt.2016.6470>.
- [9] Wallis JA, Roddy L, Bottrell J, Parslow S, Taylor NF. A Systematic Review of Clinical Practice Guidelines for Physical Therapist Management of Patellofemoral Pain. *Phys Ther* 2021;101:pzab021. <https://doi.org/10.1093/ptj/pzab021>.
- [10] Crossley KM, Stefanik JJ, Selfe J, Collins NJ, Davis IS, Powers CM, 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>.
- [11] Collins NJ, Barton CJ, Middelkoop M van, Callaghan MJ, Rathleff MS, Vicenzino BT, et al. 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 2018. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099397>.
- [12] Esculier J-F, Bouyer LJ, Roy J-S. Running gait modifications can lead to immediate reductions in patellofemoral pain. *Front Sports Act Living* 2022;4:1048655. <https://doi.org/10.3389/fspor.2022.1048655>.
- [13] Barton CJ, Bonanno DR, Carr J, Neal BS, Malliaras P, Franklyn-Miller A, et al. Running retraining to treat lower limb injuries: a mixed-methods study of current evidence synthesised with expert opinion. *Br J Sports Med* 2016;50:513–26. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095278>.

- Pain (ICOAP). *Arthritis Care Res* 2011;63 Suppl 11:S240-252. <https://doi.org/10.1002/acr.20543>.
- [28] Gil-Gómez J, Pecos-Martín D, Kujala UM, Martínez-Merineró P, Montañez-Aguilera FJ, Romero-Franco N, et al. Validation and cultural adaptation of “Kujala Score” in Spanish. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA* 2016;24:2845–53. <https://doi.org/10.1007/s00167-015-3521-z>.
- [29] Hernandez-Sanchez S, Hidalgo MD, Gomez A. Cross-cultural Adaptation of VISA-P Score for Patellar Tendinopathy in Spanish Population. *J Orthop Sports Phys Ther* 2011;41:581–91. <https://doi.org/10.2519/jospt.2011.3613>.
- [30] Puig-Diví A, Escalona-Marfil C, Padullés-Riu JM, Busquets A, Padullés-Chando X, Marcos-Ruiz D. Validity and reliability of the Kinovea program in obtaining angles and distances using coordinates in 4 perspectives. *PLoS ONE* 2019;14:e0216448. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216448>.
- [31] Willson JD, Ratcliff OM, Meardon SA, Willy RW. Influence of step length and landing pattern on patellofemoral joint kinetics during running. *Scand J Med Sci Sports* 2015;25:736–43. <https://doi.org/10.1111/sms.12383>.
- [32] Neal BS, Barton CJ, Gallie R, O’Halloran P, Morrissey D. Runners with patellofemoral pain have altered biomechanics which targeted interventions can modify: A systematic review and meta-analysis. *Gait Posture* 2016;45:69–82. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2015.11.018>.
- [33] Wille CM, Lenhart RL, Wang S, Thelen DG, Heiderscheit BC. Ability of sagittal kinematic variables to estimate ground reaction forces and joint kinetics in running. *J Orthop Sports Phys Ther* 2014;44:825–30. <https://doi.org/10.2519/jospt.2014.5367>.
- [34] Schubert AG, Kempf J, Heiderscheit BC. Influence of stride frequency and length on running mechanics: a systematic review. *Sports Health* 2014;6:210–7. <https://doi.org/10.1177/1941738113508544>.
- [35] Barton CJ, Lack S, Hemmings S, Tufail S, Morrissey D. The ‘Best Practice Guide to Conservative Management of Patellofemoral Pain’: incorporating level 1 evidence with expert clinical reasoning 2015. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-093637>.
- [36] Davis IS, Tenforde AS, Neal BS, Roper JL, Willy RW. Gait Retraining as an Intervention for Patellofemoral Pain. *Curr Rev Musculoskelet Med* 2020;13:103–14. <https://doi.org/10.1007/s12178-020-09605-3>.
- [37] Esculier J-F, Bouyer LJ, Dubois B, Fremont P, Moore L, McFadyen B, et al. 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* 2018;52:659–66. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096988>.
- [38] Nunes GS, Stapait EL, Kirsten MH, de Noronha M, Santos GM. Clinical test for diagnosis of patellofemoral pain syndrome: Systematic review with meta-analysis. *Phys Ther Sport Off J Assoc Chart Physiother Sports Med* 2013;14:54–9. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2012.11.003>.

