



Grado en Fisioterapia

Trabajo Fin de Grado

Título:

***Eficacia de la aplicación de diatermia,
ondas de choque y ejercicio terapéutico
frente al tratamiento habitual en el
síndrome de Sever.***

Alumno: Gema González Rodríguez

Tutor: Dr. Néstor Pérez Mallada

Madrid, mayo de 2025

Índice

Índice de tablas	1
Índice de ilustraciones	2
Tabla de abreviaturas	3
Resumen	4
Abstract	5
1. Antecedentes y estado actual del tema	6
2. Evaluación de la evidencia	19
2.1 Estrategia de búsqueda	19
2.1.1. Pubmed	20
2.1.2. EBSCO	21
2. 2. Flujoograma	22
3. Objetivos del estudio	23
3.1. Objetivo general	23
3.2. Objetivo específico	23
4. Hipótesis conceptual	24
5. Metodología	25
5.1. Diseño	25
5.2. Sujetos de estudio	26
5.3. Variables	30
5.3.1. Variables dependientes	30
5.3.2. Variables independientes	32
5.4. Hipótesis operativa	33
5.5. Recogida, análisis de datos y contraste de hipótesis	34
5.6. Limitaciones del estudio	36
5.7. Equipo investigador	37
6. Plan de trabajo	38
6.1. Diseño de la intervención	38
6.2. Etapas de desarrollo	45
6.3. Distribución de tareas de todo el equipo investigador	45
6.4. Lugar de realización del proyecto	46
7. Anexos	47
8. Bibliografía	67

Índice de tablas

Tabla 1. Tabla de abreviaturas. Elaboración propia.....	3
Tabla 2. Número de deportes practicados	7
Tabla 3. Tipo de deporte practicado	7
Tabla 4. Tipo de superficie en la que se desempeña el deporte	7
Tabla 5. Frecuencia con la que se practica deporte	7
Tabla 6. Tiempo de duración de la actividad deportiva	7
Tabla 7. Edades de aparición, desarrollo y fusión de la fisis calcánea.....	9
Tabla 8. Criterios de inclusión y exclusión. Elaboración propia.....	26
Tabla 9. Nivel de significación y poder estadístico. Elaboración propia.	27
Tabla 10. Variables dependientes. Elaboración propia.	31
Tabla 11. Variables independientes. Elaboración propia.	32
Tabla 12. Puntuación de la cabeza del astrágalo	47
Tabla 13. Puntuación de la curva supra e infra-maleolar	47
Tabla 14. Puntuación de la posición del calcáneo en el plano frontal	47
Tabla 15. Puntuación de la prominencia de la región talo-navicular.	48
Tabla 16. Puntuación de la congruencia del arco longitudinal interno.....	48
Tabla 17. Puntuación de la abducción/ aducción del antepié respecto al retropié	48
Tabla 18. Dificultad flexo-extensión de codo pre-tratamiento.....	55
Tabla 19. Dificultad flexo-extensión de codo post-tratamiento.....	56
Tabla 20. Dificultad prono-supinación de codo pre-tratamiento.....	56
Tabla 21. Dificultad prono-supinación post-tratamiento.	56
Tabla 22. Programa de ejercicios de resistencia	66

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Anatomía de la enfermedad de Sever	8
Ilustración 2. Test de compresión del calcáneo	11
Ilustración 3. Radiografía medial. Esclerosis y ensanchamiento de la placa de crecimiento compatible con enfermedad de Sever	12
Ilustración 4. Plurifragmentación del núcleo secundario	12
Ilustración 5. Flujograma. Elaboración propia.....	22
Ilustración 6. Posicionamiento del paciente para la medición con el algómetro	40
Ilustración 7. Método de aplicación de diatermia	41
Ilustración 8. Ejercicio excéntrico con la rodilla en extensión.....	44
Ilustración 9. Ejercicio excéntrico con la rodilla en flexión.....	44
Ilustración 10. Test de compresión del calcáneo	49

Tabla de abreviaturas

AINE	Antiinflamatorio no esteroideo
ATPA	Articulación tibio-peroneo-astragalina
BMRC	British medical research council
CAP	Capacitativos
CEIC	Comité ético de investigación clínica
CI	Consentimiento Informado
ECA	Ensayo clínico aleatorio
EQ-5D-Y	Escala europea de calidad de vida de 5 dimensiones
ESWT	Extracorporeal Shockwave Therapy
EVA	Escala visual analógica.
FD	Flexión dorsal
FP	Flexión plantar
FPI	Food posture index
FPS-R	Faces pain scale-revised
HIP	Hoja de Información al paciente
IMC	Índice de masa corporal
KOOS	Osteoarthritis outcome score
OA	Osteoarthritis
OCE	Ondas de choque extracorpóreas
OSD	Osgood-Schlatter
OxAFQ	Oxford Ankle Foot Questionnaire
PFP	Dolor patelofemoral
PRTEE	Patient rated tennis elbow evaluation
RES	Resistivos
RMN	Resonancia magnética.
ROM	Rango de movimiento
RX	Radiografía.
WOMAC	Western Ontario and McMaster Universities

Tabla 1. Tabla de abreviaturas. Elaboración propia.

Resumen

Introducción

La enfermedad de Sever, se trata de una patología que actualmente afecta a un gran porcentaje de la población infantil, tratándose de la principal causa de dolor musculoesquelético entre la población pediátrica.

El diagnóstico tardío, la falta de un tratamiento estandarizado y la falta de evidencia científica, hace que la enfermedad de Sever se mantenga a la orden del día en las consultas. Diversas técnicas como la diatermia, ondas de choque y el ejercicio terapéutico, han resultado eficaces en el tratamiento de patologías similares, sin embargo, se carece de estudios y evidencia suficientes en la enfermedad de Sever.

Objetivo general

Determinar los efectos de la inclusión de las terapias de diatermia, ondas de choque y ejercicio terapéutico en el tratamiento habitual frente a solo la aplicación del tratamiento habitual en el síndrome de Sever.

Hipótesis

La inclusión de diatermia en el tratamiento habitual es más eficaz en la disminución del dolor y aumento de la fuerza isométrica e isocinética (medida a 30°/seg, 60°/seg, 120°/seg y 180°/seg) en el Síndrome de Sever en relación a la inclusión de las ondas de choque y ejercicio terapéutico en el tratamiento habitual y solo el tratamiento habitual.

Metodología

Se trata de un estudio experimental, analítico, prospectivo y longitudinal. La muestra estará compuesta por un total de 629 pacientes diagnosticados de la enfermedad de Sever, la asignación de estos a los distintos grupos se realizará de forma aleatoria. Las variables dependientes que se medirán son la fuerza isocinética de flexión dorsal y plantar a 30°/seg, 60°/seg, 120°/seg y 180°/seg, la fuerza isométrica de flexión plantar y dorsal y el dolor.

Palabras clave: Sever, diatermia, ondas de choque.

Abstract

Introduction

Sever's disease currently affects a large percentage of the pediatric population, and is the leading cause of musculoskeletal pain among pediatric patients.

Late diagnosis, the lack of standardized treatment, and a lack of scientific evidence mean that Sever's disease remains a common topic in clinics. Various techniques such as diathermy, shock waves, and therapeutic exercise have proven effective in treating similar conditions; however, there is a lack of sufficient studies and evidence for Sever's disease.

General objective

To determine the effects of including diathermy, shock wave therapy, and therapeutic exercise in routine treatment versus routine treatment alone in Sever's syndrome.

Hypothesis

The inclusion of diathermy in routine treatment is more effective in reducing pain and increasing isometric and isokinetic strength (measured at 30°/sec, 60°/sec, 120°/sec and 180°/sec) in Sever's Syndrome compared to the inclusion of shock waves and therapeutic exercise in routine treatment and routine treatment alone.

Methodology

This is an experimental, analytical, prospective, and longitudinal study. The sample will be composed of a total of 629 patients diagnosed with Sever's disease, and they will be randomly assigned to the different groups. The dependent variables measured are isokinetic dorsiflexion and plantarflexion strength at 30°/s, 60°/s, 120°/s, and 180°/s, isometric plantarflexion and dorsiflexion strength, and pain.

Keywords: Sever's disease, diathermy, shock waves.

1. Antecedentes y estado actual del tema

La enfermedad de Sever, más comúnmente conocida como Apofisis Calcánea u osteocondritis calcánea, se trata de una condición que afecta principalmente a la placa de crecimiento del calcáneo (fisis), apareciendo dolor e inflamación en la zona de unión del tendón de Aquiles al calcáneo, pudiendo generar, además, afectaciones a nivel de dicho tendón.¹

En 1912, el Dr. James Warren Sever, fue el primero en describir esta patología como “un tipo de dolor crónico localizado en los talones asociado a pacientes menores de edad”.²

La causa principal de aparición, se debe a estrés repetitivo y uso excesivo, lo que genera microtraumatismos en la fisis calcánea durante la fase de crecimiento.

Esta condición, a menudo es provocada por la práctica de deportes que ocasionan impactos repetitivos a dicho nivel, es decir, que incluyan sobre todo actividades en las que se deba correr o saltar.

Y, en segundo lugar, el índice de masa corporal (IMC), un elevado IMC supone un factor de riesgo para el desarrollo de la enfermedad, puesto que esta condición implica una mayor presión a nivel del calcáneo.

Aunque, han ido surgiendo nuevas hipótesis sobre la causa de aparición. Como un exceso de tensión del tendón de Aquiles sobre la apófisis calcánea, o asociado a deformidades del pie.^{3,4}

Esta patología, constituye la causa más común de dolor musculoesquelético entre la población pediátrica. Afectando principalmente a niños de entre 8-15 años físicamente activos.⁵

Entorno al 87% de niños físicamente activos aquejados de dolor en el talón, participan en actividades que incluyen saltar y correr.⁶

La incidencia es aproximadamente del 0,4 al 16,3% de las lesiones musculoesqueléticas en niños y adolescentes. Tiene una mayor incidencia en niños, en torno al 79% entre los 7 y 15 años, sobre todo en niños activos de 10-12 años y una menor afectación en niñas, apareciendo entre los 5 y 13 años. Se presenta a una edad más temprana en niñas ya que el inicio de la pubertad es más precoz que en los niños. Suele presentarse de forma unilateral coincidiendo con la pierna dominante, en la mayoría de los casos (51%), aunque en algunos casos, puede darse de forma bilateral (49%).^{2,4,6}

En el estudio de Martinelli et al.⁷ se mostró la prevalencia de la enfermedad de Sever dentro de la población infantil que realizaba algún tipo de deporte.

El estudio, incluía a 430 atletas, de los cuales 328 eran niños y 102 niñas. Con rango de edad de 6-14 años y que llevasen practicando deporte desde hacía 5 años. Se tuvieron en cuenta varios factores:

1 deporte	2 deportes	3 deportes
372 niñ@s	57 niñ@s	1 niñ@

Tabla 2. Número de deportes practicados.⁷

Baloncesto	Fútbol	Volley
207	127	96

Tabla 3. Tipo de deporte practicado.⁷

Linóleo	Parquet	Césped
208	132	127

Tabla 4. Tipo de superficie en la que se desempeña el deporte.⁷

1 día/semana	2 días/semana	3 días/semana	4 días/semana	5 días/semana
1,1%	25,5%	64,6%	7,6%	1,1%

Tabla 5. Frecuencia con la que se practica deporte.⁷

60-120 minutos	<60 minutos	>120 minutos
333	80	7

Tabla 6. Tiempo de duración de la actividad deportiva.⁷

Los factores que se observaron en el estudio, fueron:

- El Foot Posture Index (FPI) (ANEXO I).
- El test de compresión del talón (ANEXO II).
- El Oxford Ankle Foot Questionarie (OxAFQ) (ANEXO III).
- La Escala visual analógica (EVA) de dolor durante la actividad física.

La prevalencia de la enfermedad de Sever para los niños de esta muestra fue mayor en aquellos más jóvenes y que realizaban menos actividad física. No se encontraron diferencias entre el sexo, FPI, IMC, el tipo de terreno en el que se realiza la actividad, ni el tipo de deporte.

El calcáneo, es el hueso más largo del pie, situado en la zona más plantar y posterior de este. Articula su cara superior con el astrágalo y distalmente con el cuboides.

La cara inferior del calcáneo, presenta dos tubérculos que sirven como puntos de inserción de la aponeurosis plantar y el flexor corto de los dedos. Fundamentales para dar soporte a la planta del pie. En la zona posterior del calcáneo, se insertan 3 músculos: los gemelos a través del tendón de Aquiles, el soleo y el plantar delgado. En el punto de unión del tendón de Aquiles y el calcáneo, se encuentra la apófisis, un centro de crecimiento óseo sujeto a una gran carga axial, así como el encargado de soportar las fuerzas tensionales de dos potentes estructuras; La fascia plantar y el tendón de Aquiles. Ambas condiciones, favorecen el desarrollo de la enfermedad de Sever.

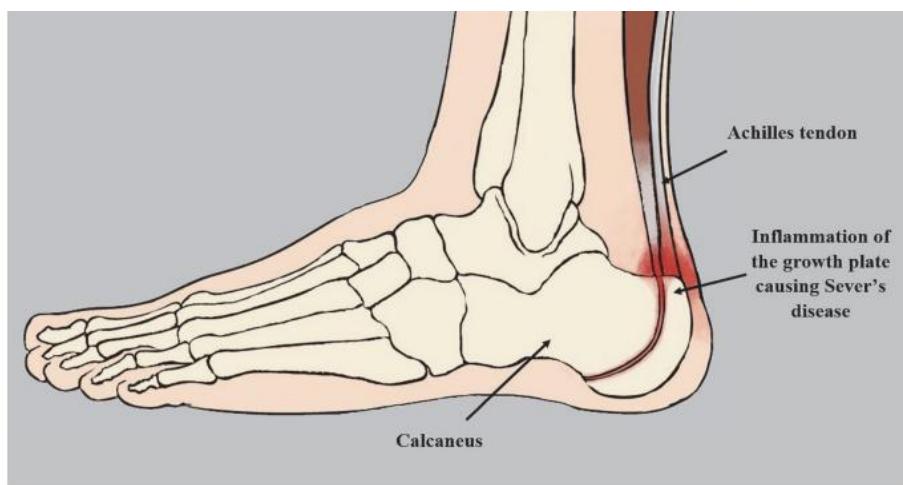


Ilustración 1. Anatomía de la enfermedad de Sever.³

En los pacientes pediátricos, las apófisis son consideradas los puntos más débiles de unión hueso-musculo-tendón. A diferencia de los adultos, dicha placa de crecimiento permanece abierta hasta los 14 años.^{3,8,9}

El crecimiento de los huesos del pie se realiza mediante un proceso denominado osteogénesis, a partir de dos centros de osificación; Primario y secundario.

El núcleo primario, se encuentra presente desde el momento del nacimiento. A diferencia del núcleo secundario, también llamado apófisis o epífisis calcánea, cuya aparición, desarrollo y osificación se da en un periodo posterior al nacimiento. Los tiempos de aparición, desarrollo y osificación, son diferentes para niños y niñas:^{2,10}

	Niñas	Niños
Aparición de la apófisis	4-6 años	7-8 años
Inicio del desarrollo del núcleo secundario	8-9 años	9 años
Fusión del núcleo 2º	12 años	15 años

Tabla 7. *Edades de aparición, desarrollo y fusión de la fisis calcánea* ¹⁰

Por lo tanto, en relación a la fisiopatología, se trata de un proceso de osteocondritis. En el que en un primer lugar encontraremos un proceso de inflamación a nivel del cartílago, que se cronifica en el tiempo, durante el cual, además, se producen microfracturas en el núcleo de osificación secundario. De esta forma, se produce una alteración de los tejidos a dicho nivel, que tendrá como consecuencia un proceso de osteogénesis anómalo que persistirá mientras la situación se mantenga en el tiempo.

