UNIVERSIDAD EUROPEA DE VALENCIA

Facultad de Ciencias de la Salud

Grado en Fisioterapia

Trabajo Fin de Grado

Curso 2025-2026

Eficacia de la punción seca combinada con ejercicio terapéutico sobre el dolor y la función en bailarinas con síndrome de pinzamiento posterior de tobillo: protocolo de ensayo clínico aleatorizado

Autora

Dña. Emeline Lirot

Tutor

D. Pablo Taberner Mortes

Valencia, 2026

UNIVERSIDAD EUROPEA DE VALENCIA

Facultad de Ciencias de la Salud

Grado en Fisioterapia

Trabajo Fin de Grado

Curso 2025-2026

Eficacia de la punción seca combinada con ejercicio terapéutico sobre el dolor y la función en bailarinas con síndrome de pinzamiento posterior de tobillo: protocolo de ensayo clínico aleatorizado

TRABAJO FINAL DE GRADO PRESENTADO POR:

Dña. Emeline Lirot

TUTOR DEL TRABAJO:

D. Pablo Taberner Mortes

Valencia, 2026

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN 3

1.1. Síndrome de pinzamiento posterior de tobillo 3

1.2. Datos epidemiológicos 4

1.3. Impacto socioeconómico 5

1.4. Técnicas de intervención 6

1.4.1. Ejercicio terapéutico 6

1.4.2. Punción seca 7

1.5. Justificación del estudio 7

2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS 9

2.1. Hipótesis 9

2.2. Objetivos 9

3. MATERIAL Y MÉTODOS 10

3.1. Diseño de estudio 10

3.2. Descripción de la muestra 10

3.3. Criterios de inclusión y exclusión 11

3.4. Proceso de aleatorización o asignación de la muestra 11

3.5. Tamaño de la muestra 12

3.6. Descripción de la intervención 13

3.7. Variables del estudio 17

3.7.1. Variable principal 17

3.7.2. Variable secundarias 17

3.8. Medición de las variables del estudio 17

3.8.1. Evaluación del dolor y capacidad funcional 18

3.8.2. Valoración mecánica y neuromuscular 18

3.9. Análisis de los datos 18

3.10. Aspectos éticos en las investigaciones con seres humanos 19

3.11. Equipo investigador 19

3.12. Cronograma y plan de trabajo 20

3.13. Recursos y presupuesto 21

4. RESULTADOS ESPERADOS Y DISCUSIÓN 23

4.1. Resultados esperados 23
4.1.1. Intensidad del dolor (EVA) 23
4.1.2. Rango de movimiento (ROM) 23
4.1.3. Capacidad funcional y actividad deportiva (FAAM) 24
4.1.4. Fuerza muscular isométrica 24
4.1.5. Control postural dinámico (SEBT) 24
4.2. Implicaciones clínicas 25
4.3. Futuras líneas de investigación 25
4.4. Limitaciones y fortalezas del estudio 26
4.4.1. Limitaciones 26
4.4.2. Fortalezas 26
5. REFERENCIAS 28
6. AGRADECIMIENTOS 30
7. ANEXOS 31

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

- **PAIS :** Posterior Ankle Impingement Syndrome (Síndrome de pinzamiento posterior del tobillo)
- **MCID :** Minimal Clinically Important Difference (Diferencia mínima clínicamente importante)
- **DMCS :** Diferencia Mínima Clínicamente Significativa
- **PGM :** Puntos Gatillo Miofasciales
- **EVA :** Escala Visual Analógica
- **ROM :** Range of Motion (Rango de movimiento)
- **FAAM :** Foot and Ankle Ability Measure
- **SEBT :** Star Excursion Balance Test
- **FHL :** Flexor Hallucis Longus (Flexor largo del hallux)
- **GE :** Grupo Experimental
- **GC :** Grupo Control
- **ECA :** Ensayo Clínico Aleatorizado
- **ADL :** Activities of Daily Living (Subescala de actividades de la vida diaria del FAAM)
- **S :** Sports (Subescala de deporte del FAAM)
- **DN :** Dry Needling (Punción seca)
- **ET :** Ejercicio Terapéutico
- **RGPD :** Reglamento General de Protección de Datos

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cronograma del estudio..... 20

Tabla 2. Recursos humanos 21

Tabla 3. Equipamiento no fungible (material en préstamo) 22

Tabla 4. Material fungible 22

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Punción seca en triceps sural y FHL 16

Figura 2. Punción seca en los peroneos 16

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Consentimiento informado 31

Anexo 2. Programa de ejercicio terapéutico: ilustración de los ejercicios ..…..…..... 38

Anexo 3. Escala Visual Analógica (EVA)..... 46

Anexo 4. Cuestionario FAAM .....….....…….... 47

Anexo 5. Lista de verificación CONSORT 2025 ….....….…. 49

Anexo 6. Hoja de recogida de datos .....… 51

PROTOCOLO

Eficacia de la punción seca combinada con ejercicio terapéutico sobre el dolor y la función en bailarinas con síndrome de pinzamiento posterior de tobillo: protocolo de ensayo clínico aleatorizado

Emeline LIROT

RESUMEN

Introducción: El síndrome de pinzamiento posterior del tobillo (PAIS) es una patología frecuente en bailarines de ballet clásico, caracterizada por dolor posterior desencadenado durante la flexión plantar extrema. A pesar de su relevancia clínica y su impacto profesional, socioeconómico y psicológico en esta población, existe una importante laguna bibliográfica en cuanto a los protocolos de tratamiento conservador específicamente adaptados a las exigencias biomecánicas del ballet. Ningún ensayo clínico ha evaluado hasta la fecha la combinación de punción seca y ejercicio terapéutico en bailarines con PAIS.

Objetivos: El objetivo principal es evaluar la eficacia de un protocolo combinado de punción seca y ejercicio terapéutico en la reducción de la intensidad del dolor, medida mediante la Escala Visual Analógica (EVA), en comparación con el ejercicio terapéutico aislado. Los objetivos secundarios incluyen la evaluación del rango de movimiento, la fuerza muscular, la capacidad funcional (FAAM) y el control postural dinámico (SEBT).

Material y métodos: Se propone un ensayo clínico controlado aleatorizado (ECA) con evaluación ciega y grupos paralelos. La muestra estará compuesta por 40 bailarines de ballet profesionales de entre 18 y 29 años con diagnóstico clínico de PAIS. Los participantes serán asignados aleatoriamente a un grupo experimental (punción seca + ejercicio terapéutico) o a un grupo control (ejercicio terapéutico aislado). La intervención tendrá una duración de 8 semanas, con tres sesiones semanales. Las mediciones se realizarán en tres momentos: basal (T0), al finalizar la intervención (T1) y a las 8 semanas de seguimiento (T2).

Resultados esperados: Se espera que el grupo experimental presente una reducción significativamente mayor del dolor, así como mejoras superiores en el rango de movimiento, la fuerza muscular, la capacidad funcional y el control postural dinámico, en comparación con el grupo control. Estos resultados contribuirían a generar evidencia científica aplicable en la práctica clínica de la fisioterapia en danza, reduciendo el tiempo de inactividad y el impacto socioeconómico asociado al PAIS en bailarines profesionales.

Palabras clave: síndrome de pinzamiento posterior del tobillo, punción seca, ejercicio terapéutico, bailarines de ballet, ensayo clínico aleatorizado.

PROTOCOL

Efficacy of dry needling combined with therapeutic exercise on pain and function in ballet dancers with posterior ankle impingement syndrome: a randomized clinical trial protocol

Emeline LIROT

ABSTRACT

Introduction: Posterior ankle impingement syndrome (PAIS) is a common condition among classical ballet dancers, characterized by posterior ankle pain triggered during extreme plantar flexion. Despite its clinical relevance and its professional, socioeconomic and psychological impact on this population, there is a significant gap in the literature regarding conservative treatment protocols specifically adapted to the biomechanical demands of ballet. To date, no clinical trial has evaluated the combination of dry needling and therapeutic exercise in dancers with PAIS.

Objectives: The primary objective is to assess the efficacy of a combined protocol of dry needling and therapeutic exercise in reducing pain intensity, measured using the Visual Analogue Scale (VAS), compared to therapeutic exercise alone. Secondary objectives include the evaluation of range of motion, muscle strength, functional capacity (FAAM) and dynamic postural control (SEBT).

Material and methods: A randomized controlled trial (RCT) with blinded assessment and parallel groups is proposed. The sample will consist of 40 professional ballet dancers aged 18 to 29 years with a clinical diagnosis of PAIS. Participants will be randomly assigned to an experimental group (dry needling + therapeutic exercise) or a control group (therapeutic exercise alone). The intervention will last 8 weeks, with three sessions per week. Measurements will be taken at three time points: baseline (T0), immediately after the intervention (T1) and at 8 weeks follow-up (T2).

Expected results: The experimental group is expected to show a significantly greater reduction in pain, as well as superior improvements in range of motion, muscle strength, functional capacity and dynamic postural control compared to the control group. These results would contribute to generating scientific evidence applicable to clinical dance physiotherapy practice, reducing downtime and the socioeconomic impact associated with PAIS in professional dancers.

Keywords: posterior ankle impingement syndrome, dry needling, therapeutic exercise, ballet dancers, randomized controlled trial.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Síndrome de pinzamiento posterior de tobillo

El pinzamiento posterior del tobillo (PAIS), es un síndrome característico de la hiperflexión plantar con dolor posterior en el tobillo, que se nota principalmente en los futbolistas y los bailarines de ballet [1]. Este síndrome se debe a un conflicto mecánico entre las estructuras óseas y/o a lesiones de los tejidos blandos [1,2]. Las estructuras óseas responsables del PAIS se sitúan en la parte tibiocalcánea e incluyen el proceso posterolateral del astrágalo (proceso de Stieda), hueso trígono, coalición subtalar, osteofitos, cuerpos libres, condromatosis, lesiones osteocondrales, también por afectación del maléolo posterior o de la tuberosidad posterior del calcáneo [1,2]. El hueso trígono es un hueso accesorio presente en el 7% al 14% de los adultos, habitualmente asintomático, pero que puede volverse doloroso en personas que practican deportes con flexión plantar repetida [2]. Aunque, habitualmente se ha considerado al hueso trígono o al proceso de Stieda como las principales estructuras implicadas, la literatura reciente subraya que el PAIS raramente se origina de forma aislada en estas estructuras, y que con frecuencia coexisten múltiples patologías asociadas, tanto óseas como de tejidos blandos [3]. Las lesiones de tejidos blandos constituyen una causa importante de PAIS, destacando la tenosinovitis del flexor largo del hallux (FHL), presente en 69,4% de los casos con trastornos de Stieda [3]. Otros hallazgos frecuentes incluyen la sinovitis posteromedial y posterolateral, conflicto capsular posterior y el impacto del ligamento tibioperoneo posteroinferior [1,3]. Además, el impacto de músculos anormales puede ser una fuente de pinzamiento posterior [1].

Este dolor es difícil de localizar con precisión y, en ocasiones, puede irradiarse a las estructuras vecinas [1].

Por lo tanto, el diagnóstico es principalmente clínico, basado en la exploración física, la evaluación de la amplitud articular y la reproducción del dolor durante la prueba de flexión plantar forzada. El paciente refiere habitualmente un dolor profundo, crónico o recurrente en la parte posterior del tobillo, desencadenado por la flexión plantar forzada o actividades de empuje [2]. Sin embargo, la ausencia de dolor durante esta prueba no descarta totalmente el diagnóstico [1]. Es necesario tener en cuenta los principales diagnósticos diferenciales de los dolores posteriores del tobillo [1]. Las técnicas de imagen permiten confirmar el diagnóstico. Las radiografías y la tomografía computarizada son útiles para visualizar las estructuras óseas, mientras que la resonancia magnética permite evaluar los tejidos blandos. La ecografía dinámica presenta la ventaja de poder reproducir los síntomas durante las maniobras de exploración física [3]. También se puede utilizar una infiltración guiada por ecografía con fines diagnósticos [1].