ANEXOS

ANEXO I: CUESTIONARIO INICIAL PARA PARTICIPANTES

A continuación, se presenta el cuestionario que se utilizará para recopilar información inicial de los participantes en el estudio. Este cuestionario tiene como objetivo estandarizar la recogida de datos y garantizar que todos los participantes cumplen con los criterios de inclusión y exclusión establecidos.

Información General:

1. Nombre y apellidos: _____

2. Edad: _____ años 3. Altura (cm) _____ 4. Peso (kg): _____

5. Sexo: Masculino / Femenino. 6. Índice de Masa Corporal (IMC): _____
(Se calculará si no se conoce)

Historial Médico:

7. ¿Ha sufrido alguna lesión previa en los Miembros inferiores?

SI / NO Si respondió "SI", indique: Tipo de lesión: _____

_____ y Fecha aproximada: _____

8. ¿Ha sido sometido/a alguna cirugía en los miembros inferiores?

SI / NO Si respondió "SI", indique: Tipo de cirugía: _____

_____ y Fecha aproximada: _____

9. ¿Tiene alguna enfermedad sistémica crónica diagnosticada? (por ejemplo, asma, diabetes, hipertensión, etc.)

SI / NO Si respondió "SI", indique: _____

10. En caso de presencia de enfermedad sistémica crónica, ¿Está controlada?

SI / NO

11. ¿Estas tomando algún medicamento actualmente de forma rutinaria?

SI / NO Si respondió "SI", indique: _____

Información sobre la Carrera:

12. ¿Con qué frecuencia corre habitualmente? (Seleccione una opción)

1 día por semana o menos

2-3 días por semana

4-5 días por semana

Más de 5 días por semana

13. ¿Cuál es su volumen semanas aproximado de carrera? (en kilómetros) _____ km

14. ¿Cuánto tiempo lleva practicando *running* de forma regular? _____ (años/meses)

15. ¿Ha participado en competiciones o carreras populares en el último año?

SI / NO

Información sobre el Dolor:

16. ¿Experimenta dolor actualmente en la rodilla o en otra parte del cuerpo al correr?

SI / NO

17. Si respondió "SI" a la pregunta anterior, complete lo siguiente:

a. Ubicación del dolor: _____

b. Intensidad del dolor (NRS, donde 0 = sin dolor y 10 = el peor dolor imaginable): _____/10

c. Duración de los síntomas: _____

d. Tareas funcionales relacionadas con el dolor (por ejemplo, subir escaleras, sentarse durante mucho tiempo, correr): _____

ANEXO II: PROTOCOLO DE MEDICIÓN MANUAL DE LA CADENCIA

Objetivo: Medir la cadencia de carrera (pasos por minuto, ppm) de forma manual para corroborar el criterio de inclusión basado en la cadencia media individual ajustada.

1. Materiales

- Cronómetro con función de cuenta regresiva o temporizador (preferiblemente con señal sonora)
- Tapiz rodante para correr.
- Hoja de registro para anotación de datos.
- Persona auxiliar para conteo o supervisión.

2. Procedimiento

2.1. Preparación

- El corredor realizara un calentamiento general de 5 minutos.
- Se selecciona una velocidad constante de 12km/h.

2.2. Medición

- El participante corre a la velocidad establecida como mínimo 2 minutos para estabilizar el ritmo en los 5 minutos de calentamiento.
- Se realiza el conteo manual de los pasos de un solo pie (preferiblemente el cercano al evaluador) durante un intervalo de 30 segundos.
- El conteo se multiplica por 4 para mantener el número de pasos por minuto (ppm).