Actualmente, el factor traumático se describe como el principal responsable en la etiología de la lesión. Estos microtraumatismos, se pueden clasificar en dos grupos según su origen:

1. Internos: causados por las fuerzas de tracción de las diferentes estructuras tendinosas sobre la epífisis.
2. Externos: por la presión directa del peso corporal sobre la epífisis. ¹⁰

Algunos de los factores que predisponen a desarrollar una apofisitis calcánea, son los siguientes:

- Pie valgo: aparece una disminución del arco longitudinal interno, que posiciona el retropié en eversión mientras que el antepié se encuentra en abducción y pronación. Esta situación provoca una torsión y un aumento de la tensión del tendón de Aquiles lo que aumenta la tracción del mismo sobre la epífisis calcánea.
- Pie cavo: un aumento de altura del arco longitudinal interno produce una inversión del retropié, aducción y supinación del antepié y un acortamiento a nivel del tendón de Aquiles y, por lo tanto, un aumento de la tensión.
- Dismetría de las extremidades inferiores: el pie de la pierna corta a modo de compensación, adoptará una posición de equino para conseguir de esta forma contactar

con el suelo, generando un acortamiento de la musculatura posterior y por lo tanto un aumento de la tracción.

- Sobre peso u obesidad: esta situación hará que haya un exceso de presión sobre la fisis calcánea.
- Sobreuso: aparición de microtraumatismos a nivel de la fisis calcánea debido a golpes repetitivos relacionados con deportes de impacto.
- Malos hábitos deportivos: ausencia de estiramientos previos y posteriores a la realización de la actividad deportiva, uso de calzado inadecuado con poca amortiguación sobre la zona calcánea o realización de actividades deportivas sobre superficies muy duras.
- Acortamiento del sistema Aquileo-calcáneo-plantar o musculatura posterior de la pierna.
- Desequilibrio muscular: flexores plantares y extensores de rodilla fuertes, frente flexores de rodilla y dorsiflexores débiles.

En conclusión, los factores de riesgo incluyen todas aquellas situaciones que impliquen una sobresolicitación de la musculatura posterior de la pierna, así como un fuerte y repetitivo impacto del calcáneo contra el suelo.

Clínicamente, aparece dolor localizado en las regiones posterior y lateral del talón. En el punto de unión entre el tendón de Aquiles y la fisis calcánea.

Se trata de un dolor de varias semanas de evolución que va aumentando con el paso del tiempo hasta hacerse autolimitante. Es decir, pasa de ser una molestia, que en los primeros estadíos suele aparecer al finalizar la práctica deportiva, desapareciendo con un periodo breve de reposo. Que ha ido evolucionando hasta convertirse en un dolor moderado-fuerte que aparece al inicio de la actividad deportiva y permanece durante varios días. Incluso en estadios muy avanzados, puede llegar a provocar el cese de cualquier actividad que conlleve una solicitud mecánica de la musculatura posterior o un impacto contra el suelo. El comienzo de la sintomatología suele estar relacionado con la realización de actividades deportivas, siendo el fútbol, el baloncesto y la gimnasia las disciplinas donde aparece con mayor frecuencia.^{2,3,10}

Para el diagnóstico de la enfermedad de Sever se tienen en cuenta varios aspectos. Como:

- Historia clínica: los pacientes refieren dolor de tobillo y rigidez que aumenta con el ejercicio físico. No refieren un momento o una causa específica de inicio de dolor. Se trata de un dolor localizado a punta de dedo en la zona de inserción del tendón de Aquiles al calcáneo.
- Exploración física: Clínicamente no suele aparecer inflamación local o rubor, pero si puede apreciarse a la palpación un engrosamiento del tendón de Aquiles en su zona de inserción. Durante la exploración, se utiliza además el test de compresión del talón (ANEXO II). También se pueden realizar pruebas que aumentarán el dolor a dicho nivel, por ejemplo; Realizar una flexión dorsal (FD) activa o pasiva o una flexión plantar (FP) activa contra resistencia (ponerse de puntillas).

Al explorar la movilidad de la articulación tibio-peroneo-astragalina (ATPA). Se aprecia una limitación en el rango de movimiento (ROM) de la FD sinónimo de un acortamiento a nivel de la musculatura posterior.^{2,10}

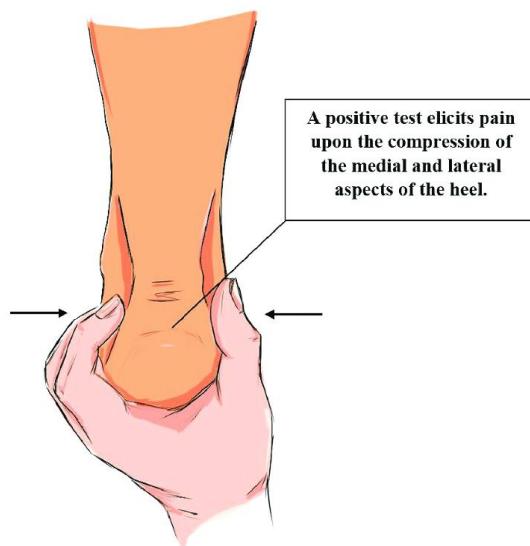


Ilustración 2. Test de compresión del calcáneo³

Puede realizarse además un examen podoscópico para evaluar la distribución del peso corporal y la morfología del pie. Proporcionando información acerca de los diversos factores biomecánicos relacionados con la sintomatología de los pacientes.¹

Como diagnóstico diferencial, se utilizan pruebas de imagen. Es importante hacer hincapié en que dichas pruebas por si solas no sirven para realizar un diagnóstico de la enfermedad de Sever, ya que siempre deben ir acompañadas de la valoración clínica y el examen físico. Como principales pruebas complementarias, realizaremos: Radiografía (RX) para valorar la

fragmentación del núcleo de crecimiento del calcáneo y el aumento de densidad del mismo. La Resonancia magnética (RMN), para valorar la apofisis y tracción del talón de Aquiles, además del edema a nivel del calcáneo y diferenciarlo de otras patologías como fracturas por estrés, fusión ósea u osteomielitis.

Cabe destacar que la osteomielitis, puede ser una complicación secundaria de la enfermedad de Sever, así como fracturas por avulsión o disminución de la calidad de vida si no es tratada.⁸



Ilustración 3. Radiografía medial. Esclerosis y ensanchamiento de la placa de crecimiento compatible con enfermedad de Sever. ¹¹

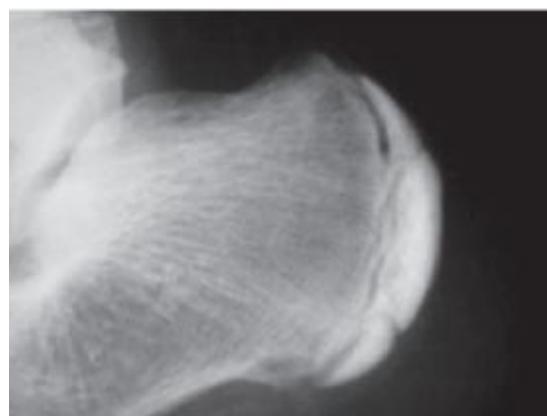


Ilustración 4. Plurifragmentación del núcleo secundario. ¹¹

Exámenes ecográficos para valorar la fragmentación del calcáneo, además de que nos permite observar la presencia de calcificaciones y engrosamientos a nivel del tendón de Aquiles, bursitis, fascitis plantar y la presencia de derrames a nivel de las diferentes estructuras.^{1,12}

Para la valoración del dolor de talón durante el ejercicio físico, se utiliza la EVA y también se pasa el cuestionario OxAFQ.

También se evalúa el posicionamiento del pie a través del FPI (ANEXO I).¹³

Los tratamientos usualmente utilizados, incluyen estiramientos del tríceps sural, aplicación de hielo, reducción de la actividad física o reposo, medicamentos antiinflamatorios no esteroideos (AINE) tanto tópicos como orales y órtesis de talón.¹⁴

Las modalidades de tratamiento disponibles que se utilizan actualmente son principalmente conservadoras e incluyen:³

- Fisioterapia y reposo:

La aplicación de frío local durante 15 minutos en la zona de máximo dolor, detener la actividad física y evitar la práctica de actividades que puedan empeorar la situación y realizar ejercicios de estiramiento y fortalecimiento muscular, son medidas que forman parte del proceso de recuperación en la enfermedad de Sever.

AINEs vía oral y tópica, también son frecuentemente utilizados para reducir el dolor, los más usados son, ibuprofeno vía oral y aplicación tópica de diclofenaco o ketoprofeno en los talones.

Las sesiones de fisioterapia consistirán principalmente en enseñar al paciente ejercicios para fortalecer y estirar toda la musculatura posterior. Se debe evitar en la medida de lo posible el reposo excesivo y la inmovilización para evitar la pérdida de masa muscular y una rigidez excesiva de los tejidos.

En el estudio de Sayar et al.¹⁵ se tomó una muestra de 74 pacientes con edades entre 6- 17 años diagnosticados de Sever y fueron tratados con ibuprofeno vía oral durante 2 semanas. Además, se recomendaron ejercicios de estiramiento de la cadena posterior. Los resultados tras dos semanas, fueron de que 73 pacientes tuvieron una resolución completa del dolor y solo uno de ellos no respondió al tratamiento y requirió una inmovilización.

En el estudio de Wiegerinck et al.¹⁶ se hace una comparación de 3 tipos de tratamientos conservadores distintos: Wait and see, uso de ortesis tipo cuña para el talón y fisioterapia realizando ejercicios excéntricos con supervisión. El objetivo, fue valorar la disminución del dolor medida con la Faces Pain Scale- Revised (FPS-R). Utilizaron para su medición un algómetro tomando como punto de referencia la zona de máximo dolor. La otra variable a tener en cuenta era la función pie-tobillo a través de la OxAFQ. La muestra del estudio fue de 101 niños entre 8-15 años diagnosticados de Sever. Tras 10 semanas de tratamiento, se concluye que la apofisitis calcánea puede ser tratada de forma eficaz con cualquiera de estos tres métodos, pues no hubo diferencias significativas entre los grupos, sin embargo, la reducción del dolor aparece de forma más tardía en el grupo de wait and see.

- Kinesioterapia y vendajes

Estos métodos han sido utilizados en muchos estudios para tratar la enfermedad de Sever. El objetivo principal de su aplicación es regular el flujo sanguíneo, favorecer la reducción de la inflamación y reducir la tensión muscular. Todo ello, se traducirá en una reducción del dolor. La técnica de “Arch Taping”, es un vendaje descrito por y Hunt et al. ¹⁷ utilizado en el tratamiento de la apofisis calcánea, cuyo objetivo es “estabilizar la apófisis calcánea con el cuerpo calcáneo, mediante el efecto Windlass, que permite la elevación y compactación del arco medial del pie preparándolo para la fase de despegue, ayudando a proporcionar estabilidad y propulsión”.

En el estudio de Hunt et al. ¹⁷ se evaluó a 11 sujetos, 9 de ellos niñas y 2 niños entre 9-14 años diagnosticados de la enfermedad de Sever. Se evaluó el dolor con una escala EVA, comparando el dolor que experimentaban al caminar con vendaje y sin vendaje. La técnica de vendaje utilizada fue la de “Arch taping”.

Las conclusiones del estudio, fueron que la aplicación de la técnica Arch taping puede resultar efectiva en el alivio inmediato del dolor y favorecer la reincorporación temprana a la actividad deportiva.

- Medidas ortopédicas.

Utilizar plantillas de alza para los tobillos proporciona amortiguación al talón y ayuda en la absorción de la fuerza del impacto contra el suelo durante la práctica de actividades que impliquen saltar o correr.

Además, posiciona el pie en una situación de flexión plantar, lo que ayuda a relajar la tensión ejercida por el tendón de Aquiles, evitando el exceso de tracción de este sobre la fisis calcánea.

En el estudio de Perhamre et al. ¹⁸ se incluyeron 35 niños entre 9-15 años físicamente activos y diagnosticados de enfermedad de Sever.

Se dividió la muestra en dos grupos: Cuña para el talón y copa para el talón y el estudio constó de tres fases:

- Fase previa al tratamiento (2 semanas): en la que los participantes registraban su dolor en la escala CR-10 de Borg durante la actividad física sin usar plantillas.
- Fase de tratamiento (4 semanas): usando las plantillas asignadas y registrando el dolor.
- Fase post-tratamiento (2 semanas): dejan de usar plantillas y registran el dolor.

Las conclusiones del estudio fueron que el uso de plantillas (tanto de copa como de cuña), proporcionan un alivio efectivo del dolor sin necesidad de reducir la actividad deportiva.

- Prevención

Reducir los factores de riesgo es la medida principal para prevenir la enfermedad de Sever. Tanto los padres como los entrenadores de los diversos deportes que los niños practiquen deben asegurarse de que el calzado y la equipación que utilicen es adecuado para evitar cualquier tipo de alteración biomecánica.

Incluir en los entrenamientos ejercicios de prevención de lesiones centrados en mejorar la fuerza muscular y la resistencia, la coordinación, la flexibilidad... ^{19,20}

- Diatermia (ANEXO IV)

En el estudio de Paciulli ²¹ (ANEXO V), se demostró la eficacia del tratamiento de la epicondilitis con diatermia.

Se trata de un estudio de 60 pacientes diagnosticadas de epicondilitis de entre 30-60 años.

Se emplearon dos electrodos, uno capacitativo (CAP) y otro resistivo (RES), se realizaron 3 fases de tratamiento alternando los electrodos:

1. Tratamiento CAP → 8 minutos, en la zona de brazo y antebrazo.
2. Tratamiento RES → 14 minutos
3. Tratamiento CAP → mismo modo que primera fase.

Los resultados observados en este estudio, los cuales resultaron satisfactorios, fueron:

-Fuerza muscular: medida con la resistencia máxima que pueden oponer a una contracción muscular → Prueba de Kendall.

-Impotencia funcional: prueba de evaluación funcional

-Rigidez articular: con examen goniométrico

-Intensidad del dolor pre y post tratamiento: EVA

-edema: observación directa teniendo en cuenta signo de Fóvea.

El estudio de Rabini et al. ²² demostró la eficacia de utilizar calor profundo (diatermia) para el tratamiento de la mejora de la sintomatología de la osteoartritis (OA) de rodilla. Los objetivos del estudio, eran disminuir el dolor y la rigidez articular, mantener y mejorar la movilidad, reducir la discapacidad física y mejorar la calidad de vida.

La población de estudio, fueron tanto hombres como mujeres mayores de 18 años con OA mono o bilateral y dolor durante al menos 3 semanas. La aplicación se realizó 3 veces por semana durante 4 semanas.

Las variables a medir en estudio, fueron:

- Dolor articular, rigidez y limitaciones funcionales, a través de la versión italiana del Western Ontario and McMaster Universities (WOMAC)
- La fuerza muscular, a través del British Medical Research Council (BMRC)
- Dolor a través de la EVA.

Las conclusiones del estudio, fueron que la aplicación de calor profundo a través de diatermia por microondas mejora el dolor y la funcionalidad en pacientes con OA moderada en la rodilla.

- Ondas de choque (ANEXO VI)

Estudios como el de Valladares et al.²³ Demuestran la eficacia de las ondas de choque en la disminución del dolor en pacientes que sufren epicondilitis.

Para el estudio, se tomó una muestra de 30 pacientes que recibieron tratamiento de ondas de choque.

Se valoró el dolor de los pacientes antes y después del tratamiento con la escala EVA y la gravedad del dolor por test simple, se trata de un registro de 0-20 puntos que evalúa el dolor experimentado durante los movimientos contra resistencia (pronación, supinación y extensión de mano y dedos).

Los resultados se evaluaron mediante dos criterios:

- Satisfactorio: si los resultados post intervención de la escala EVA oscilan entre 0-3 y test simple de 0-7.
- No satisfactorios: no se cumplen esos criterios.

Los resultados concluyen que hay una disminución del dolor tras recibir el tratamiento con ondas de choque extracorpóreas. Los resultados para el test simple, reflejan una mejoría de la gravedad del dolor.

Otro estudio realizado por Shafshak et al.²⁴ habla sobre la eficacia del tratamiento con OCE en atletas jóvenes con lesiones apofisarias.

Se trata de un estudio formado por un total de 22 pacientes, atletas, de 11-15 años diagnosticados de apofisitis.

De los 22 pacientes, 15 fueron diagnosticados de Osgood-Schlatter (OSD) y 7 de la enfermedad de Sever. Todos recibieron las mismas sesiones y dosis de OCE.