La disciplina del ballet clásico exige una elevada rigurosidad técnica y el desarrollo de capacidades físicas específicas, forjadas a través de años de entrenamiento intensivo en un entorno caracterizado por su alta especialización y exigencia. Los profesionales se ven expuestos a jornadas de entrenamiento prolongadas, desplazamientos recurrentes asociados a las representaciones, frecuentemente en horarios nocturnos, así como a una presión

competitiva constante vinculada al rendimiento y a la preservación de su posición dentro de la compañía [4].

En este escenario, la integridad física se constituye como el activo laboral primario del bailarín. Por consiguiente, la aparición de una patología como el PAIS conlleva repercusiones transdisciplinares que trascienden el ámbito clínico, afectando profundamente las esferas profesional, social y económica del individuo. En particular, el temor a la incapacidad funcional y a la consecuente pérdida del estatus profesional representa un estresor psicológico de primer orden en esta población [4].

En este sentido, la biomecánica específica del ballet, caracterizada por movimientos repetitivos en flexión plantar extrema, especialmente durante el trabajo en puntas extremas, conlleva una sobrecarga de las estructuras posteriores del tobillo y puede contribuir a la aparición o agravamiento de la lesión en ausencia de un adecuado descanso o de modificaciones en la actividad [5].

1.2. Datos epidemiológicos

La prevalencia y la incidencia del PAIS entre los bailarines de ballet a nivel mundial o europeo no están claramente documentadas en la literatura actual. A nivel español, aunque no existen datos epidemiológicos específicos sobre el PAIS, un estudio descriptivo realizado en las principales compañías de danza españolas entre 2005 y 2010 confirmó que las lesiones por sobreuso son las más frecuentes en esta población, siendo el ballet clásico la disciplina más afectada [6]. No obstante, se dispone de datos relevantes sobre las patologías del tobillo en general [5].

Según la evidencia disponible, la incidencia de consultas (Medical Attention, MA) por lesiones por bailarín al año es de 1,10 y, más concretamente, en el caso del PAIS, la incidencia es de 0,16 en las mujeres y de 0,07 en los hombres. En cuanto a la prevalencia específica del PAIS, se halló que el 38 % (29 de 77) de los bailarines profesionales y estudiantes de alto nivel encuestados habían sufrido de este síndrome a lo largo de su carrera [7], aunque cabe señalar que la muestra de dicho estudio fue limitada. Asimismo, el complejo pie-tobillo representa la región anatómica más afectada en los bailarines, alcanza el 62 % del total de las lesiones [5].

En relación con las lesiones que implican una pérdida de tiempo (Time Loss, TL), es decir, las que requieren la interrupción de la actividad, la tasa de incidencia en las mujeres es de 0,08 y en los hombres de 0,02 [5]. Un estudio representa el primer trabajo hasta la fecha que recoge las tasas de incidencia de lesiones médicas en el pie y el tobillo según diagnósticos específicos [5]. Esta marcada diferencia de incidencia entre sexos se explica fundamentalmente por las distintas exigencias técnicas, como el trabajo de puntas realizado por las bailarinas [5,6].

Finalmente, es importante destacar que el PAIS es una patología a menudo infradiagnosticada [4], a pesar de constituir una de las lesiones más relevantes en la danza clásica [5]. A día de hoy, no existen suficientes estudios longitudinales para evaluar con precisión la evolución de su incidencia. No obstante, actualmente el PAIS goza de un mayor reconocimiento y, por lo tanto,

se diagnostica más fácilmente, gracias a la importancia de la patología en los atletas y los avances en el campo de la imagen médica [1].

1.3. Impacto socioeconómico

La literatura científica describe diversos factores que condicionan la calidad de vida de los bailarines y que se ven significativamente exacerbados ante la presencia de una lesión crónica [4]. Entre ellos destaca el estrés personal asociado a los prolongados periodos de entrenamiento técnico, flexibilidad y fortalecimiento, los cuales se inician frecuentemente en etapas prepuberales [4]. Asimismo, las exigencias estéticas propias de esta disciplina favorecen una elevada prevalencia de trastornos de la conducta alimentaria en esta población [4]. Debido a que la trayectoria profesional del bailarín es excepcionalmente corta finalizando habitualmente en torno a los 30 años, se requiere una elevada tolerancia al dolor para evitar la inactividad, lo que conlleva que muchos profesionales no logren consolidar su carrera a pesar de años de dedicación [4].

Investigaciones recientes confirman la magnitud de esta problemática, señalando que el 97 % de los bailarines profesionales sufren al menos una lesión por temporada [8]. Esta demanda competitiva propicia el fenómeno del presentismo, entendido como la continuidad de la actividad laboral a pesar de sufrir problemas de salud. Se estima que, durante el 29 % de los días de una temporada, los bailarines operan por debajo de su potencial máximo debido a lesiones, situación que contribuye a la cronificación de los síntomas y a una disminución de la productividad de las compañías [8].

Desde una perspectiva psicológica y emocional, el compromiso precoz e intenso puede limitar el desarrollo del entorno social externo y dificultar la gestión del estrés y del fracaso [4]. La ansiedad, la pérdida de autoconfianza y los episodios depresivos son frecuentes en esta población, afectando aproximadamente al 28 % de los bailarines durante una temporada [8]. A nivel económico, la especialización temprana a menudo implica un desplazamiento de la formación académica, lo que convierte cualquier periodo de inactividad por lesión en una situación de extrema vulnerabilidad debido a la inestabilidad de los ingresos generados [4].

En relación con las limitaciones funcionales y deportivas, un estudio de cohortes realizado en 455 bailarines profesionales, identificaron 255 lesiones que requirieron atención médica (MA-FAI) o provocaron pérdida de tiempo de actividad (TL-FAI) [5]. Entre las lesiones MA-FAI, el 43 % requirió modificaciones en la actividad, mientras que el 57 % de los bailarines continuó entrenando a pesar de la lesión, factor que favorece la persistencia de la sintomatología [5]. El síndrome de pinzamiento posterior del tobillo se asocia con una duración media de la lesión de 18 días en mujeres y de hasta 90 días en hombres, lo que evidencia su severo impacto en la práctica profesional [5]. Además, los bailarines con antecedentes de lesión aguda del ligamento lateral del tobillo presentan un riesgo diez veces mayor de requerir cirugía ante la presencia de un hueso trígono, lo que implica una evolución potencial hacia tratamientos más invasivos y costosos [5].

En conjunto, el pinzamiento posterior del tobillo no constituye únicamente una lesión localizada, sino que genera importantes repercusiones transdisciplinares en la actividad profesional, la salud mental y la estabilidad socioeconómica del bailarín [4, 5, 8]. Esto justifica la necesidad de desarrollar estrategias de tratamiento conservador eficaces, como la punción seca y el ejercicio terapéutico, que permitan reducir el tiempo de inactividad y prevenir las complicaciones asociadas.

1.4.Técnicas de intervención

El pinzamiento posterior del tobillo (PAIS) se asocia a una sobrecarga mecánica y a una inadecuada gestión de las tensiones durante la flexión plantar. En este contexto, el ejercicio terapéutico constituye una de las principales estrategias de intervención conservadora.

1.4.1.Ejercicios térapeuticos

El ejercicio terapéutico se basa en una rehabilitación dinámica y funcional, frecuentemente desarrollada en cadena cinética cerrada, cuyo objetivo es favorecer la actividad frente al reposo [9]. Se ha señalado que su integración en programas de hidroterapia activa permite una movilización con descarga parcial, facilitando las fases iniciales de control motor [10].

Este enfoque contribuye a mejorar la fuerza muscular, el control postural y el rango de movimiento, además de reducir el riesgo de recurrencia lesional [9]. En el contexto del PAIS, resulta especialmente relevante para estabilizar el tobillo y minimizar los micromovimientos que perpetúan el conflicto posterior [11].

Asimismo, favorece la recuperación neuromuscular y la función sensoriomotora, aspectos clave en la prevención de nuevas lesiones [10].

Respecto a la evidencia clínica, se reportaron mejoras significativas en el control postural cuantificadas mediante el Star Excursion Balance Test (SEBT), una reducción del riesgo de recidiva (riesgo relativo < 1) y un incremento en la función percibida a través de escalas de discapacidad autoinformadas [9]. En dicho análisis, la implementación de dispositivos inestables como la wobble board resultó determinante para consolidar los resultados funcionales [9].

Por su parte, investigaciones más recientes evidenciaron incrementos significativos en la fuerza isométrica de la musculatura dorsiflexora y peronea, acompañados de una evolución favorable en las subescalas del cuestionario funcional FAAM [10]. No obstante, los autores destacaron la persistencia de déficits neuromusculares tras tres meses de intervención, lo que subraya la necesidad de diseñar programas de rehabilitación prolongados o con un enfoque neurofisiológico específico que garantice una recuperación integral [10].

Entre las principales ventajas del ejercicio terapéutico destacan su eficacia en la reducción de recidivas, la mejora de la estabilidad percibida y su bajo coste; sin embargo, requiere una

elevada adherencia por parte del paciente, con programas de entre 4 y 8 semanas y progresiones cuidadosamente adaptadas para evitar la exacerbación del dolor [9,10]. Finalmente, se ha observado que los programas preventivos específicos pueden reducir hasta en un 82 % la incidencia de lesiones en bailarines profesionales [11], lo que refuerza la relevancia del ejercicio terapéutico como pilar fundamental en el abordaje del PAIS.

1.4.2.*Punción seca (Dry Needling)*

La punción seca (dry needling, DN) se define como una técnica invasiva dirigida al tratamiento de los puntos gatillo miofasciales (PGM), a menudo asociados con síntomas de inestabilidad del tobillo, que pueden desarrollarse durante una carga excéntrica y estiramientos repetidos, como ocurre en el flexor largo del hallux (FHL) [12]. Desde el punto de vista de la neurofisiología del dolor, los puntos gatillo activos constituyen fuentes constantes de input nociceptivo periférico que contribuyen a la sensibilización central y periférica [13]. La punción seca actúa a múltiples niveles: reduce la nocicepción periférica en el área del punto gatillo, disminuye la actividad de las neuronas del asta dorsal medular y modula las vías inhibitorias centrales del dolor [13]. A nivel local, altera la excitabilidad de la banda muscular, mejora la superposición de los filamentos de actina y miosina, disminuye la actividad eléctrica espontánea (SEA) y normaliza los niveles de acetilcolina en la unión neuromuscular [12, 14]. Además, se ha reportado que la punción seca no solo reduce el dolor local y referido, sino que también mejora el rango de movimiento (Range of Motion, ROM) y los patrones de activación muscular y modifica el entorno químico de los puntos gatillo [14]. Por su parte, se ha demostrado que su aplicación mejora la amplitud articular incluso 8 semanas después de la última sesión, con impacto directo sobre el dolor y la calidad de vida del paciente [12].

La combinación de ambas técnicas presenta una justificación fisiopatológica sólida. La punción seca actúa sobre los puntos gatillo activos reduciendo el dolor y la inhibición muscular nociceptiva [12, 14], lo que facilita la realización del ejercicio terapéutico al disminuir el umbral de dolor durante la carga [13]. A su vez, el ejercicio terapéutico consolida los efectos de la punción seca al restablecer los patrones de activación neuromuscular, mejorar la estabilidad del tobillo y prevenir la reactivación de los puntos gatillo mediante el fortalecimiento progresivo de la musculatura afectada [9,10]. Esta sinergia entre ambas técnicas ha sido descrita en la literatura como un enfoque complementario en el tratamiento de patologías musculoesqueléticas crónicas, donde la punción seca prepara el tejido muscular y el ejercicio consolida la recuperación funcional [13].

1.5.Justificación del estudio

Actualmente, el síndrome de pinzamiento posterior del tobillo (PAIS) es objeto de estudio principalmente en lo que respecta al diagnóstico clínico, las técnicas de imagen y el tratamiento quirúrgico [1,2]. Sin embargo, existe una importante laguna bibliográfica en cuanto a los protocolos de tratamiento conservador, tanto en población general como en bailarines de ballet específicamente. En cuanto al ejercicio terapéutico, su eficacia ha sido demostrada en

poblaciones deportivas generales como el fútbol o el baloncesto [9,10], pero estas pruebas se basan a menudo en estudios de casos aislados [15] o en poblaciones que no comparten las exigencias biomecánicas específicas del ballet clásico. De hecho, ningún estudio ha evaluado hasta la fecha la eficacia de un programa de ejercicio terapéutico adaptado a las restricciones técnicas del ballet en bailarines con PAIS.

