



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

TRABAJO DE FIN DE GRADO

GRADO EN FISIOTERAPIA

Efecto agudo de una sesión de ejercicio terapéutico sobre el valgo dinámico de rodilla durante tareas monopodales en población físicamente activa. Un estudio piloto.

Acute effect of a therapeutic exercise session on dynamic knee valgus during single-leg tasks in physically active population. A pilot study.

Efecto agudo dunha sesión de exercicio terapéutico sobre o valgo dinámico de xeonllo durante tarefas monopodais en poboación fisicamente activa. Un estudo piloto.



Facultade de
Fisioterapia

Estudiante: D. Juan Luis Cazorla Aláez

Director/a: Profa. Olalla Bello Rodríguez

Convocatoria: Septiembre 2023

Índice:

Resumen:	7
Abstract:	8
1. Introducción	9
1.1. Tipo de trabajo.....	9
1.2. Motivación personal.....	9
2. Contextualización	11
2.1. Antecedentes.....	11
2.1.1. Valgo dinámico de rodilla.....	11
2.1.2. Patologías de rodilla asociadas al VDR	11
2.1.3. Factores de riesgo del VDR.....	13
2.1.4. Evaluación del VDR.....	14
2.1.5. Opciones terapéuticas para reducir el VDR:	15
2.2. Justificación del trabajo	17
3. Hipótesis y Objetivos:	19
3.1. Hipótesis: nula y alternativa.	19
3.1.1. Hipótesis nula (H0):	19
3.1.2. Hipótesis alternativa (H1):.....	19
3.2. Pregunta de investigación.....	19
3.3. Objetivos: General y específicos.....	20
3.3.1. General:.....	20
3.3.2. Específicos:	20
4. Metodología.....	21
4.1. Tipo de trabajo:.....	21
4.2. Ámbito de estudio	21
4.3. Periodo de estudio.....	21
4.4. Criterios de selección:	21
4.5. Justificación del tamaño muestral:	22

4.6.	Selección de la muestra:.....	22
4.7.	Descripción de las variables	22
4.8.	Medición:	24
4.8.1.	Medición del VDR.....	24
4.8.2.	Tests empleados para medir el VDR:	26
4.9.	Procedimiento.....	28
4.10.	Intervención: sesión experimental	29
4.11.	Material:	36
4.12.	Análisis estadístico:.....	36
4.13.	Aspectos ético-legales:	37
5.	Resultados.....	38
6.	Discusión	43
7.	Limitaciones del estudio.....	47
8.	Aplicabilidad del estudio	48
9.	Conclusiones	50
10.	Bibliografía	51
	ANEXO I: Hoja de información al participante.....	57
	ANEXO II: Documento de consentimiento para la participación en un estudio de investigación.....	59
	ANEXO III: Hoja de recogida de datos.....	60
	ANEXO IV: Cuestionario IPAQ	61

Índice de Figuras:

Figura 1. El ángulo A corresponde con el hFPPA. El ángulo B corresponde con el kFPPA.	26
Figura 2. Test Lateral Step-Down.	27
Figura 3. Test Single Leg Landing.	28
Figura 4. Protocolo de la sesión experimental	29
Figura 5. Protocolo de la sesión de control	29
Figura 6. Ejercicio de movilidad para ganar dorsiflexión de tobillo.	30
Figura 7. Ejercicio de movilidad: 90/90 de cadera.....	31
Figura 8. Ejercicio de movilidad para de apertura de cadera.....	31
Figura 9. Ejercicio de activación: plancha lateral.....	32
Figura 10. Ejercicio de activación: Sentadilla con banda por encima de los tobillos a baja velocidad.	33
Figura 11.. Ejercicio de activación: Backward step-down.....	33
Figura 12. Ejercicio de pliometría: Semi-sentadilla con salto y aterrizaje bipodal.	34
Figura 13. Ejercicio de pliometría: Deceleración de sentadilla búlgara.....	35
Figura 14. Ejercicio de pliometría: Semi-sentadilla con salto y aterrizaje monopodal... 35	
Figura 15. Gráfica 1: Evolución del Ángulo de Proyección en el Plano Frontal de la Rodilla medio en el Test Lateral Step Down.	39
Figura 16. Gráfica 2: Evolución del Ángulo de Proyección en el Plano Frontal de la Cadera medio en el Test Lateral Step Down.....	40
Figura 17. Gráfica 3: Evolución del Índice de Valgo Dinámico en el Test Lateral Step Down	40
Figura 18. Gráfica 4: Evolución del Ángulo de Proyección en el Plano Frontal de la Rodilla medio en el test Single Leg Landing.	41
Figura 19. Gráfica 5: Evolución del Ángulo de Proyección en el Plano Frontal de la Cadera medio en el test Single Leg Landing.....	41
Figura 20. Gráfica 6: Evolución del Índice de Valgo Dinámico en el Test Single Leg Landing.....	42

Índice de Tablas:

Tabla 1. Variables evaluadas.....	23
Tabla 2. Variable dependiente.	23
Tabla 3. Variables descriptivas.	23
Tabla 4. Ejercicios de la sesión experimental.	30
Tabla 5. Características de los participantes.....	38
Tabla 6. Variables descriptivas.	38

Índice de Abreviaturas:

DVI	Índice de Valgo Dinámico (Dynamic Valgus Index)
EIAS	Espinas Iliacas Antero Superiores
ET	Ejercicio Terapéutico
hFPPA	Ángulo de proyección en el plano frontal de la cadera (hip Frotal Plane Projection Angle)
IPAQ	Cuestionario Internacional de la Actividad Física (International Physical Activity Questionnaire)
ITBS	Síndrome de la cintilla iliotibial (Iliotibial Band Syndrome)
kFPPA	Ángulo de proyección en el plano frontal de la rodilla (knee Frontal Plane Projection Angle)
LCA	Ligamento Cruzado Anterior
LLI	Ligamento Lateral Interno
LSD	Test de descenso lateral de escalón (Lateral Step Down)
MMII	Miembros Inferiores
OA	Osteoartritis
PFPS	Síndrome de dolor femoropatelar (Patellofemoral Pain Syndrome)
SLL	Test de aterrizaje monopodal (Single Leg Landing)
VDR	Valgo Dinámico de Rodilla

Resumen:

Introducción: El valgo dinámico de rodilla (VDR) es considerado un factor de riesgo de numerosas patologías de rodilla, como la lesión ligamento cruzado anterior o el síndrome de dolor femoropatelar. Existen numerosos estudios sobre el tema, pero, sin embargo, son pocos los que investigan el efecto inmediato de una intervención de ejercicio terapéutico (ET) sobre el VDR y ninguno de ellos ha combinado ejercicios de movilidad de tobillo y de activación y control neuromuscular de la musculatura lumbo-pélvica.

Objetivo: El presente estudio pretende conocer los efectos inmediatos de una intervención de ET centrada en ejercicios de movilidad articular a nivel de cadera y tobillo, y ejercicios de activación y control neuromuscular de la musculatura lumbo-pélvica; sobre el VDR durante tareas monopodales, en población adulta físicamente activa.

Material y método: Se realizó un ensayo clínico, piloto y cruzado con 6 participantes adultos, físicamente activos con VDR. Los participantes recibieron una sesión de calentamiento de ET o una sesión control (no intervención). Para valorar el VDR se utilizaron los test monopodales Lateral Step-Down y Single Leg Landing antes y después de cada una de las sesiones.

Resultados: La intervención con ET produjo una reducción significativamente mayor en el VDR ($p < 0,05$) para ambos test, en comparación con la sesión control.

Conclusión: Los resultados indican que la de la intervención de ET resulta efectiva en cuanto a la reducción de VDR en esta población. De esta forma, se destaca la aplicabilidad clínica que puede tener la intervención en cuanto a la prevención de lesiones.

Palabras clave: Valgo Dinámico de Rodilla, Ejercicio Terapéutico, Cadera, Tobillo, Análisis de movimiento.

Abstract:

Background: Dynamic knee valgus (DKV) is considered a risk factor for various knee pathologies, such as anterior cruciate ligament injury or patellofemoral pain syndrome. There are numerous studies on the subject; however, just few have investigated the immediate effect of a therapeutic exercise (TE) intervention on DKV, and none of them have combined ankle mobility exercises with lumbo-pelvic muscle activation and neuromuscular control.

Objective: This study aims to determine the immediate effects of a TE intervention focused on hip and ankle joint mobility exercises, as well as lumbo-pelvic muscle activation and neuromuscular control exercises, on DKV during single-leg tasks in a physically active adult population.

Methods: A pilot, cross-over clinical trial was conducted with 6 physically active adult participants exhibiting DKV. Participants received either a TE warm-up session or a control session (no intervention). DKV was assessed using the Lateral Step-Down and Single Leg Landing tests before and after each session.

Results: The TE intervention resulted in a significantly greater reduction in DKV ($p < 0.05$) for both tests compared to the control session.

Conclusion: The results indicate that the TE intervention is effective in reducing DKV in this population. Thus, the potential clinical utility of the intervention for injury prevention is highlighted.

Keywords: Dynamic Knee Valgus, Therapeutic Exercise, Hip, Ankle, Motion Analysis.

1. Introducción

1.1. Tipo de trabajo

En este trabajo de fin de grado se realiza un ensayo clínico, piloto y cruzado; en el que se investiga el efecto de una sesión de calentamiento mediante ejercicio terapéutico sobre la biomecánica de la rodilla en personas sanas, físicamente activas.

El objetivo es comprobar si mediante una única intervención, basada en ejercicios de movilidad y entrenamiento neuromuscular, se puede reducir el valgo dinámico de rodilla.

1.2. Motivación personal

La motivación principal del autor de este trabajo es el interés por la prevención y el tratamiento de lesiones desde que era pequeño; ya que, por mala o buena suerte, desde que comenzó la práctica de baloncesto con 11 años siempre sufrió dolores de rodilla, además de acumular otras lesiones a causa de esta práctica deportiva. Por aquel entonces, podía suponer mala suerte en muchas ocasiones, ya que obligaba a tener que descansar y pausar la práctica deportiva. Lo cual, en ocasiones podía resultar muy frustrante para un niño al que le encantaba el deporte y que, sobre todo, disfrutaba practicándolo con sus amigos.

Sin embargo, esta situación provocó que se desarrollara un gran interés hacia esta rama sanitaria. Contando con el valor añadido de conocer de primera mano el sufrimiento de distintas disfunciones musculoesqueléticas a lo largo de todos estos años de práctica deportiva.

Desde pequeño tuvo que pasar por distintos profesionales de la salud para poder ser diagnosticado y tratado, pero no fue hasta que tuvo contacto con la fisioterapia de la mano de uno de sus entrenadores de baloncesto que comprobó que las lesiones se podían tratar de forma diferente a aplicar medicamentos antiinflamatorios y reposo. Además, los resultados en ocasiones eran mucho más efectivos y satisfactorios como deportista.

De esta forma surgió un objetivo personal y profesional: formarse para poder ayudar al resto de personas, que al igual que él, no quieren verse obligados a dejar el deporte y la actividad física por una lesión.

El trabajo se enfoca en una intervención sobre la rodilla por la cantidad de lesiones que tienen lugar en ella causadas por la práctica deportiva y, también, por todo lo que llegó sufrir el autor de este trabajo, a causa de esta, en su adolescencia.

Además, la mayoría de personas que no pertenecen a esta rama sanitaria no tienen por qué conocer si la biomecánica de sus miembros inferiores durante la práctica deportiva es correcta o no, lo que puede llevarlos a aumentar el riesgo de lesión. De forma que, realizar una intervención que pueda ayudar a tomar conciencia, mejorar la biomecánica y poder ayudar así a reducir el riesgo de sufrir lesiones de rodilla es una de las motivaciones principales de este trabajo.

2. Contextualización

2.1. Antecedentes

2.1.1. Valgo dinámico de rodilla

El valgo dinámico de rodilla (VDR) es un término utilizado para describir un patrón de movimiento del miembro inferior en el que la rodilla sufre un desplazamiento medial respecto a la línea media en gestos dinámicos. [4,5,8]

Se trata de un gesto dinámico, es decir, aparece durante el movimiento; de forma que no debe confundirse con el valgo de rodilla que aparece en postura estática o “genu valgo”. El estudio se va a centrar en el desplazamiento medial de la rodilla en el plano frontal en tareas dinámicas.