Los resultados, fueron los siguientes:

Tras la primera sesión, el porcentaje de alivio del dolor osciló entre el 50-100% en 21 pacientes y solo uno se mantuvo igual. De ellos, 14 pacientes tenían un alivio total del dolor después de una única sesión. En 7 pacientes, el dolor desapareció completamente en 1-2 semanas tras

la segunda sesión. Y solo un paciente tardó hasta la tercera sesión en sentir un alivio total del dolor.

La conclusión de estudio es que la terapia de ondas de choque es una técnica no invasiva bien tolerada en atletas jóvenes que puede acortar los tiempos de recuperación y reincorporación a la actividad deportiva sin necesidad de que esta sea suspendida.

En el estudio de Gazya et al.²⁵ se compararon los efectos de la terapia con ondas de choque frente la terapia interferencial en la reducción del dolor y la mejora de la movilidad en la enfermedad de OSD.

Se seleccionó una muestra de 40 niños, 22 chicos y 18 chicas de entre 12-14 años diagnosticados de OSD.

El grupo A, recibió terapia interferencial y fisioterapia convencional, mientras que el grupo B recibió OCE y fisioterapia convencional.

Se midió el dolor a través de la escala EVA, el ROM de la rodilla a través de goniometría y el dolor articular, rigidez y limitaciones funcionales, a través de la versión italiana del WOMAC.

Los resultados fueron que ambos grupos mostraron mejoras, pero el grupo que había sido tratado con OCE mostró mayor reducción del dolor y mejora de la funcionalidad de rodilla en comparación con el grupo A.

En conclusión, la terapia con ondas de choque es más eficaz que la interferencial para reducir el dolor y mejorar la funcionalidad en la enfermedad de OSD.

El estudio de Sanzo²⁶ quería demostrar los efectos de OCE en relación al dolor, la funcionalidad, el ROM y la fuerza en pacientes con fascitis plantar.

Para su estudio, contó con una muestra de 97 sujetos (27 hombres y 70 mujeres) entre 18-70 años a los que se les midió pre-tratamiento y post-tratamiento el ROM con un goniómetro, la fuerza isométrica utilizando la escala de 5 puntos de Oxford y el dolor con la escala EVA.

Se aplicó el tratamiento de ondas de choque en la zona del calcáneo y fascia plantar.

Los resultados del estudio fueron que hubo una reducción del dolor, un aumento del ROM y en cuanto a la fuerza isométrica, no hubo cambios significantes post-tratamiento de la misma.

En el estudio de Upadhyay et al.²⁷ se seleccionó una muestra de 30 pacientes diagnosticados de epicondilitis crónica. El objetivo del estudio fue demostrar que incluir ejercicios de fuerza en el tratamiento habitual resultaba más eficaz en el aumento de la fuerza de agarre. Por ello, se dividió la muestra en dos grupos:

-Grupo experimental: se realizan ejercicios de fuerza junto con la terapia habitual (ultrasonido + masaje transversal profundo + ejercicios de estiramiento).

-Grupo control: los pacientes reciben el tratamiento habitual.

Las mediciones pre-tratamiento y post-tratamiento, incluían, la medición del dolor a través de la EVA, el cuestionario patient rated tennis elbow evaluation (PRTEE) y la medición de la fuerza de agarre isométrico con un dinamómetro hidráulico manual.

La conclusión del estudio fue que incluir un programa de ejercicios de fortalecimiento en el tratamiento habitual, es más efectivo en la mejora del dolor, la funcionalidad y el aumento la fuerza máxima isométrica de agarre que solo realizar el tratamiento habitual.

En el estudio de Rathleff et al.²⁸ Utiliza una muestra en la que se seleccionaron 151 adolescentes con dolor patelofemoral (PFP), 51 con OSD y 50 sin ningún tipo de dolor de rodilla que compondría el grupo control. Todos ellos de entre 10-14 años.

Las variables que se midieron en el estudio fueron:

- La cantidad de actividad física, con un reloj de pulsera GT3X+.
- El dolor, la sintomatología y la calidad de vida: a través del cuestionario de Knee injury and Osteoarthritis outcome score (KOOS) y para la calidad de vida, la versión juvenil de la escala europea de calidad de vida- 5 dimensiones (EQ-5D-Y).

- La fuerza de cadera y rodilla: se midió la fuerza isométrica de extensión de rodilla y de abducción de cadera en todos los pacientes. Mientras que la fuerza de extensión de cadera solo me midió en el grupo control y en el de dolor patelofemoral. Se evaluó utilizando un dinamómetro portátil PowerTrack Commander.

- Más del 50% de la muestra redujo su participación deportiva por dolor. Por ello, los datos de actividad física del reloj no se pudieron extraer.

- Se encontraron grandes diferencias en la escala KOOS entre los grupos, los adolescentes con OSD tuvieron puntuaciones más bajas que aquellos con PFP y en cuanto al cuestionario EQ-5D-Y los resultados en el grupo OSD y PFP fueron más bajos que en el de control.

- En cuanto a la fuerza, en la fuerza de abducción de cadera, hubo diferencias entre ambos sexos, ya que las chicas obtuvieron puntuaciones menores en el grupo de OSD y PFP frente al control.

En la extensión de rodilla, el grupo con OSD tenía puntuaciones significativamente menores que el grupo control y el de PFP.

Y la fuerza de extensión de rodilla fue menor en el grupo de PFP en comparación con el control.

2. Evaluación de la evidencia

2.1 Estrategia de búsqueda

Las distintas búsquedas bibliográficas necesarias para llevar a cabo este proyecto, se han realizado principalmente en las siguientes bases de datos:

EBSCO (añadiendo además las siguientes bases de datos: Academic Search Complete, E-Journals, CINAHL Complete y MEDLINE Complete) a través de los términos DeCS y en PUBMED, a través de los términos MeSH.

Término en español	Término en inglés	MeSH	DeCS
Síndrome de Sever	Sever's syndrome	Sever's syndrome	Sever's syndrome
Enfermedad de Sever	Sever's disease	Sever's disease	Sever's disease
Apofisis calcánea	Calcaneal apophysitis	Calcaneal apophysitis	Calcaneal apophysitis
Diatermia	Diathermy	Diathermy	Diathermy
Radiofrecuencia	Radiofrequency	Radiofrequency therapy	Radiofrequency therapy
Ondas de choque	Shock waves	High- Energy shock waves	High- Energy shock waves
Fisioterapia	Physical therapy	Physical therapy modalities	Physical therapy specialty
Fisioterapia	Physiotherapy	Physical therapy modalities	Physical therapy specialty
Dolor	Pain	pain	pain
Fuerza	Strength	Muscle strength	Muscle strength

2.1.1. Pubmed

En Pubmed, las estrategias de búsqueda se han realizado utilizando los términos MeSH de los términos libres mencionados anteriormente y combinándolos con distintos booleanos “OR” y “AND”. Se decide no aplicar filtros sino combinar más términos de nuestra pregunta de investigación para acotar las búsquedas. Los resultados son los siguientes:

Estrategia de búsqueda	Artículos obtenidos
((Sever's syndrome) OR (Sever's disease)) OR (Calcaneal apophysitis) AND ("Diathermy"[Mesh])	1
(((Sever's syndrome) OR (Sever's disease)) OR (Calcaneal apophysitis)) AND ("Diathermy"[Mesh]) AND ("Radiofrequency Therapy"[Mesh])	3
(((Sever's syndrome) OR (Sever's disease)) OR (Calcaneal apophysitis)) AND (shock waves)) AND ("Diathermy"[Mesh])	5
(((Sever's syndrome) OR (Sever's disease)) OR (Calcaneal apophysitis)) AND (Physical therapy)	24
(((Sever's syndrome) OR (Sever's disease)) OR (Calcaneal apophysitis)) AND (physical therapy)) AND ("Diathermy"[Mesh])	1
(((Sever's syndrome) OR (Sever's disease)) OR (Calcaneal apophysitis)) AND ("Radiofrequency Therapy"[Mesh])) AND (physical therapy)	6
(((Sever's syndrome) OR (Sever's disease)) OR (Calcaneal apophysitis)) AND ("Pain"[Mesh])	25
(((Sever's syndrome) OR (Sever's disease)) OR (Calcaneal apophysitis)) AND ("Muscle Strength"[Mesh])) AND ("Pain"[Mesh])	20
TOTAL	85

2.1.2. EBSCO

Para realizar las búsquedas en EBSCO, seleccionamos las bases de datos: Academic Search Complete, CINAHL Complete, E-Journals, MEDLINE Complete, por lo que los artículos que obtengamos al realizar las búsquedas, pertenecerán a las bases de datos mencionadas. Para realizar las búsquedas en EBSCO, utilizamos los términos DeCS combinándolos con los booleanos “OR” o “AND”, al igual que las búsquedas realizadas en PUBMED, optamos por combinar una mayor cantidad de términos de nuestra pregunta PICO antes que aplicar filtros para acotar la búsqueda. Los resultados obtenidos de nuestras búsquedas son los siguientes:

Estrategia de búsqueda	Artículos encontrados
((Sever's syndrome) OR (Sever's disease)) OR (Calcaneal apophysitis)) AND diathermy	1
((Sever's syndrome) OR (Sever's disease)) OR (Calcaneal apophysitis)) AND diathermy AND radiofrequency therapy	1
((Sever's syndrome) OR (Sever's disease)) OR (Calcaneal apophysitis)) AND (shock waves))	2
((Sever's syndrome) OR (Sever's disease)) OR (Calcaneal apophysitis)) AND (shockwave therapy)	2
((Sever's syndrome) OR (Sever's disease)) OR (Calcaneal apophysitis)) AND (Physical therapy)	21
((Sever's syndrome) OR (Sever's disease)) OR (Calcaneal apophysitis)) AND ("Pain") AND ("Muscle Strength")	2
((Sever's syndrome) OR (Sever's disease)) OR (Calcaneal apophysitis)) AND ("Pain") AND (physical therapy)	19
Total	48

2. 2. Flujograma

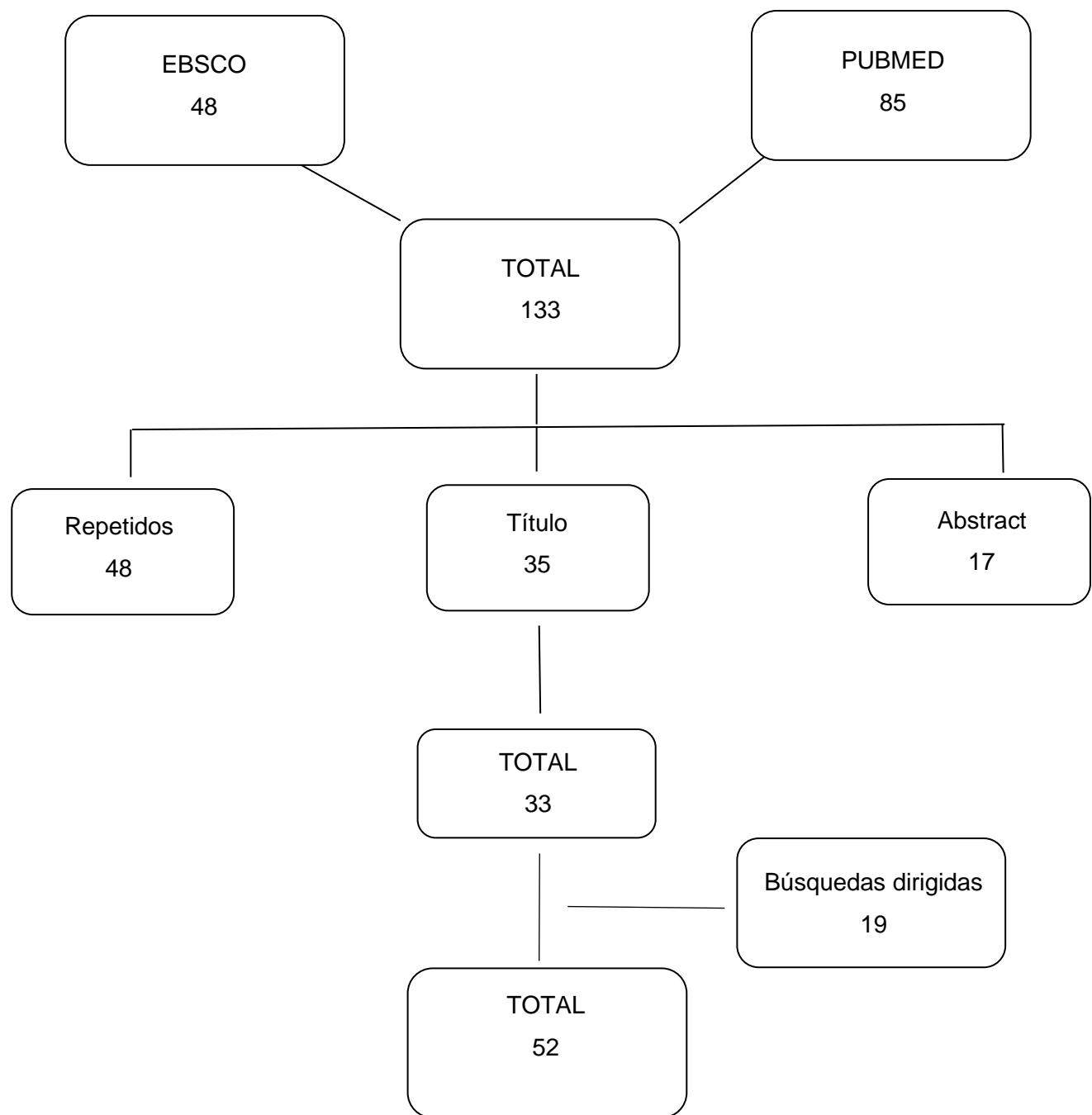


Ilustración 5. Flujograma. Elaboración propia.

3. Objetivos del estudio

3.1. Objetivo general

Determinar los efectos de la inclusión de las terapias de diatermia, ondas de choque y ejercicio terapéutico en el tratamiento habitual frente a solo la aplicación del tratamiento habitual en el síndrome de Sever.

3.2. Objetivo específico

Cambios en el dolor tras la inclusión de ondas de choque, diatermia y ejercicio terapéutico en el tratamiento habitual frente a solo la aplicación del tratamiento habitual en la enfermedad de Sever.

Cambios en el dolor entre la aplicación de ondas de choque, diatermia y ejercicio terapéutico en el tratamiento habitual en la enfermedad de Sever.

Cambios en la fuerza isométrica tras la inclusión de ondas de choque, diatermia y ejercicio terapéutico en el tratamiento habitual frente a solo la aplicación del tratamiento habitual en la enfermedad de Sever.

Cambios en la fuerza isométrica entre la aplicación de ondas de choque, diatermia y ejercicio terapéutico en el tratamiento habitual en la enfermedad de Sever.

Cambios en la fuerza isocinética (medida a 30º/seg, 60º/seg, 120º/seg y 180º/seg) tras la inclusión de ondas de choque, diatermia y ejercicio terapéutico en el tratamiento habitual frente a solo la aplicación del tratamiento habitual en la enfermedad de Sever.

Cambios en la fuerza isocinética (medida a 30º/seg, 60º/seg, 120º/seg y 180º/seg) entre la aplicación de ondas de choque, diatermia y ejercicio terapéutico en el tratamiento habitual en la enfermedad de Sever.

4. Hipótesis conceptual

La inclusión de diatermia en el tratamiento habitual es más eficaz en la disminución del dolor y aumento de la fuerza isométrica e isocinética (medida a 30º/seg, 60º/seg, 120º/seg y 180º/seg) en el Síndrome de Sever en relación a la inclusión de las ondas de choque y ejercicio terapéutico en el tratamiento habitual y solo el tratamiento habitual.

5. Metodología

5.1. Diseño

Este proyecto, consiste en un estudio experimental, analítico, longitudinal prospectivo, cuya finalidad es evaluar la relación causa- efecto de nuestra intervención y el Síndrome de Sever. Se trata de un estudio experimental, puesto que habrá una aleatorización y grupo control del mismo, siendo un ensayo clínico aleatorio (ECA).

Habrá 3 grupos de estudio:

- GRUPO 1: Se aplicará diatermia + tratamiento habitual.
- GRUPO 2: Se aplicarán ondas de choque + tratamiento habitual.
- GRUPO 3: Se realizará ejercicio terapéutico + tratamiento habitual.
- GRUPO 4 (Control): Se aplicará el tratamiento habitual,^{29,30} que consiste en reposo + AINES.