En cuanto a la punción seca, aunque su eficacia sobre los puntos gatillo miofasciales ha sido documentada en diversas patologías musculoesqueléticas [12,17], su aplicación específica en bailarines con PAIS no ha sido evaluada en ningún ensayo clínico controlado. El único precedente disponible en esta población es un estudio piloto [17] que analizó los efectos agudos de la punción seca sobre el tríceps sural en bailarines, pero con un tamaño muestral reducido y sin grupo control adecuado.

Por otra parte, los datos epidemiológicos específicos del PAIS en bailarines siguen siendo escasos [5], y las adaptaciones terapéuticas necesarias para responder a las exigencias biomecánicas propias del ballet, especialmente el trabajo en puntas, no han sido suficientemente exploradas en la literatura [11].

Finalmente, ningún estudio clínico a gran escala ha evaluado la eficacia de un programa que combine el ejercicio terapéutico y la punción seca para el PAIS en bailarines de ballet. El presente protocolo pretende cubrir este vacío, contribuyendo a mejorar la calidad de vida de los bailarines, reducir el impacto económico relacionado con las lesiones y generar evidencia científica aplicable en la práctica clínica de la fisioterapia en danza.

2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

2.1.Hipótesis

La aplicación de un protocolo de punción seca en los puntos gatillos miofasciales de la musculatura implicada (gemelos, sóleos, tibial posterior y flexor largo del hallux), combinado con un programa de ejercicio terapéutico y reeducación de la técnica, será más eficaz que la aplicación aislada del ejercicio terapéutico y la reeducación de la técnica para reducir el dolor y mejorar la capacidad funcional en bailarines de ballet con el síndrome de pinzamiento posterior de tobillo.

2.2.Objetivos

Objetivo principal :

- Evaluar la eficacia de la punción seca combinada al ejercicio terapéutico en la reducción de la intensidad del dolor mediante la Escala Visual Analógica (EVA) en bailarines con síndrome de pinzamiento posterior de tobillo, en comparación con un grupo control que realiza únicamente el programa de ejercicios y corrección de técnica.

Objetivos secundarios :

- Evaluar el efecto de la intervención sobre el rango de movimiento (ROM) de la articulación del tobillo mediante goniómetría.
- Analizar el efecto de la intervención sobre la fuerza muscular del tobillo mediante dinamometría manual de presión, con especial atención a los músculos flexor largo del hallux, peroneos y gastrocnemios.
- Analizar el efecto de la intervención sobre la capacidad funcional y la actividad deportiva mediante el cuestionario Foot and Ankle Ability Measure (FAAM), subescala de deporte.
- Determinar el efecto de la intervención sobre el control postural dinámico mediante el Star Excursion Balance Test (SEBT).
- Analizar el mantenimiento de los efectos de la intervención a medio plazo (8 semanas tras la finalización del tratamiento) en las variables de resultado.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1.Diseño de estudio

El presente estudio adopta un diseño de ensayo clínico controlado aleatorizado (ECA) con evaluación ciega y grupos paralelos. Los participantes serán asignados aleatoriamente a uno de dos grupos: un grupo experimental (GE), que recibirá un programa de ejercicio terapéutico combinado con punción seca, y un grupo control (GC), que realizará únicamente el programa de ejercicio terapéutico.

La elección de este diseño se justifica por la escasez de evidencia científica sobre el tratamiento conservador del PAIS en bailarines de ballet, población con exigencias biomecánicas específicas que no han sido suficientemente exploradas en la literatura. El estudio adoptará un enfoque cuantitativo, basado en la medición sistemática de variables clínicas validadas: el dolor, la movilidad articular, la fuerza muscular y la función del tobillo.

La lista de verificación CONSORT se recoge en el Anexo 5 [25].

3.2.Descripción de la muestra

La muestra estará compuesta por bailarines de ballet profesionales de ambos sexos, con edades comprendidas entre los 18 y los 29 años, coincidiendo con el periodo de mayor carga de trabajo e intensidad técnica de la disciplina [5,6]. La inclusión de ambos sexos permite evaluar la eficacia de la intervención considerando los distintos mecanismos lesionales asociados al PAIS, especialmente en lo que respecta al trabajo en puntas, exclusivo de las bailarines [5]. Los participantes deberán presentar un diagnóstico clínico de PAIS con una evolución mínima de 3 meses, así como dolor mecánico reproducible mediante la prueba de flexión plantar pasiva forzada.

El reclutamiento se llevará a cabo en escuelas de danza y conservatorios profesionales, centros de formación de alto nivel y compañías de ballet clásico profesionales, a través del contacto directo con los equipos médicos y de fisioterapia de cada centro.

El proceso de reclutamiento se organizará en tres fases. En primer lugar, se realizará un contacto inicial con los centros seleccionados para presentar el proyecto. A continuación, se realizará una sesión informativa destinada a los responsables y profesionales sanitarios de los centros interesados. Finalmente, se procederá a la selección de los candidatos que cumplan los criterios de inclusión y exclusión. Se prevé reclutar un total de 40 bailarines (20 por grupo), cifra establecida a partir del cálculo del tamaño muestral, que garantiza la potencia estadística necesaria para detectar diferencias clínicamente relevantes entre los grupos.

3.3.Criterios de inclusión y exclusión

Criterios de inclusión :

Podrán participar en el estudio los sujetos que cumplan todos los criterios siguientes :

- Hombres y mujeres de entre 18 y 29 años [5, 6].
- Bailarines de ballet clásico de nivel profesional en activo y estudiantes de conservatorio.
- Diagnóstico clínico de PAIS con una evolución de los síntomas de al menos 3 meses [10].
- Presencia de dolor mecánico reproducible mediante la prueba de flexión plantar pasiva forzada [2].
- Firma del consentimiento informado previo a la participación en el estudio.

El modelo de consentimiento informado utilizado se recoge en el Anexo 1.

Criterios de exclusión :

Quedarán excluidos del estudio los sujetos que presenten alguna de las condiciones siguientes :

- Intervención quirúrgica de pie o tobillo en los últimos 12 meses.
- Contraindicaciones absolutas o relativas para la punción seca : belonefobia, trastornos de la coagulación, tratamiento anticoagulante, presencia de linfedema o infecciones cutáneas activas en la región del tobillo [12].
- Infiltración de corticoides u otras técnicas de fisioterapia invasiva en el tobillo en los últimos 3 meses [10].
- Presencia de patología asociada que pueda interferir con los resultados : fractura por estrés, neuropatía periférica, rotura ligamentosa aguda, trastorno neurológico o vestibular que comprometa el control postural.
- Embarazo en el momento de la inclusión o durante el transcurso del estudio.
- Incapacidad o negativa a comprometerse con la totalidad del protocolo de intervención previsto.

3.4.Proceso de aleatorización o asignación de la muestra

Tras la verificación de los criterios de inclusión y exclusión y la obtención del consentimiento informado, los participantes serán asignados aleatoriamente a uno de los dos grupos de intervención (GE o GC). La secuencia de aleatorización será generada mediante un programa informático de generación de números aleatorios, garantizando una asignación equitativa entre ambos grupos.

El proceso de asignación será llevado a cabo por un investigador independiente, ajeno tanto a la evaluación como a la aplicación de las intervenciones, con el objetivo de minimizar los posibles sesgos de selección. La asignación se mantendrá oculta mediante sobres opacos, cerrados y numerados secuencialmente, que serán abiertos únicamente tras la inclusión definitiva del participante.

El evaluador responsable de las mediciones permanecerá ciego a la asignación de los grupos durante todo el estudio, con el fin de reducir el sesgo de evaluación y garantizar la validez interna del ensayo. La aleatorización se realizará en bloques permutados de tamaño 4, para asegurar un reparto equilibrado de los 40 participantes a lo largo del proceso de reclutamiento.

3.5.Tamaño de la muestra

El tamaño muestral se calculó mediante el programa estadístico G*Power (versión 3.1, Universidad de Düsseldorf, Alemania), utilizando la opción ANOVA: Repeated measures, between–within interaction, correspondiente a un diseño mixto con un factor inter-sujeto (grupo: dos niveles: grupo experimental y grupo control) y un factor intra-sujeto (tiempo: tres mediciones: preintervención, postintervención y seguimiento a las 8 semanas).

El efecto de interés fue la interacción grupo × tiempo, dado que el objetivo principal del estudio es determinar si la aplicación de punción seca combinada con un programa de ejercicio terapéutico y reeducación de la técnica produce mayores mejoras en la intensidad del dolor en comparación con el ejercicio terapéutico y la reeducación de la técnica aislados en bailarines de ballet con síndrome de pinzamiento posterior de tobillo.

La variable principal fue la intensidad del dolor, medida mediante la Escala Visual Analógica (EVA, 0–10 cm).

La estimación del tamaño del efecto se fundamentó en un estudio piloto que analizó los efectos de la punción seca en bailarines de ballet, en el que se observaron mejoras clínicamente relevantes en la intensidad del dolor [17].

Dado el carácter exploratorio y el reducido tamaño muestral de dicho estudio, se adoptó un enfoque conservador, asumiendo un tamaño del efecto moderado-alto (f = 0,35), equivalente aproximadamente a un d de Cohen de 0,7, con el fin de evitar la sobreestimación del efecto esperado.

Se estableció un nivel de significación $\alpha = 0,05$, una potencia estadística $(1 - \beta)$ del 80% y una correlación entre medidas repetidas de 0,60. Se asumió esfericidad ($\varepsilon = 1$).

Bajo estos supuestos, el cálculo determinó que se requieren 34 participantes en total (17 por grupo) para detectar diferencias estadísticamente significativas en la interacción grupo × tiempo.

Considerando una tasa de abandono estimada del 15%, se estableció como objetivo el reclutamiento de 40 participantes (20 por grupo), con el fin de mantener la potencia estadística prevista en el análisis final.

Aunque el estudio de referencia presenta limitaciones derivadas de su tamaño muestral reducido y su carácter piloto, comparte características relevantes en cuanto a población y tipo de intervención. No obstante, se adoptó deliberadamente un tamaño del efecto conservador para minimizar el riesgo de infraestimación del tamaño muestral y garantizar la validez interna del estudio.

3.6.Descripción de la intervención

El programa de intervención tiene una duración de 8 semanas, con una frecuencia de tres sesiones semanales, totalizando 24 sesiones. Esta temporalidad se fundamenta en el protocolo previo [10], según el cual los cambios significativos en la fuerza y la funcionalidad del tobillo se manifiestan a partir de dicho periodo. Todas las intervenciones serán supervisadas por un fisioterapeuta colegiado para garantizar el rigor técnico y la seguridad de los participantes.

El protocolo es parcialmente compartido por ambos grupos, integrando un programa de ejercicio terapéutico y reeducación técnica basado en protocolos previos [15,9].

La ilustración de los ejercicios se presenta en el Anexo 2.

Grupo control (GC):

Fase 1: Control de los síntomas y ROM (semanas 1-2)

El objetivo de esta fase es el control del edema y del dolor primario, así como la recuperación del rango de movimiento articular sin provocar el pinzamiento posterior [15]. Se evitará en todo momento la flexión plantar forzada, dado que constituye el mecanismo desencadenante del PAIS [1].

Movilidad activa en cadena cinética abierta :

- Ejercicios ABC del tobillo : en sedestación con la pierna extendida y el tobillo en descarga, el participante traza las letras del alfabeto en el aire utilizando exclusivamente el movimiento del tobillo, con la máxima amplitud tolerable sin dolor. Se realizarán 2 series del alfabeto completo, con 1 minuto de descanso entre series, 2 veces al día [15].
- Fortalecimiento con banda elástica Thera-Band en dorsiflexión, eversión e inversión (se excluye la flexión plantar en esta fase). En sedestación con rodilla en extensión, 1 a 2 series de 8 a 10 repeticiones por movimiento, con progresión semanal del número de series según tolerancia [16].