El VDR conlleva una combinación de movimientos multiplanares en todo el miembro inferior. Generalmente presenta la siguiente biomecánica: aducción y rotación interna de cadera, que provoca el desplazamiento medial del fémur con dicha rotación; abducción de rodilla y translación anterior de la tibia respecto al fémur; y la pronación de pie y tobillo. [4,5,8] En ocasiones, puede aparecer también con rotación interna como con rotación externa de la tibia respecto al fémur; pero, en cualquier caso, ambos movimientos están relacionados con la aparición de disfunciones musculoesqueléticas a nivel de miembro inferior. [5,10]

2.1.2. Patologías de rodilla asociadas al VDR

El VDR se asocia distintas patologías en los miembros inferiores (MMII). A nivel de rodilla, las patologías con las que guarda mayor relación son:

1. Lesiones del ligamento cruzado anterior (LCA): Taylor et al. en su estudio publicado en 2016, identifican el VDR como el principal factor de riesgo que se asocia a la lesión de este ligamento. [12, 44] Hay numerosos estudios en los que se identifica que alrededor del 70 % de las lesiones deportivas del LCA ocurren en acciones sin contacto; y la mayor parte de estas, en acciones monopodales de cambio de velocidad y dirección, o en la recepción de un salto. [12, 16, 44, 45]

2. Lesiones del ligamento lateral interno (LLI): Aguirre-Rodríguez et al. llevaron a cabo una revisión en la que observaron que la lesión de este ligamento en población deportista está más asociada a la aplicación de una fuerza externa en un movimiento de valgo de rodilla, de forma que depende mayormente de que se produzca un contacto. [13] Pero, además, destacaron que las lesiones de mayor gravedad de este ligamento se relacionan en gran medida con las lesiones del LCA. El VDR pone en tensión los distintos haces de este ligamento y una tensión excesiva podría lesionar de forma conjunta tanto LCA como LLI. [13]
3. Lesión del menisco medial: De la misma forma que se puede producir la lesión conjunta del LCA y el LLI, también puede ir asociada una lesión del menisco, sobre todo del interno. [13]
4. Síndrome de dolor femoropatelar (Patellofemoral Pain Syndrome, PFPS): Wyndow et al. identificaron que el PFPS suele ir asociado a un aumento excesivo de carga sobre la articulación femoropatelar, como resultado de movimientos con una mala biomecánica. [14] Se ha comprobado que las personas con dolor femoropatelar muestran un aumento del valgo dinámico. [19, 24] Esto genera una desalineación de la rótula, dando lugar a un aumento carga en la articulación y el retináculo externo. Esto puede dar lugar a un aumento excesivo del estrés mecánico que sufre la articulación y desencadenar este proceso patológico. [14, 16, 17, 19]
5. Síndrome de la cintilla iliotibial (Iliotibial Band Syndrome, ITBS): hay estudios que han vinculado una mala biomecánica en MMII con este síndrome. Rabien A et al. observaron que, a mayor aducción de cadera en tareas dinámicas, mayor es la carga que recibe la cintilla iliotibial, favoreciendo que se pueda llegar a producir esta patología. [15] La cintilla iliotibial, junto con el tensor de la fascia lata y la musculatura glútea, ayudan a estabilizar la articulación de la rodilla en el plano frontal. Sin embargo, en condiciones en las que se da mayor tensión del tensor de la fascia lata, puede afectar la abducción tibial y resultar en un aumento del valgo dinámico de rodilla. [5, 15]
6. Osteoartritis (OA) de rodilla: De la misma forma que el VDR puede generar síndrome de dolor femoropatelar, ese aumento de carga mantenido en el tiempo

de las estructuras de la articulación femoropatelar por una mala biomecánica también puede llegar a generar OA de rodilla. [15, 17] Además, Ishida T et al., en su estudio publicado en 2014, observaron que el 90 % de los deportistas que han sufrido una lesión de LCA acaban desarrollando osteoartritis de rodilla temprana en el largo plazo, independientemente de que hayan sido intervenidas con cirugía o no. [17]

Es necesario destacar que el VDR no es la única causa de estas patologías, pero puede ser un factor de riesgo que contribuye a su aparición o empeoramiento. Por lo tanto, es importante tratar de “corregirlo” con el fin de prevenir y reducir el riesgo de estas y otras afecciones de la rodilla; o incluso tratar su sintomatología. [7, 12, 13, 14, 15, 16]

2.1.3. Factores de riesgo del VDR

Existen distintos factores de riesgo para la aparición del VDR y que, por tanto, favorecen un escenario para la aparición de alguna patología a nivel de miembros inferiores. [7,12,14,15,17] Se pueden clasificar en modificables y no modificables. Los principales son:

Modificables:

1. Debilidad o pobre control neuromuscular de la musculatura lumbo-pélvica. Especialmente de la musculatura que realiza extensión, abducción y rotación externa de cadera. [4,5]
2. Debilidad o incapacidad de estabilizar de forma correcta el tronco en tareas dinámicas. [6]
3. Debilidad o desequilibrios musculares de cuádriceps e isquiotibiales. [5,9]
4. Aumento de tensión del tensor de la fascia lata: hay estudios cadavéricos que han demostrado que el aumento de tensión en el tensor de la fascia lata puede aumentar la abducción y translación anterior tibial, lo que da lugar a un incremento del VDR. [5]
5. Reducción de la flexión dorsal de tobillo. [7]
6. Aumento excesivo de la movilidad del mediopie. [8]
7. Fatiga. [18]
8. Mala técnica en la realización de tareas dinámicas como correr o al o de la forma en que el cuerpo absorbe la fuerza del impacto al saltar. [5]

No modificables:

1. Pelvis ancha [9].
2. Sexo Femenino: anatómicamente las mujeres tienen la pelvis más ancha que los hombres. Además, generalmente las mujeres tienen menos fuerza en la musculatura lumbo-pélvica, la cual ayuda a estabilizar rodilla y cadera en el plano frontal, de forma que acumulan más factores de riesgo para presentar momentos mayores de VDR. [9, 10]
3. Historia de lesiones anteriores de rodilla: una lesión anterior de rodilla, especialmente del ligamento cruzado anterior (LCA), puede aumentar el riesgo de VDR así como de sufrir otras lesiones en MMII, tanto en el mismo miembro de la lesión, como en el contralateral. [9]
4. Edad: se ha demostrado que hay un aumento del momento de valgo dinámico de rodilla en atletas de sexo femenino durante la edad de la pubertad (10-14 años). [10]
5. Superficie sobre la que se realiza la actividad física [9, 10].
6. El deporte que se realiza: hay estudios que indican, por ejemplo, que las bailarinas tienden a tener menor VDR que las jugadoras de fútbol. [9, 11]

2.1.4. Evaluación del VDR

Acorde a las revisiones sistemáticas llevadas a cabo Larwa et al. y Wilczyński et al., el test usado más comúnmente para medir el VDR, es el Drop Vertical Jump (DVJ). [5,9] Este test implica un aterrizaje bipodal desde una altura determinada con ambos miembros inferiores, seguido de un salto máximo. [5, 42, 46]

Actualmente existe mucha literatura sobre tareas bipodales en cuanto a diagnóstico y tratamiento y, sin embargo, hay multitud de lesiones que se producen durante la práctica deportiva que tienen lugar en acciones monopodales sin contacto. [5, 10, 12]

En una investigación realizada por Lim Bo, et al. en 2021, se comprobó que en acciones de aterrizaje bipodales, la articulación clave para disipar la energía en el plano frontal es la cadera; mientras que en tareas monopodales, es la rodilla.[11] De hecho, en estas acciones, la rodilla muestra también mayor momento de fuerzas y movimiento en el plano frontal que en acciones de aterrizaje bipodal, lo que conlleva un mayor valgo dinámico y, por la tanto, se aumenta de forma significativa el riesgo de sufrir lesiones en la rodilla. [11, 12, 24]

De esta forma, numerosos estudios llegan a la conclusión de que las tareas monopodales son movimientos más exigentes que las que se realizan con ambos pies.[5, 12, 24, 26, 31] Esto se tiene en cuenta en la literatura científica más actual con el uso de test monopodales, ya que facilitan la identificación de patrones anormales de movimiento y desequilibrios entre miembros. Así, se les atribuye mayor especificidad y aplicabilidad clínica, permitiendo identificar qué personas tienen mayor riesgo de presentar valgo dinámico y de sufrir lesiones. [5, 11, 12, 26, 42]

Por estos motivos, en este estudio se analizarán tareas monopodales, como son los test de descenso lateral de escalón (*Lateral Step Down, LSD*) y ejerejer, *SLL*). Estos tests conllevan la realización de una sentadilla y un aterrizaje monopodales. Ya han sido empleados anteriormente y se ha demostrado su utilidad para el análisis biomecánico de MMII en tareas monopodales, especialmente para medir el valgo dinámico de rodilla. [26, 27, 28, 31, 42]

2.1.5. Opciones terapéuticas para reducir el VDR:

Actualmente existen multitud de intervenciones enfocadas en mejorar la biomecánica del miembro inferior en acciones dinámicas y reducir así el valgo dinámico de rodilla. Muchas de estas intervenciones han demostrado mejorar además la sintomatología de pacientes con las patologías mencionadas anteriormente. [7,8,14,15,16,18,23,24,25]

Se debe destacar, que las distintas intervenciones se centran principalmente en tres aspectos: intervenciones centradas en la movilidad de pie y tobillo, intervenciones centradas en el fortalecimiento del core y de la musculatura de la región lumbo-pélvica e intervenciones centradas en un entrenamiento neuromuscular con el fin de mejorar el patrón de movimiento. [6,7,9,20]

Ejercicios de movilidad de tobillo y pie:

Como ya se mencionó, el VDR puede ir unido a una flexión dorsal de tobillo limitada, así como a un exceso de movilidad del medio pie; lo que da lugar a un exceso de pronación de la región tobillo-pie. Estas condiciones pueden afectar de forma negativa a la biomecánica del conjunto del miembro inferior en tareas dinámicas y puede aumentar de forma considerable el valgo dinámico de rodilla. [5,7,8,14,15]

Por otro lado, hay distintas intervenciones que han demostrado que, mejorando la movilidad del tobillo, ganando flexión dorsal se mejora la biomecánica del miembro

inferior completo, reduciéndose así el momento de valgo dinámico de rodilla y disminuyendo el riesgo de lesiones del LCA, por ejemplo, o incluso mejorando la sintomatología de patologías como PFPS u OA de rodilla. [7,8,15, 40]

Por ejemplo, Bam R et al. en su investigación publicada en el año 2022 consiguieron reducir de forma inmediata el VDR con una intervención de una única sesión de ET centrada en ganar dorsiflexión de tobillo. [40]

Por otro lado, Zago et al. compararon dos tipos de intervenciones para mejorar la dorsiflexión de tobillo: manipulaciones osteopáticas y un programa de ET. Tras 6 sesiones, ambas intervenciones resultaron exitosas en cuanto a la reducción del VDR, además de mejorar la sintomatología de los pacientes con PFPS. [22]

Ejercicios de entrenamiento neuromuscular para Core y región lumbo-pélvica

Se ha observado que el movimiento del tronco y de la cadera afecta a la biomecánica de todo el miembro inferior y, por tanto, a la biomecánica de la rodilla. [6, 35] De forma que un control neuromuscular ineficiente de estas regiones puede incrementar el riesgo de sufrir lesiones en MMII y, especialmente, a nivel de la rodilla. [6, 18, 23, 25]

Wilczyński et al. en su revisión publicada en 2020 identificaron que la debilidad o el pobre control de la musculatura abductora y rotadora externa de cadera disminuye en gran medida la estabilidad en el plano frontal de las distintas articulaciones de los MMII, lo que aumenta el momento de aducción de del fémur en tareas dinámicas y aumenta en gran medida el desplazamiento medial de la rodilla, lo que se traduce en un aumento del VDR. [5]. Esto sigue la línea de los resultados de las investigaciones publicadas por Sasaki et al. y Lim et al. en 2019 y 2021 respectivamente. [6,11]

Se ha demostrado en distintas intervenciones centradas en aumentar la fuerza y la mejora del control neuromuscular de la musculatura del core y abductores y rotadores externos de cadera tiene un impacto positivo sobre la biomecánica de los MMII en tareas dinámicas, reduciendo de forma significativa el VDR tanto en tareas bipodales como monopodales, como pueden ser la recepción de saltos o la sentadilla. [5,6,23,24] De esta forma se ha comprobado que el riesgo de sufrir lesión del LCA se reduce considerablemente en deportes como el fútbol, especialmente en mujeres; y, además, tiene un impacto positivo directo sobre la sintomatología de personas que sufren patologías como PFPS, OA o ITBS. [23,24,25]

2.2. Justificación del trabajo

Como ya se ha mencionado el VDR es una alteración biomecánica que se ha asociado como factor de riesgo de distintas patologías de rodilla, como pueden ser el PFPS o la lesión del LCA. Estas lesiones pueden tener un impacto significativo en la calidad de vida de los pacientes y requerir tratamientos costosos y prolongados.

El VDR es un gesto relevante en atletas y personas activas, ya que se puede relacionar con movimientos deportivos y actividades físicas que involucran saltos, giros y cambios de dirección. Como ya se ha indicado, existen numerosas investigaciones previas en las que se ha relacionado el VDR como factor de riesgo de sufrir lesiones en la rodilla. [4,5,9,10,25] Además, como se puede observar en la revisión sistémica llevada a cabo por Larwa et al. publicada en 2021, en la que se relaciona la estabilidad del core al VDR a la lesión del LCA, la mayoría de investigaciones, se centran en evaluar tareas bipodales. [9] Sin embargo, como destacan Wilczyński et al. en su revisión publicada en 2020, además de otras numerosas investigaciones actuales, son las tareas monopodales las que suponen un mayor estrés mecánico para las distintas articulaciones de los MMII, dando lugar a un mayor riesgo de lesión en la rodilla. [5,11, 24, 31, 36]

Además, las investigaciones basadas en intervenciones agudas con efecto positivo sobre el VDR halladas por el autor del presente trabajo son escasas. Únicamente se han encontrado las investigaciones llevadas a cabo por García-Luna et al., Atkins et al. y Ban et al. publicadas en los años 2020, 2021 y 2022 respectivamente cumplen este criterio.[18, 24, 40] En ellas García-Luna et al. se centran en un programa de ET de activación de la musculatura abductora de cadera previo a la práctica deportiva; Atkins et al. en un entrenamiento neuromuscular para mejorar la biomecánica de los MMII en tareas de aterrizaje monopodal; y Ban et al. en una sesión de ET con el objetivo de aumentar la dorsiflexión de tobillo.

Como se menciona en la revisión realizada por Wilczyński et al. mencionada anteriormente, la mayoría de las investigaciones y tratamientos existentes para abordar el VDR se centran en intervenciones a medio-largo plazo, como programas de entrenamiento de fuerza de varias semanas o distintos tratamientos de fisioterapia continua. Así son por ejemplo las investigaciones llevadas a cabo por Kim et al., Nagelli et al., Sahabuddin et al., o Zago et al.[21, 22, 25, 41] De esta forma, investigar el impacto de una intervención de una sola sesión podría ser beneficioso para desarrollar

estrategias rápidas y efectivas, especialmente en situaciones en las que el tiempo y los recursos son limitados.