2.3. Repeticiones

- Se realizan 3 mediciones consecutivas.
- Se anotan los valores y se calcula la media aritmética para obtener la cadencia final

2.4. Control de calidad

- Se considera válida la medición si la variabilidad entre las tres mediciones es menor al 7%
- En caso de variabilidad mayor, se descarta la medición atípica y se repite el conteo.

2.5. Registro

- Se documenta la superficie, tipo de calzado y cualquier incidencia durante la medición

Criterio de inclusión basado en medición. Los participantes serán incluidos si la cadencia media manual obtenida es **menor o igual** a su cadencia teórica calculada mediante la formula ajustada por sexo y tipo de apoyo.

ANEXO III: APROBACIÓN DEL COMITÉ DE ÉTICA DE LA UMH

El presente estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad Miguel Hernández (UMH) en fecha (10-01-2025) con código 241123082305. El Comité de Ética es el organismo encargado de velar por el cumplimiento de los principios éticos en la investigación con seres humanos, garantizando la protección de los derechos, la seguridad y el bienestar de los participantes. La aprobación del Comité de Ética certifica que el protocolo cumple con las normas éticas y legales vigentes para la investigación clínica.



INFORME DE EVALUACIÓN DE INVESTIGACIÓN RESPONSABLE DE 1. TFG (Trabajo Fin de Grado)

Elche, a 10/01/2025

Nombre del tutor/a	Carlos Manuel, Colmena Zaragoza
Nombre del alumno/a	Sergio Dominguez Oma
Tipo de actividad	Sin implicaciones ético-legales
Título del 1. TFG (Trabajo Fin de Grado)	EFFECTO DEL GAIT-RETRAINING EN COMPARACIÓN CON EJERCICIO DE FUERZA DE MIEMBRO INFERIOR ENFOCADO EN LA RODILLA EN PACIENTES CORREDORES CON DOLOR PATELOFEMORAL; PROTOCOLO DE ENSAYO CLÍNICO
Evaluación de riesgos laborales	No solicitado/No procede
Evaluación ética humanos	No solicitado/No procede
Código provisional	241123082305
Código de autorización COIR	TFG.GFI.CMCZ.SDO.241123
Caducidad	2 años

Se considera que el presente proyecto carece de riesgos laborales significativos para las personas que participan en el mismo, ya sean de la UMH o de otras organizaciones.

La necesidad de evaluación ética del trabajo titulado: **EFFECTO DEL GAIT-RETRAINING EN COMPARACIÓN CON EJERCICIO DE FUERZA DE MIEMBRO INFERIOR ENFOCADO EN LA RODILLA EN PACIENTES CORREDORES CON DOLOR PATELOFEMORAL; PROTOCOLO DE ENSAYO CLÍNICO** ha sido realizada en base a la información aportada en el formulario online: "TFG/TFM: Solicitud Código de Investigación Responsable (COIR)", habiéndose determinado que no requiere ninguna evaluación adicional. Es importante destacar que si la información aportada en dicho formulario no es correcta este informe no tiene validez.

Por todo lo anterior, **se autoriza** la realización de la presente actividad.

Atentamente,

Alberto Pastor Campos
Jefe de la Oficina de Investigación Responsable
Vicerrectorado de Investigación y Transferencia



Información adicional:

- En caso de que la presente actividad se desarrolle total o parcialmente en otras instituciones es responsabilidad del investigador principal solicitar cuantas autorizaciones sean pertinentes, de manera que se garantice, al menos, que los responsables de las mismas están informados.
- Le recordamos que durante la realización de este trabajo debe cumplir con las exigencias en materia de prevención de riesgos laborales. En concreto: las recogidas en el plan de prevención de la UMH y en las planificaciones preventivas de las unidades en las que se integra la investigación. Igualmente, debe promover la realización de reconocimientos médicos periódicos entre su personal; cumplir con los procedimientos sobre coordinación de actividades empresariales en el caso de que trabaje en el centro de trabajo de otra empresa o que personal de otra empresa se desplace a las instalaciones de la UMH; y atender a las obligaciones formativas del personal en materia de prevención de riesgos laborales. Le indicamos que tiene a su disposición al Servicio de Prevención de la UMH para asesorarle en esta materia.