Fortalecimiento isométrico en cadena cinética cerrada :

- Mantenimiento isométrico bipodal en escalón (antepié) : progresión desde 5 series de 10 segundos hasta 3 series de 1 minuto a lo largo de las 2 semanas [15].

- Media sentadilla bipodal (60°) : de 4 series de 5 repeticiones en semana 1 hasta 4 series de 15 repeticiones en semana 2 [15].
- Equilibrio bipodal sobre superficie inestable (Dynadisc) : 3 series de 1 minuto, alternando ojos abiertos y cerrados [15].

Si al inicio de la semana 2 el dolor en reposo es ≤ 3/10 en la EVA y los ejercicios isométricos son indoloros, se añade resistencia mediante banda elástica de baja intensidad para los movimientos de dorsiflexión y eversión, manteniendo la misma dosificación [15].

Fase 2: Estabilización y fuerza (semana 3-5)

El objetivo de esta fase es el desarrollo de la fuerza muscular y la estabilidad estática y dinámica del tobillo, con una progresión gradual de la carga y de la dificultad propioceptiva [15, 16]. La progresión a esta fase se realizará cuando el participante complete los ejercicios de la fase 1 sin reproducir el dolor de pinzamiento, conforme al criterio clínico del fisioterapeuta [15].

Fortalecimiento con banda elástica (cadena cinética abierta) :

- Los cuatro movimientos del tobillo se trabajan mediante banda elástica Thera-Band, en sedestación con rodilla en extensión completa. Se realizarán 3 series de 10 repeticiones por movimiento, con 30 segundos de descanso entre series. La resistencia se incrementará progresivamente cada semana [16].

Fortalecimiento en cadena cinética cerrada (CCC) :

- Media sentadilla bipodal y unipodal sobre superficie estable: progresión de 4 series de 5 repeticiones en semana 3 hasta 4 series de 15 repeticiones en semana 5, con control excéntrico de 4 segundos en la fase de descenso [15].
- Elevación controlada de talones (relevé parcial) en bipedestación con apoyo, sin alcanzar el arco de dolor en flexión plantar: 3 series de 10 repeticiones, progresando a unipodal en semana 5 si es indoloro [15].

Propiocepción y control postural :

- Semanas 3-4 (superficie estable) : apoyo unipodal con ojos abiertos y cerrados sobre superficie estable. 3 series de 30-60 segundos por pierna [16]. Se añade apoyo unipodal con movimientos del miembro libre en las cuatro direcciones con banda elástica de resistencia (kicks multidireccionales) [9].
- Semanas 4-5 (superficie inestable) : los mismos ejercicios de apoyo unipodal y media sentadilla progresan hacia superficie inestable (tabla de equilibrio / Dynadisc), con 3 series

de 60 segundos, alternando ojos abiertos y cerrados [9, 16]. Se añade en semana 5 perturbación manual del fisioterapeuta en plano frontal y sagital durante el apoyo unipodal [16].

Fase 3: funcionalidad y vuelta al movimiento técnico (semanas 6-8)

El objetivo de esta fase es la restauración de la función sensoriomotora avanzada, la tolerancia al impacto y la reintegración progresiva al gesto técnico específico del ballet [11, 18]. La pliometría y la reeducación técnica se introducen de forma simultánea y progresiva a lo largo de las tres semanas. La progresión a esta fase se realizará cuando el participante complete los ejercicios de la fase 2 sin reproducir el dolor de pinzamiento, conforme al criterio clínico del fisioterapeuta [15].

Pliometría e impacto :

- Semana 6 (bipodal, impacto bajo) : saltos de línea (line jumps) en planos frontal y lateral : 2 series de 20 repeticiones. Progresión a saltos bipodales desde superficie plana a escalón de 10 cm con énfasis en la fase de recepción controlada [18].
- Semana 7 (bipodal/unipodal, impacto medio) : saltos bipodales a escalón de 15 cm : 20 repeticiones. Introducción de saltos de tobillo (ankle jumps) : 40 repeticiones. Inicio de saltos unipodales a escalón de 10 cm con recepción controlada y alineamiento del pie [18].
- Semana 8 (unipodal, alta demanda) : saltos continuos en trayectoria de "S" y squat-tuck jump : 2 series de 5 repeticiones. Saltos específicos del ballet (sissone, assemblé) con énfasis en la recepción y la alineación del tobillo [18].

Reeducación técnica en puntas (progresiva) :

- Semana 6: corrección del alineamiento del pie en primera y quinta posición en barra; trabajo de demi-relevé bipodal controlado (3 series de 10 repeticiones) [11].

- Semana 7: relevé unipodal en barra con control del turnout y alineamiento del tobillo (3 series de 8 repeticiones); demi-plié en primera y segunda posición (3 series de 10 repeticiones) [11,18].

- Semana 8: trabajo progresivo en puntas bajo supervisión directa del fisioterapeuta, iniciando con apoyo en barra y progresando al centro si es indoloro. Se considera criterio de alta funcional la realización del gesto técnico con 0/10 en la EVA y estabilidad percibida completa [15].

Grupo Experimental (GE):

Los participantes del GE seguirán el mismo programa de ejercicio terapéutico y reeducación técnica descrito para el GC, con idéntica dosificación en las tres fases. La intervención

adicional consistirá en la aplicación de punción seca profunda, administrada siempre previamente a la sesión de ejercicio, con el fin de reducir la inhibición muscular nociceptiva y optimizar la respuesta al entrenamiento [13,16].

La intervención con punción seca constará de cuatro sesiones distribuidas a razón de una por semana durante el primer mes, cadencia que asegura una recuperación tisular completa entre aplicaciones [16]. Se estima que su impacto terapéutico será más determinante durante las fases iniciales del protocolo (fases 1 y 2).

La técnica se ejecutará mediante un abordaje profundo, dirigido a los PGM activos de la musculatura implicada en el PAIS: el FHL, los peroneos y los gastrocnemios [17].

Procedimiento: previamente a la punción, se localizarán los PGM mediante palpación plana y en pinza. Según el grupo muscular, el paciente se posicionará en decúbito prono (tríceps sural y FHL) o decúbito lateral (peroneos).

Se emplearán agujas estériles de 0,30 × 30 mm, utilizando la técnica dinámica de entrada y salida rápida (fast-in fast-out). El procedimiento se repetirá entre 3 y 5 veces hasta desencadenar la respuesta de espasmo local (REL), marcador clínico de la correcta ubicación del PGM [14]. Cada aplicación tendrá una duración de 5 a 10 minutos, limitándose a un máximo de tres músculos por sesión para prevenir la mialgia post-punción. Al finalizar, se aplicará compresión local suave y se pautarán estiramientos activos asistidos para potenciar el efecto neuromuscular y reducir la sensibilidad residual [17]



Figura 1. Punción seca en triceps sural y FHL



Figura 2. Punción seca en los peroneos

3.7.Variables del estudio

3.7.1.Variable principal

La variable principal es la intensidad del dolor, evaluada mediante la Escala Visual Analógica (EVA, 0-10 cm). Se medirá en tres condiciones : en reposo, durante la prueba de flexión plantar pasiva forzada y durante la ejecución de una elevación en primera posición (*relevé*), con el fin de capturar el dolor tanto en situación de descarga como en el gesto técnico específico del ballet [15].

3.7.2.Variables secundarias

La variable del rango de movimiento (ROM) articular : amplitud de movimiento activa y pasiva de la articulación talocrural en los planos de flexión dorsal y flexión plantar, medida mediante goniómetro. Esta variable permite objetivar las restricciones de movilidad características del PAIS y monitorizar su evolución a lo largo de la intervención [10].

La variable para la capacidad funcional : evaluada mediante el cuestionario *Foot and Ankle Ability Measure* (FAAM), que valora el grado de limitación percibida por el participante en sus actividades de la vida diaria y deportivas en relación con su patología. Su inclusión se justifica por la necesidad de capturar el impacto funcional del PAIS más allá del dolor [19].

La variable para el control postural dinámico : evaluado mediante la prueba *Star Excursion Balance Test* (SEBT), que mide la capacidad del sistema sensoriomotor para mantener el equilibrio durante el movimiento unipodal dinámico en las direcciones anterior, posteromedial y posterolateral. Esta prueba ha demostrado ser sensible para detectar déficits funcionales en patología del tobillo en deportistas [9, 10].

La variable para la fuerza muscular isométrica : evaluada mediante dinamómetro manual de presión, que cuantifica la fuerza máxima generada sin modificación de la longitud muscular. Se evaluarán específicamente los músculos eversores del tobillo (peroneos) y el flexor largo del hallux (FHL), por su implicación directa en la estabilidad dinámica del tobillo y en la patogenia del PAIS [20].

3.8.Medición de las variables del estudio

Todas las mediciones serán realizadas por un evaluador independiente, ciego a la asignación de los grupos, con el fin de minimizar el sesgo de observación. Se llevarán a cabo en tres momentos : T0 (evaluación basal, previa al inicio de la intervención), T1 (a las 8 semanas, inmediatamente tras la finalización del protocolo) y T2 (seguimiento a las 8 semanas post-intervención). El registro de todas las variables en los tres momentos de evaluación se realizará mediante la hoja de recogida de datos diseñada para este estudio (véase Anexo 6).

3.8.1.Evaluación del dolor y capacidad funcional

La intensidad del dolor se cuantificará mediante la EVA (véase Anexo 3), que permite al sujeto graduar su percepción dolorosa desde 0 (ausencia de dolor) hasta 10 (dolor máximo imaginable). La escala se aplicará en tres escenarios clínicos: en reposo, durante la maniobra de flexión plantar pasiva forzada y durante la ejecución de un relevé en primera posición, permitiendo capturar la respuesta dolorosa tanto en descarga como bajo demanda mecánica específica de la danza [15].

La repercusión funcional de la patología se evaluará mediante el cuestionario FAAM (véase Anexo 4). Este instrumento consta de 29 ítems distribuidos en dos subescalas: actividades de la vida diaria (ADL, 21 ítems) y deporte (Sports, 8 ítems). Cada ítem se puntúa mediante una escala Likert de 5 puntos, y la puntuación total se transforma en un porcentaje de función (0-100%), donde el 100% representa un nivel funcional óptimo. Los resultados se analizarán considerando la diferencia mínima clínicamente importante (MCID) de 8 puntos para la subescala ADL y de 9 puntos para la subescala Sports [19].

3.8.2.Valoración mecánica y neuromuscular

La movilidad articular (ROM) se objetivará mediante goniometría universal de la articulación talocrural. El protocolo de medición se realizará con el participante en decúbito supino y rodilla en extensión, registrando el valor medio de tres mediciones consecutivas tanto en flexión dorsal como plantar, conforme a las directrices establecidas [10].

Para la cuantificación de la fuerza muscular se empleará un dinamómetro manual de presión, evaluando la contracción isométrica máxima de los músculos peroneos y del FHL. El procedimiento consistirá en tres intentos máximos con periodos de recuperación de 30 segundos, registrando el valor pico para su posterior análisis estadístico [10].

El control postural dinámico se evaluará mediante el SEBT, registrando la distancia máxima de alcance en las direcciones anterior, posteromedial y posterolateral. Para asegurar la fiabilidad y permitir la comparación intersujetos, los valores brutos se normalizarán respecto a la longitud del miembro inferior de cada participante, técnica validada para identificar déficits funcionales en atletas con patología del tobillo [9,10,20].

3.9.Análisis de los datos

El análisis de los datos será realizado mediante el paquete estadístico IBM SPSS Statistics (versión 27.0, IBM Corp., Armonk, NY, EE. UU.). Se establecerá un nivel de confianza del 95% y se considerarán estadísticamente significativos los valores de $p < 0,05$.

Las variables continuas se describirán mediante media ± desviación estándar e intervalo de confianza del 95%, mientras que las variables categóricas se presentarán como frecuencias absolutas y porcentajes. La comparación de variables categóricas entre grupos se realizará

mediante la prueba de chi-cuadrado. La normalidad de las variables se evaluará mediante la prueba de Shapiro-Wilk.