Además, la sesión puede ser de gran utilidad de cara a establecer un protocolo con un gran potencial para la prevención de lesiones. Si una sola sesión de ejercicio terapéutico puede reducir significativamente el VDR, esto tendría implicaciones importantes en la prevención de lesiones tanto en atletas como en la población en general; lo cual es fundamental para promover la salud a largo plazo y reducir los costos asociados con el tratamiento de lesiones.

Una intervención de una sola sesión de ET podría ser más factible y accesible para muchas personas en comparación con los programas prolongados de tratamiento fisioterapéutico. Esto permitiría una distribución más amplia de la intervención y beneficiar a un mayor número de individuos.

Por último, es importante destacar el potencial impacto en la calidad de vida de la población; ya que la reducción del VDR puede mejorarla al reducir el riesgo de lesiones y el dolor asociado. Esto supone un impacto positivo en la participación en actividades físicas y deportivas, así como en la salud y el bienestar en general.

3. Hipótesis y Objetivos:

3.1. Hipótesis: nula y alternativa.

3.1.1. Hipótesis nula (H0):

Una intervención de una única sesión de Ejercicio Terapéutico (ET) centrada en ejercicios de movilidad articular de tobillo y cadera, y ejercicios de activación y control neuromuscular de la musculatura lumbo-pélvica NO genera cambios en la biomecánica de los miembros inferiores y NO reduce el valgo dinámico de rodilla de forma estadísticamente significativa en población adulta físicamente activa.

3.1.2. Hipótesis alternativa (H1):

Una intervención de una única sesión de ET centrada en ejercicios de movilidad articular de tobillo y cadera, y ejercicios de activación y control neuromuscular de la musculatura lumbo-pélvica genera cambios en la biomecánica de los miembros inferiores y reduce el valgo dinámico de rodilla de forma estadísticamente significativa en población adulta físicamente activa.

3.2. Pregunta de investigación.

Se plantea la siguiente pregunta de investigación siguiendo el modelo de pregunta PICO:

¿Una intervención de una única sesión de ET centrada en ejercicios de movilidad articular de tobillo y cadera, y ejercicios de activación y control neuromuscular de la musculatura lumbo-pélvica genera cambios en la biomecánica de los miembros inferiores y reduce el valgo dinámico de rodilla de forma estadísticamente significativa en población adulta físicamente activa?

De modo que los componentes de la pregunta son los siguientes:

- P (paciente o problema): Personas adultas físicamente activa.
- I (Intervención): Sesión de ET centrada ejercicios de movilidad articular y activación y control neuromuscular de la musculatura lumbo-pélvica.

- C (comparación): ninguna intervención.
- O (resultado, del inglés “*outcomes*”): disminución del valgo dinámico de rodilla.

3.3. Objetivos: General y específicos

3.3.1. General:

Conocer la eficacia de una intervención de una única sesión de ET centrada en ejercicios de movilidad articular de cadera y tobillo, y ejercicios de activación y control neuromuscular de la musculatura lumbo-pélvica para producir cambios en la biomecánica de los miembros inferiores y reducir así el valgo dinámico de rodilla de forma estadísticamente significativa en población adulta físicamente activa

3.3.2. Específicos:

- Determinar si el programa de ET mejora de los valores de VDR en tareas de sentadilla monopodal, como es el test Lateral step down.
- Determinar si el programa de ET mejora de los VDR en tareas de aterrizaje monopodal, como es el test Single Leg Landing.
- Determinar si el programa de ET mejora la estabilidad de la rodilla en el plano frontal en tareas monopodales
- Determinar si el programa de ET mejora la estabilidad de la cadera en el plano frontal en tareas monopodales

4. Metodología

4.1. Tipo de trabajo:

Se realiza un ensayo clínico cruzado, aleatorizado, piloto; en el que se emplea el propio individuo como control cruzado.

4.2. Ámbito de estudio

Este estudio va dirigido a población adulta (mayor de 18 años), sana y físicamente activa que resida en la ciudad de La Coruña.

4.3. Periodo de estudio

El estudio fue realizado en la facultad de fisioterapia de la Universidad da Coruña entre los meses de mayo, junio, julio y agosto de 2023.

4.4. Criterios de selección:

Los criterios de inclusión son los siguientes:

- Tener al menos 18 años.
- Tener capacidad de realizar una sentadilla con una flexión de rodilla de, al menos, 90°.
- Ser capaz de realizar una sentadilla monopodal con una flexión de rodilla de, al menos, 60°.
- Tener un nivel de actividad física moderado o alto según el Cuestionario Internacional de la Actividad Física (International Physical Activity Questionnaire, IPAQ). [29]
- Residencia en la ciudad de La Coruña.

Los criterios de exclusión son:

- Presencia de dolor en MMII o región lumbar en el momento de realizar la intervención.
- Historia de fractura o cirugía de MMII o región lumbo-pélvica en los 24 meses previos a la intervención.
- La presencia de algún tipo de discapacidad física que afecte a MMII o tronco.

- La presencia de algún tipo de discapacidad cognitiva.
- Sufrir algún tipo de patología neurológica.
- Incapacidad de realizar de forma correcta los ejercicios y/o los tests de la intervención.
- No presentar valgo dinámico de rodilla al realizar los ninguno de los tests de medición.
- Tener un Índice de Masa Corporal compatible con obesidad, es decir, mayor o igual a 30kg/m^2 .

4.5. Justificación del tamaño muestral:

Se ha realizado este estudio piloto con el objetivo de realizar una primera investigación sobre el tema, y que, de esta forma, sea posible establecer el tamaño muestral necesario para un posible ensayo clínico posterior.

No se ha realizado cálculo de tamaño muestral para este estudio piloto, sino que se han recopilado los participantes que el autor del trabajo pudo abordar en el periodo de tiempo de realización de su TFG.

4.6. Selección de la muestra:

El muestreo fue por conveniencia, seleccionando entre los compañeros de práctica deportiva y de Facultad del autor del trabajo, aquellos que tenían disponibilidad para participar en el periodo de estudio y cumplían los criterios de selección anteriormente descritos.

Se empleó al propio individuo como control cruzado y el orden de las intervenciones se realizó de forma aleatoria mediante la herramienta "Generación de Equipos & Grupos Aleatorios" de la aplicación web "AppSorteos". [39] La mitad de los participantes recibieron primero la intervención de ET y la otra mitad la no intervención.

4.7. Descripción de las variables

Las variables analizadas en el estudio se pueden dividir en tres grupos.

- En primer lugar, las variables evaluadas en la intervención para medir el VDR. Éstas se muestran en la Tabla 1 y son las que permiten cuantificar de forma objetiva la presencia de valgo dinámico.

Tabla 1. Variables evaluadas.

Variables evaluadas		Tipo	Material y test empleado
VDR en el test LSD	DVI (°)	Cuantitativa	Lateral Step Down test
	kFPPA (°)	Cuantitativa	Cámara
	hFPPA (°)	Cuantitativa	Kinovea
	Diferencia DVI (°)	Cuantitativa	Calculadora
	Diferencia kFPPA (°)	Cuantitativa	
	Diferencia hFPPA (°)	Cuantitativa	
VDR en el test SLL	DVI (°)	Cuantitativa	Single Leg Landing test
	kFPPA (°)	Cuantitativa	Cámara
	hFPPA (°)	Cuantitativa	Kinovea
	Diferencia DVI (°)	Cuantitativa	Calculadora
	Diferencia kFPPA (°)	Cuantitativa	
	Diferencia hFPPA (°)	Cuantitativa	

Donde VDR: Valgo Dinámico de Rodilla; DVI: Índice de Valgo Dinámico, kFPPA: ángulo de proyección en el plano frontal de la rodilla, hFPPA: ángulo de proyección en el plano frontal de la cadera; LSD: Lateral Step Down; SLL: Single Leg Landing.

En el apartado 4.8.2 referente a la medición del VDR se explicarán cómo se obtienen los valores de estas variables.

- La Tabla 2 muestra la variable dependiente. Indica si los sujetos realizaban primero la sesión experimental o la sesión de control.

Tabla 2. Variable dependiente.

Variable dependiente	Categorías	Tipo
Intervención	Intervención / Control	Cualitativa nominal

- La tabla 3 muestra las variables descriptivas que se recogieron de cada sujeto:

Tabla 3. Variables descriptivas.

Variables descriptivas		Tipo	Material y método
Datos sociodemográficos:	Edad (años)	Cuantitativa	Entrevista
	Sexo	Cualitativa nominal	Entrevista
Datos antropométricos	Peso (kg)	Cuantitativa	Báscula
	Altura (m)	Cuantitativa	Tallímetro
	IMC (kg/m ²)	Cuantitativa	Calculadora
Datos actividad física	Nivel de actividad física	Cualitativa nominal	IPAQ
	Deporte	Cualitativa nominal	Entrevista

Donde IMC: Índice de Masa Corporal.

4.8. Medición:

En primer lugar, antes de llevar a cabo cualquier otra medición, se tomaron los datos de las variables descriptivas de cada sujeto experimental. Se midió el peso, la altura y, con ambos, se calculó el IMC de cada uno.

Para tomar la altura y el peso de cada sujeto se empleó la báscula “SECA 700” con tallímetro. Posteriormente, mediante el uso de una calculadora se calculó el IMC.

A continuación, para determinar el nivel de actividad física se empleó el cuestionario IPAQ.

El **cuestionario IPAQ** es una herramienta diseñada para evaluar el nivel de actividad física de una persona. El cuestionario consta de preguntas que cubren diversos aspectos de la actividad física, incluyendo actividades de intensidad moderada y vigorosa, así como el tiempo dedicado a actividades sedentarias. Base a las respuestas proporcionadas, se calculan indicadores como el tiempo total de actividad física, el gasto energético y el nivel de intensidad de la actividad. Proporciona una estimación general del nivel de actividad física de una persona. [38]

4.8.1. Medición del VDR

Aunque el método de referencia para el análisis cinemático de los MMII en tareas dinámicas se lleve a cabo con equipo 3D, hay estudios han demostrado que la evaluación en 2D en el plano frontal también es una opción válida y aceptable. Además, requiere de menos equipo especializado, tiempo y gasto económico. [5, 30, 31,32]

De esta forma, se decidió utilizar un análisis en 2D para medir los ángulos de desplazamiento de la rodilla y la cadera en el plano frontal (knee Frontal Plane Projection Angle, kFPPA; hip Frotal Plane Projection Angle, hFPPA) en la evaluación del valgo dinámico de la rodilla. Con estos ángulos, se puede calcular, además, el Índice de Valgo Dinámico (Dynamic Valgus Index, DVI), que ha resultado de gran utilidad en estudios llevados a cabo anteriormente. [33]

El DVI es una medida validada diseñada por Scholtes SA et all. en 2017 que permite combinar los ángulos de desplazamiento en el plano frontal de cadera y rodilla para calcular así el valgo dinámico de rodilla de forma más precisa en mediciones llevadas a

cabo en 2D, ya que, como se ha descrito anteriormente, es un movimiento que involucra a todo el miembro inferior y no solo a la rodilla. [19, 33]

Para medir las variables kFPPA, hFPPA y el DVI se marcaron puntos de referencia en la piel de los participantes mediante rotulador dermatográfico. Estos puntos de referencia se situaron en las espinas ilíacas anterosuperiores (EIAS), el punto medio entre los dos epicondilos femorales y el punto medio entre los puntos más distales de los maleolos de tibia y peroné [5]. Para ello fue necesario, además, el uso de una cinta métrica elástica y un goniómetro para su localización.

Se empleó la cámara del smartphone "*realme GT 2 pro*" con sistema operativo "*Android 13*" para grabar los tests y, posteriormente, se usó la aplicación "*kinovea*" en su versión 0.9.5 para medir los ángulos de kFPPA y hFPPA en los videos. La cámara se situó fija a una distancia de 3 metros del sujeto experimental y a una altura de 78 cm para grabar los tests [34]. El video se capturó con una resolución de 1080p (1920 x 1080) y a 60 frames por segundo.

Para medir el hFPPA se trazaron dos líneas:

1. La línea que une las Espinas Iliacas Antero Superiores (EIAS).
2. La línea que une la EIA con el punto medio de la rodilla del miembro inferior a evaluar.

Para medir el kFPPA se emplearon:

1. La línea que une la EIA con el punto medio de la rodilla del miembro inferior a evaluar.
2. La línea que une el punto medio de la rodilla con el punto medio de los maléolos.

Si el valor de kFPPA es menor de 180° indica que se produce abducción de rodilla. Por otro lado, si el valor de hFPPA es menor de 90° , indica que hay aducción de cadera.

Para el cálculo del DVI se emplea el valor de restarle a 180° el kFPPA y a 90° el hFPPA. El resultado de ambos se sumó dando lugar al valor del DVI. De esta forma, si el DVI tiene un resultado mayor que 0 indica que se produce valgo dinámico a nivel del miembro inferior, mientras que, si el resultado es menor o igual a cero, indica que no se produce. [29, 30, 33]

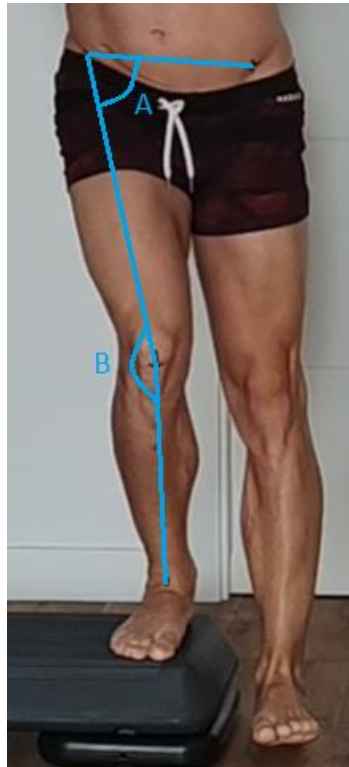


Figura 1. El ángulo A corresponde con el hFPPA. El ángulo B corresponde con el kFPPA.

El DVI se calcula $(90 - A) + (180 - B)$.