La información descriptiva básica del presente trabajo será incorporada al repositorio público de Trabajos fin de Grado y Trabajos Fin de Máster autorizados por la Oficina de Investigación Responsable de la Universidad Miguel Hernández. También se puede acceder a través de <https://oir.umh.es/solicitud-de-evaluacion/tfg-tfm/>



ANEXO IV: CONSENTIMIENTO INFORMADO

Título del Estudio: "Efecto del Gait-Retraining en comparación con ejercicio de fuerza dirigido a la rodilla en pacientes corredores amateurs con dolor patelofemoral: Protocolo de ensayo clínico"

Investigador Principal: Sergio Domínguez Oma

Introducción:

Está invitado/a participar en un estudio de investigación cuyo objetivo es evaluar la efectividad de diferentes programas de tratamiento para corredores con dolor patelofemoral. Antes de decidir si participar o no, es importante que comprenda los objetivos del estudio, los procedimientos involucrados, los posibles riesgos y beneficios, y sus derechos como participante. Lea atentamente esta información y pregunte cualquier duda que tenga.

Propósito del Estudio:

El propósito de este estudio es determinar cuál de los programas de tratamiento es más efectivo para reducir el dolor y mejorar la función en corredores con dolor patelofemoral. Compararemos diferentes enfoques para entender mejor cómo podemos ayudar a los corredores a recuperarse y volver a correr sin dolor.

Procedimientos del Estudio:

Si decide participar en este estudio, se le pedirá que:

1. **Firme este consentimiento informado.**
2. **Complete cuestionarios y evaluaciones:** Antes de comenzar el estudio, y a lo largo del mismo, se le pedirá que complete cuestionarios sobre su nivel de dolor, su capacidad funcional y su actividad física habitual.
3. **Realice una evaluación inicial:** Se le grabará corriendo para analizar su técnica de carrera. Estas grabaciones serán evaluadas por personal especializado que **no conocerá el tratamiento que usted recibirá.**
4. **Sea asignado aleatoriamente a uno grupo:** La asignación a un grupo se realizará de forma aleatoria, como lanzar una moneda al aire. Los grupos recibirán diferentes tipos de intervenciones que buscan mejorar el dolor y la función al correr.
5. **Asista a sesiones de intervención:** Participará en sesiones de intervención supervisadas dos veces por semana durante cuatro semanas. Estas sesiones incluirán ejercicios específicos.
6. **Realice un seguimiento en casa:** Se le pedirá que continúe practicando las intervenciones aprendidas en casa y que registre cualquier evento adverso o cambio en su condición.

7. **Realice evaluaciones de seguimiento:** Se le grabará corriendo nuevamente a la mitad del período de intervención (2 semanas), al finalizar la intervención de 4 semanas y 10 semanas después de terminar la intervención. También completará los cuestionarios en estos momentos. **Estas evaluaciones serán realizadas por personal que no conoce el tratamiento que usted ha recibido.**

Duración del Estudio:

Su participación en este estudio durará aproximadamente 14 semanas, incluyendo las 4 semanas de intervención y las 10 semanas de seguimiento.