Para analizar el efecto de las intervenciones se realizará un análisis de la varianza de medidas repetidas (ANOVA mixto), con un factor inter-sujeto “grupo” con dos niveles (grupo experimental y grupo control) y un factor intra-sujeto “tiempo” con tres niveles (preintervención, postintervención y seguimiento a las 8 semanas).

El efecto principal de interés será la interacción grupo × tiempo, que permitirá determinar diferencias en la evolución de las variables de resultado (EVA, ROM, FAAM, SEBT, y fuerza isométrica) entre ambos grupos.

Se calculará el tamaño del efecto mediante el eta cuadrado parcial (η^2p) para los efectos principales y la interacción, interpretándose como pequeño (0,01–0,059), medio (0,06–0,139) o grande (≥0,14), según los criterios establecidos por Cohen [21].

Adicionalmente, se calculará el tamaño del efecto (d de Cohen) para la variable principal (EVA), interpretándose como pequeño (0,20–0,49), medio (0,50–0,79) o grande (≥0,80) [22]

3.10.Aspectos éticos en las investigaciones con seres humanos

El proyecto seguirá las recomendaciones de la Declaración de Helsinki y las normas de buenas prácticas clínicas vigentes. El protocolo se someterá a un Comité de Ética en Investigación antes de iniciar el reclutamiento. El estudio no comenzará hasta obtener la aprobación oficial.

Todos los participantes recibirán información clara y detallada sobre los objetivos del estudio, el desarrollo de la intervención, la duración del protocolo y los posibles beneficios y riesgos. Se prestará especial atención a la explicación de la punción seca, técnica que puede provocar un dolor local transitorio, una ligera molestia o la aparición de un pequeño hematoma. La intervención será realizada por un fisioterapeuta titulado y con formación específica en dicha técnica.

En lo que respecta a la protección de datos, toda la información personal se tratará de forma confidencial, conforme al Reglamento (UE) 2016/679 (RGPD) y la Ley Orgánica 3/2018 de Protección de Datos Personales. Los datos se codificarán mediante un identificador numérico para garantizar el anonimato. El acceso estará limitado a los investigadores participantes. Los participantes podrán ejercer en todo momento su derecho de acceso, rectificación o supresión de datos.

3.11.Equipo investigador

El equipo investigador está compuesto por cuatro miembros con roles diferenciados y complementarios.

El investigador principal será responsable del diseño del protocolo, la coordinación general del estudio, la selección de los participantes y el seguimiento del proyecto en todas sus fases.

El fisioterapeuta interventor aplicará tanto el programa de ejercicio terapéutico como las sesiones de punción seca. Deberá acreditar el título de Grado en Fisioterapia y formación específica en punción seca, con el fin de garantizar la seguridad y la correcta aplicación del tratamiento [12].

El evaluador independiente será responsable de la medición de todas las variables de resultado en los tres momentos de evaluación (T0, T1 y T2). No participará en ninguna fase de la intervención y permanecerá ciego a la asignación de los grupos durante todo el estudio.

El analista estadístico llevará a cabo el análisis de los datos de forma ciega, garantizando la validez interna de los resultados.

3.12.Cronograma y plan de trabajo

A continuación se presenta el cronograma estimado del desarrollo del estudio, distribuido en un periodo de 10 meses. Las fases de planificación, ejecución y análisis se desarrollarán de forma secuencial, si bien algunas etapas podrán solaparse en función de la disponibilidad de los centros participantes y de la obtención de los permisos éticos.

Tabla 1. Cronograma del estudio

	TIEMPO EN MESES									
ETAPAS	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
PLANIFICACIÓN										
Desarrollo marco teórico	■	■								
Entrega del proyecto al comité ético		■	■							
Aceptación de los permisos			■							
EJECUCIÓN										
Reclutamiento y selección de participantes				■	■					
Mediciones iniciales					■					
Programa de intervencion						■	■			
Mediciones finales								■		

ETAPAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ANÁLISIS DE DATOS										
Procesamiento y análisis de resultados										
PUBLICACIÓN DE LOS RESULTADOS										

Fuente : Elaboración propia basada en el guía de mi tutor

3.13.Recursos y presupuesto

El presente proyecto no cuenta con financiación externa, al tratarse de una investigación desarrollada con fines estrictamente académicos. Ninguno de los miembros del equipo investigador recibirá remuneración económica por su participación.

En cuanto a los recursos materiales no fungibles, el equipamiento necesario como el goniómetro, tabla de equilibrio y dinamómetro de mano, será facilitado en régimen de préstamo por la institución universitaria. El software estadístico estará disponible mediante licencia institucional.

El material fungible, principalmente las agujas estériles de 0,30 × 30 mm (estimación: 4 sesiones × 3 músculos × 40 participantes = 480 agujas aproximadamente), el material de desinfección, los cuestionarios impresos y las bandas elásticas, será asumido mediante los recursos ordinarios del entorno universitario y la aportación del equipo investigador.

Los investigadores declaran no presentar ningún conflicto de intereses de carácter personal, profesional o económico que pudiera influir en el diseño, desarrollo, análisis o publicación del estudio.

Desglose del presupuesto:

Tabla 2. Recursos humanos

Concepto	Coste
Investigador principal	0 €
Fisioterapeuta intervención	0 €
Fisioterapeuta evaluador	0 €
Investigador análisis estadístico	0 €
Subtotal	**0 €**

Tabla 3. Equipamiento no fungible (material en préstamo)

Material	Coste
Goniómetro	0 €
TheraBand	0 €
Dynadisc	0 €
Dinamómetro de mano	0 €
Software estadístico (licencia institucional)	0 €
Subtotal	**0 €**

Tabla 4. Material fungible

Concepto	Coste estimado
Agujas estériles	250 €
Material de desinfección clínica	150 €
Bandas elásticas	120 €
Cuestionarios impresos y material administrativo	80 €
Subtotal	**600 €**

Total estimado del proyecto: 600 €

4. RESULTADOS ESPERADOS Y DISCUSIÓN

4.1.Resultados esperados

Se espera que el presente estudio proporcione resultados estadísticamente significativos y clínicamente relevantes que contribuyan a mejorar la atención fisioterapéutica de los bailarines de ballet profesionales con PAIS. Los resultados se presentan variable por variable, fundamentados en investigaciones previas comparables, en los mecanismos neurofisiológicos propuestos en la literatura y en los valores de diferencia mínima clínicamente importante (MCID) establecidos para cada instrumento de medición.

4.1.1.Intensidad del dolor (EVA)

Se espera que el grupo experimental presente una reducción significativamente mayor de la intensidad del dolor en comparación con el grupo control, tanto en reposo como durante la prueba de flexión plantar forzada y la ejecución del relevé en primera posición.

Como referencia de validez clínica, se toma la diferencia mínima clínicamente significativa (DMCS) en la EVA de 1,3 cm [23]. Se prevé que los participantes del GE superen este umbral de forma consistente ya desde las primeras semanas de intervención, lo que representaría un cambio subjetivamente perceptible en su práctica profesional.

Desde una perspectiva neurofisiológica, la superioridad del protocolo combinado se justifica por la acción de la punción seca sobre los mecanismos de sensibilización. La desactivación de los PGM en el FHL y el tríceps sural reduce el input nociceptivo periférico y la actividad de las neuronas del asta dorsal medular, modulando las vías inhibitorias centrales. A nivel local, la técnica normaliza los niveles de acetilcolina y disminuye la actividad eléctrica espontánea, mejorando el entorno químico del tejido [13,14]. Se espera que esta sinergia facilite una tolerancia más precoz a las cargas mecánicas exigidas en el ballet [13,16].

4.1.2.Rango de movimiento (ROM)

Se espera una evolución positiva en la flexión dorsal y plantar tras las 8 semanas de intervención, con una ganancia superior en el grupo experimental.

Esta expectativa se fundamenta en la acción complementaria de la punción seca sobre las restricciones de movilidad asociadas al PAIS: la desactivación de los PGM del tríceps sural y del FHL reduce la rigidez muscular y normaliza los patrones de activación neuromuscular, contribuyendo a eliminar las restricciones mecánicas que limitan el ROM [14]. Se ha demostrado que estos efectos se mantienen hasta 8 semanas tras la última sesión, lo que respalda su aplicación en las fases iniciales del protocolo [12].

Ante la ausencia de un valor de MCID específico para el ROM en el PAIS, se tomará como referencia el cambio mínimo detectable de 5°, descrito para la goniometría del tobillo en la

literatura [10]. Se considera que cualquier incremento por encima de este umbral representa un cambio real y no atribuible al error de medición. Se espera que el GE supere este margen de forma consistente, especialmente en la flexión dorsal [1,12].

4.1.3.Capacidad funcional y actividad deportiva (FAAM)

Se espera que el grupo experimental obtenga una mejora significativamente superior en las puntuaciones del FAAM en comparación con el grupo control [19], tanto en la subescala ADL como en la subescala de deporte.

La expectativa de mejora se fundamenta en la superación de la MCID, definida como un incremento de 8 puntos para la subescala ADL y de 9 puntos para la subescala de deporte [19]. Al reducir la inhibición muscular nociceptiva mediante la desactivación de los PGM, el bailarín puede recuperar gestos de alta demanda : saltos y trabajo en puntas, con mayor control y menor aprensión [13,17].

Al finalizar el seguimiento de 8 semanas post-intervención, se estima que el GE mantendrá niveles funcionales óptimos, consolidando la recuperación y previniendo la cronificación de los síntomas [12,18].

4.1.4.Fuerza muscular isométrica

Se espera que el GE presente un incremento significativamente mayor en la fuerza isométrica máxima de los peroneos y del FHL en comparación con el GC [17]. Esta mejora se fundamenta en la capacidad de la punción seca para normalizar los niveles de acetilcolina en la unión neuromuscular y disminuir la actividad eléctrica espontánea [14].

Desde el punto de vista funcional, el incremento en la fuerza de los peroneos es determinante para el control del alineamiento del pie y la prevención de compensaciones técnicas durante el baile [18]. La mejora en la capacidad contráctil del FHL resulta crítica en el PAIS, dado que este músculo actúa como estabilizador dinámico del tobillo durante el trabajo en puntas [1,3]. Se anticipa que el GE mostrará una progresión más rápida, al aplicar el ejercicio terapéutico sobre un tejido muscular con patrones de activación previamente normalizados [12,16].

4.1.5.Control postural dinámico (SEBT)

Finalmente, se espera que la intervención combinada resulte en una mejora superior del control postural dinámico evaluado mediante el SEBT [16]. La desactivación de los PGM no solo reduce el dolor, sino que también mejora la función sensoriomotora y normaliza los patrones de activación muscular [13,14]. Al normalizar el input propioceptivo proveniente del tríceps sural y los peroneos, se facilita una respuesta más eficiente del sistema de control postural ante desequilibrios [16,18].

Se prevé que el GE alcance distancias de alcance mayores en las tres direcciones evaluadas y que estos beneficios se mantengan al finalizar el periodo de seguimiento de 8 semanas post-intervención [12,16].

4.2.Implicaciones clínicas

La exigencia técnica inherente al ballet hace que la gestión de las lesiones de los artistas sea fundamental para su equilibrio físico y mental. Desde el punto de vista clínico, este protocolo tiene como objetivo cubrir los vacíos de la literatura actual respecto al tratamiento conservador del PAIS, cuyas opciones terapéuticas están escasamente estandarizadas, tanto en la danza como en la población general [1,15].

Una reducción del dolor clínicamente relevante en las fases iniciales permitiría revertir la inhibición muscular nociceptiva de forma precoz, facilitando la introducción segura del ejercicio terapéutico y optimizando los protocolos de rehabilitación [12,13]. Además, una gestión eficaz mediante fisioterapia conservadora podría reducir la dependencia de fármacos y evitar o aplazar intervenciones más agresivas como infiltraciones o cirugías, indicadas en un alto porcentaje de casos resistentes [1,5].

Desde el plano psicosocial, el objetivo es optimizar la calidad de vida de los bailarines favoreciendo una rehabilitación completa que les permita alcanzar su máximo potencial sin recurrir al presentismo [4,8]. Dado que la trayectoria profesional en el ballet es excepcionalmente corta, cualquier reducción en los periodos de inactividad, que en esta patología pueden alcanzar los 90 días, tiene un impacto directo en la preservación de la carrera y la estabilidad emocional del artista [4,5].