Además, se calcularon las variables “Diferencia” para cada una de las tres variables descritas en este apartado (kFPPA, hFPPA y DVI). Tomaron el valor de la resta entre su valor en la medición final y su valor en la medición inicial.

4.8.2. Tests empleados para medir el VDR:

Las tareas realizadas para medir el VDR fueron los test funcionales: *Lateral Step Down test (FSD)* y *el Single Leg Landing test (SLL)*. Estas tareas se realizaron con el miembro inferior dominante, que se decidió pidiendo a los participantes que le diesen una patada a un balón con la pierna con la que se sintiesen más cómodos.

Antes de grabar las pruebas, los participantes practicaron el número de veces necesarias hasta ser capaces de realizarlas de forma correcta. Después, cada sujeto realizó 5 repeticiones de cada test, con un intervalo de descanso de 1 minuto entre las dos pruebas. Se calculó el kFPPA y el hFPPA de todas las repeticiones y se guardaron los 3 mejores intentos de cada test. Con ellos, se calculó el kFPPA, el hFPPA y el DVI medio de cada prueba.

Lateral Step-Down test (LSD)

El sujeto se colocó de pie, al borde de un cajón de 20 centímetros de altura. Los miembros superiores cruzados con las manos apoyadas en los hombros contralaterales. Se le pidió que adelantara el miembro inferior contrario al que se testaba. El pie apoyado debía quedar completamente perpendicular al borde del cajón. Desde esta posición se le pidió que tratase de tocar el suelo con el talón de la pierna adelantada sin elevar el talón de la pierna que se estaba testeando, ni cambiar la posición del pie. Mediante un metrónomo se marcó el ritmo que debía llevar para el descenso y el ascenso, de forma que el descenso llevó 2 segundos y el ascenso 1 segundo. [27][35]

Se consideraba que se había realizado correctamente si el sujeto era capaz de realizar la prueba sin perder el equilibrio, manteniendo en todo momento el pie del cajón en la misma posición y sin levantar el talón.

En caso de no realizar la prueba de forma correcta, se pedirían nuevas repeticiones, hasta un máximo de 10 para evitar fatiga. En caso de no lograr 5 intentos válidos, el sujeto era excluido del estudio.



Figura 2. Test Lateral Step-Down.

Single Leg Landing (SLL)

Cada sujeto se colocó en el borde un cajón de 28 cm. Los miembros superiores estaban con las manos apoyadas en las caderas homolaterales, sin tapar los puntos marcados sobre las EIAS. Adelantando el pie del miembro inferior a testear de forma que este quedase fuera del cajón y el pie apoyado completamente perpendicular al borde del cajón. Se le pidió que se dejase caer, aterrizando con el miembro que estaba adelantado sin perder el equilibrio. [36, 37]

La prueba se consideró válida cuando el sujeto era capaz de realizarla sin saltar, es decir, simplemente dejarse caer del cajón; y mantenía el equilibrio al aterrizar durante al menos 3 segundos, sin apoyar el pie del cajón y sin rotar el pie del aterrizaje.

En caso de no realizar la prueba de forma correcta, se pedía una repetición más, hasta un máximo de 10 repeticiones para evitar fatiga. [37] En caso de no lograr 3 intentos válidos, el sujeto era excluido del estudio.



Figura 3. Test Single Leg Landing.

4.9. Procedimiento

Tal y como se ha mencionado anteriormente, la intervención se dividió en dos sesiones: por un lado, la sesión experimental, y, por otro, la sesión control. La mitad de los participantes realizaron primero la sesión control, mientras que la otra mitad comenzaron con la sesión experimental.

Ambas sesiones se distanciaron entre sí una semana.

Previo a la primera sesión se entregó a cada participante la hoja de información al participante (Anexo I) y se resolvieron todas las dudas que podían tener. Tras esto, se entregó el documento de consentimiento para la participación en el estudio de investigación, que debían firmar para así poder participar en la investigación.

Posteriormente, en la primera sesión, se rellenó la hoja de recogida de datos (Anexo III), en la cual se tomaron los datos de cada paciente y los valores de las variables descriptivas mencionadas en el apartado 4.7 *Descripción de las variables*. Para ello fue necesario que cada paciente realizara el cuestionario IPAQ (Anexo IV) para así conocer el nivel de actividad física de cada sujeto.

A continuación, si el sujeto estaba en la sesión experimental se siguió el siguiente protocolo:

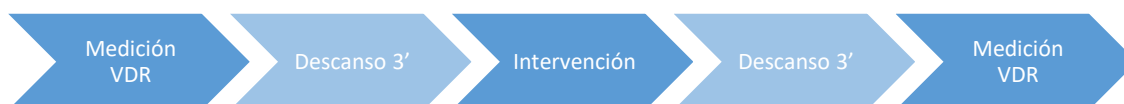


Figura 4. Protocolo de la sesión experimental

Cabe mencionar que, antes de llevar a cabo la primera medición, se explicó la intervención de forma que el sujeto experimental conociese y comprendiese cada ejercicio sin dejar lugar a dudas. De esta forma la intervención tenía una duración de 12 minutos.

Por otro lado, si al sujeto le correspondía realizar la sesión de control, se siguió el siguiente protocolo:



Figura 5. Protocolo de la sesión de control

4.10. Intervención: sesión experimental

La intervención se dividió en tres partes claramente diferenciadas: en primer lugar, movilidad; en segundo, activación muscular; y en tercero, pliometría y entrenamiento neuromuscular. La tabla 4 muestra los ejercicios por los que estuvo compuesta la sesión, así como las repeticiones y tiempos de descanso entre ejercicios:

Tabla 4. Ejercicios de la sesión experimental.

	Ejercicio	Repeticiones	Descanso
Movilidad	Dorsiflexión de tobillo	5x5"	-
	90/90 de cadera	1'	-
	Aperturas de cadera en posición de caballero	4x5"	30"
Activación	Plancha lateral con apertura de cadera	4x5"	30"
	Sentadilla con banda elástica sobre los tobillos	2x10"	30"
	Backward step-down	6	30"
Pliometría	Semi-sentadilla con salto y aterrizaje bipodal	6	1'
	Deceleración de sentadilla búlgara	6	1'
	Semi-sentadilla con salto y aterrizaje monopodal	6	1'

Donde el símbolo "-" indica que no hay descanso tras la realización de esos ejercicios.

En el primer bloque, el de movilidad, se llevaron a cabo 3 ejercicios que implicaban movilidad de cadera y dorsiflexión de tobillo, así como distintos estiramientos musculares con el fin de calentar y preparar estas articulaciones para el rango de movimiento necesario para llevar a cabo las tareas de forma correcta:

- Dorsiflexión de tobillo en posición de caballero con el pie adelantado sobre un cajón. El sujeto así podía ejercer mayor fuerza sobre la dorsiflexión de tobillo agarrándose a los bordes del cajón y generando una tracción. Este ejercicio fue realizado con ambos MMII. Se puede observar en la Figura 6.



Figura 6. Ejercicio de movilidad para ganar dorsiflexión de tobillo.

- 90/90 de cadera: El paciente sentado, con los miembros superiores en extensión y las manos apoyadas en el suelo, partía de una flexión de cadera y rodilla de 90° en ambos miembros inferiores. El objetivo era realizar rotaciones de cadera en ambos MMII de forma continua, manteniendo dichos grados de flexión en

cadere y rodillas dentro del rango de movimiento que el sujeto fuese capaz de realizar. Este ejercicio se puede observar en la Figura 7.

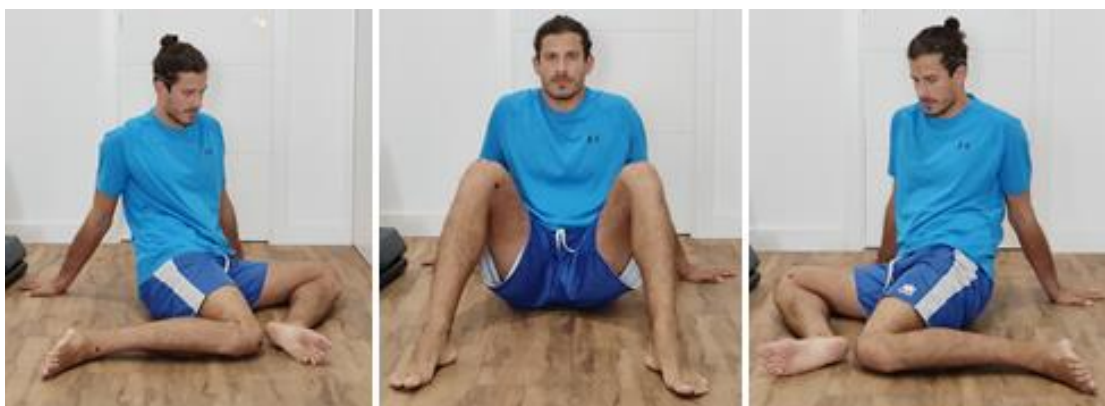


Figura 7. Ejercicio de movilidad: 90/90 de cadera.

- Aperturas de cadera, en posición de caballero modificada con la cadera que se encuentra flexionada, en abducción. Se le pidió al sujeto que dejase llevar su peso hacia el lado del miembro inferior en abducción, haciendo fuerza con la rodilla ese miembro inferior hacia fuera y manteniendo el tronco recto, de forma que note la activación de la musculatura glútea. Este ejercicio fue realizado con ambos MMII y el tiempo de descanso tuvo lugar después de terminar con ambos miembros. El ejercicio se puede observar en la Figura 8.



Figura 8. Ejercicio de movilidad para de apertura de cadera.

A continuación, se realizaron los ejercicios de activación. Con ellos se buscaba mejorar la activación de la musculatura abductora y rotadora externa de cadera y core con el fin de mejorar la coordinación neuromuscular de los movimientos:

- Plancha lateral apoyado sobre antebrazo y rodillas con apertura de cadera superior. El sujeto partía de una posición de flexión de cadera y flexión de rodillas de 90° y los pies juntos. Debía levantar la cadera del suelo manteniendo el antebrazo y la rodilla infralateral apoyados en el suelo, levantando además la rodilla supralateral lo máximo posible, sin separar los pies. Debía mantener la posición 5 segundos. Este ejercicio se realizó con ambos MMII y el tiempo de descanso tuvo lugar después de terminar con ambos miembros. La Figura 9 muestra la ejecución del ejercicio.



Figura 9. Ejercicio de activación: plancha lateral.

- Sentadilla a baja velocidad con banda elástica por encima de los tobillos. El sujeto tenía que bajar tanto como le fuese posible flexionando rodillas y cadera, sin levantar los talones del suelo. Las manos las tendría colocadas en las caderas homolaterales y debía mantener la columna en posición neutra, evitando una excesiva flexión lumbar. Con una duración por repetición de 10 segundos (5 de bajada y 5 de subida), que se controló con un metrónomo. Cabe destacar que, al colocar la banda elástica en esa posición se favorece la activación de la musculatura supinadora de tobillo, que favorece también la reducción del desplazamiento medial en el plano frontal de la rodilla.[7] Este ejercicio se puede observar en la Figura 10.



Figura 10. Ejercicio de activación: Sentadilla con banda por encima de los tobillos a baja velocidad.

- Backward step down. El sujeto se colocó con un pie sobre un cajón de 20 cm de altura. El talón pegado al borde posterior del cajón. Desde esta posición, con las manos en las caderas, debía flexionar ligeramente la cadera y, flexionando la rodilla, tocar el suelo con el talón del pie contralateral, posterior a dicho cajón. El movimiento debía ser controlado en todo momento, tanto en la subida como en la bajada. Este ejercicio se realizó con ambos MMII y el tiempo de descanso tuvo lugar después de terminar con ambos miembros. La Figura 11 muestra este ejercicio.



Figura 11.. Ejercicio de activación: Backward step-down.

Por último, se realizaron los ejercicios de pliometría con el fin de mejorar el patrón neuromuscular de activación y coordinación de las tareas monopodales como son la sentadilla o el aterrizaje monopodales:

- Semi-sentadilla con salto y aterrizaje bipodal: El sujeto en bipedestación, realizando una ligera flexión de cadera y rodillas, se le pedía que diese un salto lo más alto que pudiera y aterrizase con ambos pies. El movimiento de sentadilla debía realizarse hasta llegar a 60° de flexión de rodilla con la vertical. Este ejercicio se puede observar en la Figura 12.



Figura 12. Ejercicio de pliometría: Semi-sentadilla con salto y aterrizaje bipodal.

- Deceleración de sentadilla búlgara: Se colocó un cajón de 20 cm detrás del sujeto, que se encontraba en bipedestación con los pies a altura de los hombros. Este debía dar un paso con una pierna y colocar el pie del miembro inferior contralateral sobre el cajón. Buscando una apertura de caderas suficiente para que se encuentre estable en la posición. El sujeto, con las manos en las caderas homolaterales, debía flexionar ligeramente el tronco hacia delante y, desde ahí, se le pedía que descendiera flexionando la rodilla del miembro inferior adelantado dejándose “caer”. El sujeto, debía frenar el movimiento al final del recorrido y aguantar la posición 3 segundos (controlados con un metrónomo) y se le pedía que volviera a la posición de partida. Este ejercicio fue realizado con ambos MMII y el tiempo de descanso tuvo lugar después de terminar con ambos miembros. El ejercicio se puede observar en la Figura 13



Figura 13. Ejercicio de pliometría: Deceleración de sentadilla búlgara.

- Semi-sentadilla con salto y aterrizaje monopodal: fue igual que la semi-sentadilla con salto y aterrizaje bipodal, pero en esta ocasión el sujeto tenía que realizar un aterrizaje monopodal. Se le pidió mantener la posición de aterrizaje durante al menos 3 segundos (se controló con metrónomo). Este ejercicio se realizó con ambos MMII y el tiempo de descanso tuvo lugar después de terminar con ambos miembros. La Figura 14 muestra este ejercicio.



Figura 14. Ejercicio de pliometría: Semi-sentadilla con salto y aterrizaje monopodal.