Las técnicas de enmascaramiento que utilizaremos será cegar al evaluador/analista de los datos. No es posible cegar al paciente debido a que en la hoja de información al paciente (HIP) le explicaremos cuales son las distintas intervenciones que se van a aplicar. Por otra parte, cegar al fisioterapeuta, tampoco será posible por el mismo motivo, ya que serán capaces de diferenciar entre la aplicación de diatermia, ondas de choque y ejercicio terapéutico.

El estudio respeta los criterios éticos de la Declaración de Helsinki, aprobada en la Asamblea Médica Mundial de 1964, con el fin de regular la investigación clínica en seres humanos, asegurando la responsabilidad e integridad moral.

Para la realización del estudio, se proporcionará previamente a todos los pacientes una HIP (ANEXO VII) donde constarán los objetivos, métodos, beneficios previstos y peligros potenciales de nuestro estudio, así como las molestias que la investigación pueda ocasionar. Al tratarse de menores de edad, proporcionaremos de la misma forma toda la información a su padre, madre o tutor legal y deberán firmar el correspondiente Consentimiento Informado (CI) (ANEXO VIII). Deberemos, además, solicitar y contar con la aprobación por parte del Comité ético de Investigación clínica (CEIC) (ANEXO IX).

Además, todos ellos deberán cumplimentar el documento (ANEXO X) en el que figuren sus datos personales, el cual se encontrará bajo custodia del investigador principal.

Cumpliendo con la Ley Orgánica 3/2018 de Protección de Datos y Garantía de Derechos Digitales, se asegura la correcta privacidad, protección y anonimización de los datos, y el

derecho de anulación, rectificación, cancelación y oposición de todos los participantes en el estudio. Para asegurar dichas garantías, se asignará a cada sujeto un numero identificativo y en ningún momento se revelará ni publicará ningún tipo de información personal.

Si algún sujeto decidiese abandonar el estudio, tiene plena libertad para hacerlo sin ningún tipo de consecuencia cumplimentando una hoja de revocación (ANEXO XI).

5.2. Sujetos de estudio

Los sujetos incluidos en el estudio, serán niños deportistas que hayan sido diagnosticados de la enfermedad de Sever. Se tendrán en cuenta una serie de criterios de inclusión y exclusión a la hora de seleccionar la muestra.

CRITERIOS DE INCLUSIÓN	CRITERIOS DE EXCLUSIÓN
Edades comprendidas entre los 8-15 años, ambos inclusive. ⁵	Que padezcan algún otro tipo de patología a nivel de miembros inferiores.
Que realicen algún deporte entre: fútbol, volley o baloncesto y estén federados. ⁷	Que tengan alguna enfermedad que sea una contraindicación para la aplicación de diatermia, ondas de choque o ejercicio terapéutico.
Que hayan sido diagnosticados médicaamente.	Malformaciones en MMII.
Que comprendan el castellano o el inglés.	
Que actualmente padezcan la enfermedad de Sever.	

Tabla 8. Criterios de inclusión y exclusión. Elaboración propia.

CÁLCULO DEL TAMAÑO MUESTRAL

El tamaño de la muestra se calculará a través de la fórmula de contraste de hipótesis y comparación de medias:

$$n = \frac{2K \times SD^2}{d^2}$$

n= tamaño de la muestra.

K= constante que se calcula a través del nivel de significación (α) y el poder estadístico ($1-\beta$).

SD= desviación típica al cuadrado = Varianza.
d= precisión (amplitud del intervalo de confianza).

Para el cálculo de K, se asume un nivel de significación o riesgo $\alpha= 0,05$, esto significa que aceptamos una probabilidad del 5% de estar equivocados al rechazar la hipótesis nula. Esto recibe el nombre de error de tipo I (rechazar la hipótesis nula cuando es cierta), lo que es considerado un falso positivo.

En cuanto a la potencia o poder estadístico ($1-\beta$), hace referencia a la probabilidad de rechazar la hipótesis nula cuando es falsa, es decir, la probabilidad de no cometer el error tipo II. Por consenso, se estima una potencia de 0,80, es decir un 80%.

Los valores de K se pueden estimar a través de la siguiente tabla:

	Nivel de significación (α)		
Poder estadístico ($1-\beta$)	5%	1%	0,10%
80%	7,8	11,7	17,1
90%	10,5	14,9	20,9
95%	13	17,8	24,3
99%	18,4	24,1	31,6

Tabla 9. Nivel de significación y poder estadístico. Elaboración propia.

- FUERZA ISOCINÉTICA

Para esta variable, utilizaremos los estudios de Kangas et al.³¹ y el de Pérez et al.³² para determinar la SD y la d.

SD para dorsiflexión:

30°/s= 34,81 Nm

60°/s= 7,3 Nm

120 °/s= 1,1 Nm

180°/s= 5 Nm

SD para flexión plantar

30°/s= 28,79 Nm

60°/s= 28,4 Nm

120 °/s= 22,5 Nm

180°/s= 15,7 Nm

d para dorsiflexión

30°/s= 112,07 x 0,10

60°/s= 30,3 x 0,10

120 °/s= 23,6 x 0,10

180°/s= 22,6 x 0,10

d para flexión plantar

30°/s= 112,36 x 0,10

60°/s= 115,2 x 0,10

120 °/s= 86,6 x 0,10

180°/s= 66,8 x 0,10

$$n \text{ dorsiflexión } 30^\circ/s = \frac{2(7,8)X 34,81^2}{11,207^2} = 76,35. \text{ 76 sujetos}$$

$$n \text{ dorsiflexión } 60^\circ/s = \frac{2(7,8)X 7,3^2}{3,03^2} = 90,55. \text{ 91 sujetos.}$$

$$n \text{ dorsiflexión } 120^\circ/s = \frac{2(7,8)X 1,1^2}{2,36^2} = 3,4. \text{ 3 sujetos.}$$

$$n \text{ dorsiflexión } 180^\circ/s = \frac{2(7,8)X 5^2}{2,26^2} = 76,35. \text{ 76 sujetos.}$$

$$n \text{ flexión plantar } 30^\circ/s = \frac{2(7,8)X 28,79^2}{11,236^2} = 102,42. \text{ 102 sujetos.}$$

$$n \text{ flexión plantar } 60^\circ/s = \frac{2(7,8)X 28,4^2}{11,52^2} = 94,81. \text{ 95 sujetos.}$$

$$n \text{ flexión plantar } 120^\circ/s = \frac{2(7,8)X 22,5^2}{8,66^2} = 105,31. \text{ 105 sujetos.}$$

$$n \text{ flexión plantar } 180^\circ/s = \frac{2(7,8)X 15,7^2}{6,68^2} = 92,38. \text{ 92 sujetos.}$$

- FUERZA ISOMÉTRICA

Para el cálculo, utilizaremos como referencia el estudio de Webber et al.³³

SD dorsiflexión: 5,1 Nm

SD flexión plantar: 21,5 Nm

d dorsiflexión: 0,10 x 21,6 (media) = 2,16 Nm

d flexión plantar: 0,10 x 71= 7,1 Nm

$$n \text{ dorsiflexión} = \frac{2(7,8) X 5,1^2}{2,16^2} = 86,96. \text{ El tamaño será de 87 sujetos.}$$

$$n \text{ flexión plantar} = \frac{2(7,8) X 21,5^2}{7,1^2} = 143. \text{ El tamaño será de 143 sujetos.}$$

- DOLOR

Para la muestra del dolor de umbral por presión, se utilizará el estudio de Vallance et al.³⁴ del que obtendremos la SD y la d.

SD= 2,9

d= 10% de la media de la variable dolor medida con algómetro.³⁵

0,10 x 10,83 = 1,803

$n \text{ dolor umbral por presión} = \frac{2(7,8) \times 2,9^2}{1,083^2} = 111,85$. El tamaño de la muestra será de 112 pacientes.

La variable de mayor tamaño muestral, es la fuerza isométrica de flexión plantar n=143 sujetos. Utilizaremos este valor para calcular la muestra total del estudio que será de 572 sujetos (143 para cada grupo, habiendo 4 grupos). Añadiremos, además un 10% extra de sujetos a la muestra por las posibles pérdidas que se puedan producir durante el estudio. Por lo que la muestra final será de 629 sujetos, 157 en cada grupo.

5.3. Variables

5.3.1. Variables dependientes

Las variables dependientes de nuestro estudio son:

- Fuerza máxima isocinética

Se trata de una variable cuantitativa continua la cual mediremos utilizando un dinamómetro isocinético Cybex II+ realizando 5 repeticiones para obtener la media. Los sujetos se posicionarán apoyando su espalda en el respaldo del asiento del dinamómetro, con una flexión de 90º de rodilla, la cual se mantendrá utilizando correas para estabilizarla. El eje de rotación del tobillo permanecerá alineado con el eje de rotación del dinamómetro, y se asegurará el pie a la plataforma con dos correas de velcro. Los participantes podrán sujetar un asa contralateral al lado afecto para contrarrestar el movimiento del tobillo y tener mayor estabilidad. Se realizarán pruebas a 30º/seg, 60º/seg, 120º/seg y 180º/seg (en ese orden). Se realizarán primero las mediciones de FD y a continuación las de FP, sin una vuelta pasiva a la posición de inicio, sino que se desarrollarán seguidas. Se harán 3-5 ensayos para familiarizarse con el protocolo y después 5 pruebas para cada velocidad. Habrá un descanso de 2 minutos entre cada una. Los rangos de movimiento establecidos para la prueba, fueron de 10º de FD y 30º de FP.

- Fuerza máxima isométrica

Se trata de una variable cuantitativa continua la cual mediremos utilizando un dinamómetro isométrico realizando 3 mediciones para obtener la media. La colocación del paciente será la misma que para la prueba isocinética. Se realizarán 3 ensayos de prueba para permitir a los pacientes familiarizarse con el protocolo y posteriormente, se realizarán 3 contracciones isométricas máximas voluntarias para FD (partiendo de 25º de FP) y después para FP (partiendo de 0º de FD). Se indicará a los participantes que mantengan la contracción 3-5 segundos, descansando 30 segundos entre cada repetición y descanso de 90 segundos entre cada prueba.

- Dolor

Se trata de una variable cualitativa ordinal, la cual cuantificaremos a través de su medición utilizando el algómetro digital Wagner Force One Modelo FDIX 50TM. Colocaremos al

paciente en decúbito prono con la región anterior del tobillo sobre el borde de la camilla y la articulación tibiotarsiana en reposo a 90º. Se realizarán 5 mediciones en el punto de máximo dolor indicado por el paciente y se obtendrá la media de dichas mediciones.

Estas mediciones las realizaremos pre-tratamiento y post-tratamiento en los 4 grupos.

VARIABLE DEPENDIENTE	TIPO	MEDICIÓN	UNIDAD DE MEDIDA
FUERZA ISOCINÉTICA MÁXIMA a 30º/seg de flexión plantar y dorsal.	Cuantitativa continua	Dinamómetro isocinético	Newton × metro (Nm)
FUERZA ISOCINÉTICA MÁXIMA a 60º/seg, de flexión plantar y dorsal.	Cuantitativa continua	Dinamómetro isocinético	Newton × metro (Nm)
FUERZA ISOCINÉTICA MÁXIMA a 120º/seg de flexión plantar y dorsal.	Cuantitativa continua	Dinamómetro isocinético	Newton × metro (Nm)
FUERZA ISOCINÉTICA MÁXIMA a 180º/seg de flexión plantar y dorsal.	Cuantitativa continua	Dinamómetro isocinético	Newton × metro (Nm)
FUERZA ISOMÉTRICA MÁXIMA	Cuantitativa continua	Dinamómetro isométrico	Newton × metro (Nm)
DOLOR	Cualitativa ordinal	Algómetro	-Newton × cm ² -Kilogramo-fuerza × cm ² (kgf/cm ²)

Tabla 10. Variables dependientes. Elaboración propia.

5.3.2. Variables independientes

Las variables independientes del estudio son:

- Tipo de tratamiento

Se trata de una variable cualitativa nominal policotómica, que se clasificará en función del grupo al que haya sido asignado nuestro paciente: Grupo 1, grupo 2, grupo 3 o grupo 4 (control).

- Momento de medición

Se trata de una variable cualitativa nominal dicotómica, la clasificación/ categorías que estableceremos para dicha variable, serán: pre-tratamiento o post-tratamiento.

VARIABLES INDEPENDIENTES	TIPO	CATEGORIA
TIPO DE TRATAMIENTO	Cualitativa nominal	<ul style="list-style-type: none">-Grupo 1: diatermia + tratamiento habitual.-Grupo 2: ondas de choque + tratamiento habitual.-Grupo 3: ejercicio terapéutico + tratamiento habitual.-Grupo 4: tratamiento habitual.
MOMENTO DE MEDICIÓN	Cualitativa nominal	<ul style="list-style-type: none">-Pre-tratamiento-Post-tratamiento

Tabla 11. Variables independientes. Elaboración propia.

5.4. Hipótesis operativa

- Fuerza isocinética
 - Hipótesis Nula 1 (H0): No existen diferencias estadísticamente significativas en relación a la fuerza isocinética (medida a 30º/seg, 60º/seg, 120º/seg y 180º/seg), al incluir la diatermia, ondas de choque y ejercicio terapéutico en el tratamiento habitual frente a solo realizar el tratamiento habitual en la enfermedad de Sever.
 - Hipótesis alternativa 1 (H1): Existen diferencias estadísticamente significativas en relación a la fuerza isocinética (medida a 30º/seg, 60º/seg, 120º/seg y 180º/seg), al incluir la diatermia, ondas de choque y ejercicio terapéutico en el tratamiento habitual frente a solo realizar el tratamiento habitual en la enfermedad de Sever.
 - Hipótesis nula 2 (H0): No existen diferencias estadísticamente significativas en relación a la fuerza isocinética (medida a 30º/seg, 60º/seg, 120º/seg y 180º/seg) entre los distintos grupos al incluir la diatermia, ondas de choque y ejercicio terapéutico en el tratamiento habitual en la enfermedad de Sever.
 - Hipótesis alternativa 2 (H1): Existen diferencias estadísticamente significativas en relación a la fuerza isocinética (medida a 30º/seg, 60º/seg, 120º/seg y 180º/seg), entre los distintos grupos al incluir la diatermia, ondas de choque y ejercicio terapéutico en el tratamiento habitual en la enfermedad de Sever.
- Fuerza isométrica
 - Hipótesis nula 1 (H0): No existen diferencias estadísticamente significativas en relación a la fuerza isométrica, al incluir la diatermia, ondas de choque y ejercicio terapéutico en el tratamiento habitual frente a solo realizar el tratamiento habitual en la enfermedad de Sever.
 - Hipótesis alternativa 1 (H1): Existen diferencias estadísticamente significativas en relación a la fuerza isométrica, al incluir la diatermia, ondas de choque y ejercicio terapéutico en el tratamiento habitual frente a solo realizar el tratamiento habitual en la enfermedad de Sever.

-Hipótesis nula 2 (H0): No existen diferencias estadísticamente significativas en relación a la fuerza isométrica entre los distintos tratamientos de inclusión de diatermia, ondas de choque y ejercicio terapéutico en el tratamiento habitual en la enfermedad de Sever.

-Hipótesis alternativa 2 (H1): Existen diferencias estadísticamente significativas en relación a la fuerza isométrica entre los distintos tratamientos de inclusión de diatermia, ondas de choque y ejercicio terapéutico en el tratamiento habitual en la enfermedad de Sever.

- Dolor

-Hipótesis Nula 1 (H0): No existen diferencias estadísticamente significativas en relación al dolor, al incluir la diatermia, ondas de choque y ejercicio terapéutico en el tratamiento habitual frente a realizar solo el tratamiento habitual en la enfermedad de Sever.

-Hipótesis alternativa 1 (H1): Existen diferencias estadísticamente significativas en relación al dolor, al incluir la diatermia, ondas de choque y ejercicio terapéutico en el tratamiento habitual frente a realizar solo el tratamiento habitual en la enfermedad de Sever.

-Hipótesis Nula 2 (H0): No existen diferencias estadísticamente significativas en relación al dolor entre los distintos tratamientos de inclusión de diatermia, ondas de choque y ejercicio terapéutico en el tratamiento habitual en la enfermedad de Sever.