Para las compañías y el sistema sanitario, esta aproximación permite reducir el impacto socioeconómico vinculado a la indisponibilidad de los artistas y disminuir el gasto asociado a tratamientos prolongados [8]. La generación de evidencia científica en este ámbito proporcionaría a los fisioterapeutas una guía clínica replicable y fundamentada, promoviendo una toma de decisiones que prioriza la longevidad artística y la salud del bailarín [15,18].

4.3.Futuras líneas de investigación

Dada la escasez actual de datos sobre el abordaje del PAIS en bailarines, este protocolo pone de relieve la importancia de continuar investigando en este ámbito. Entre las prioridades para investigaciones futuras destaca la ampliación de la muestra a bailarines de diferentes compañías y niveles de formación, lo que contribuiría a validar el protocolo en contextos profesionales más diversificados.

Sería igualmente valioso comparar la intervención combinada con otras alternativas terapéuticas, como la terapia manual o la neuromodulación percutánea, sobre las que existe evidencia insuficiente en la actualidad. Asimismo, queda por determinar el número óptimo de sesiones de punción seca y los grupos musculares diana más allá del tríceps sural y el FHL.

El uso de la ecografía dinámica se presenta como una herramienta clave para estudios venideros, ya que permitiría monitorizar en tiempo real el comportamiento del tejido tras la punción. Por otro lado, la integración de análisis biomecánicos en 3D del movimiento en puntas y la evaluación del bienestar psicológico y la calidad del sueño ofrecerían una perspectiva integral de la recuperación.

Por último, resulta imprescindible explorar la durabilidad de los efectos a largo plazo mediante seguimientos superiores a los seis meses, aspecto crucial para comprender la tasa de recidivas en una patología tan persistente como el PAIS.

4.4.Limitaciones y fortalezas del estudio

4.4.1.Limitaciones

Una de las principales limitaciones es la gestión del tiempo y la disponibilidad de los participantes. Las altas exigencias profesionales de los bailarines dificultan su asistencia regular a las sesiones de fisioterapia. A ello se suma el reto de obtener las autorizaciones de las compañías, que pueden mostrarse reticentes a que sus integrantes participen en estudios invasivos durante la temporada de funciones.

Desde una perspectiva logística, reunir una muestra suficiente y homogénea resulta complejo, dado que la población de bailarines profesionales es numéricamente limitada, los casos están dispersos entre distintas compañías y conservatorios, y el PAIS es frecuentemente infradiagnosticado, lo que reduce el número de casos clínicamente identificados. La motivación de los participantes y la gestión de sus cargas de entrenamiento pueden influir asimismo en el cumplimiento del protocolo a largo plazo. El posible malestar derivado del dolor post-punción puede interferir puntualmente en el rendimiento de los entrenamientos.

Finalmente, la ausencia de herramientas de imagen como la resonancia magnética limita la posibilidad de correlacionar la mejora clínica percibida con la evolución estructural del tejido. Su elevado coste y la complejidad logística asociada hacen inviable su integración sistemática en el protocolo, lo que representa una limitación en términos de profundidad diagnóstica.

4.4.2.Fortalezas

El principal valor de este trabajo reside en que apenas existen protocolos específicos que integren la punción seca y el ejercicio terapéutico para el tratamiento del PAIS en el ballet. Al cubrir este vacío bibliográfico, el estudio propone una guía clínica novedosa y necesaria para el abordaje conservador de esta patología.

El diseño de ensayo clínico aleatorizado aporta rigor metodológico y permite comparar de forma objetiva la eficacia de ambas intervenciones. Asimismo, la evaluación ciega por parte de un evaluador independiente refuerza la validez interna del estudio y minimiza el riesgo de sesgo de observación.

La selección de las variables de resultado como el cuestionario FAAM, SEBT y dinamometría, garantiza que los datos obtenidos tengan una aplicación práctica directa en las demandas técnicas de la danza clásica, lo que aumenta la transferibilidad clínica de los resultados.

En conjunto, el protocolo representa una propuesta sólida para mejorar la salud funcional de los bailarines, con potencial para reducir la dependencia de intervenciones quirúrgicas en casos resistentes al tratamiento conservador, y para sentar las bases de una fisioterapia especializada en danza basada en evidencia.

5. Referencias

1. Yasui Y, Hannon CP, Hurley E, Kennedy JG. Posterior ankle impingement syndrome: A systematic four-stage approach. World J Orthop. 2016;7(10):657-663. doi: 10.5312/wjo.v7.i10.657.
2. Giannini S, Buda R, Mosca M, Parma A, Di Caprio F. Posterior Ankle Impingement. Foot Ankle Int. 2013 Mar;34(3):459-65. doi: 10.1177/1071100713477609.
3. Mansur NSB, Femino JE, Chinnakkannu K, et al. Posterior Ankle Impingement: It's Not Only About the Os Trigonum. Foot Ankle Orthop. 2024;9(1). doi: 10.1177/24730114241241326.
4. Kelman BB. Occupational hazards in female ballet dancers: advocate for a forgotten population. AAOHN J. 2000;48(9):430-434. doi: 10.1177/216507990004800904.
5. Katakura M, Kedgley AE, Shaw JW, Mattiussi AM, Kelly S, Clark R, et al. Epidemiological Characteristics of Foot and Ankle Injuries in 2 Professional Ballet Companies: A 3-Season Cohort Study of 588 Medical Attention Injuries and 255 Time-Loss Injuries. Orthop J Sports Med. 2023;11(2):23259671221134131. doi: 10.1177/23259671221134131.
6. Sobrino FJ, Guillén P. Overuse Injuries in Professional Ballet: Influence of Age and Years of Professional Practice. Orthop J Sports Med. 2017;5(6):2325967117712704. doi: 10.1177/2325967117712704.
7. Opdam KTM, van Loon J, Zwiers R, Kuijer PPFM, van Dijk CN. Corticosteroid Injections in Posterior Ankle Impingement Syndrome: A Survey of Professional and Elite Student Ballet Dancers. J Dance Med Sci. 2021;25(1):24-29. doi:10.12678/1089-313X.031521d.
8. Junge A, Stubbe JH, van Rijn RM. Health Problems of Professional Ballet Dancers: an Analysis of 1627 Weekly Self-Reports on Injuries, Illnesses and Mental Health Problems During One Season. Sports Med Open. 2024 Jul 17;10(1):79. doi: 10.1186/s40798-024-00753-1.
9. Webster KA, Gribble PA. Functional rehabilitation interventions for chronic ankle instability: a systematic review. J Sport Rehabil. 2010;19(1):98-114. doi: 10.1123/jsr.19.1.98.
10. De Fazio A, Fravolini G, Gabrielli E, Turchetta M, Citro M, Forconi F, et al. Functional and neuromuscular effects of rehabilitation in acute ankle sprain and chronic ankle instability. J Foot Ankle Surg. 2026;65(1):17.e1-17.e6. doi: 10.1053/j.jfas.2025.08.004.
11. Vilar PL, Kovačič T, Gerževič M. Injury prevention and physiotherapy procedures for ankle injuries in ballet dancers. Ann Kinesiol. 2022;13(2):93-113. doi: 10.35469/ak.2022.355.
12. Mullins JF, Nitz AJ, Hoch MC. Dry needling equilibration theory: A mechanistic explanation for enhancing sensorimotor function in individuals with chronic ankle

instability. Physiother Theory Pract. 2021;37(6):672-681. doi: 10.1080/09593985.2019.1641870.

13. Fernández-de-Las-Peñas C, Nijs J. Trigger point dry needling for the treatment of myofascial pain syndrome: current perspectives within a pain neuroscience paradigm. J Pain Res. 2019;12:1899-1911. doi: 10.2147/JPR.S154728.

14. Dommerholt J. Dry needling — peripheral and central considerations. J Man Manip Ther. 2011;19(4):223-7.

15. Senécal I, Richer N. Conservative management of posterior ankle impingement: a case report. J Can Chiropr Assoc. 2016;60(2):164-174.

16. Salom-Moreno J, et al. Trigger Point Dry Needling and Proprioceptive Exercises for the Management of Chronic Ankle Instability. Evid Based Complement Alternat Med. 2015;2015:790209.

17. Janowski, J. A., Phelan-Smith, D. M. L., Kroat Brady, M. N., Michels, K. L., Timm, A. H., Boucher, N. M., Casteen, K. D., Village, D., & Sleeper, M. D. (2021). Acute Effects of Dry Needling on Myofascial Trigger Points in the Triceps Surae of Ballet Dancers: A Pilot Randomized Controlled Trial. *International journal of sports physical therapy*, *16*(2), 418–430. https://doi.org/10.26603/001c.21475

18. Gu Y, Ren X, Shen H, et al. Effect of integrated training on balance and ankle reposition sense in ballet dancers. *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18(24):13002. doi:10.3390/ijerph182413002

19. Martin RL, Irrgang JJ, Burdett RG, Conti SF, Van Swearingen JM. Evidence of Validity for the Foot and Ankle Ability Measure (FAAM). Foot Ankle Int. 2005;26(11):968-983. doi: 10.1177/107110070502601113.

20. Gribble PA, Hertel J, Plisky P. Using the Star Excursion Balance Test to Assess Dynamic Postural-Control Deficits and Outcomes in Lower Extremity Injury: A Literature and Systematic Review. J Athl Train. 2012;47(3):339-357. doi: 10.4085/1062-6050-47.3.08.

21. Cohen J. Eta-squared and partial eta-squared in fixed factor ANOVA designs. Educ Psychol Meas. 1973;33(1):107-12

22. Cohen J. Statistical power analysis for the behavioral sciences. 2nd ed. Hillsdale (NJ): Lawrence Erlbaum Associates; 1988

23. Gallagher EJ, Liebman M, Bijur PE. Prospective validation of clinically important changes in visual analog pain scales in children. Ann Emerg Med. 2001;38(6):633-638

24. The Classic Ballet. Posiciones básicas del cuerpo [Internet]. 2010 [consultado el 14 mayo 2026]. Disponible en: http://theclassicballet.blogspot.com/2010/12/posiciones-basicas-del-cuerpo.html

25. Hopewell S, Chan AW, Collins GS, Hróbjartsson A, Moher D, Schulz KF, et al. CONSORT 2025 Statement: updated guideline for reporting randomised trials. BMJ. 2025;388:e081123. doi: 10.1136/bmj-2024-081123.

6. AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Pablo Taberner Mortes, mi tutor, por su acompañamiento y su valiosa ayuda a lo largo de este trabajo. Estoy profundamente agradecida de haberlo tenido como tutor, pero también como profesor.

También me gustaría agradecer a mis padres, sin quienes no estaría donde estoy hoy. A pesar de las dificultades, siempre me habéis permitido creer en mis sueños y me habéis animado a seguir adelante hasta el final. Finalizar estos estudios me hace darme cuenta de que realmente soy capaz y me da aún más ganas de seguir soñando y creyendo en mis metas.

Quiero agradecer a Marylou por su ayuda en la realización de las fotografías de este trabajo.

Por último, quiero agradecer a todas las personas que han estado a mi lado durante estos cuatro años. Habéis sido verdaderos pilares en esta etapa, y estoy infinitamente agradecida de haberos conocido.

7. ANEXOS

Anexo 1. Consentimiento informado

DOCUMENTO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO Y COMPROMISO DE CONFIDENCIALIDAD

1. INFORMACIÓN AL SUJETO DE EXPERIMENTACIÓN

El proyecto de investigación para el cual le pedimos su participación se titula: ***"Eficacia de la punción seca combinada con ejercicio terapéutico sobre el dolor y la función en bailarines con síndrome de pinzamiento posterior de tobillo: protocolo de ensayo clínico aleatorizado"***.