Un estudiante de cuarto curso de fisioterapia guió y corrigió los ejercicios. Éste debía dar las instrucciones necesarias para que los sujetos realizaran los ejercicios de forma correcta. Las correcciones más comunes se centraron en evitar el desplazamiento

medial de la rodilla en el plano frontal en los distintos ejercicios, así como mantener el pie completamente apoyado y evitar inclinaciones de columna excesivas.

4.11. Material:

Para las mediciones se empleó el siguiente material:

- Cámara: móvil "*realme GT 2 pro*" con sistema operativo "*Android 13*".
- Trípode: de una altura de 78 cm.
- Rotulador dermográfico.
- Cinta métrica elástica.
- Metro de 3 m de longitud.
- Cajón de 28 cm de altura.
- Cajón de 20 cm de altura.
- Metrónomo: aplicación Android "*Metrónomo Beats*" (V. 6.5.1, Stonekick). A una velocidad de 60 pitidos por minuto.

Para llevar a cabo la intervención se utilizó el siguiente material:

- Cajón de 20 cm de altura.
- Theraband 50 cm de longitud de resistencia baja.
- Esterilla de gimnasia Domyos.
- Metrónomo: aplicación Android "*Metrónomo Beats*" (V. 6.5.1, Stonekick). A una velocidad de 60 pitidos por minuto.

4.12. Análisis estadístico:

El análisis estadístico se llevó a cabo mediante el software estadístico SPSS (V. 23.0, IBM Corporation, Amonk, Nueva York, Estados Unidos).

Se realizó un análisis univariado de todas las variables estudiadas. Las variables cuantitativas se expresaron con medidas de tendencia central y dispersión (media, mediana, rango intercuartílico y desviación típica). En el caso de las variables descriptivas cuantitativas, se empleó también el valor mínimo y el máximo. Las variables cualitativas se expresaron con su valor absoluto y porcentaje.

Para abordar el objetivo principal y específicos del estudio se llevó a cabo un test Test de Wilcoxon comparando la variable Diferencia entre la sesión intervención y la sesión

control (valores de las variables kFPPA, hFPPA y DVI obtenidos después de la intervención menos los valores obtenidos antes de ésta).

Se estableció el nivel de significación alfa en 0,05.

4.13. Aspectos ético-legales:

Para la realización del estudio fue necesaria la aprobación del Comité Autonomo de Ética de la Investigación Clínica de Galicia (CAEI), así como ser sometido al Comité de ética de la UDC.

Al inicio del estudio todos los participantes recibieron la hoja de consentimiento informado (anexo 3), de acuerdo con la ley 41/2002, de 14 de noviembre, básica reguladora de la autonomía del paciente y de derechos y obligaciones en materia de información y documentación clínica. Asimismo, recibieron una hoja informativa relativa a las características de la investigación (anexo 2).

Para la preservación de la integridad de los participantes, todos los datos recogidos fueron tratados conforme a la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal.

También se aplicaron los artículos establecidos en la ley 44/2003, de 21 de noviembre, de ordenación de las profesiones sanitarias.

Finalmente, destacar que durante la realización del estudio se cumplió la ley 14/2007, del 3 de junio, de investigación biomédica; además, se respetaron los principios éticos de la declaración de Helsinki relativos a los derechos humanos y bioética.

5. Resultados

En el estudio han participado 6 personas, de las cuales hubo 2 mujeres y 4 hombres. La Tabla 5 muestra las características de los participantes:

Tabla 5. Características de los participantes.

	Edad (años)	Altura (m):	Peso (kg):	IMC(kg/m2):
M	24.66	1.73	66.25	21.94
Me	22	1.7	65.75	21.60
DT	4.92	0.10	12.68	1.87
RIQ	10	0.17	20	3.91

Donde M: media; Me: mediana; DT: desviación típica; RIQ: Rango intercuartil.

Todos ellos realizaban de forma habitual diferentes actividades físicas o deportes, como acudir al gimnasio, fútbol, triatlón o pádel; y, según el cuestionario IPAQ que realizaron, 2 de ellos realizaban actividad física moderada y 4 de ellos vigorosa

A continuación, en la tabla 6 se pueden observar las diferentes variables a evaluar en este estudio. Para las variables kFPPA y hFPPA cuanto más altos son sus valores, más se reduce el valgo dinámico; por otro lado, para el DVI es a la inversa, cuanto más bajo es su valor, más se reduce el valgo dinámico. El test de Wilcoxon mostró diferencias significativas en todas las variables estudiadas ($p < 0,05$) al comparar los cambios producidos por la sesión control y la experimental, mostrando una mayor reducción de valgo dinámico en la sesión experimental.

Tabla 6. Variables descriptivas.

		M	Me	DT	RIQ	p valor
Diferencia	Sesión Control	0,98	2,31	4,77	8,27	p < 0,05
kFPPA LSD	Sesión Experimental	14,86	17,46	8,38	13,41	
Diferencia	Sesión Control	-0,71	-1,65	2,78	5,55	p < 0,05
hFPPA LSD	Sesión Experimental	4,22	4,35	4,78	6,67	
Diferencia	Sesión Control	-0,26	0,12	6,82	13,88	p < 0,05
DVI LSD	Sesión Experimental	-19,08	-22	12,69	19,8	
Diferencia	Sesión Control	0,87	0,58	3,08	5,06	p < 0,05
kFPPA SLL	Sesión Experimental	16,49	11	15,03	25,45	
Diferencia	Sesión Control	1,29	-0,02	4,11	6,47	p < 0,05
hFPPA SLL	Sesión Experimental	7,45	6,56	6,8	11,04	
Diferencia	Sesión Control	-2,17	-1,2	6,42	11,9	p < 0,05
DVI SLL	Sesión Experimental	-23,93	-16,58	21,6	35,53	

Donde M: media; Me: mediana; DT: desviación típica; RIQ: Rango intercuartil; VDR: Valgo Dinámico de Rodilla; DVI: Índice de Valgo Dinámico, kFPPA: ángulo de proyección en el plano frontal de la rodilla, hFPPA: ángulo de proyección en el plano frontal de la cadera; LSD: Lateral Step Down; SLL: Single Leg Landing.

En la gráfica 1 se muestra la evolución del kFPPA del test LSD antes y después de cada sesión, comparando los resultados de la sesión experimental con la sesión de control. Cuanto más se aproxime el ángulo a los 180°, mejor será la biomecánica de la rodilla en el test.

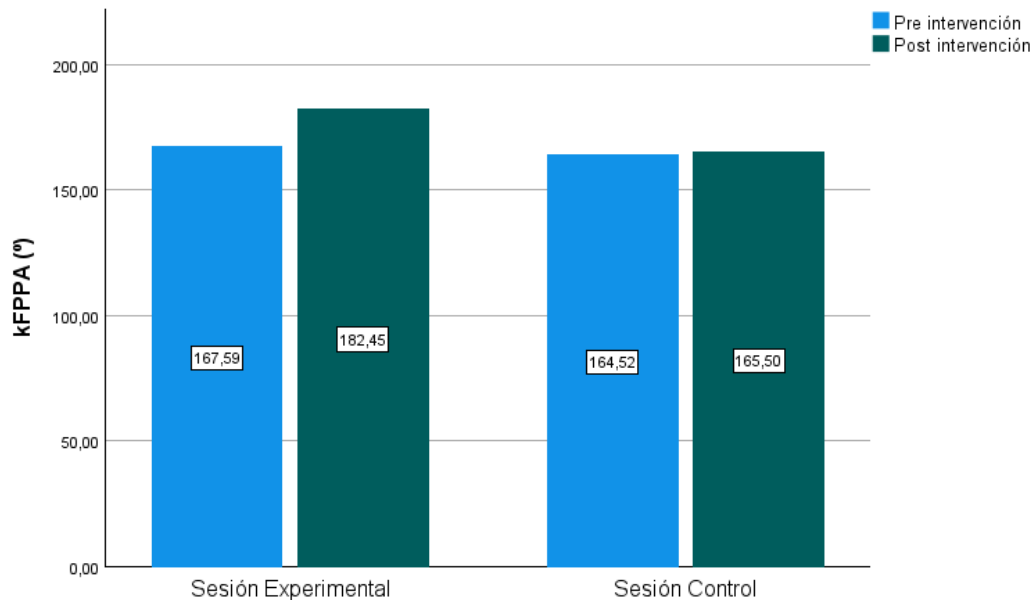


Figura 15. Gráfica 1: Evolución del Ángulo de Proyección en el Plano Frontal de la Rodilla medio en el Test Lateral Step Down.
(kFPPA: ángulo de proyección en el plano frontal de la rodilla)

La gráfica 2 muestra la evolución del hFPPA del test LSD antes y después de cada sesión, comparando los resultados de la sesión experimental con la sesión de control. Cuanto más se aproxime el ángulo a los 90°, mejor será la biomecánica de la cadera en el test.

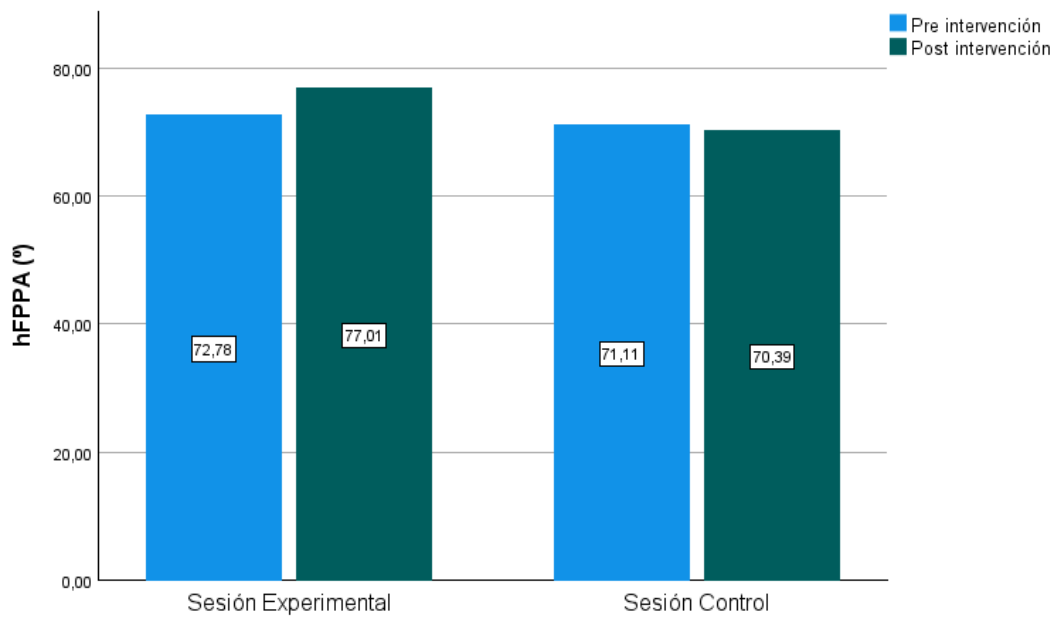


Figura 16. Gráfica 2: Evolución del Ángulo de Proyección en el Plano Frontal de la Cadera medio en el Test Lateral Step Down.
(hFPPA: ángulo de proyección en el plano frontal de la cadera)

En la gráfica 3 se muestra la evolución del DVI del test LSD antes y después de cada sesión, comparando los resultados de la sesión experimental con la sesión de control. La mejora de esta variable es inversamente proporcional al ángulo que se obtiene: cuanto menor sea el ángulo, mejor será la biomecánica de los MMII en el test.

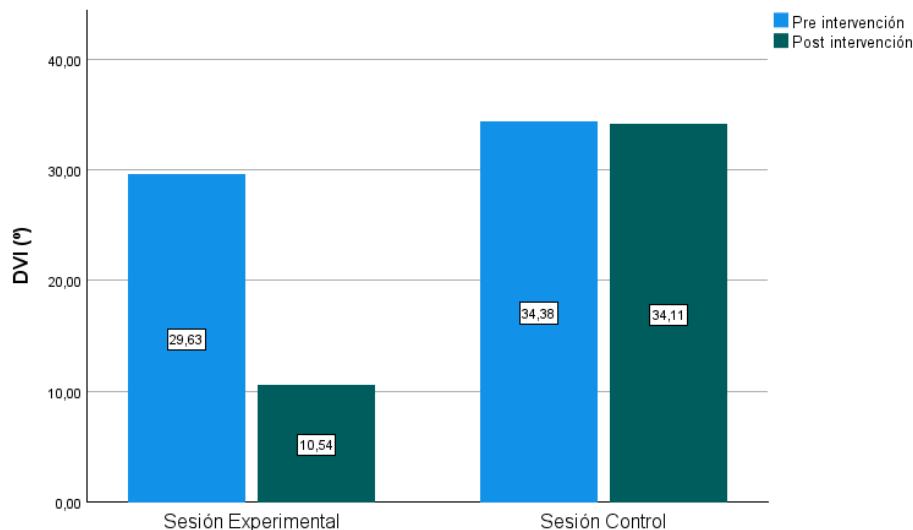


Figura 17. Gráfica 3: Evolución del Índice de Valgo Dinámico en el Test Lateral Step Down
(DVI: Índice de Valgo Dinámico)

En la gráfica 4 se muestra la evolución del kFPPA del test SLL antes y después de cada sesión, comparando los resultados de la sesión experimental con la sesión de control.

Cuanto más se aproxime el ángulo a los 180°, mejor será la biomecánica de la rodilla en el test, sin suponer un riesgo ángulos mayores a los 180°.