-Hipótesis alternativa 2 (H1): Existen diferencias estadísticamente significativas en relación al dolor entre los distintos tratamientos de inclusión de diatermia, ondas de choque y ejercicio terapéutico en el tratamiento habitual en la enfermedad de Sever.

5.5. Recogida, análisis de datos y contraste de hipótesis

El estudio se realizará en la Escuela de Enfermería y Fisioterapia San Juan de Dios, de la Universidad Pontificia Comillas de Madrid. Los pacientes, que seleccionemos para el estudio, pertenecerán al hospital Universitario de Getafe. En los cuales, se concertará una cita con los médicos, explicándoles el proyecto, de forma que nos deriven a la escuela a aquellos sujetos diagnosticados de Sever y que quieran participar en el estudio. Se realizará una entrevista individual con cada paciente que acuda, en la que también estarán presentes su padre, madre o tutor legal, para asegurarnos que cumplen con los criterios de inclusión y exclusión del estudio. Aquellos que finalmente seleccionemos para participar, deberán leer y firmar la hoja

de información al paciente, de la misma forma deberán hacerlo su padre, madre o tutor legal. Así como firmar la hoja de CI en la que se muestran de acuerdo para participar en el estudio de forma voluntaria.

Para cumplimentar la ley orgánica de protección de datos 3/2018, a cada paciente le será asignado un número identificativo, con el que figurarán en el estudio en lugar de cualquier dato personal.

Como estrategia de análisis de los resultados, realizaremos un análisis por intención de tratar. Para el análisis estadístico de los mismos, utilizaremos el programa SPSS ®. Dicho análisis, se dividirá en dos partes, un análisis inferencial y otro descriptivo.

- Análisis descriptivo:

Realizaremos un análisis descriptivo de las variables dependientes para obtener datos de:

- tendencia central: media, moda y mediana
- medidas de dispersión: desviación típica, varianza y rango
- medidas de posición: percentil y cuartil
- medidas de forma: asimetría y curtosis

Para las variables cuantitativas, los datos se presentarán en diagramas de barras si cumplen con la normalidad o en un diagrama de cajas y patillas si no cumplen con la normalidad.

Para las variables cualitativas, que en nuestro caso son nominales, se representarán a través de un diagrama de barras o sectores.

- Análisis inferencial:

Para comprobar la normalidad de la muestra, utilizaremos la prueba de Kolmogorov- Smirnov.

- Ho: La muestra se distribuye de forma normal.
- Ha: La muestra no se distribuye de forma normal.
- $p < 0,05$ Aceptamos Ha y se rechaza Ho. La muestra sigue una distribución no normal.
- $p > 0,05$ Se acepta Ho. La muestra se distribuye de forma normal.

Para comprobar la homogeneidad entre las varianzas, realizaremos el test de Levene:

- Ho: existe igualdad entre las varianzas.
- Ha: no existe igualdad entre las varianzas
- $p < 0,05$ Rechazamos Ho y aceptamos Ha. No hay homogeneidad en las varianzas.
- $p > 0,05$ Aceptamos Ho. Las varianzas son homogéneas.

Si los datos son normales y las varianzas homogéneas, utilizaremos el análisis de varianza ANOVA.

Si los datos no son normales o las varianzas no son homogéneas, utilizaremos la prueba de Kruskal-Wallis.

H_0 : No existen diferencias significativas entre las medias.

H_a : existen diferencias significativas entre las medias.

$p < 0,05$ Existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias. Aceptaremos H_a y rechazaremos H_0 .

$p > 0,05$ No existen diferencias estadísticamente significativas. Aceptamos H_0 .

Si existen diferencias entre las medias, es decir, aceptamos la H_a , utilizaremos el método de Scheffé para comparaciones múltiples, para saber entre que grupos de los 4, las medias son diferentes.

H_0 : No existen diferencias significativas entre las medias.

H_a : existen diferencias significativas entre las medias.

$p < 0,05$ Existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias. Aceptaremos H_a y rechazaremos H_0 .

$p > 0,05$ No existen diferencias estadísticamente significativas. Aceptamos H_0 .

5.6. Limitaciones del estudio

Falta de tiempo para realizar el estudio, ya que solo se ha dispuesto de 7 meses para ello, por lo que las búsquedas bibliográficas para realizar los antecedentes se han visto limitadas.

Falta de investigación sobre el tema y gran discordancia entre los diferentes autores.

Falta de estudios y evidencias en la modificación de la fuerza (tanto isométrica como isocinética) en pacientes con la enfermedad de Sever. En general, apenas se ha encontrado algún tipo de evidencia o estudios en los que se empleasen las variables mencionadas en este proyecto para el tratamiento del Sever.

La ausencia de un tratamiento habitual estandarizado, ha supuesto una gran complejidad a la hora de establecer cuál iba a ser el tratamiento habitual en el grupo control.

Debido a la falta de recursos económicos y de tiempo para alargar la estrategia de búsqueda y ampliarla a nuevas bases, el porcentaje de búsquedas dirigidas es superior a lo que se desearía.

Otra de las limitaciones del estudio, es que los tiempos de la técnica de estiramientos frente a ondas de choque, diatermia y el tratamiento habitual son distintos. Existe la limitación de que el tiempo pueda influir en la efectividad del tratamiento.

5.7. Equipo investigador

Investigadora principal:

Gema González Rodríguez, graduada en fisioterapia en la Universidad Pontificia Comillas de Madrid (2021-2025).

Fisioterapeutas:

A cada grupo se le asignarán aleatoriamente dos fisioterapeutas. Especializados en fisioterapia deportiva, lo cual deberá acreditarse a través de un máster.

Para las mediciones se contará además con otros dos fisioterapeutas con experiencia en el uso de los instrumentos biomecánicos mencionados anteriormente.

Médicos:

Contaremos con al menos dos médicos que se asegurarán de diagnosticar clínicamente la enfermedad de Sever de los pacientes de la muestra, además de ser los responsables de prescribir la medicación (AINES) al grupo control.

Analista de datos:

Graduado en fisioterapia, con experiencia en investigación y experto en la utilización del programa estadístico SPSS®. Estará cegado para evitar posibles conflictos de interés.

6. Plan de trabajo

6.1. Diseño de la intervención

Tras acudir al hospital de Getafe y reunirnos con los médicos para solicitarles la derivación de pacientes diagnosticados de Sever a la escuela, realizado las entrevistas a dichos pacientes y que estos, así como su padre, madre o tutor legal hayan leído y firmado la documentación de información al paciente y los consentimientos. Podremos poner en marcha el estudio tras seleccionar nuestra muestra, lo cual realizaremos a través de un muestreo por conveniencia no probabilístico consecutivo. La adjudicación de cada paciente al grupo de tratamiento, se realizará de forma aleatoria simple. Pondremos una urna con sobres opacos, todos del mismo color (negro) dentro de esta. En cada sobre, habrá un número (del 1-4), según el número que le toque al paciente será asignado a un grupo u otro.

1→ grupo de diatermia + tratamiento habitual.

2→ grupo ondas de ondas de choque + tratamiento habitual.

3→ grupo de ejercicio terapéutico + tratamiento habitual.

4→ grupo control (tratamiento habitual).

Para aleatorizar la asignación de los sujetos a los grupos, primero debemos contar con una muestra total de 629 pacientes, se realizará la aleatorización para cada uno de los 4 grupos. De forma que habrá 157 papeletas para cada número.

Tras completar el número de sujetos necesario para cada grupo, se realizarán las mediciones pre-intervención para cada una de las variables. De la misma forma, todas ellas se volverán a medir una semana después de finalizar el tratamiento (cuyo tiempo difiere para cada uno de los grupos según en qué momento finalice cada tratamiento). ^{36,37}

- Fuerza isocinética

La calibración del dinamómetro se verificará antes de realizar la prueba.

Se realizan pruebas isocinéticas de esfuerzo máximo de dorsiflexión y flexión plantar a 30°/s, 60°/s, 120°/s y 180°/s (siguiendo ese orden) ³³. Tras la realización de la prueba para la flexión dorsal, comenzará la de flexión plantar, por lo que no habrá una vuelta pasiva a la posición de inicio. Se explicará a los sujetos en qué consiste la realización del protocolo y se realizarán de 3-5 ensayos submáximos para familiarizarse antes de realizar 5 pruebas para cada movimiento a cada velocidad. Se proporciona un descanso de 2 minutos entre las velocidades.

La medición de la fuerza de flexión plantar y dorsal del pie afecto se realizará con el dinamómetro isocinético Cybex II+. Eligiéndose el protocolo de realización de la prueba con la rodilla flexionada.³⁸ Los sujetos se posicionarán apoyando su espalda en el respaldo del dinamómetro, con una flexión de 90º de la rodilla del lado afecto, la cual se medirá con la ayuda de un goniómetro y se mantendrá en dicha posición durante la prueba con un estabilizador de muslo y correas por encima de la rodilla.

El pie afecto se posicionará de forma que el eje de rotación del tobillo permanezca alineado con el eje de rotación del dinamómetro. Asegurando el pie a la plataforma con dos correas de velcro, una debajo del tobillo y otra encima de los metatarsianos.

Además, se colocará una correa de velcro alrededor de la cintura para evitar el exceso de movimiento del torso. Los participantes podrán sujetar un asa contralateral al lado afecto para contrarrestar el movimiento del tobillo y tener una mayor estabilidad.

Durante la prueba se darán ordenes verbales estimulando a los pacientes de “arriba” para el comienzo de la FD y de “abajo” para el comienzo de la FP. Los rangos de movimiento establecidos para la prueba serán de 10º de FD y 30º de FP. Comenzando con la medición de la flexión dorsal seguida de la de FP.

El torque máximo será obtenido por el propio sistema Cybex.

Se hará un minuto de descanso antes de comenzar con la siguiente medición.³²

- Fuerza isométrica

Se utilizará el dinamómetro Biodex system 3 pro. El posicionamiento del paciente será el mismo que para la prueba isocinética. Antes de realizar la prueba no se realizará ningún calentamiento. Se realizan 3 ensayos de contracciones isométricas submáximas para que se familiaricen con el protocolo. Después se realizan 3 contracciones isométricas máximas voluntarias para FD (a 25º de FP) y después para FP (a 0º). Se insiste en que los participantes contraigan la musculatura lo más rápido que puedan y mantengan esa contracción de 3-5 segundos, descansando 30 segundos entre cada repetición y con descansos de 90 segundos entre cada prueba.³³

- Dolor

Para realizar la algometría, se coloca a los participantes en decúbito prono con la región anterior del tobillo sobre el borde de la camilla y el talón y el pie alineados con el borde de la misma, posicionando la articulación tibio tarsiana en reposo a 90º. Con un rotulador se realiza una marca en el punto de inserción del tendón de Aquiles al calcáneo (zona de la apófisis).

Para determinar el punto de mayor dolor, el examinador realiza una palpación de la zona y marcará con otro rotulador el punto indicado por los participantes.

Se utilizó el algómetro digital Wagner Force One Modelo FDIX 50TM con un medidor de presión en kilogramo-fuerza (kgf) y una precisión del 0,2%.

El extremo del algómetro se posicionará sobre el punto señalado (punto de máximo dolor) y se aplicará una fuerza perpendicular. La fuerza se aplicará de forma progresiva a una velocidad de 5kgf por segundo. En caso de dolor, el paciente lo indicará al examinador verbalmente. El examinador interrumpirá la presión y anotará el valor obtenido (en kgf) que aparece en la pantalla utilizando la función “peak”. Que marca el mayor valor obtenido durante la prueba. Las mediciones se repiten 5 veces y se obtiene la media de las mismas.³⁹



Ilustración 6. Posicionamiento del paciente para la medición con el algómetro.³⁴

- Grupo 1

En este grupo se incluirá la diatermia al tratamiento habitual.

Los pacientes se posicionarán en decúbito prono, con una rotación neutra de cadera y una flexión de 30º de rodilla que mantendremos situando una almohada en la zona anterior del tobillo.⁴⁰

La aplicación de esta, se realizará utilizando el protocolo de aplicación descrito por Yeste-

Fabregat et al.⁴¹ Se aplicó la intervención en el gemelo interno con la máquina de terapia T-CARE TECAR.

Con un generador a una frecuencia de 0,5 MHz y potencia variable y un máximo de 300W. La frecuencia utilizada fue de 500 MHz con una intensidad del 40%.

Se aplicó por contacto directo del cabezal sobre la piel de la zona a tratar durante 25 minutos: 15 con el cabezal CAP y 10 con el RES. Manteniendo la misma intensidad. Se aplicó a lo largo del gemelo interno con ligera presión y movimientos circulares. La placa base se colocó debajo de la región de la tibia para cerrar el circuito de corriente.

Los pacientes recibieron un total de 12 sesiones, distribuido en 3 sesiones por semana durante 4 semanas.²²



Ilustración 7. Método de aplicación de diatermia.⁴⁰

- Grupo 2

En este grupo, se incluirá la terapia con ondas de choque al tratamiento habitual.

A estos sujetos, se les aplicarán ondas de choque focalizadas (f-ESWT). Los pacientes se posicionarán en decúbito prono ⁴² y recibirán entre 1-3 sesiones a intervalos semanales, con una densidad de flujo de energía de 0,1 mJ/mm², frecuencia de 4 Hz y entre 1100 y 2000 impactos/sesión según la tolerancia. Se utiliza el aplicador CE 50 (focalizado) en las superficies medial y lateral del calcáneo (50% a cada lado). La aplicación de las ondas de choque se realizará solo en la apófisis, manteniéndose alejados de las epífisis de crecimiento, aplicándose con un ángulo dirigido hacia abajo sobre los lados medial y lateral de las apófisis, aproximadamente a 3 cm de la epífisis. ²⁴ Aplicándose en ambas superficies (medial y lateral) del calcáneo por igual. Para realizar el tratamiento con ondas de choque, se aplicará una capa de gel de ultrasonido en la piel.

Se les indicó que debían permanecer 2 semanas sin realizar ningún deporte después de cada aplicación de ondas de choque.

La duración total del tratamiento, fueron 3 sesiones, con una semana de descanso entre cada una. ⁴³

- Grupo 3

En el grupo 3, se incluirá la aplicación de ejercicio terapéutico al tratamiento habitual. En este grupo, se realizarán:

-Estiramientos excéntricos de los gemelos con ejercicios de elevación de talón. ²⁰
-Ejercicios de resistencia. El programa de ejercicios de resistencia que se seguirá, será el de Naaktgeboren et al. ⁶ (ANEXO XII).

Para el programa de estiramientos, se enseñó a los pacientes como realizar los ejercicios excéntricos en sesiones individuales. Se entregó además un documento con todas las instrucciones de como realizarlo y la forma en la que progresar. Tras la primera semana, el fisioterapeuta haría una revisión para asegurarse de que los pacientes están haciendo bien los ejercicios y se hará un seguimiento del tratamiento para realizar las progresiones del ejercicio.

El ejercicio consiste en; Sobre un escalón, en apoyo monopodal cargando el peso en la parte anterior del pie en el que se encuentra la lesión, partiremos de una posición de FP máxima, el paciente debe ir descendiendo llevando su pie a FD intentando que el talón quede por debajo del escalón (intentar tocar el suelo con el talón).

Se realizará esta misma secuencia de dos formas distintas:

1. Con la rodilla en extensión, para trabajar de forma excéntrica sobre los gemelos.
2. Con la rodilla en flexión para trabajar de forma excéntrica sobre el sóleo.

La vuelta a la posición inicial se realizará ayudándose de los brazos y la pierna sana, para evitar el trabajo concéntrico en carga de la pierna lesionada.⁴²

Se procederá de la siguiente manera durante la primera semana:

Día 1-2 → 1 serie x 15 reps.

Día 3-4 → 2 series x 15 reps.

Día 5-7 → 3 series x 15 reps.

Sin embargo, durante las siguientes semanas hasta el final del tratamiento, se mantendrán las 3 series x 15 repeticiones. Se harán descansos de 1 minuto entre cada serie y deberá realizarlo 2 veces al día los siete días de la semana.

Durante la primera semana, el paciente solo hará los ejercicios con la rodilla extendida.

De la semana 2-12 el paciente debe hacer 3 series de 15 repeticiones con la rodilla extendida y lo mismo con la rodilla flexionada. Los estiramientos se mantendrán durante 10 segundos.