Para que usted pueda participar en este estudio es necesario contar con su consentimiento, y que conozca la información básica necesaria para que dicho consentimiento pueda considerarse verdaderamente informado. Por ello, le rogamos que lea detenidamente la siguiente información. Si tuviera alguna duda, exprésela antes de firmar este documento al investigador principal del proyecto, bien personalmente, bien a través del teléfono o por correo electrónico.

a) Objetivo del estudio:

El objetivo principal de este estudio es evaluar la eficacia de un protocolo combinado de punción seca y ejercicio terapéutico en la reducción del dolor y la mejora de la función en bailarines de ballet con síndrome de pinzamiento posterior del tobillo (PAIS), en comparación con un programa de ejercicio terapéutico aislado.

b) Metodología utilizada, tipo de colaboración esperada y duración:

El estudio se llevará a cabo mediante un ensayo clínico controlado aleatorizado con evaluación ciega. Los participantes serán asignados de forma aleatoria a uno de los dos grupos siguientes:

- Grupo experimental (GE): programa de ejercicio terapéutico + punción seca profunda.
- Grupo control (GC): programa de ejercicio terapéutico únicamente.

La intervención tendrá una duración de 8 semanas, con una frecuencia de 3 sesiones semanales (24 sesiones en total). Las evaluaciones se realizarán en tres momentos: antes de comenzar (T0), al finalizar la intervención (T1) y a las 8 semanas de seguimiento (T2).

c) Tipo de colaboración que se espera de usted:

- Asistir regularmente a las sesiones de fisioterapia programadas durante las 8 semanas de intervención.

- Realizar los ejercicios terapéuticos indicados por el fisioterapeuta en cada sesión.
- Si pertenece al grupo experimental, recibir adicionalmente 4 sesiones de punción seca profunda (una por semana durante el primer mes).
- Completar los cuestionarios y pruebas de evaluación en los tres momentos indicados (T0, T1 y T2).
- Comunicar al fisioterapeuta cualquier molestia o efecto adverso que experimente durante el estudio.

d) Posibles riesgos y molestias derivados de su participación:

Los riesgos asociados a este estudio son mínimos. En relación con la punción seca, puede experimentar:

- Dolor local transitorio durante o tras la sesión (mialgia post-punción), habitualmente de 24 a 48 horas de duración.
- Aparición de un pequeño hematoma en la zona de punción.
- Sensación de fatiga o ligera molestia local en las horas siguientes a la sesión.

Todos los procedimientos serán realizados por un fisioterapeuta titulado con formación específica en punción seca, siguiendo los protocolos de higiene y seguridad establecidos.

e) Medidas para responder a los acontecimientos adversos:

En caso de que se produzca cualquier efecto adverso, el fisioterapeuta interventor adoptará las medidas necesarias de forma inmediata. El participante podrá interrumpir la sesión en cualquier momento si así lo desea. Cualquier incidencia será registrada y comunicada al investigador principal.

f) Posibles beneficios de la investigación:

La participación en este estudio puede reportarle beneficios directos, tales como la reducción del dolor posterior del tobillo, la mejora de la movilidad articular, el aumento de la fuerza muscular y la mejora del control postural dinámico. Asimismo, los resultados del estudio contribuirán a generar evidencia científica sobre el tratamiento conservador del PAIS en bailarines de ballet, beneficiando a futuras poblaciones con la misma patología.

g) Consecuencias de la no participación:

La participación en este estudio es completamente voluntaria. En caso de no participar o de retirarse en cualquier momento, usted no sufrirá ningún perjuicio ni penalización. Su decisión no afectará a su atención fisioterapéutica habitual.

h) ¿Quién ha financiado el estudio?

El presente estudio no cuenta con financiación externa ni con subvenciones de entidades públicas o privadas. Se trata de una investigación desarrollada con fines estrictamente académicos, en el marco del Trabajo Fin de Grado del Grado en Fisioterapia de la Universidad Europea de Valencia.

i) ¿Qué institución lo realiza?

Universidad Europea de Valencia, Facultad de Ciencias de la Salud, Grado en Fisioterapia.

j) Gratuidad por la participación:

La participación en este estudio es completamente gratuita. Los participantes no recibirán ninguna compensación económica por su colaboración.

k) Previsión de uso posterior de los resultados:

Los resultados del estudio podrán ser utilizados con fines de publicación científica y/o difusión académica, respetando en todo momento el anonimato de los participantes. En ningún caso se publicará información que permita la identificación directa o indirecta de los sujetos.

l) Equipo investigador:

- Investigadora principal: Dña. Emeline Lirot (Grado en Fisioterapia, Universidad Europea de Valencia).
- Tutor del trabajo: D. Pablo Taberner Mortes.
- Fisioterapeuta interventor: fisioterapeuta colegiado con formación acreditada en punción seca.
- Evaluador independiente: fisioterapeuta ajeno a la intervención, ciego a la asignación de grupos.
- Analista estadístico: profesional con formación en estadística aplicada a ciencias de la salud.

m) Datos de contacto del investigador principal para aclaraciones o consultas:

Investigadora principal: Dña. Emeline Lirot

Correo electrónico: emeline.lirot@gmail.com

o) El proyecto se realizará siguiendo los criterios éticos internacionales recogidos en la Declaración de Helsinki.

El proyecto se llevará a cabo siguiendo los principios éticos establecidos en la Declaración de Helsinki, así como las normas de buena práctica clínica y la legislación vigente en materia de investigación biomédica y protección de datos personales.

Antes del inicio del estudio, todos los participantes recibirán información detallada sobre los objetivos, procedimientos, posibles riesgos y beneficios de la investigación, y firmarán un consentimiento informado por escrito. La participación será completamente voluntaria, pudiendo los sujetos retirarse del estudio en cualquier momento sin que ello implique perjuicio alguno.

Los datos personales serán tratados de forma confidencial, conforme al Reglamento (UE) 2016/679 (RGPD) y la Ley Orgánica 3/2018 de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales, garantizando el anonimato en el análisis y la difusión de los resultados.

El protocolo será sometido a la evaluación y aprobación del Comité de Ética de la Investigación del Ilustre Colegio Oficial de Fisioterapeutas de la Comunidad Valenciana antes del inicio de la recogida de datos.

2. COMPROMISO DE CONFIDENCIALIDAD

a) Medidas para asegurar el respeto a la vida privada y a la confidencialidad de los datos personales:

El investigador es responsable del tratamiento de sus datos y se compromete a cumplir con la normativa de protección de datos en vigor: la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y Garantía de los Derechos Digitales, y el Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de abril de 2016 (RGPD).

Los datos recogidos para el estudio estarán identificados mediante un código numérico, de manera que no incluya información que pueda identificarle directamente. Por lo tanto, su identidad no será revelada a persona alguna, salvo excepciones en caso de urgencia médica o requerimiento legal.

El acceso a su información personal quedará restringido a los investigadores del estudio, las autoridades competentes, el Comité de Ética de la Investigación y el personal autorizado (monitores del estudio, auditores), cuando lo precisen para comprobar los datos y procedimientos del estudio, pero siempre manteniendo la confidencialidad conforme a la legislación vigente.

De acuerdo a lo que establece la legislación de protección de datos, usted puede ejercer los derechos de acceso, modificación, oposición y cancelación de datos, para lo cual deberá dirigirse a la investigadora principal del estudio. Si decide retirar el consentimiento para participar en este estudio, ningún dato nuevo será añadido a la base de datos, pero sí se utilizarán los que ya se hayan recogido.

Para ejercitar sus derechos, diríjase a la investigadora principal al correo electrónico: emeline.lirot@gmail.com. Asimismo, tiene derecho a dirigirse a la Agencia de Protección de Datos si no quedara satisfecho/a.

Los datos codificados pueden ser transmitidos a terceros, pero en ningún caso contendrán información que le pueda identificar directamente. En el caso de que se produzca esta cesión, será para los mismos fines del estudio descrito o para su uso en publicaciones científicas, manteniendo siempre la confidencialidad conforme a la legislación vigente.

b) Medidas para acceder a la información relevante que surja de la investigación o de los resultados totales:

Los participantes tendrán derecho a acceder a la información generada sobre ellos durante el desarrollo del estudio. En caso de solicitarlo, podrán recibir un resumen de los resultados individuales que les conciernan, siempre dentro de los límites de la confidencialidad y la validez científica de los datos.

Para ejercer este derecho, los participantes podrán ponerse en contacto con la investigadora principal a través de los medios de contacto indicados en este documento. La entrega de la información se realizará de forma personal y confidencial, garantizando en todo momento la protección de los datos personales conforme al RGPD y la Ley Orgánica 3/2018.

c) Medidas tomadas por tratarse de un estudio anonimizado:

Se ha establecido un sistema de anonimización efectivo que no permite la identificación posterior del sujeto. En ningún caso se relacionarán los consentimientos firmados, donde sí se identifica al sujeto, con los cuestionarios y datos recogidos durante el estudio.

En el uso que se realice de los resultados del estudio, con fines de docencia, investigación y/o publicación, se respetará siempre la debida anonimización de los datos de carácter personal, de modo que los sujetos de la investigación no resulten identificados ni identificables.

3. CONSENTIMIENTO

Don/Doña _____, mayor de edad, titular del DNI: _____, por el presente documento manifiesto que:

He sido informado/a de las características del Proyecto de Investigación titulado: "Eficacia de la punción seca combinada con ejercicio terapéutico sobre el dolor y la función en bailarines con síndrome de pinzamiento posterior de tobillo: protocolo de ensayo clínico aleatorizado".

He leído tanto el apartado 1 del presente documento titulado "Información al sujeto de experimentación", como el apartado 2 titulado "Compromiso de confidencialidad", y he podido formular las dudas que me han surgido al respecto. Considero que he entendido dicha información.

Estoy informado/a de la posibilidad de retirarme en cualquier momento del estudio, sin que ello suponga ningún perjuicio para mí.

En virtud de tales condiciones, consiento participar en este estudio.

Y en prueba de conformidad, firmo el presente documento en el lugar y fecha que se indican a continuación.

Valencia, _____ de _____ de 20____

Nombre y apellidos del/de la participante: Firma:	**Nombre y apellidos del investigador/a principal:** Firma:

REVOCACIÓN DEL CONSENTIMIENTO

Revoco el consentimiento prestado en fecha _____ para participar en el proyecto titulado *"Eficacia de la punción seca combinada con ejercicio terapéutico sobre el dolor y la función en bailarines con síndrome de pinzamiento posterior de tobillo:*

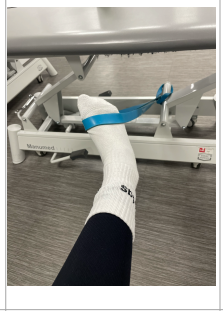
protocolo de ensayo clínico aleatorizado" y, para que así conste, firmo la presente revocación.