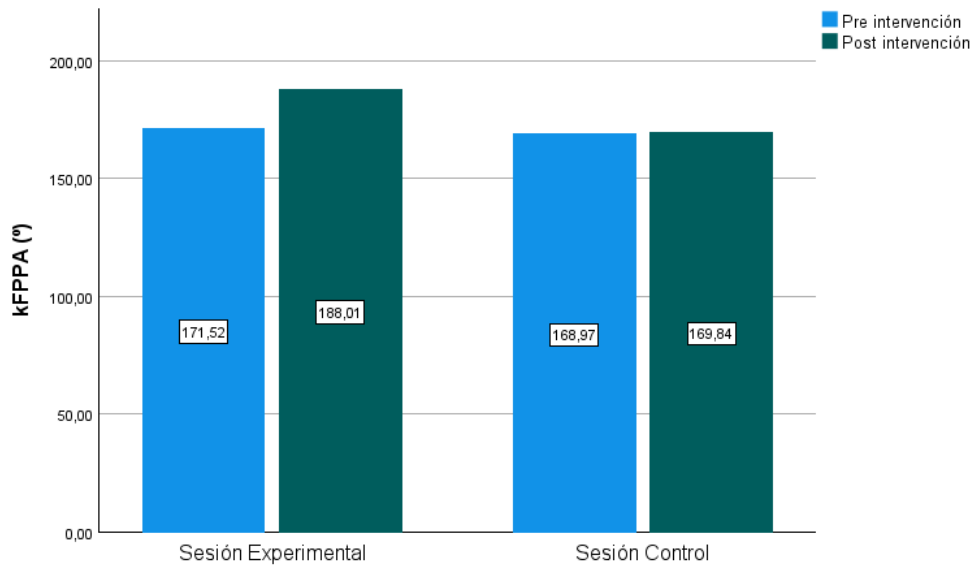


Figura 18. Gráfica 4: Evolución del Ángulo de Proyección en el Plano Frontal de la Rodilla medio en el test Single Leg Landing.
(kFPPA: ángulo de proyección en el plano frontal de la rodilla)

La gráfica 5 muestra la evolución del hFPPA del test SLL antes y después de cada sesión, comparando los resultados de la sesión experimental con la sesión de control. Cuanto más se aproxime el ángulo a los 90°, mejor será la biomecánica de la cadera en el test.

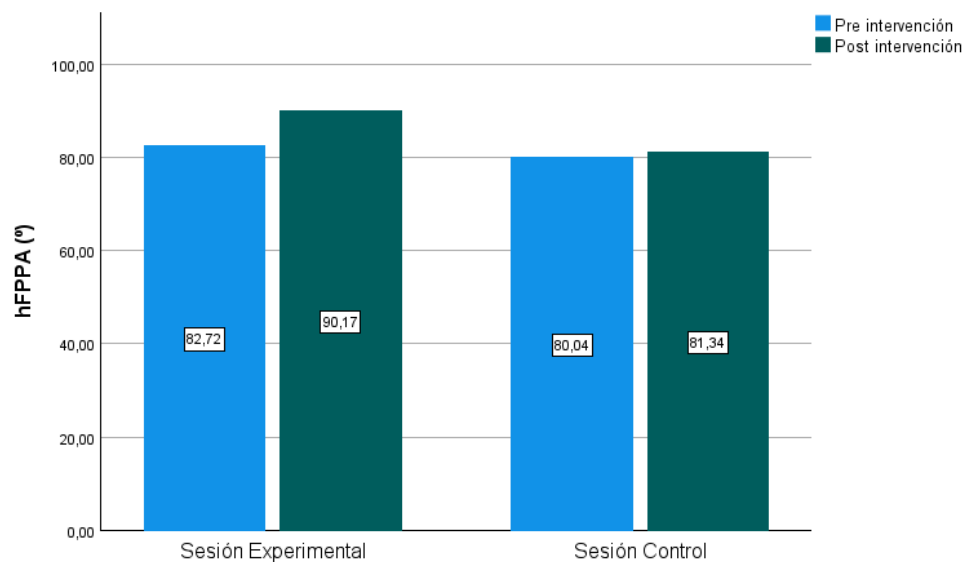


Figura 19. Gráfica 5: Evolución del Ángulo de Proyección en el Plano Frontal de la Cadera medio en el test Single Leg Landing.
(hFPPA: ángulo de proyección en el plano frontal de la cadera)

En la gráfica 6 se muestra la evolución del DVI del test SLL antes y después de cada sesión, comparando los resultados de la sesión experimental con la sesión de control. Como se ha mencionado anteriormente, la mejoría es inversamente proporcional al ángulo que se obtiene: cuanta menor sea el ángulo, mejor será la biomecánica de los MMII en el test.

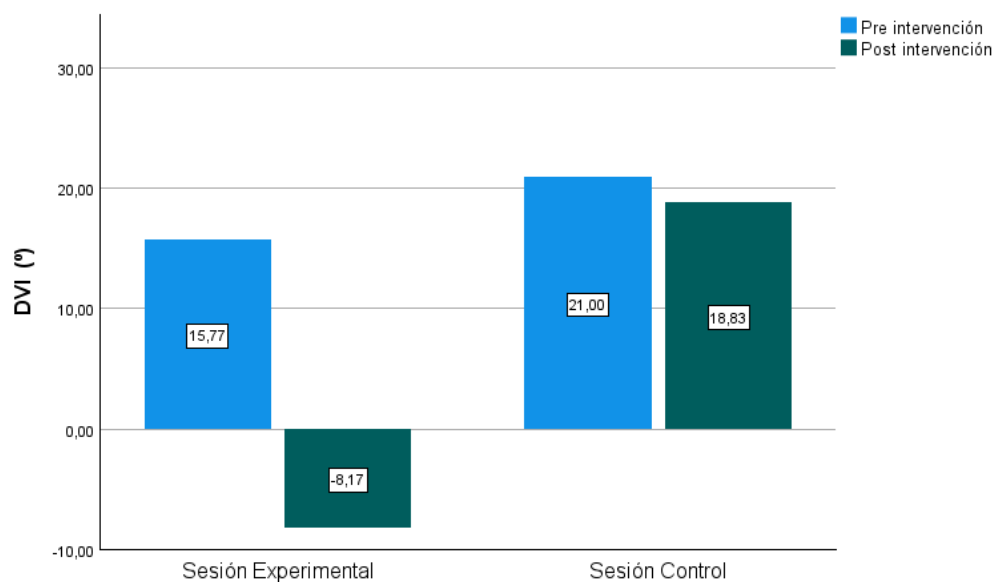


Figura 20. Gráfica 6: Evolución del Índice de Valgo Dinámico en el Test Single Leg Landing. (DVI: Índice de Valgo Dinámico)

6. Discusión

Los resultados de este estudio muestran que la intervención experimental mejora la biomecánica de los miembros inferiores reduciendo el VDR en población sana y físicamente activa.

El kFPPA para el test LSD obtuvo un cambio de casi 14° mayor en la sesión experimental que en la sesión de control. La diferencia en la sesión control fue mínima, mientras que en la sesión experimental se obtuvieron valores medios mayores o iguales a 180°, lo que supone que ya no haya desviación medial de la rodilla en el plano frontal, normalizando la biomecánica.

El hFPPA para el test LSD obtuvo un cambio de casi 5° mayor en la sesión experimental que en la sesión de control. Mientras que en la sesión control apenas tuvo variación, en la sesión experimental se logró una ligera mejoría; aproximando los valores a los 90°. Esto supone una menor caída de la cadera contralateral, lo que podría dar lugar a una mejora en la estabilización de la cadera en acciones que implican la sentadilla monopodal.

El DVI en el test LSD mostró un cambio medio de casi 19° en la sesión experimental, mientras que en la sesión de control apenas mostró variación. Esta mejoría coincide con los cambios de las variables anteriormente descritas para este test, pues es la suma de ambas. Observando los resultados, la sesión experimental logró una mejora en la biomecánica de los miembros inferiores y redujo el VDR para este test, acercando su valor a 0 puntos, momento a partir del cual ya no se produce VDR.

El kFPPA para el test SLL obtuvo un cambio medio de más de 17° mayor en la sesión experimental que en la sesión de control. Mientras que en esta última no hubo cambio en los valores medios, en la sesión experimental se obtuvieron valores medios mayores o iguales a 180°, lo que supone que ya no haya desviación medial de la rodilla en el plano frontal. Esto podría dar lugar a una mejora en la biomecánica de la rodilla en acciones de aterrizaje monopodal.

El hFPPA para el test SLL obtuvo un cambio medio de más de 6° mayor en la sesión experimental que en la sesión de control; en la que apenas hubo variación en esta variable. Así, se llegó a valores de 90° aproximados, que supone una reducción completa de la caída de la cadera contralateral. Esto podría dar lugar a una mejora en

la estabilización de la cadera en el plano frontal en acciones que implican un aterrizaje monopodal.

El DVI en el test SLL mostró una mejoría media de casi 22° en la sesión experimental, mientras que en la sesión de control apenas mostró variación. Esta mejoría coincide con la mejoría de las variables anteriormente descritas para este test, pues es la suma de ambas. La sesión experimental redujo por completo el VDR, lo que supone una mejoría en la biomecánica de los MMII y podría eliminar el VDR como principal factor de riesgo de lesión en tareas de aterrizaje monopodal sin contacto.

A pesar de las diferencias iniciales en las variables analizadas para medir el VDR en los tests empleados, la mejoría tras la intervención es muy similar en ambos, llegando a corregir el VDR por completo en el SLL; pues consigue un valor medio de DVI $\leq 0^\circ$.

En la presente investigación, se diseñó una intervención aguda de ET que continúa los criterios descritos por Wilczyński et al. en su revisión bibliográfica publicada en 2020. [5] En ella se remarca la importancia del trabajo de la musculatura lumbo-pélvica, en especial de la musculatura glútea; así como la movilidad de tobillo a la hora de diseñar programas para la reducción del VDR en tareas monopodales.

Acorde a los resultados obtenidos, se puede afirmar que la intervención es útil para la reducción de VDR en tareas monopodales en una única sesión. Estos resultados coinciden con los estudios publicados por Atkins et al. en 2021 y Ban et al. en 2022. [24, 40] Ambos estudios se centran en intervenciones agudas y tienen como objetivo común mejorar la biomecánica de los MMII reduciendo VDR. En su estudio, Ban et al. de 2022, se centraron en realizar una intervención aguda de ET para mejorar la movilidad de tobillo en población sana con VDR, mostrando resultados favorables en cuanto a la reducción del VDR. [40] Por otro lado, en su investigación Atkins et al. en 2021, demostraron cómo con una intervención aguda que consistía en un entrenamiento neuromuscular para mejorar la activación de la musculatura glútea en gestos de aterrizaje monopodales en mujeres físicamente activas con PFPS mejoraba de forma significativa la biomecánica de los MMII además de la sintomatología de deportistas con PFPS. [24] Estos autores destacan la importancia del entrenamiento de movimientos específicos propios de la actividad que se realiza dentro de una intervención que tiene como fin mejorar la biomecánica en una única sesión. [24]

Al igual que en los estudios, en la investigación de García-Luna et al. publicada en 2020 se demostró que un calentamiento con ET centrado en la activación del glúteo medio

reducía de forma significativa el VDR de forma inmediata en tareas monopodales en jugadores de fútbol adolescentes. [18] Además, pudieron comprobar que en escenarios en los que se aparecía fatiga de la musculatura de la musculatura lumbo-pélvica, el VDR aumentaba de forma significativa. Esto último va en la línea de los resultados obtenidos por Kim et al. en su investigación publicada en 2021. [28] Esto ha de tenerse en cuenta a la hora de diseñar una intervención de ET para reducir el VDR, ya que, de producirse fatiga, el efecto sería el contrario al deseado, pues que existe riesgo de que aumente el VDR y, por tanto, aumenta el riesgo de lesión. [18]

Nuestro trabajo continúa la línea de estas tres investigaciones en las que se realiza una intervención aguda para reducir el VDR y sirve de precedente para futuras investigaciones al combinar ejercicios dirigidos tanto al tobillo como a la región lumbo-pélvica. Es la única en la que se realizan ejercicios enfocados a la mejorar la activación de la musculatura de la región lumbo-pélvica que va dirigida a población adulta, físicamente activa y sin patologías, mostrando a su vez resultados favorables. Además, por el tiempo que lleva realizarla (menos de 15 minutos), podría ser empleada como un calentamiento previo a la práctica deportiva; ya que, como se ha mostrado, es efectiva, de forma que no genera fatiga excesiva.

Por otro lado, falta comprobar si se podría aplicar de forma efectiva también en población con PFPS con el fin de mejorar su sintomatología; al igual que la investigación de Atkins et al. anteriormente comentada. [24]

Se puede afirmar, además, estas intervenciones centradas en movilidad y entrenamiento neuromuscular obtienen mejores resultados en una única sesión que la intervención publicada por Sahabuddin et al. en 2022 centrada en realizar ejercicios de fuerza durante varias semanas. [41] En su estudio se aplicó un programa de 4 semanas de ET centrado ejercicios de fuerza de cadera y tobillo sin cambios significativos en la reducción del VDR en tareas monopodales en mujeres físicamente activas. [41]

A la hora de analizar los test empleados, el LSD da mayores valores de VDR. Esto va acorde a los resultados obtenidos por Munro et al.[42] En su investigación, al igual que en nuestro estudio, los valores de kFPPA fueron mayores en tareas de sentadilla monopodal, como es el test LSD; que en tareas de aterrizaje monopodal, como el SLL. Pero, además, en nuestro estudio se observa que también son mayores los niveles de hFPPA, lo que en conjunto da lugar a un DVI mayor en el test LSD. [42] Esto podría deberse a la altura del cajón empleado para realizar el test SLL. Hay estudios en los que

se comprueba que, al realizar el test desde alturas más elevadas, aumenta el VDR; lo que daría lugar a valores mayores de DVI y, de esta forma, de hFPPA también. [26, 43]

Por último, destacar la utilidad de la intervención llevada a cabo en la presente investigación, sirviendo de precedente para futuras investigaciones en las que se busque reducir el VDR en tareas monopodales mediante un programa de ET. Además, futuras líneas de investigación podrían emplear este tipo de intervención en población con distintas afecciones médicas de rodilla con las que se relaciona el VDR, no solo con el fin de mejorar su biomecánica, si no con el fin de comprobar si es posible mejorar su sintomatología.