Riesgos y Molestias:

La participación en este estudio puede implicar algunos riesgos y molestias, incluyendo:

- **Dolor o molestias musculares:** Es posible que experimente dolor o molestias musculares después de las sesiones de ejercicio o reeducación de la técnica de carrera. Estos síntomas generalmente son leves y temporales.
- **Lesiones:** Existe un riesgo bajo de lesiones musculoesqueléticas relacionadas con el ejercicio. Sin embargo, se tomarán precauciones para minimizar este riesgo, como la supervisión por parte de fisioterapeutas cualificados y la adaptación de los ejercicios a su nivel de capacidad.
- **Incomodidad emocional:** Es posible que experimente cierta incomodidad emocional al discutir su dolor y sus limitaciones físicas.
- **Tiempo:** La participación en este estudio requerirá tiempo para asistir a las sesiones de intervención y completar los cuestionarios.

Beneficios:

La participación en este estudio puede ofrecerle los siguientes beneficios. Es importante destacar que todas las terapias propuestas están respaldadas por evidencia científica y han demostrado ser efectivas en el tratamiento del dolor patelofemoral:

- **Alivio del dolor patelofemoral:** Las intervenciones propuestas pueden ayudar a reducir su dolor patelofemoral.
- **Mejora de la función:** Las intervenciones pueden mejorar su capacidad para realizar actividades diarias y deportivas.
- **Mejora de la técnica de carrera:** El Gait-Retraining puede mejorar su técnica de carrera, lo que puede reducir el riesgo de futuras lesiones.
- **Conocimiento sobre su condición:** La participación en este estudio puede ayudarle a comprender mejor su condición y cómo manejarla.

- **Contribución a la investigación:** Su participación en este estudio contribuirá al conocimiento científico sobre el tratamiento del dolor patelofemoral.

Confidencialidad:

Toda la información que proporcione en este estudio será mantenida de forma confidencial. Su nombre y otros datos personales serán codificados y almacenados de forma segura. Los resultados del estudio se publicarán de forma agregada, sin identificar a ningún participante individual.

Participación Voluntaria y Derecho Para Retirarse:

Su participación en este estudio es completamente voluntaria. Tiene derecho a negarse a participar o a retirarse del estudio en cualquier momento, sin que esto afecte su atención médica o su relación con los investigadores. Si decide retirarse del estudio, se le pedirá que informe al investigador principal por medio de correo electrónico o de forma presencial.

Compensación:

No recibirá ninguna compensación económica por su participación en este estudio.

Contacto:

Si tiene alguna pregunta sobre este estudio, puede ponerse en contacto con el investigador principal mediante correo o de forma presencial.

- Sergio Domínguez Oma (Investigador Principal): sergio.dominguez@goumh.umh.com

Yo, _____, con DNI nº _____, declaro que he leído y comprendido la información contenida en el presente consentimiento informado. He tenido la oportunidad de hacer preguntas sobre el estudio y recibido respuestas claras y satisfactorias. Entiendo que mi participación es voluntaria y que puedo retirarme en cualquier momento, sin que esto implique perjuicio alguno para mí.

Doy mi consentimiento libre y voluntario para participar en este estudio.

Nombre del Participante _____

Firma del Participante _____

Fecha _____

Firma del Investigador _____

ANEXO V: PROCEDIMIENTO DE GRABACIÓN DE LAS VARIABLES CINEMÁTICAS

Objetivo: estandarizar la metodología de grabación de video para analizar la mecánica de carrera de los participantes, permitiendo la posterior medición de ángulos y variables cinemáticas clave.

1. Materiales

Tapiz rodante calibrado, cámara de video digital (mínimo 60fps), trípode estable, marcadores, software de análisis de video y cinta métrica.

2. Preparación

Marcaje: colocar marcadores en puntos anatómicos clave (maléolo, epicóndilo femoral, trocánter mayor, espinas ilíacas posterosuperiores, quinto metatarsiano y calcáneo en los dos planos) según el modelo biomecánico de Souza (2016).

Calibración: calibrar el espacio de grabación utilizando puntos de referencia conocidos.

Ubicación de la cámara: colocar la cámara sobre un trípode, asegurando una vista lateral (sagital) y una frontal (posterior) perpendicular al plano del movimiento del corredor. Ajustar la altura y la distancia de la cámara para capturar todo el ciclo de la marcha.