⁴⁴

Se indicó a los pacientes que, si a la hora de realizar los estiramientos aparecía dolor o molestias, continuasen haciéndolos si este era leve o moderado, en caso de volverse insoportable, deberían parar el ejercicio.⁴⁵

Una vez que consiguiesen completar el ejercicio sin molestias, la progresión consistía en realizarlo, pero cargando una mochila de 5kg. La progresión consistió en incrementar el peso de 5kg en 5kg cuando fuesen siendo capaces de completar las series sin dolor, siempre realizándose esta progresión cuando el fisioterapeuta responsable lo autorizase.

El tiempo total de tratamiento fueron 12 semanas, durante este tiempo se dijo a los pacientes que no realizasen actividades físicas. Caminar y montar en bici estaba permitido siempre que fuese sin dolor.

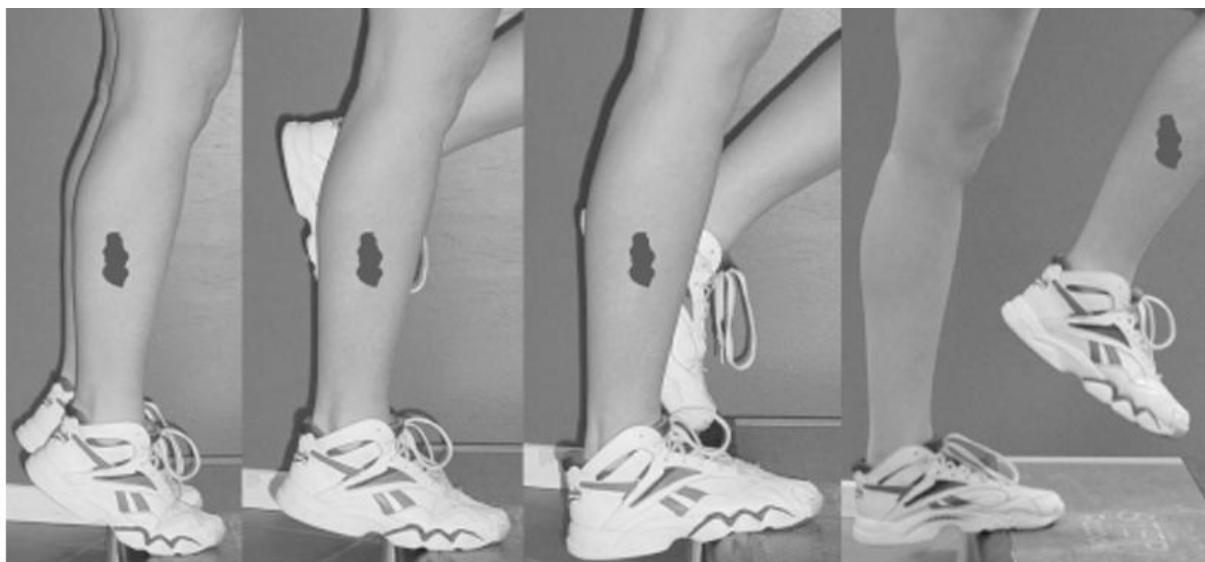


Ilustración 8. Ejercicio excéntrico con la rodilla en extensión.⁴⁴



Ilustración 9. Ejercicio excéntrico con la rodilla en flexión.⁴⁴

- Grupo 4

El grupo 4, será el grupo control. Se llevará a cabo el tratamiento habitual, el cual consiste en reposo y administración de AINES vía oral^{28,29}. Como se ha mencionado anteriormente, la intervención del grupo control la realizará un médico con autoridad para la prescripción de dichos fármacos.

Todos ellos serán tratados con ibuprofeno (en suspensión o comprimido), cuya dosis será proporcional al peso corporal de cada paciente. La dosis total se dividirá en dos y se administrará media dosis cada 12 horas. Este grupo seguirá este tratamiento un total de 2 semanas.¹⁵

6.2. Etapas de desarrollo

ETAPAS	PERÍODO DE REALIZACIÓN
Redacción del proyecto	Octubre 2024 - abril 2025
Solicitud y aprobación del proyecto al Comité Ético de Investigación del HUG.	Septiembre- octubre 2024
Reunión con el equipo colaborador.	Septiembre – octubre 2024
Solicitud de permiso del centro.	Septiembre- octubre 2024
Reclutamiento de sujetos.	Desde la aprobación del CEIC y del centro (octubre 2024) hasta conseguir la muestra
Entrevista con los sujetos, entrega de HIP, firma de CI y asignación del grupo de estudio.	Desde octubre hasta finalizar la muestra
Primera medición.	Desde el inicio del estudio hasta conseguir la muestra.
Intervención.	Octubre
Segunda medición.	Tras finalizar el tiempo de tratamiento.
Ánalisis estadístico de los datos.	Durante 2 meses desde la finalización de la muestra
Elaboración de resultados, redacción del trabajo final y publicación.	Durante 2 meses desde la finalización del análisis de datos.

6.3. Distribución de tareas de todo el equipo investigador

- Investigadora principal:
 - Diseño y redacción del proyecto de investigación.
 - Definición de objetivos e hipótesis de investigación.
 - Gestión de recursos.
 - Coordinación, supervisión y asignación de tareas dentro del equipo.
 - Garantizar el cumplimiento de protocolos y estándares éticos.
 - Elaboración de la documentación que se debe entregar a los sujetos del estudio y a su padre, madre o tutor legal.
 - Contactar con la escuela, hospital y médicos.
 - Entrevista a los sujetos.
 - Publicación de los resultados del estudio.

- **Fisioterapeutas:**
 - Encargados de realizar las mediciones, deberán informar a los pacientes del procedimiento de realización de la prueba y verificar los equipos antes de la realización de las mismas.
 - Encargados de la aplicación del tratamiento: deberán informar a los pacientes de lo que están realizando, verificar los equipos antes de su utilización y garantizar la correcta ejecución de las distintas intervenciones.
- **Médicos:**

Derivar al estudio a los pacientes pertenecientes al Hospital Universitario de Getafe diagnosticados de enfermedad de Sever. Y prescripción de AINES para el grupo control.
- **Analista de datos:**

Analizará e interpretará los datos obtenidos de las distintas variables utilizando el programa SPSS ®.

6.4. Lugar de realización del proyecto

Para la realización del proyecto obtendremos la muestra a partir de pacientes procedentes del Hospital Universitario de Getafe diagnosticados clínicamente de la enfermedad de Sever, que hayan sido derivados por sus propios médicos y que estén dispuestos a participar en el estudio. Para poder contactar con los pacientes, dejaremos un numero de contacto a los médicos que les entregaran a los pacientes interesados en participar para que puedan ponerse en contacto con nosotros y así, concertar una cita para la entrevista.

Para garantizar el cumplimiento de los criterios de inclusión y exclusión, deberemos realizar una entrevista con los pacientes. La cual se realizará en la Escuela de Enfermería y Fisioterapia San Juan de Dios, de la Universidad Pontificia Comillas de Madrid. La misma, está localizada en la Avenida San Juan de Dios 1, 28350, Ciempozuelos (Madrid).

En la misma escuela se llevará a cabo el resto del proyecto de investigación, es decir, las mediciones pre y post- intervención, así como las distintas intervenciones.

Las mediciones tendrán lugar en el laboratorio de biomecánica, las cuales se realizarán antes de comenzar los tratamientos, asimismo, la medición final se realizará 7 días después de finalizar el tratamiento.

En cuanto a los tratamientos, se establecerán 3 aulas individuales para cada uno de los grupos con el material necesario para cada intervención. En cada una podrá haber un máximo de 2 pacientes (ya que hay 2 fisioterapeutas por grupo).

7. Anexos

ANEXO I. FOOT POSTURE INDEX (FPI)⁴⁶

Consiste en una herramienta de diagnóstico clínico destinada a valorar la postura general del pie en carga en los tres planos del espacio mediante la observación y palpación de 6 criterios clínicos. Se puntuá entre -2 y +2 para dar un total entre -12 (muy supinado) y +12 (muy pronado).

-2	-1	0	+1	+2
Cabeza del astrágalo palpable en la cara lateral pero no en la medial	Cabeza del astrágalo palpable en la cara lateral y ligeramente en la medial	Cabeza del astrágalo palpable en la cara lateral y medial	Cabeza del astrágalo ligeramente palpable en la cara lateral y palpable en la medial	Cabeza del astrágalo no palpable en la cara lateral y si palpable en la medial

Tabla 12. Puntuación de la cabeza del astrágalo

-2	-1	0	+1	+2
Curva inframaleolar más recta o convexa	Curva inframaleolar cóncava pero más plana que la supramaleolar	Curva supra/infra maleolar iguales	Curva inframaleolar más cóncava que la supramaleolar	Curva inframaleolar mucho más cóncava que la supramaleolar.

Tabla 13. Puntuación de la curva supra e infra-maleolar

-2	-1	0	+1	+2
Más de 5 grados de estimación en inversión	Entre la vertical y 5 grados de estimación en inversión	Vertical	Entre la vertical y 5 grados de estimación en eversión	Más de 5 grados de estimación de eversión

Tabla 14. Puntuación de la posición del calcáneo en el plano frontal

-2	-1	0	+1	+2
Área de la art. Talo-navicular	Área de la art. Talo-navicular	Área de la art. talo-navicular plana	Área de la art. Talo- navicular	Área de la art. Talo-navicular

con marcada concavidad	ligeramente cóncava		ligeramente convexa.	con marcada convexidad.
------------------------	---------------------	--	----------------------	-------------------------

Tabla 15. Puntuación de la prominencia de la región talo-navicular.

-2	-1	0	+1	+2
Arco alto y angulado hacia posterior	Arco moderadamente alto y ligeramente angulado hacia posterior	Altura del arco normal y curvatura concéntrica.	Arco ligeramente disminuido con ligero aplanamiento de la porción central.	Arco con severo aplanamiento y contacto contra el suelo.

Tabla 16. Puntuación de la congruencia del arco longitudinal interno.

-2	-1	0	+1	+2
Los dedos laterales no se visualizan. Visibilidad marcada de dedos mediales	Los dedos mediales son mas visibles que los laterales.	Dedos mediales y laterales igual de visibles	Dedos laterales ligeramente más visibles que los mediales.	Dedos mediales no visibles, dedos laterales claramente visibles.

Tabla 17. Puntuación de la abducción/ aducción del antepié respecto al retrópie

ANEXO II. TEST DE COMPRESIÓN DEL TALÓN

Este test es considerado uno de los componentes más importantes del examen físico en la enfermedad de Sever. Ya que es el test que se utiliza para diagnosticar la misma.³

Este test consiste en comprimir la parte lateral y medial del talón con los dedos pulgar e índice, se considera un test específico y sensible, resultando positivo si aparece dolor en la zona al realizar la compresión.⁴⁷

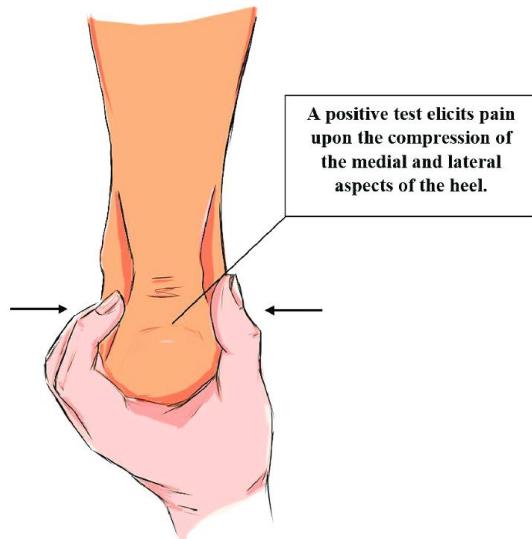


Ilustración 10. Test de compresión del calcáneo³

ANEXO III: OxAFQ

Para valorar la calidad de vida y el grado de limitación que produce la enfermedad de Sever, este cuestionario se pasa tanto a padres como a niños, está diseñado para niños con edades entre los 5-16 años. Se trata de un cuestionario que tiene en cuenta la actividad física (6 items), actividades escolares y juegos (4 items), bienestar emocional (4 items) y el calzado (1 item). Se calcula utilizando una escala sobre 5 puntos cuya puntuación final se convierte en una escala sobre 100 puntos. A mayor puntuación, mayor funcionalidad.

OXFORD ANKLE FOOT QUESTIONNAIRE – CHILD & TEENAGER VERSION

The questions below are based upon ways in which some young people told us they had been affected by a foot or ankle problem.

We want you to think about each question and then put a tick or a cross next to the answer that best describes you – was it never a problem for you, or was it always a problem for you, or somewhere in between?

Thinking about the last week...

1. Have you found walking difficult because of your foot or ankle?

never rarely sometimes very often always

2. Have you found it difficult to run because of your foot or ankle?

never rarely sometimes very often always

3. Has it been difficult to stand up for long periods?

never rarely sometimes very often always

4. Have you had pain in your foot or ankle?

never rarely sometimes very often always

5. Have your legs been sore or ached after walking or running?

never rarely sometimes very often always

6. Have you felt tired because of your foot or ankle?

never rarely sometimes very often always

7. Has your foot or ankle stopped you joining in with others in the playground?

never rarely sometimes very often always

8. Has your foot or ankle stopped you playing in the park or outside?

never rarely sometimes very often always

9. Has your foot or ankle stopped you taking part in PE lessons?

never rarely sometimes very often always

10. Has your foot or ankle stopped you taking part in any other lessons at school?

never rarely sometimes very often always

11. Have you been bothered by how your foot or ankle looks?

never rarely sometimes very often always

12. Has the way you walk bothered you?

never rarely sometimes very often always

13. Have you been embarrassed because of your foot or ankle?

never rarely sometimes very often always

14. Has anyone been unkind to you because of your foot or ankle?

never rarely sometimes very often always

15. Has your foot or ankle stopped you wearing any shoes you wanted to wear?

never rarely sometimes very often always

OXFORD ANKLE FOOT QUESTIONNAIRE – PARENT VERSION

The questions below are based upon ways in which some young people told us they had been affected by a foot or ankle problem.

We want you to think about each question and then put a tick or a cross next to the answer that best describes your child – was it never a problem for them, or was it always a problem, or was it somewhere in between?

Thinking about the last week...

16. Has your child found walking difficult because of their foot or ankle?

never rarely sometimes very often always

17. Has your child found it difficult to run because of their foot or ankle?

never rarely sometimes very often always

18. Has it been difficult for your child to stand up for long periods?

never rarely sometimes very often always

19. Has your child had pain in their foot or ankle?

never rarely sometimes very often always

20. Have your child's legs been sore or ached after walking or running?

never rarely sometimes very often always

21. Has your child felt tired because of their foot or ankle?

never rarely sometimes very often always

22. Has your child's foot or ankle stopped them joining in with others in the playground?

never rarely sometimes very often always

23. Has your child's foot or ankle stopped them playing in the park or outside?

never rarely sometimes very often always

24. Has your child's foot or ankle stopped them taking part in PE lessons?

never rarely sometimes very often always

25. Has your child's foot or ankle stopped them taking part in any other lessons at school?

never rarely sometimes very often always

26. Has your child been bothered by how their foot or ankle looks?

never rarely sometimes very often always

27. Has the way your child walks bothered them?

never rarely sometimes very often always

28. Has your child been embarrassed because of their foot or ankle?

never rarely sometimes very often always

29. Has anyone been unkind to your child because of their foot or ankle?

never rarely sometimes very often always

30. Has your child's foot or ankle stopped them wearing any shoes they wanted to wear?

never rarely sometimes very often always

ANEXO IV: TECARTERAPIA /INDIBA/ DIATERMIA

La Tecarterapia, es una variante de la diatermia que se caracteriza por funcionar a baja frecuencia (0.3 a 1.2 MHz). Esta forma de trabajo permite administrar calor a tejidos profundos sin aumentar la temperatura de los tejidos más superficiales. Por ello, el uso de la tecarterapia va en auge debido a la mayor seguridad y comodidad que su aplicación supone.

Se trata de una tecnología no invasiva que utiliza ondas electromagnéticas para generar energía térmica y estimular la autoregeneración corporal.