7. Limitaciones del estudio

La principal limitación del estudio es la muestra, ya que es bastante escasa. Sin embargo, como se indicaba al inicio de este trabajo, se trata de un estudio piloto que puede servir de precedente en la realización de una investigación posterior.

Además, se puede observar que, a pesar de lo reducido, analizando la muestra, esta es muy heterogénea: hay mujeres y hombres y tanto la actividad física que realizan, como su nivel de actividad varían. De cara a una investigación posterior, resultaría interesante reunir una muestra más homogénea, en cuanto a la actividad realizada, así como la cantidad de ésta; ya que la exigencia de los ejercicios va a variar en función de la capacidad física de los sujetos.

A pesar de lo anterior, las mediciones iniciales y las de la sesión de control en cuanto a kFPPA, hFPPA y DVI fueron muy similares entre los sujetos que participaron en esta investigación. Sin embargo, la desviación típica aumenta en los resultados de la sesión experimental, lo cual supone que hubo sujetos que obtuvieron un mayor beneficio de la intervención. Esto puede deberse a los motivos anteriormente expuestos, pero podría ser interesante identificar de las razones específicas de este hecho, y determinar qué población podría beneficiarse en mayor medida de la intervención.

Otra limitación del estudio podría ser el efecto de la altura del cajón desde el que se ha realizado el test SLL; ya que, aunque hay números estudios que se realizan desde cajones de alturas desde los 24 hasta los 60 cm, los más comunes son los cajones de 28-30 cm de altura aproximada. [26] Hay que tener en cuenta que, cuanto más alto es el cajón, mayores son las fuerzas que reciben las articulaciones del tobillo, la rodilla y la cadera; lo que supone un mayor momento de VDR. [26,43] Por tanto, si se hubiese empleado un cajón más alto, podrían haberse obtenido valores más altos de kFPPA, hFPPA y DVI en el test.

También podía existir la posibilidad de que el efecto de una sesión tuviera influencia en la otra sesión, especialmente en los sujetos que realizaban primero la sesión experimental (efecto arrastre). Sin embargo, observando los resultados, los datos obtenidos para las variables son muy similares, salvo en la medición inmediatamente posterior a la sesión experimental. De forma que los valores solo varían de forma significativa al final de la sesión experimental. Así, es posible afirmar que no hubo efecto arrastre, ya que no influyó el orden en que se llevaron a cabo las sesiones.

8. Aplicabilidad del estudio

Tal y como se ha venido comentando en los diferentes apartados del trabajo, la intervención ha mostrado resultados efectivos en cuanto a la reducción del VDR. Por tanto, ha demostrado que puede aportar beneficios en distintos campos.

En primer lugar, su utilización con el objetivo de mejorar la técnica de ejercicio para aquellos que participan en deportes o actividades físicas que implican movimientos específicos que implican sentadillas o aterrizajes mono o bipodales; los más comunes serían correr, saltar, cambios de ritmo y/o cambios de dirección.

En segundo lugar, realizar los distintos ejercicios o movimientos con una mejor técnica, ayuda también en el campo de la prevención de lesiones.

En tercer lugar, podría emplearse con la intención de mejorar del rendimiento deportivo; así, la intervención podría formar parte del entrenamiento de atletas y personas activas para optimizar la mecánica de la rodilla durante actividades deportivas específicas. De esta forma, no solo reduce la probabilidad de lesión, sino que además permitiría tener un mejor rendimiento durante el ejercicio.

La investigación se podría emplear, en cuarto lugar, como método de concienciación sobre la salud de la rodilla. Puede ayudar a personas activas a comprender la importancia de una biomecánica adecuada para la prevención de lesiones. Lo que supondría una actividad proactiva en el cuidado de la rodilla y una reducción del riesgo de problemas a largo plazo.

Hay que recordar la importancia que puede tener en la reducción de los gastos en salud, ya que, al prevenir las lesiones en la rodilla, la intervención realizada puede llegar a suponer la disminución de atención médica y tratamientos o cirugías motivados por las lesiones.

Por último, destacar el impacto en términos de promoción de la salud a largo plazo; la mejora de la esta y la prevención de lesiones pueden suponer un impacto positivo en la calidad de vida a largo plazo. Así, las personas activas, que cuidan su salud articular, es posible que lleguen a disfrutar de una vida físicamente activa y saludable durante más tiempo.

Por tanto, aunque las personas sanas y activas puedan tener una menor probabilidad de sufrir alguna patología o lesión de rodilla en comparación con aquellas con un estilo de vida más sedentario o con afecciones médicas; esta investigación es posible que implique la existencia de aplicaciones significativas en términos de mejora del rendimiento deportivo, la prevención de lesiones y la promoción de la salud articular tanto a corto, como a largo plazo.

9. Conclusiones

Una intervención de una única sesión de ET centrada en ejercicios de movilidad articular de tobillo y cadera, y ejercicios de activación y control neuromuscular de la musculatura lumbo-pélvica; reduce el valgo dinámico de rodilla en población adulta físicamente activa.

Una intervención de una única sesión de ET centrada en ejercicios de movilidad articular de tobillo y cadera, y ejercicios de activación y control neuromuscular de la musculatura lumbo-pélvica; reduce el valgo dinámico de rodilla en el test Lateral Step-Down.

Una intervención de una única sesión de ET centrada en ejercicios de movilidad articular de tobillo y cadera, y ejercicios de activación y control neuromuscular de la musculatura lumbo-pélvica; reduce el valgo dinámico de rodilla en el test Single Leg Landing.

Una intervención de una única sesión de ET centrada en ejercicios de movilidad articular de tobillo y cadera, y ejercicios de activación y control neuromuscular de la musculatura lumbo-pélvica; mejora la estabilidad de la rodilla en el plano frontal en tareas monopodales.

Una intervención de una única sesión de ET centrada en ejercicios de movilidad articular de tobillo y cadera, y ejercicios de activación y control neuromuscular de la musculatura lumbo-pélvica; mejora la estabilidad de la cadera en el plano frontal en tareas monopodales.

10. Bibliografía

1. Kapandji AI. Fisiología Articular. Tomo 2. Miembro inferior. Panamericana; 1987.
2. Drake RL, Vogl AW, Mitchell AWM. Gray's Anatomy for Students. 4th ed. Philadelphia, PA: Elsevier; 2019:635-657.
3. Moore KL, Dalley AF, Agur AMR. Clinically Oriented Anatomy. 7th ed. Philadelphia, PA: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins; 2014.
4. Schmidt E, Harris-Hayes M, Salsich GB. Dynamic knee valgus kinematics and their relationship to pain in women with patellofemoral pain compared to women with chronic hip joint pain. *J Sport Health Sci.* 2019 Sep;8(5):486-493. doi: 10.1016/j.jshs.2017.08.001. Epub 2017 Aug 18. PMID: 31511797; PMCID: PMC6738932; NIHMSID: NIHMS942908.
5. Wilczyński B, Zorena K, Ślęzak D. Dynamic Knee Valgus in Single-Leg Movement Tasks. Potentially Modifiable Factors and Exercise Training Options. A Literature Review. *Int J Environ Res Public Health.* 2020 Nov 6;17(21):8208. doi: 10.3390/ijerph17218208. PMID: 33172101; PMCID: PMC7664395.
6. Sasaki S, Tsuda E, Yamamoto Y, Maeda S, Kimura Y, Fujita Y, Ishibashi Y. Core-muscle training and neuromuscular control of the lower limb and trunk 12. *J Athl Train.* 2019 Sep;54(9):959-969.
7. Lima YL, Ferreira VMLM, de Paula Lima PO, Bezerra MA, de Oliveira RR, Almeida GPL. The association of ankle dorsiflexion and dynamic knee valgus: A systematic review and meta-analysis. *Phys Ther Sport.* 2018 Jan;29:61-69. doi: 10.1016/j.ptsp.2017.07.003. PMID: 28974358.
8. Coelho BAL, Rodrigues HLDN, Almeida GPL, João SMA. Immediate Effect of Ankle Mobilization on Range of Motion, Dynamic Knee Valgus, and Knee Pain in Women With Patellofemoral Pain and Ankle Dorsiflexion Restriction: A Randomized Controlled Trial With 48-Hour Follow-Up. *J Sport Rehabil.* 2021 Sep 1;30(5):697-706. doi: 10.1123/jsr.2020-0183. PMID: 33373976.
9. Larwa J, Stoy C, Chafetz RS, Boniello M, Franklin C. Stiff Landings 1, Core Stability, and Dynamic Knee Valgus: A Systematic Review on Documented Anterior Cruciate Ligament Ruptures in Male and Female Athletes. *Int J Environ Res Public Health.*

- 2021 Apr 6;18(7):3826. doi: 10.3390/ijerph18073826. PMID: 33917488; PMCID: PMC8038785.
10. Dadfar M, Soltani M, Novinzad MB, Raahemifar K. Lower extremity energy absorption strategies at different phases during single and double-leg landings with knee valgus in pubertal female athletes. *Sci Rep*. 2021 Sep 1;11(1):17516. doi: 10.1038/s41598-021-96919-y. PMID: 34471189; PMCID: PMC8410826.
 11. Lim BO, An KO, Cho EO, Lim ST, Cho JH. Differences in anterior cruciate ligament injury risk factors between female dancers and female soccer players during single- and double-leg landing. *Sci Sports*. 1 de febrero de 2021;36(1):53-9.
 12. Taylor JB, Ford KR, Nguyen AD, Shultz SJ. Biomechanical Comparison of Single- and Double-Leg Jump Landings in the Sagittal and Frontal Plane. *Orthop J Sports Med* [Internet]. 28 de junio de 2016 [citado 30 de mayo de 2023];4(6). Disponible en: </pmc/articles/PMC4954550/>
 13. Aguirre-Rodríguez V, Valdés-Montor J, Valero-González F, Santa-María-Gasca N, Gómez-Pérez M, Sánchez-Silva M, et al. Prevalencia de lesión del ligamento colateral medial de la rodilla valorada por resonancia magnética. *Acta Ortop Mex* [Internet]. 2021 [citado 30 de mayo de 2023];35(3):271-5. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2306-41022021000300271&lng=es&nrm=iso&tlng=es
 14. Wyndow N, Collins NJ, Vicenzino B, Tucker K, Crossley KM. Foot and ankle characteristics and dynamic knee valgus in individuals with patellofemoral osteoarthritis. *J Foot Ankle Res* [Internet]. 11 de diciembre de 2018 [citado 30 de mayo de 2023];11(1). Disponible en: </pmc/articles/PMC6290542/>
 15. Rabin A, Portnoy S, Kozol Z. The association of ankle dorsiflexion range of motion with hip and knee kinematics during the lateral step-down test. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy* [Internet]. 1 de noviembre de 2016 [citado 30 de mayo de 2023];46(11):1002-9. Disponible en: <https://www.jospt.org/doi/10.2519/jospt.2016.6621>
 16. Boden BP, Torg JS, Knowles SB, Hewett TE. Video analysis of anterior cruciate ligament injury: abnormalities in hip and ankle kinematics. *Am J Sports Med*. 2009 Feb;37(2):252-9. DOI: 10.1177/0363546508328107. PMID: 19182110.

17. Ishida T, Yamanaka M, Takeda N, Aoki Y. Knee rotation associated with dynamic knee valgus and toe direction. *Knee*. 2014 Mar;21(2):563-6. DOI: 10.1016/j.knee.2012.12.002. PMID: 23290175.
18. García-Luna MA, Cortell-Tormo JM, García-Jaén M, Ortega-Navarro M, Tortosa-Martínez J. Acute Effects of ACL Injury-Prevention Warm-Up and Soccer-Specific Fatigue Protocol on Dynamic Knee Valgus in Youth Male Soccer Players. *Int J Environ Res Public Health*. 2020 Aug 4;17(15):5608. DOI: 10.3390/ijerph17155608. PMID: 32759692; PMCID: PMC7432391.
19. Bolgla LA, Gibson HN, Hannah DC, Curry-McCoy T. Comparison of the Frontal Plane Projection Angle and the Dynamic Valgus Index to Identify Movement Dysfunction in Females with Patellofemoral Pain. *Int J Sports Phys Ther*. 2023 Jun 1;18(3):619-625. doi: 10.26603/001c.74269. PMID: 37425107; PMCID: PMC10324282.
20. Shim, J., Ko, J., Kim, Y., Choi, Y., Kim, Y., & Park, M. (2018). Efficacy of Neuromuscular Training on Reducing Knee Joint Loads During Side-Step Cutting in Female Team Sport Athletes: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 48(12), 947-955. doi: 10.2519/jospt.2018.8185
21. Sugimoto, D., Myer, G. D., McKeon, J. M., Hewett, T. E., & Fox, A. S. (2018). Effects of Neuromuscular Training on Biomechanical Risk Factors for Knee Injuries in Female Athletes: A Randomized Controlled Trial. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 28(4), 344-352. doi: 10.1097/jsm.0000000000000468
22. Zago J, Amatuzzi F, Rondinel T, Matheus JP. Osteopathic Manipulative Treatment Versus Exercise Program in Runners With Patellofemoral Pain Syndrome: A Randomized Controlled Trial. *J Sport Rehabil*. 2020 Dec 17;30(4):609-618. DOI: 10.1123/jsr.2020-0108. PMID: 33333491
23. Jeong J, Choi DH, Shin CS. Core Strength Training Can Alter Neuromuscular and Biomechanical Risk Factors for Anterior Cruciate Ligament Injury. *Am J Sports Med*. 2021 Jan;49(1):183-192. DOI: 10.1177/0363546520972990. PMID: 33381989.
24. Atkins LT, James CR, Yang HS, Sizer PS, Brismée JM, Sawyer SF, Powers CM. Immediate Improvements in Patellofemoral Pain Are Associated With Sagittal Plane Movement Training to Improve Use of Gluteus Maximus Muscle During Single Limb