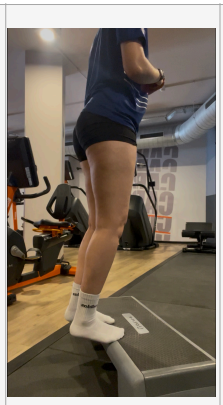
En Valencia, a _____ de _____ de 20____

Nombre y apellidos del/de la participante: Firma:	**Nombre y apellidos del investigador/a principal:** Firma:

Anexo 2. Programa de ejercicio terapéutico: ilustración de los ejercicios

FASE 1 - Control de síntomas y ROM (Semanas 1-2)

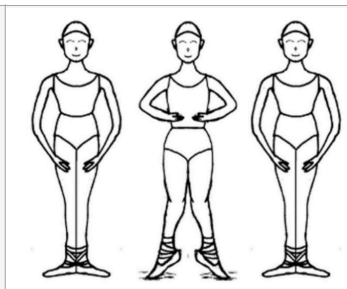
Ejercicio	Ilustración	Dosificación
Ejercicios ABC del tobillo		2 series del alfabeto completo, 2x/día
Thera-Band - dorsiflexión		1-2 series x 8-10 rep
Thera-Band - eversión		1-2 series x 8-10 rep
Thera-Band - inversión		1-2 series x 8-10 rep

Isométrico en escalón (antepié)		Progresión: 5x10 seg → 3x1 min
Media sentadilla bipodal (60°)		Semana 1: 4x5 rep → Semana 2: 4x15 rep
Equilibrio bipodal sobre Dynadisc		3 series x 1 min

FASE 2 - Estabilización y fuerza (Semanas 3-5)

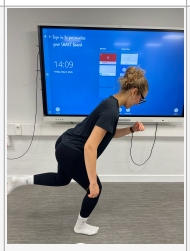
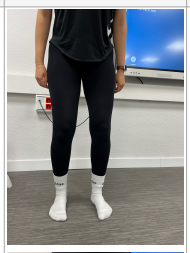
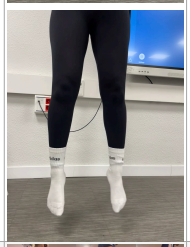
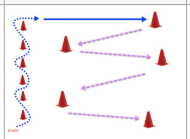
Ejercicio	Ilustración	Dosificación
Thera-Band - 4 movimientos (dorsiflexión, flexión plantar, eversión, inversión)		3 series x 10 rep, 30 seg descanso, progresión semanal

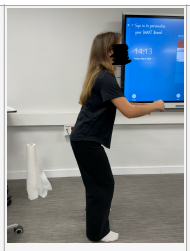
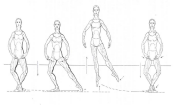
Media sentadilla bipodal sobre superficie estable		Progresión: 4x5 rep (sem. 3) → 4x15 rep (sem. 5)
Media sentadilla unipodal sobre superficie estable		Progresión: 4x5 rep → 4x15 rep
Media sentadilla sobre superficie inestable (Dynadisc)		3 series x 60 seg

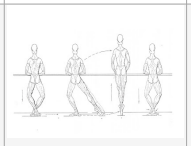
Relevé parcial bipodal con apoyo	 **Figure 1.** Releve en demi-pointe. Fuente: Relevé en demi-pointe. Reproducido de Gu et al. [18]	3 series x 10 rep
Relevé parcial unipodal con apoyo		3 series x 10 rep
Apoyo unipodal - ojos abiertos/cerrados (superficie estable)		3 series x 30-60 seg por pierna
Kicks multidireccionales con banda elástica		3 series x 30-60 seg

Apoyo unipodal sobre Dynadisc		3 series x 60 seg
Perturbación manual del fisioterapeuta		Integrado en las series de apoyo unipodal

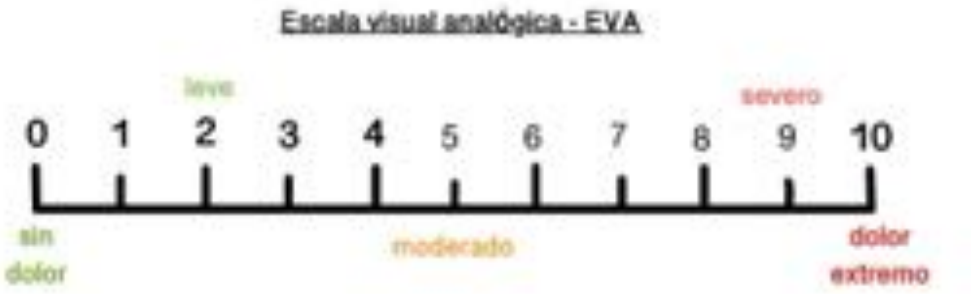
FASE 3 - Funcionalidad y vuelta al gesto técnico (Semanas 6-8)

Ejercicio	Ilustración	Dosificación
Line jumps bipodales (plano frontal y lateral)	 	2 series x 20 rep (sem. 6)
Saltos bipodales a escalón (10 cm)		2 series x 20 rep (sem. 6)
Saltos bipodales a escalón (15 cm)		20 rep (sem. 7)
Ankle jumps	 	40 rep (sem. 7)
Saltos unipodales a escalón (10 cm)		Progresión según tolerancia (sem. 7)
Saltos en trayectoria de "S"	 Fuente: Trabajo de estabilidad de tobillo. Reproducido de Senécal y Richer [15]	2 series x 5 rep (sem. 8)

Squat-tuck jump	 	2 series x 5 rep (sem. 8)
Sissone y assemblé	 *Assemblé*  *Sissone* Fuente: The Classic Ballet [24] Nota: imágenes utilizadas con fines ilustrativos	Según tolerancia (sem. 8)
Corrección del alineamiento en barra (1ª y 5ª posición)	 	Supervisión directa del fisioterapeuta (sem. 6)
Demi-relevé bipodal en barra		3 series x 10 rep (sem. 6)

Demi-plié en 1ª y 2ª posición		3 series x 10 rep (sem. 7)
Relevé unipodal en barra		3 series x 8 rep (sem. 7)
Trabajo progresivo en puntas	 Fuente: The Classic Ballet [24] Nota: imágenes utilizadas con fines ilustrativos	Trabajo en puntas bajo supervisión directa, iniciando con apoyo en barra y progresando al centro si es indoloro. Criterio de alta: 0/10 EVA.

Anexo 3 - Escala Visual Analógica (EVA)



Fuente: *Elaboración propia.*

Anexo 4 - Cuestionario FAAM



Fuente: Martin et al. (2005) [19]



Foot and Ankle Ability Measure (FAAM)
Sports subscale

Because of your **foot and ankle** how much difficulty do you have with:

	No difficulty at all	Slight difficulty	Moderate difficulty	Extreme difficulty	Unable to do	N/A
Running	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Jumping	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Landing	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Starting and stopping quickly	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Cutting/Lateral movements	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Low impact activities	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ability to perform activity with your normal technique	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Ability to participate in your desired sport as long as you would like	☐	☐	☐	☐	☐	☐

How would you rate your current level of function during your sports related activities from 0 to 100 with 100 being your level of function prior to your foot or ankle problem and 0 being the inability to perform any of your usual daily activities?

☐☐☐.0 %

Overall, how would you rate your current level of function?

☐ Normal ☐ Nearly normal ☐ Abnormal ☐ Severely abnormal

Fuente: Martin et al. (2005) [19]

Anexo 5 - Lista de verificación CONSORT 2025

[illegible]

[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]			
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]			
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]			
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]			
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]

[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]			
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]			
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]

Intervention and comparator delivery	24a	Intervention and comparator as they were actually administered (e.g., where appropriate, who delivered the intervention/comparison, how participants adhered, whether they were delivered as intended/tailored)	N/a
	24b	Concomitant care provided during trial for each group	N/a
Baseline data	25	A table showing baseline demographic and clinical characteristics for each group	N/a
Numbers analysed, outcomes and estimation	26	For each primary and secondary outcome, for each group ■ the number of participants included in the analysis ■ the number of participants with available data on the outcome at the point ■ result for each group, and the estimated effect size and its precision (such as 95% confidence interval) ■ for binary outcomes, presentation of both absolute and relative effect size	N/a
Harms	27	All harms or unintended effects in each group	N/a
Ancillary analyses	28	Any other analyses performed, including subgroup and sensitivity analyses, distinguishing pre-specified from post-hoc	N/a
Discussion			
Interpretation	29	Interpretation consistent with results, balancing benefits and harms, and considering other relevant evidence	9
Limitations	30	Trial limitations, addressing sources of potential bias, imprecision, generalisability, and if relevant, multiplicity of analyses	10

*We strongly recommend reading this checklist in conjunction with the CONSORT 2025 explanation and elaboration and the CONSORT 2025 Explanation and Elaboration for important clarification on all the items. We also recommend reading relevant CONSORT extensions. See www.consort-statement.org

Initial: Hopewell S, Kan AW, Collins GS, Altman DG, Schulz KF, et al. CONSORT 2025 Statement: updated guideline for reporting randomised trials. BMJ 2025; 388:e081123. https://doi.org/10.1136/bmj-2024-081123

© 2025 Hopewell et al. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Fuente: Hopewell S, Chan AW, Collins GS, et al. CONSORT 2025 Statement. BMJ. 2025;388:e081123. [25]

Anexo 6 - Hoja de recogida de datos

HOJA DE RECOGIDA DE DATOS

Eficacia de la punción seca combinada con ejercicio terapéutico sobre el dolor y la función en bailarines con síndrome de pinzamiento posterior de tobillo - Protocolo ECA

1. IDENTIFICACIÓN DEL PARTICIPANTE

Código participante	……..	Grupo asignado	GE … GC …
Fecha de nacimiento	……..	Sexo	H … M …
Compañía / Conservatorio	……..	Años de práctica	……..
Tobillo afectado	Dcho … Izq … Bilateral …	Evaluador	……..

2. VARIABLE PRINCIPAL : Intensidad del dolor (EVA 0-10 cm)

Marcar con una línea vertical sobre la escala o indicar valor numérico.

Condición de medición	T0 (basal) Fecha: ……..	T1 (post-intervención) Fecha: ……..	T2 (seguimiento 8sem.) Fecha: ……..
EVA en reposo (0-10)	……..	……..	……..
EVA flexión plantar forzada (0-10)	……..	……..	……..
EVA durante relevé en 1ª posición (0-10)	……..	……..	……..

3. VARIABLE SECUNDARIA : Rango de movimiento (ROM) - Goniómetría (grados)

Protocolo: decúbito supino, rodilla en extensión. Registrar media de 3 mediciones.

Movimiento	T0 Fecha: ……..	T1 Fecha: ……..	T2 Fecha: ……..
Flexión dorsal activa (°)	……..	……..	……..
Flexión dorsal pasiva (°)	……..	……..	……..
Flexión plantar activa (°)	……..	……..	……..
Flexión plantar pasiva (°)	……..	……..	……..

4. VARIABLE SECUNDARIA : Fuerza muscular isométrica - Dinamometría manual (N o kg)

Protocolo: 3 intentos máximos, 30 seg recuperación entre intentos. Registrar valor pico.

Músculos evaluado	T0 Fecha: ……..	T1 Fecha: ……..	T2 Fecha: ……..
Peroneos - eversión (N/kg)	……..	……..	……..
Flexor largo del hallux - FHL (N/kg)	……..	……..	……..

5. VARIABLE SECUNDARIA : Capacidad funcional (FAAM)

Puntuación en porcentaje (0–100%). MCID: ADL = 8 pts / Deporte = 9 pts. Cuestionario completo en Anexo 4.

Subescala	T0 Fecha: ……..	T1 Fecha: ……..	T2 Fecha: ……..
FAAM - Subescala ADL (%)	……..	……..	……..
FAAM - Subescala Deporte (%)	……..	……..	……..
Supera MCID ADL (≥8 pts)	Sí … No …	Sí … No …	Sí … No …
Supera MCID Deporte (≥9 pts)	Sí … No …	Sí … No …	Sí … No …

6. VARIABLE SECUNDARIA : Control postural dinámico (SEBT)

Registrar distancia de alcance (cm) normalizada respecto a la longitud del miembro inferior (LMI).
Fórmula: (distancia / LMI) × 100. LMI:……..cm

Dirección	T0 Fecha: ……..	T1 Fecha: ……..	T2 Fecha: ……..
Anterior - distancia bruta (cm)	……..	……..	……..
Anterior - normaliza (%LMI)	……..	……..	……..
Posteromedial - distancia bruta (cm)	……..	……..	……..
Posteromedial - normaliza (%LMI)	……..	……..	……..
Posterolateral - distancia bruta (cm)	……..	……..	……..

Dirección	T0 Fecha: ……..	T1 Fecha: ……..	T2 Fecha: ……..
Posterolateral - normaliza (%LMI)	……..	……..	……..

7. OBSERVACIONES / INCIDENCIAS

Momento	Observaciones / efectos adversos / datos revelantes
T0	……
T1	……
T2	……
Punción seca - sesión 1	……
Punción seca - sesión 2	……
Punción seca - sesión 3	……
Punción seca - sesión 4	……

8. VALIDACIÓN

Evaluador independiente	Fisioterapeuta interventor
Nombre : ……..	Nombre : ……..
Firma :	Firma :
Fecha: ……..	Fecha : ……..

Documento confidencial.Tratamiento de datos conforme al RGPD (UE) 2016/679 y Ley Orgánica 3/2018. Los datos serán codificados y anonimizados para el análisis estadístico. Universidad Europea de Valencia - Grado en Fisioterapia - TFG 2025-2026

Fuente: *Elaboración propia.*