La energía es administrada al cuerpo a través de unos electrodos activos de forma redondeada que pueden ser capacitativos (CAP) o resistivos (RES) y una placa metálica que actúa como electrodo pasivo, que contacta con la piel del paciente cerrando el circuito para que la energía pase entre ambos electrodos y así poder generar calor.

Los modos CAP o RES, generan distintas respuestas en los tejidos en función de la resistencia del tejido tratado. De forma que el electrodo CAP ejerce una mayor acción sobre tejidos ricos en, es decir, muscular, tejido adiposo, cartilaginoso y sistema linfático y el electrodo RES afecta a tejidos compuestos por una menor cantidad de agua, de forma que actúa a mayor profundidad, como son: los huesos, las fascias musculares, las cápsulas articulares y los tendones.⁴⁸

ANEXO V: ESTUDIO PACIULI ET AL.

Se trata de un estudio de 60 pacientes diagnosticadas de epicondilitis de entre 30-60 años.

En el que el 57% son mujeres y 43% hombres.

Para el tratamiento con TECAR, utilizaron el equipo Hcr 901, con una frecuencia de 0,5 MHz y una potencia ajustable de máximo 300 vatios.

Emplearon para la aplicación un electrodo capacitativo y otro resistivo.

La duración del tratamiento fue de 10 sesiones diarias de 30 minutos cada una. En cada sesión se realizaban 3 fases de tratamiento alternando los electrodos:

4. Tratamiento capacitativo → 8 minutos, aplicado en bíceps, braquial anterior, tríceps, 1 y 2 radial, extensor común, extensor propio del 5, supinador corto, largo y ancóneo. Con una potencia de 200 vatios.
5. Tratamiento resistivo → 14 minutos
6. Tratamiento capacitativo → mismo modo que primera fase.

Los resultados observados en este estudio, fueron:

-Fuerza muscular: medida con la resistencia máxima que pueden oponer a una contracción muscular → Prueba de Kendall's.

-Impotencia funcional: prueba de evaluación funcional

-Rigidez articular: con examen goniométrico

-Intensidad del dolor pre y post tratamiento: EVA

-edema: observación directa teniendo en cuenta signo de Fóvea.

- El 42% de los pacientes comenzaron a sentir mejoría en los síntomas entre la 4 y 6 sesión. Un 35% sintió alivio entre la 1 y 3. Y el 3% restante no sintió mejoría de la sintomatología en ningún momento del tratamiento.
- En relación a la inflamación: el 38% sienten mejoría entre 1 y 3 sesión. El 24% mejoró entre 4 y 6. Y el 32% restante, no presentaban inflamación.
- En relación a la funcionalidad:

No puede realizarla	Mucha dificultad	Alguna dificultad	Movilización casi sin problemas	Movilización sin problema
3%	22%	32%	33%	10%

Tabla 18. Dificultad flexo-extensión de codo pre-tratamiento.

No puede realizarla	Mucha dificultad	Alguna dificultad	Moviliza casi sin problemas	Moviliza sin problemas
2%	2%	12%	32%	53%

Tabla 19. Dificultad flexo-extensión de codo post-tratamiento.

No puede realizarla	Mucha dificultad	Alguna dificultad	Moviliza casi sin problema	Moviliza sin problema
5%	38%	43%	12%	2%

Tabla 20. Dificultad prono-supinación de codo pre-tratamiento.

No puede realizarla	Mucha dificultad	Alguna dificultad	Moviliza casi sin problema	Moviliza sin problema
2%	12%	3%	33%	50%

Tabla 21. Dificultad prono-supinación post-tratamiento.

- El 42% de los pacientes comenzaron a sentir mejoría en los síntomas entre la 4 y 6 sesión. Un 35% sintió alivio entre la 1 y 3. Y el 3% restante no sintió mejoría de la sintomatología en ningún momento del tratamiento.
- En relación a la inflamación: el 38% sienten mejoría entre 1 y 3 sesión. El 24% mejoró entre 4 y 6. Y el 32% restante, no presentaban inflamación.
- En relación a la funcionalidad: hay una mejora entre el pre-tratamiento y el post-tratamiento en la realización de los movimientos de flexo-extensión y prono-supinación.
- En relación a la fuerza: el 70% de los pacientes describe una capacidad de realizar mucha más fuerza tras finalizar el tratamiento y el 30% mantiene los mismos niveles de fuerza.
- En lo referente al dolor, el 63% no refiere dolor tras finalizar el tratamiento. Destaca que todos los pacientes comenzaron sintiendo dolor, y aunque no en todos ellos desapareció completamente, al finalizar el tratamiento ninguno de ellos expreso tener un dolor máximo y solo el 10% manifestó un dolor severo o muy severo.

ANEXO VI: ONDAS DE CHOQUE

Las primeras aplicaciones de las ondas de choque extracorpóreas (OCE), fueron para conseguir la desintegración de los cálculos renales sin necesidad de intervenciones quirúrgicas.

Las ondas de choque son ondas acústicas únicas pulsadas, que disparan la energía mecánica de la interfase de 2 sustancias con diferente impedancia acústica, son perder porcentajes significativos de su energía. Estas proceden de un generador, una fuente de energía eléctrica, necesitando un mecanismo de conversión electroacústico y un dispositivo de enfoque. Un transductor de ultrasonidos hace posible una localización en tiempo real, controlando simultáneamente la dirección del haz de la onda acústica.

Estas ondas tienen corta duración, son fáciles de concentrar y capaces de fragmentar elementos sin dañar los tejidos. Se pueden distinguir 3 tipos de generadores de ondas basados en la fuente de sonido-sistemas:

1. Electrohidráulico: utiliza una bujía eléctrica en un medio acuoso y, a través de una corriente de alto voltaje (14- 30 kV), genera un proceso de expansión de una onda de alta energía que se puede focalizar con un reflector elíptico y dirigir al área afectada.
2. Electromagnético: utiliza una bobina eléctrica para generar 2 campos magnéticos de distinta polaridad; esta bobina puede ser plana o cilíndrica.
3. Sistema piezoelectrónico: funciona impulsando simultáneamente varios cientos de piezoelementos montados en una bandeja esférica, generando así ondas esféricas autoenfocantes.

La mecanotransducción, es el efecto por el que un estímulo mecánico somo el generado por las ondas de choque extracorpóreas desencadena una reacción bioquímica a nivel celular. Este es el efecto fisiológico responsable de la estimulación de las células normales y dañadas para producir factores de regeneración.

Los efectos fisiológicos que las ondas de choque tienen sobre el organismo, son los siguientes:

- Analgesia: Debido a la destrucción de terminaciones nerviosas, cambios en la transmisión nerviosa por inhibición medular, “gate control” e inhibición de las terminaciones nerviosas por liberación de endorfinas.
- Efectos antiinflamatorios: Por la degradación de mediadores de la inflamación, por la hiperemia inducida, el aumento temporal de la vascularización y por la parálisis simpática producida por las ondas.

- Activación de la angiogénesis: Se genera por la rotura intraendotelial de los capilares y la migración de células endoteliales al espacio intersticial, además de la activación del factor angiogénico.
- Fragmentación de depósitos de calcáreos: por efecto mecánico de las propias ondas.
- Neosteogénesis: por estimulación de los factores osteogénicos.

También encontramos cambios histológicos y biomecánicos generados en los tendones por la aplicación de ondas de choque.

- Nivel 0: cuando la diferencia en el diámetro es menos de 0,5mm.
- Nivel 1: cuando la diferencia en el diámetro se encuentra entre 0,5 y 1mm.
- Nivel 2: cuando la diferencia en el diámetro es superior a 1mm. ⁴⁹

Efectos sobre el hueso de las ondas de choque:

Numerosos autores han demostrado un efecto osteogénico en modelos animales y cultivos celulares de osteocitos.

Estudios experimentales han demostrado que aplicar ondas de choque sobre el hueso ilíaco, genera una osteólisis seguida de un aumento de la actividad secundaria en la formación local de hueso las siguientes 72h. Se demostró una diferencia entre la aplicación de niveles altos y bajos de energía, ya que eran estos últimos los que estimulan la osteogénesis a diferencia de la alta energía que generaba fracturas en estudios realizados en ratas.

Efectos biológicos terapéuticos

Existen distintas teorías sobre la forma en la que las ondas de choque actúan al llegar al organismo. Se describen 4 fases:

- 1.Fase física: se producen cavitaciones extracelulares, ionización molecular y un incremento de la permeabilidad de las membranas celulares.
- 2.Fase fisicoquímica: se produce la difusión de radicales libres y la interacción con biomoléculas.
- 3.Fase química: se generan reacciones intracelulares y cambios moleculares.
- 4.Fase biológica: son la consecuencia de los fenómenos anteriores. ⁵⁰

ANEXO VII: HOJA DE INFORMACION AL PACIENTE

A continuación, se describirá toda la información necesaria que debe conocer sobre el estudio *Eficacia de la aplicación de diatermia, ondas de choque y ejercicio terapéutico frente al tratamiento habitual en el Síndrome de Sever*, en el que está interesado en participar.

El objetivo del estudio es determinar los efectos de la inclusión de las terapias de diatermia, ondas de choque y ejercicio terapéutico en el tratamiento habitual frente a solo la aplicación del tratamiento habitual en el síndrome de Sever.

Al participar en este estudio, deberá cumplimentar una hoja en la que figuren sus datos personales, a la cual solo tendrá acceso el investigador principal del proyecto (Gema González Rodríguez) y la cual solo se utilizará para ponerse en contacto con usted en caso de ser necesario y poder hacerle llegar los resultados del estudio. Por tanto, su identidad permanecerá en el anonimato y a la hora de realizar el estudio, así como en la publicación de los resultados del mismo, se le asignará un código numérico creado por un programa de forma aleatoria a través del cual se le identificará, siguiendo con la normativa de la Ley Orgánica 3/2018 de Protección de datos.

El estudio se llevará a cabo en la Escuela de Enfermería y Fisioterapia San Juan de Dios, Ciempozuelos, Madrid. De forma que se deberá acudir aquí tanto para la realización de las mediciones previas al estudio, como para recibir los tratamientos que se llevarán a cabo y la realización de las mediciones posteriores al estudio. Para llevarlas a cabo, los profesionales se pondrán en contacto con el paciente y le indicarán la fecha y hora a la que debe acudir a la realización de la prueba.

Las mediciones previas al estudio consistirán en 3:

- Fuerza isocinética: se medirá con un dinamómetro isocinético a 4 velocidades distintas (30º/seg, 60º/seg, 120º/seg y 180º/seg). Dicha prueba será realizada por un fisioterapeuta con experiencia en este tipo de herramientas. Se comenzará con el movimiento de flexión dorsal y a continuación de este el de flexión plantar (sin descanso entre ambos). Se explicará cómo se realiza el protocolo y se harán 3-5 ensayos de prueba para que los participantes se familiaricen con el protocolo. Una vez finalizados los ensayos, se realizarán 5 repeticiones para cada movimiento con 2 minutos de descanso entre las distintas velocidades. Los pacientes serán posicionados siguiendo las indicaciones del

fisioterapeuta para la realización de la prueba, de la misma forma, recibirán indicaciones verbales de los mismos durante esta para facilitar su realización.

- Fuerza isométrica: Se medirá con un dinamómetro isométrico. Se realizará la medición de la flexión dorsal y flexión plantar y, del mismo modo, dicha prueba será realizada por un fisioterapeuta con experiencia en este tipo de herramientas. Se llevarán a cabo 3 ensayos para familiarizarse con el protocolo y después se realizarán 3 contracciones isométricas máximas para dorsiflexión y otras 3 para flexión plantar. Al igual que para la fuerza isocinética, el fisioterapeuta se encargará de posicionar correctamente al participante para la prueba y proporcionará ordenes verbales durante su realización para facilitar el seguimiento por parte del paciente.
- Dolor: La prueba será realizada por un fisioterapeuta, el cual utilizará para su medición un algómetro. El paciente se posicionará en decúbito prono y el fisioterapeuta localizará el punto de mayor dolor en el calcáneo a través de lo que indique el paciente. Una vez localizado dicho punto, procederá a situar la almohadilla del dinamómetro sobre este y a aplicar presión hasta que aparezca el primer signo de dolor, el cual será indicado por el paciente. Dicha prueba se repetirá 5 veces para obtener la media de las mediciones.

Una vez realizadas las mediciones, las cuales se repetirán de la misma forma al finalizar los tratamientos. Se asignará a cada paciente a uno de los diferentes grupos de tratamiento. La asignación se realizará por un muestreo aleatorio. El paciente cogerá un sobre de una urna que le indicará el grupo al que pertenece:

- 1→ grupo de diatermia + tratamiento habitual.
- 2→ grupo ondas de ondas de choque + tratamiento habitual.
- 3→ grupo de ejercicio terapéutico + tratamiento habitual.
- 4→ grupo control (tratamiento habitual).

GRUPO 1. DIATERMIA + TRATAMIENTO HABITUAL

El tratamiento habitual consistirá en reposo y AINES (los cuales serán prescritos por el personal médico acreditado para ello, quienes formarán parte del estudio). Y a este, se le añadirá la aplicación de diatermia.

Consiste en una forma de trabajo no invasiva que permite aplicar calor a tejidos profundos sin aumentar la temperatura de los tejidos más superficiales. La aplicación se realiza a través de unos electrodos, hay dos tipos, uno capacitativo y otro resistivo, la diferencia entre ambos es que generan distintas respuestas en los tejidos en función de la resistencia de los mismos. Y

para cerrar el circuito se utiliza una placa metálica que se sitúa en contacto con la piel del paciente.

Este tratamiento consistirá en sesiones de 25 minutos: 15 de ellos con el cabezal capacitativo y 10 con el resistivo a una frecuencia de 0,5MHz y una potencia de 300W. Se aplicará en el gemelo interno y se realizarán un total de 12 sesiones, distribuidas en 3 sesiones por semana, durante 4 semanas.

Las posibles complicaciones que se podrían originar en este tratamiento, son quemaduras por el uso de la diatermia.⁵¹

GRUPO 2. ONDAS DE CHOQUE + TRATAMIENTO HABITUAL

Se aplicarán ondas de choque focalizadas. Entre 1-3 sesiones a intervalos semanales, con una densidad de 0,1mJ/mm², frecuencia de 4Hz y 1100-2000 impactos según la tolerancia. La aplicación de las ondas de choque se realizará sobre la apófisis, manteniéndose alejado de la epífisis. El tiempo total de tratamiento, serán 3 semanas.

Las posibles contraindicaciones que se podrían originar en este tratamiento son hematomas, roturas tendinosas, otros desequilibrios musculoesqueléticos...⁵²

GRUPO 3. EJERCICIO TERAPÉUTICO + TRATAMIENTO HABITUAL

Se explicará a los pacientes un programa de ejercicios isométricos y de estiramientos que podrán realizar de forma autónoma en sus casas, y que será revisado de forma semanal por un fisioterapeuta. El tiempo total de este tratamiento será de 12 semanas.

GRUPO 4. TRATAMIENTO HABITUAL

Consistirá en reposo y la toma de AINES. La dosis se calculará para que sea proporcional a su peso corporal y deberán tomar la mitad de la misma dos veces al día cada 12 horas. El tiempo total para este tratamiento, será de 2 semanas.

Una vez finalizados todos los tratamientos, el personal de fisioterapia encargado de realizar las mediciones previas al estudio, se volverá a poner en contacto con los pacientes para llevar a cabo los mismos protocolos y obtener los resultados post-tratamiento.

Una vez recogidos y analizados los datos, se enviarán los resultados correspondientes a cada participante.

ANEXO VIII: CONSENTIMIENTO INFORMADO

Don/Doña..... Con DNI, confirmo haber recibido la información necesaria para participar en el estudio *Eficacia de la aplicación de diatermia, ondas de choque y ejercicio terapéutico frente al tratamiento habitual en el síndrome de Sever*. Dirigido por la investigadora principal Gema González Rodríguez.

Afirmo haber leído y comprendido todos los aspectos que figuran en la hoja de información al paciente. De la misma forma, afirmo que toda la información y documentación aportada es veraz y honesta, cumpliendo los criterios de inclusión para el estudio y no presentando de la misma forma, ninguno de los criterios de exclusión mencionados.

Comprendo que mis datos no van a ser publicados ni utilizados con un fin distinto al que figura en el documento de datos personales. De la misma forma, mi identidad se mantendrá en el anonimato a la hora de la publicación del estudio.