Tapiz rodante: asegurar que el tapiz rodante este nivelado y calibrado a una velocidad constante de 12km/h.

3. Procedimiento de grabación

Calentamiento: el participante realizara un calentamiento estandarizado de 5 minutos en el tapiz rodante.

Ajuste: ajustar la posición del corredor en el tapiz rodante para asegurar que el plano de movimiento este centrado en el campo de visión de la cámara.

Grabación: grabar al menos 5 ciclos de la marcha completos a 12km/h. Asegurase de que la iluminación sea adecuada y constante durante la grabación.

Ángulos de cámara: filmar tomas sagitales y frontales del movimiento.

4. Análisis de video

Digitalización: importar los videos al software de análisis (Kinovea).

Cálculo: calcular los ángulos y parámetros cinemáticos a estudio utilizando las coordenadas digitalizadas.

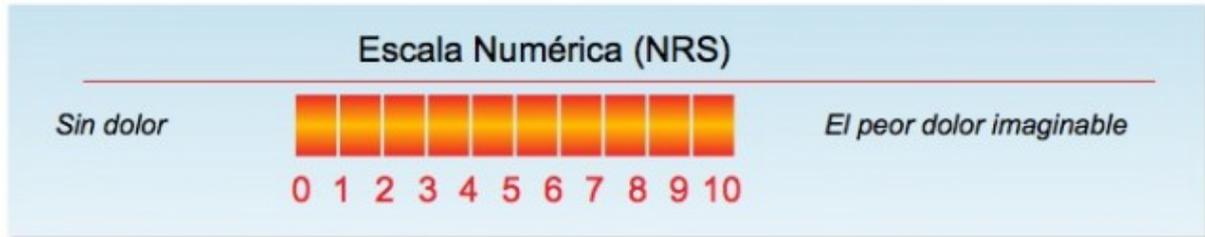
Interpretación: analizar y registrar los datos obtenidos de las grabaciones iniciales, a las 4 semanas (t4) y a las 14 semanas (t14) para evaluar los cambios cinemáticos a lo largo del periodo de intervención y seguimiento. Se compararán los valores individuales de cada participante en tres momentos, así como los valores medios entre los grupos.

5. Control de calidad

- Verificar la calibración del sistema de grabación antes de cada sesión.
- Asegurar la correcta colocación de los marcadores en los puntos anatómicos.
- Revisar la calidad de los videos antes del análisis, verificando la nitidez y ausencia de movimiento bruscos de la cámara.

ANEXO VI: ESCALA NUMÉRICA DEL DOLOR (NRS)

La escala Numeric Rating Scale (NRS) es una herramienta sencilla y ampliamente utilizada para medir la intensidad del dolor. Consiste en pedir al paciente que valore su dolor en una escala numérica del 0 al 10, donde 0 significa “sin dolor” y 10 “el peor dolor imaginable”.



0 = SIN DOLOR

1 – 3 = Dolor LEVE

4 – 6 = Dolor MODERADO

7 – 10 = Dolor SEVERO



ANEXO VII: KUJALA SCORE / ANTERIOR KNEE PAIN SCALE (AKPS)

Nombre: _____ Fecha: _____ Edad: _____

Rodilla: I / D

Duración de los síntomas: _____ años _____ meses

Para cada pregunta, marque con un círculo la opción (letra) que corresponda a sus síntomas de rodilla.