- Landing. *Phys Ther.* 2021 Oct 1;101(10):pzab165. DOI: 10.1093/ptj/pzab165. PMID: 34174077.
25. Nagelli CV, Di Stasi S, Wordeman SC, Chen A, Tatarski R, Hoffman J, Hewett TE. Knee biomechanical deficits during a single-leg landing task are addressed with neuromuscular training in anterior cruciate ligament-reconstructed athletes. *Clin J Sport Med* 1. 2021 Nov 1;31(6): e347-e353. DOI: 10.1097/JSM.0000000000000792. PMID: 31842056; PMCID: PMC7247920.
26. Moustridi E, Risvas K, Moustakas K. Predictive simulation of single-leg landing scenarios for ACL injury risk factors evaluation. *PLoS One.* 2023 Mar 9;18(3):e0282186. DOI: 10.1371/journal.pone.0282186. PMID: 36893124; PMCID: PMC9997920.
27. Silva RLE, Pinheiro YT, Lins CAA, de Oliveira RR, Scattone Silva R. Assessment of quality of movement during a lateral step-down test: Narrative review. *J Bodyw Mov Ther.* 2019 Oct;23(4):835-843. DOI: 10.1016/j.jbmt.2019.05.012. PMID: 31733769.
28. Kim N, Lee SY, Lee SC, Rosen AB, Grindstaff TL, Knarr BA. Effect of isolated hip abductor fatigue on single-leg landing mechanics and simulated ACL loading Knee. 2021 Jan;31:118-126. DOI: 10.1016/j.knee.2020.10.004. PMID: 33220682.
29. Almazán-Polo J, López-López D, Romero-Morales C, Rodríguez-Sanz D, Becerro-de-Bengoa-Vallejo R, Losa-Iglesias ME, et al. Quantitative Ultrasound Imaging Differences in Multifidus and Thoracolumbar Fasciae between Athletes with and without Chronic Lumbopelvic Pain: A Case-Control Study. *J Clin Med.* 2020 Aug 11;9(8):2647.
30. Lally EM, Thorpe J, Ericksen H, Earl-Boehm J. Reliability and criterion validity of two-dimensional movement assessments in those with patellofemoral pain. *Phys Ther Sport.* 2022 Nov;58:134-140. DOI: 10.1016/j.ptsp.2022.10.008.
31. Jamaludin NI, Sahabuddin FNA, Rasudin NS, Shaharudin S. The Concurrent Validity and Reliability of Single Leg Squat Among Physically Active Females with and without Dynamic Knee Valgus. *International Journal of Sports Physical Therapy.* 2022 Jul;17(4):574-584. PMID: 35693857; PMCID: PMC9159712. DOI: 10.26603/001c.35706.

32. Ribeiro DB, Rodrigues GDM, Bertoncetto D. Intra and inter-rater reliability in dynamic valgus in soccer players. *Rev Bras Med Esporte*. 2020;26:396-400.
33. Scholtes SA, Salsich GB. A dynamic valgus index that combines hip and knee angles: assessment of utility in females with patellofemoral pain. *Int J Sports Phys Ther*. 2017 Jun;12(3):333-340. PMID: 28593087; PMCID: PMC5455183.
34. Mostaed MF, Werner DM, Barrios JA. 2D and 3D kinematics during lateral step-down testing in individuals with anterior cruciate ligament reconstruction. *Int J Sports Phys Ther*. 2018 Feb;13(1):77-85. PubMed PMID: 29484244; PubMed Central PMCID: PMC5808016.
35. De Blaiser C, De Ridder R, Willems T, Danneels L, Roosen P. Reliability of two functional clinical tests to evaluate trunk and lumbopelvic neuromuscular control and proprioception in a healthy population. *Braz J Phys Ther*. 2019 Nov-Dec;23(6):541-548. PubMed PMID: 30470667; PubMed Central PMCID: PMC6849080. doi: 10.1016/j.bjpt.2018.10.014.
36. Wilczyński B, Radziwiński Ł, Sobierajska-Rek A, Zorena K. Association between Selected Screening Tests and Knee Alignment in Single-Leg Tasks among Young Football Players 12. *Int J Environ Res Public Health*. 2022 May 31;19(11):6719. PubMed PMID: 35682301; PubMed Central PMCID: PMC9179976. doi: 10.3390/ijerph19116719.
37. Herrington L, Alenezi F, Alzhrani M, Alrayani H, Jones R. The reliability and criterion validity of 2D video assessment of single leg squat and hop landing. *J Electromyogr Kinesiol*. 2017 Aug;34:80-85. PubMed PMID: 28495123. doi: 10.1016/j.jelekin.2017.04.004.
38. Toloza SM, Gómez-Conesa A. El Cuestionario Internacional de Actividad Física. Un instrumento adecuado en el seguimiento de la actividad física poblacional. *Rev Iberoam Fisioter Kinesiol*. 2007;10(1):48-52. doi: 10.1016/S1138-6045(07)73665-1.
39. Generador de Equipos & Grupos Aleatorios [Internet]. AppSorteos. 2021 [citado 31 agosto 2022]. Disponible en: <https://app-sorteos.com/es>
40. Ban R, Yang F. Preliminary study on acute effects of an intervention to increase dorsiflexion range of motion in reducing medial knee displacement. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2022;95:105637. DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2022.105637.

41. Sahabuddin FNA, Jamaludin NI, Hamzah NA, Chok CL, Shaharudin S. The effects of hip- and ankle-focused exercise intervention on lower limb mechanics during single leg squat among physically active females. *Phys Ther Sport*. 2022 May;55:70-79. DOI: 10.1016/j.ptsp.2022.03.001. PMID: 35272102.
42. Munro A, Herrington L, Comfort P. The Relationship Between 2-Dimensional Knee-Valgus Angles During Single-Leg Squat, Single-Leg-Land, and Drop-Jump Screening Tests. *J Sport Rehabil*. 2017 Jan;26(1):72-77. DOI: 10.1123/jsr.2015-0102. PMID: 28095108.
43. Niu W, Wang L, Jiang C, Zhang M. Effect of Dropping Height on the Forces of Lower Extremity Joints and Muscles during Landing: A Musculoskeletal Modeling. *J Healthc Eng*. 2018;2018:1–8. DOI: 10.1155/2018/2632603.
44. Agel J, Arendt EA, Bershadsky B. Anterior cruciate ligament injury in national collegiate athletic association basketball and soccer: a 13-year review. *Am J Sports Med*. 2005 Apr;33(4):524-30. DOI: 10.1177/0363546504269937. PMID: 15722283.
45. Shimokochi Y, Shultz SJ. Mechanisms of noncontact anterior cruciate ligament injury. *J Athl Train*. 2008 Jul-Aug;43(4):396-408. DOI: 10.4085/1062-6050-43.4.396. PMID: 18668173; PMCID: PMC2474820.
46. DiCesare CA, Montalvo A, Barber Foss KD, Thomas SM, Ford KR, Hewett TE, Jayanthi NA, Straccolini A, Bell DR, Myer GD. Lower Extremity Biomechanics Are Altered Across Maturation in Sport-Specialized Female Adolescent Athletes. *Front Pediatr*. 2019 Jun 28;7:268. DOI: 10.3389/fped.2019.00268. PMID: 31316956; PMCID: PMC6611338.

ANEXO I: Hoja de información al participante

Título: Estudio piloto de una intervención aguda de ejercicio terapéutico dirigida a mejorar la biomecánica de la rodilla con el fin de reducir el riesgo de lesión en población adulta físicamente activa.

Investigador: Juan Luis Cazorla Aláez.

El objetivo de este documento es ofrecer información sobre un estudio de un alumno de la Facultad de Fisioterapia de la Universidad de Coruña en el que se le invita a participar. Dicho estudio será realizado en la Facultad de Fisioterapia de la propia Universidad. La participación en este estudio es totalmente voluntaria y puede abandonar la investigación en cualquier momento sin dar ningún tipo de explicación ni consecuencia para usted.

¿Cuál es el propósito del estudio?

El objetivo de este estudio es determinar los efectos de una intervención ejercicio terapéutico sobre la biomecánica de la rodilla.

¿En qué consiste su participación?

Se realizará un estudio cruzado en el que los participantes realizarán dos intervenciones diferentes.

Previo a la primera sesión será necesario contestar al cuestionario IPAQ para medir el nivel de actividad de los participantes.

En la primera sesión se realizará una valoración inicial para comprobar si cumple los criterios de inclusión y para recoger sus datos en caso de que ser incluido en el estudio.

Dentro de cada sesión se grabará al paciente realizando unos tests para valorar así la biomecánica de la rodilla antes y después de la intervención

¿Qué riesgos o inconvenientes presenta?

Ni los test ni las intervenciones propuestas suponen ningún tipo de riesgo para usted. Además, se le supervisará en todo momento.

Efecto agudo de una sesión de ejercicio terapéutico sobre el valgo dinámico de rodilla durante tareas monopodales en población físicamente activa. Un estudio piloto.

¿Se publicarán los resultados?

Los resultados del estudio podrán ser publicados en congresos y/o revistas científicas, siempre respetando la confidencialidad de los datos de las participantes.

¿Cómo puedo contactar con el equipo que lleva a cabo el estudio?

Puede contactar con el investigador Juan Luis Cazorla Aláez a través del correo electrónico j.cazorla@udc.es

¡GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!

ANEXO II: Documento de consentimiento para la participación en un estudio de investigación

Título: Estudio piloto de una intervención aguda de ejercicio terapéutico dirigida a mejorar la biomecánica de la rodilla con el fin de reducir el riesgo de lesión en población adulta físicamente activa.

Investigador: Juan Luis Cazorla Aláez.

Mediante la firma de este consentimiento confirmo que:

- He leído y comprendido el documento resumen entregado. Además, he preguntado todas las dudas que me han surgido a partir del mismo y soy conocedor de la metodología, el tratamiento y los objetivos del estudio.
- Comprendo que mi participación en el estudio es voluntaria y, por lo tanto, puedo abandonar el mismo cuando lo crea conveniente sin necesidad de dar explicaciones y sin ninguna consecuencia.
- Acepto que mis datos personales sean empleados en las condiciones mostradas en las hojas de información para fines específicos del proyecto.
- He sido informado de que todos los datos adquiridos en el estudio serán confidenciales y se tratarán conforme establece la Ley Orgánica 15/1999 de Protección de Datos de Carácter Personal.
- Presto libremente mi conformidad para participar en este proyecto.

D/Dña..... con DNI.....
acepta la participación en el estudio teniendo en cuenta las consideraciones anteriores.

De acuerdo con lo dispuesto por la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales:

- Doy mi consentimiento para que se me tomen fotografías o videos, en formato digital o de otro tipo. Por la presente, autorizo el uso con fines didácticos, educativos.
- Autorizo el uso de la(s) imágenes(s) para el propósito de difusión a profesionales de la salud y miembros del público con fines educativos, de tratamiento, de investigación y científicos.

En A Coruña, a de, de 2023

Firmado (participante):

Firmado (investigador):

ANEXO III: Hoja de recogida de datos

Nombre:		Apellidos:	
Nº		Grupo:	
Fecha:		Hora:	
Edad:		Sexo:	
Altura (m):		Peso (kg):	
IMC(kg/m2):		Deporte:	
¿Tiene algún antecedente de fractura o cirugía en miembros inferiores?		<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No
¿Cuándo?	<input type="checkbox"/> Hace 2 años o mas	<input type="checkbox"/> Hace menos de 2 años	
¿Sufre algún dolor en la región lumbo-pélvica o en miembros inferiores?		<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No
¿Está embarazada?	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No	
Nivel de actividad Física según cuestionario IPAQ		<input type="checkbox"/> Moderada	<input type="checkbox"/> Alta
		FIRMA	

ANEXO IV: Cuestionario IPAQ

CUESTIONARIO INTERNACIONAL DE ACTIVIDAD FÍSICA (IPAQ)

Nos interesa conocer el tipo de actividad física que usted realiza en su vida cotidiana. Las preguntas se referirán al tiempo que destinó a estar activo/a en los últimos 7 días. Le informamos que este cuestionario es totalmente anónimo.

Muchas gracias por su colaboración

1.- Durante los últimos 7 días, ¿en cuántos realizo actividades físicas intensas tales como levantar pesos pesados, cavar, ejercicios hacer aeróbicos o andar rápido en bicicleta?	
Días por semana (indique el número)	
Ninguna actividad física intensa (pase a la pregunta 3)	<input type="checkbox"/>
2.- Habitualmente, ¿cuánto tiempo en total dedicó a una actividad física intensa en uno de esos días?	
Indique cuántas horas por día	
Indique cuántos minutos por día	
No sabe/no está seguro	<input type="checkbox"/>
3.- Durante los últimos 7 días, ¿en cuántos días hizo actividades físicas moderadas tales como transportar pesos livianos, o andar en bicicleta a velocidad regular? No incluya caminar	
Días por semana (indique el número)	
Ninguna actividad física moderada (pase a la pregunta 5)	<input type="checkbox"/>
4.- Habitualmente, ¿cuánto tiempo en total dedicó a una actividad física moderada en uno de esos días?	
Indique cuántas horas por día	
Indique cuántos minutos por día	
No sabe/no está seguro	<input type="checkbox"/>
5.- Durante los últimos 7 días, ¿en cuántos días caminó por lo menos 10 minutos seguidos?	
Días por semana (indique el número)	
Ninguna caminata (pase a la pregunta 7)	<input type="checkbox"/>
6.- Habitualmente, ¿cuánto tiempo en total dedicó a caminar en uno de esos días?	
Indique cuántas horas por día	
Indique cuántos minutos por día	
No sabe/no está seguro	<input type="checkbox"/>
7.- Durante los últimos 7 días, ¿cuánto tiempo pasó sentado durante un día hábil?	
Indique cuántas horas por día	
Indique cuántos minutos por día	
No sabe/no está seguro	<input type="checkbox"/>