Por todo ello, acepto participar en el estudio, de forma consciente y voluntaria, sabiendo que no recibiré ningún tipo de remuneración por ello y siendo consciente de la posibilidad de revocar mi consentimiento cumplimentando el documento de *hoja de revocación del estudio*.

Firma del paciente:

Firma del padre/madre o tutor legal:

En Ciempozuelos a De del 20....

ANEXO IX: Solicitud al comité ético de investigación clínica del Hospital Universitario de Getafe.

Yo, Gema González Rodríguez, en calidad de investigadora principal de este estudio, me dirijo a ustedes con el propósito de solicitar la revisión y aprobación ética de mi ensayo clínico *Eficacia de la aplicación de diatermia, ondas de choque y ejercicio terapéutico frente al tratamiento habitual en el síndrome de Sever*. Dicho estudio será desarrollado en la Escuela de Enfermería y Fisioterapia San Juan de Dios.

El estudio se realizará conforme a los principios establecidos en la declaración de Helsinki y siguiendo la normativa establecida para los ensayos clínicos en el territorio nacional.

Adjunto en esta solicitud la documentación requerida para su revisión:

- Copia del protocolo de investigación.
- Manual del investigador.
- Documentación que acredita la idoneidad de las instalaciones y del equipo investigador.
- Hoja de información al paciente.
- Formularios de consentimiento informado.

Agradezco de antemano su tiempo y consideración. Quedo a su disposición para cualquier requerimiento adicional que pueda surgir en el proceso de evaluación.

Firmado: Gema González Rodríguez.

ANEXO X: DATOS PERSONALES DEL PARTICIPANTE

Los datos que figuran a continuación serán atesorados de manera confidencial por las personas que forman parte del estudio. Bajo ninguna circunstancia los datos que figuran en dicho documento serán publicados ni desvelados durante ni después de finalizar el estudio. No se hará referencia por su nombre a ningún sujeto, sino que se les identificará a través de un código numérico que será asignado a través de un programa informático para mantener el anonimato en todo momento. El objetivo de recoger dicha información es poder contactar con los participantes si fuese necesario en algún momento del estudio, así como poder compartir con ellos sus resultados del mismo.

Nombre:

Apellidos:

Edad:

Correo electrónico:

Dirección:

Código postal:

Localidad:

Nombre del padre/madre/tutor legal:

Apellidos del padre/ madre/ tutor legal:

Teléfono de contacto:

Correo electrónico:

Dirección:

Código postal:

Localidad:

Firma del paciente:

Firma del padre/madre/tutor legal:

ANEXO XI: HOJA DE REVOCACIÓN DEL ESTUDIO.

Don/ Doña..... Con DNI a fecha

Decido por voluntad propia revocar el consentimiento informado para la participación en el estudio *Eficacia de la aplicación de diatermia, ondas de choque y ejercicio terapéutico frente al tratamiento habitual en el síndrome de Sever.*

Firmado:

ANEXO XII. PROGRAMA DE EJERCICIOS DE RESISTENCIA PARA GRUPO 3⁶

Ejercicios de resistencia

Isométricos	Empujar contra una pared en las 4 direcciones de: arriba, abajo, hacia dentro y hacia fuera, manteniendo cada posición 5-10 segundos.
Dorsiflexión	Tira del pie hacia arriba
Flexión plantar	Empuja el pie hacia abajo
Inversión	Empuja el pie hacia dentro
Eversión	Empuja el pie hacia fuera
Ejercicios con theraband	Envuelve la banda elástica alrededor del metatarso del pie y resiste la banda mientras mueves el tobillo hacia arriba, abajo, adentro y afuera. Estos ejercicios incorporan los 4 movimientos del pie: inversión, eversión, FP y FD.
Elevaciones de talón	En un escalón, Eleva el talón apoyándote en la punta del pie, mantén la posición durante 3 segundos y baja lentamente el talón hasta la posición inicial.

Tabla 22. Programa de ejercicios de resistencia.⁶

8. Bibliografía

- ¹ Vajapey SP, Shah A, McKinney M, Lin T, Ficke JR. Solving the Puzzle: A Compelling Case Study of Calcaneal Apophysitis with Achilles Tendon Calcification in a 14-Year-Old Patient. *Cureus*. 2023;15(12):49608.
- ² Sánchez R, Becerro R, Gómez B, Álvarez O, Losa M. La enfermedad de Sever. *El Peu*. 2007;27(1):16-24.
- ³ Fares M, Salhab H, Khachfe H, Fares J, Haidar R, Musharrafieh U. Sever's Disease of the Pediatric Population: Clinical, Pathologic, and Therapeutic Considerations. *Clinical medicine & research*. 2021;19(3):132–137.
- ⁴ Honma Y, Tsutsui T, Sakamaki W, Higuchi A, Nakamura E, Torii S. Exploring the Link Between Calcaneal Apophysis Maturation and Heel Pain in Youth Baseball Players. *Orthopaedic journal of sports medicine*. 2024;12(10):2325.
- ⁵ James A, Williams C, Haines T. Health related quality of life of children with calcaneal apophysitis: child & parent perceptions. *Health and quality of life outcomes*. 2016;14:1-7.
- ⁶ Naaktgeboren K, Dorgo S, Boyle J. Growth Plate Injuries in Children in Sports: A Review of Sever's Disease. *Strength & Conditioning Journal*. 2007;39(2):59-68.
- ⁷ Martinelli N, Spreafico A, Tramacere I, Marcolli D, Valli F, Curci D. Prevalence and Associated Factors of Sever's Disease in an Athletic Population. *Journal of the American Podiatric Medical Association*. 2019;109(5):351–356.
- ⁸ Grynyuk K, Pérez-Soriano A, Pérez-Molto F. Tratamiento en la enfermedad de Sever. Revisión. *Majorensis: Revista Electrónica de Ciencia y Tecnología*. 2017;13:59-68.
- ⁹ Scharfbillig R, Jones S, Scutter S. Sever's disease: what does the literature really tell us?. *Journal of the American Podiatric Medical Association*. 2008;98(3):212-223.
- ¹⁰ Navarro S, Sierra M. Apofisis calcánea en el pie infantil [Trabajo de Fin de Grado]. Universidad de Valencia; 2023 [Citado 2025 abril 15]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/XXXXX>
- ¹¹ Leal E, Hernández E. Síndrome de talón doloroso, enfermedad de Sever: presentación clínica, hallazgos de imágenes y manejo del dolor en niños y jóvenes atletas. *Revista Médica de Costa Rica y Centroamérica*. 2016;73(619):383-387.
- ¹² Nkhili Y, Bengali Y, Lachhab A, El Oumri A, Nkhili Y, El Oumri A. Beyond the heel: Unraveling Sever's disease and Achilles tendinitis through ultrasound diagnosis. *Cureus*. 2024;16(2).
- ¹³ Abad E, Térmenos J, Espinosa C, Subirà R, Arnés A. The foot posture index. Análisis y revisión. *El Peu-Revista de Podología*. 2011;31(4):190-197.

-
- ¹⁴ Hernandez P, Leirós R, García J, Diez H. Conservative Treatment of Sever's Disease: A Systematic Review. *Journal of clinical medicine*. 2024;13(5):1391.
- ¹⁵ Sayar Ş, Ceylan H, Çaypınar B. Effect of anti-inflammatory treatment on Sever's disease management. *Annals of clinical and analytical medicine*. 2019;10(1):54-7.
- ¹⁶ Wiegerinck J, Zwiers R, Sierevelt I, van Weert, H. C., van Dijk C, Struijs, P. Treatment of calcaneal apophysitis: wait and see versus orthotic device versus physical therapy: a pragmatic therapeutic randomized clinical trial. *Journal of Pediatric Orthopaedics*. 2016;36(2):152-157.
- ¹⁷ Hunt G, Stowell T, Alnwick G, Evans S. Arch taping as a symptomatic treatment in patients with Sever's disease: a multiple case series. *The foot*. 2006;17(4):178-183.
- ¹⁸ Perhamre S, Janson S, Norlin R, Klässbo M. Sever's injury: treatment with insoles provides effective pain relief. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2011;21(6):819-823.
- ¹⁹ Nkhili Y, Bengali Y, Lachhab A, El Oumri A. Beyond the Heel: Unraveling Sever's Disease and Achilles Tendinitis Through Ultrasound Diagnosis. *Cureus*. 2024;16(2).
- ²⁰ Fares M, Salhab H, Khachfe H, Fares J, Haidar R, Musharrafieh U. Sever's Disease of the Pediatric Population: Clinical, Pathologic, and Therapeutic Considerations. *Clinical medicine & research*. 2021;19(3):132–137.
- ²¹ Paciulli C. Tecarterapia en epicondilitis [Trabajo de Fin de Grado]. Mar del Plata: Universidad FASTA, Facultad de Ciencias Médicas, Departamento de Kinesiología; 2013 [citado 2025 Abr 15]. Disponible en: http://redi.ufasta.edu.ar/ispui/bitstream/123456789/251/2/2013_K_014.pdf
- ²² Rabini A, Piazzini D, Tancredi G, Foti C, Milano G, Ronconi G, Marzetti E. Deep heating therapy via microwave diathermy relieves pain and improves physical function in patients with knee osteoarthritis: a double-blind randomized clinical trial. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2012;48(4):549-559.
- ²³ Valladares Y, Fernández Y, Garcí E, Perdomo V, Martínez V, Romero K, Rodríguez V. Utilidad de las ondas de choque para la disminución del dolor en la epicondilitis. *Revista Cubana de Medicina Física y Rehabilitación*. 2017;9(2):1-13.
- ²⁴ Shafshak T, Amer M. Focused extracorporeal shockwave therapy for youth sports-related apophyseal injuries: case series. *Journal of orthopaedic surgery and research*. 2023;18(1):616.
- ²⁵ Gazya A, Serief A, Abdel M. Shock wave therapy versus interferential therapy in the management of Osgood-Schlatter disease with knee brace. *Int J Adv Res Biol Sci*. 2014;1:37-44.
- ²⁶ Sanzo P. The effects of extracorporeal shockwave therapy on pain, function, range of motion and strength in patients with plantar fasciitis. *Int J Med Health Sci*. 2013;7(6):292-8.

-
- ²⁷ Upadhyay S, Shukla Y, Patel K. Effects of progressive strengthening exercises in chronic lateral epicondylitis. *Int J Health Sci Res.* 2017;7(4):244-257.
- ²⁸ Rathleff M, Winiarski L, Krommes K, Graven-Nielsen T, Hölmich P, Olesen J, Thorborg K. Pain, sports participation, and physical function in adolescents with patellofemoral pain and Osgood-Schlatter disease: a matched cross-sectional study. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy.* 2020;50(3):149-157.
- ²⁹ Enfermedad de Sever Que es Síntomas y Diagnóstico [Internet]. Doctor Iborra. Podólogo Álvaro Iborra; 2021 [citado el 6 de abril de 2025]. Disponible en: <https://doctoriborra.com/enfermedad-de-sever-que-es-sintomas-y-diagnostico/>
- ³⁰ Enfermedad de Sever [Internet]. Aeped.es. [citado el 6 de abril de 2025]. Disponible en: <https://enfamilia.aeped.es/temas-salud/enfermedad-sever>
- ³¹ Kangas J, Pajala A, Siira P, Hämäläinen M, Leppilahti J. Early functional treatment versus early immobilization in tension of the musculotendinous unit after Achilles rupture repair: a prospective, randomized, clinical study. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery.* 2003;54(6):1171-1180.
- ³² Pérez N, Beltrán M, Nuñ, M, Ribeiro A, Villa I, Molina C, Sánchez H. Biomechanical Factors Predisposing to Knee Injuries in Junior Female Basketball Players. *Sports.* 2024;12(2):60.
- ³³ Webber S, Porter M. Reliability of ankle isometric, isotonic, and isokinetic strength and power testing in older women. *Physical therapy.* 2010;90(8):1165-1175.
- ³⁴ Vallance P, Crowley L, Vicenzino B, Malliaras P. Contralateral mechanical hyperalgesia and altered pain modulation in men who have unilateral insertional Achilles tendinopathy: A cross-sectional study. *Musculoskeletal Science and Practice.* 2021;52:102353.
- ³⁵ Anumula S, Beku C, Murthy Y. Measurement of reliability in grip strength. *Indian Journal of Physiotherapy and Occupational Therapy,* 2014;8(2):115.
- ³⁶ McHugh M, Nesse M. Effect of stretching on strength loss and pain after eccentric exercise. *Medicine and science in sports and exercise.* 2008;40(3):566.
- ³⁷ Draper D, Castro J, Feland B, Schulthies S, Eggett D. Shortwave diathermy and prolonged stretching increase hamstring flexibility more than prolonged stretching alone. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy.* 2004;34(1):13-20.
- ³⁸ Morris-Chatta R, Buchner D, de Lateur B, Cress M, Wagner E. Isokinetic testing of ankle strength in older adults: assessment of inter-rater reliability and stability of strength over six months. *Archives of physical medicine and rehabilitation.* 1994;75(11):1213-1216.
- ³⁹ Barbachan Mansur N, Pereira V, Cunha H, Nunes C, Ferreira D, Sato V, Tamaoki M. Diagnosis of Achilles insertional tendinopathies by algometry. *Pain Medicine.* 2021;22(11):2670-2675.
- ⁴⁰ López C, Hidalgo C, Pérez A, Fanlo P, González V, Tricás J, Rodríguez J. Thermal and non-thermal effects of capacitive-resistive electric transfer application on the Achilles tendon and

musculotendinous junction of the gastrocnemius muscle: A cadaveric study. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2020;21:1-8.

⁴¹ Yeste M, Baraja L, Vicente J, Pérez M, Bautista I, Barrios C. Acute Effects of Tecar Therapy on Skin Temperature, Ankle Mobility and Hyperalgesia in Myofascial Pain Syndrome in Professional Basketball Players: A Pilot Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021;18(16):8756.

⁴² Erroi D, Sigona M, Suarez T, Trischitta D, Pavan A, Vulpiani M, Vetrano M. Conservative treatment for Insertional Achilles Tendinopathy: platelet-rich plasma and focused shock waves. A retrospective study. *Muscles, ligaments and tendons journal*. 2017;7(1):98.

⁴³ Rompe J, Furia J, Maffulli N. Eccentric loading compared with shock wave treatment for chronic insertional achilles tendinopathy: a randomized, controlled trial. *JBJS*. 2008;90(1):52-61.

⁴⁴ Leeb H, Stickel E. Literature review of sever's disease: radiographic diagnosis and treatment. *Podiatric Medical Review*. 2021;20:4-9.

⁴⁵ Roos E, Engström M, Lagerquist A, Söderberg B. Clinical improvement after 6 weeks of eccentric exercise in patients with mid-portion Achilles tendinopathy—a randomized trial with 1-year follow-up. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2004;14(5):286-295.

⁴⁶ Abad E, Térmens J, Espinosa C, Subirà R, Arnés A. The foot posture index. Análisis y revisión. *El Peu-Revista de Podología*. 2011;31(4):190-197.

⁴⁷ Ramponi D, Baker C. Sever's disease (calcaneal apophysitis). *Advanced emergency nursing journal*. 2019;41(1):10-14.

⁴⁸ Ida A, Neves E, Stadnik A. Effects of Tecartherapy on Body Tissue: A Systematic Review. *Journal of Biomedical Science and Engineering*. 2023;16(10):133-148.

⁴⁹ Rodríguez J, González B, de Toro A, González M. Eficacia de las ondas de choque como método de tratamiento en espolón calcáneo. *Fisioterapia*. 2014;36(3):135-142.

⁵⁰ Moya D. Terapia por onda de choque extracorpórea para el tratamiento de las lesiones musculoesqueléticas. *Rev Asoc Argent Ortop Traumatol*. 2002;67(4):273-86.

⁵¹ Aigner N, Fialka C, Fritz A, Wruhs O, Zöch G. Complications in the use of diathermy. *Burns*. 1997;23(3):256-264.

⁵² Liao C, Xie G, Tsauo J, Chen H, Liou T. Efficacy of extracorporeal shock wave therapy for knee tendinopathies and other soft tissue disorders: a meta-analysis of randomized controlled trials. *BMC musculoskeletal disorders*. 2018;19:1-26.