1. COJERA

- a. Ninguna (5)
- b. Leve o periódica (3)
- c. Constante (0)

2. APOYO

- a. Apoyo total sin dolor (5)
- b. Doloroso (3)
- c. Imposibilidad de soportar peso (0)

3. CAMINAR

- a. Limitado (5)
- b. Mas de 2 km (3)
- c. 1-2 km (2)
- d. Incapaz (0)

4. ESCALERAS

- a. Sin dificultad (10)
- b. Dolor leve al bajar (8)
- c. Dolor tanto al bajar como al subir (5)
- d. Incapaz (0)

5. SENTADILLAS

- a. Sin dificultad (5)
- b. Dolor al ponerse en cuclillas repetidamente (4).
- c. Doloroso cada vez (3)
- d. Posible con carga parcial (2)
- e. Incapaz (0)

6. CORRER

- a. Sin dificultad (10)
- b. Dolor después de más de 2 kms (8)
- c. Dolor leve desde el principio (6)
- d. Dolor intenso (3)
- e. Incapaz (0)

7. SALTAR

- a. Sin dificultad (10)
- b. Dificultad leve (7)
- c. Dolor constante (2)
- d. Incapaz (0)

8. PERMANECER SENTADO

PROLONGADO CON LAS RODILLAS FLEXIONADAS

- a. Sin dificultad (10)
- b. Dolor después del ejercicio (8)
- c. Dolor constante (6)
- d. El dolor obliga a extender las rodillas temporalmente (4)
- e. Incapaz (0)

9. DOLOR

- a. Ninguno (10)
- b. Leve y ocasional (8)
- c. Interfiere con el sueño (6)
- d. Ocasionalmente grave (3)
- e. Constante y grave (0)

10. HINCHAZÓN

- a. Ninguno (10)
- b. Después de un esfuerzo intenso (8)
- c. Después de las actividades diarias (6)
- d. Todas las noches (4)
- e. Constante (0)

11. MOVIMIENTOS DOLOROSOS ANORMALES DE LA RÓTULA.

- a. Ninguno (10)
- b. Ocasionalmente en actividades deportivas (6)
- c. Ocasionalmente en actividades diarias (4)
- d. Al menos una luxación documentada (2)
- e. Mas de dos luxaciones (0)

12. ATROFIA DEL MÚSCULO

- a. Ninguna (5)
- b. Leve (3)
- c. Grave (0)

13. DEFICIENCIA DE FLEXIÓN

- a. Ninguna (5)
- b. Leve (3)
- c. Grave (0)

ANEXO VIII: VICTORIAN INSTITUTE OF SPORT ASSESSMENT-PATELA (VISA-P)

0 = ausencia de dolor y 10 = máximo dolor que imagina.

1. ¿Durante cuántos minutos puede estar sentado sin dolor:

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

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

Sin dolor	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Dolor muy intenso
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	

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

Sin dolor	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Dolor muy intenso
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	

4. ¿Tiene dolor en la rodilla al realizar un gesto de “zancada” (flexión de rodilla tras un movimiento amplio hacia delante con carga completa del peso corporal sobre la pierna adelantada)?

Sin dolor	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Dolor muy intenso
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	

5. ¿Tiene problemas para ponerse de cuclillas?

Sin problemas	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Dolor muy intenso o incapaz
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	

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

Sin dolor	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Dolor muy intenso o incapaz
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	

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

0	<input type="checkbox"/>	No, en absoluto.
4	<input type="checkbox"/>	Entrenamiento modificado y/o competición.
7	<input type="checkbox"/>	Entrenamiento completo y/o competición, pero a menor nivel que cuando empezaron los síntomas.
10	<input type="checkbox"/>	Competición al mismo nivel o mayor de cuando empezaron los síntomas.

8. Por favor, conteste A, B o C en esta pregunta según el estado actual de su lesión:

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

8A. Si no tienes dolor mientras realizas deporte, ¿cuánto tiempo puede estar entrenando o practicando?

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

8B. Si tiene cierto dolor mientras realiza deporte, pero éste no obliga a interrumpir el entrenamiento o la actividad física, ¿cuánto tiempo puede estar entrenando o haciendo deporte?

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

8C. Si tiene dolor que le obliga a detener el entrenamiento o práctica deportiva, ¿cuánto tiempo puede aguantar haciendo el deporte o la actividad física?

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

Nombre: _____

Puntuación total: / 100

Fecha: _____