



**UEB**  
UNIVERSIDAD  
ESTATAL DE BOLIVAR

# ABORDAJE FISIOTERAPÉUTICO EN CASOS CLÍNICOS

LIC. KAREN LLERENA QUISHPE

LIC. SILVANA VEGA VASCO

LIC. LUPE MARÍN PARRA

DRA. SANDY FIERRO VASCO

ISBN: 978-9907-0-0547-9



**2025**

# **ABORDAJE FISIOTERAPÉUTICO EN CASOS CLÍNICOS**

---

**AUTORES:**

**KAREN PAMELA LLERENA QUISHPE**

**SILVANA ESTEFANIA VEGA VASCO**

**LUPE ENRIQUETA MARÍN PARRA**

**SANDY GUADALUPE FIERRO VASCO**



Este libro ha sido debidamente examinado y valorado en la modalidad doble par ciego con fin de garantizar la calidad científica.

©Grupo Editorial BLR  
Universidad Estatal de Bolívar  
Riobamba – Ecuador  
Correo: publicaciones@grupobl.com  
<https://grupobl.com/libros-investig>  
REPOSITORIO



Llerena, K., Vega, S., Marín, L., Fierro, S. (2025) Abordaje  
fisioterapéutico en casos clínicos. Grupo Editorial BLR.

© Karen Pamela Llerena Quishpe  
Silvana Estefania Vega Vasco  
Lupe Enriqueta Marín Parra  
Sandy Guadalupe Fierro Vasco

**ISBN: 978-9907-0-0547-9**

El copyright promueve la libertad de expresión, protege la diversidad de ideas y conocimiento, además apoya la libre expresión. Se prohíbe de manera rigurosa la producción o el almacenamiento de esta publicación, ya sea en su totalidad o en parte, está estrictamente prohibido por ley, incluyendo el diseño de la portada, así como su difusión a través de cualquiera de sus medios, ya sean electrónicos, mecánicos, ópticos, de grabación o incluso de fotocopia, sin permiso de los propietarios de los derechos de autor.

## **FILIACIONES DE LOS AUTORES**

Karen Pamela Llerena Quishpe

Universidad Estatal de Bolívar

Correo Electrónico: [pamela.llerena@ueb.edu.ec](mailto:pamela.llerena@ueb.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-8136-1361>

Silvana Estefania Vega Vasco

Universidad Estatal de Bolívar

Correo Electrónico: [silvana.vega@ueb.edu.ec](mailto:silvana.vega@ueb.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7522-0337>

Lupe Enriqueta Marín Parra

Universidad Estatal de Bolívar

Correo Electrónico: [lupe.marin@ueb.edu.ec](mailto:lupe.marin@ueb.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-3942-7955>

Sandy Guadalupe Fierro Vasco

Universidad Estatal de Bolívar

Correo Electrónico: [sfierrov@ueb.edu.ec](mailto:sfierrov@ueb.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8631-2758>



## ÍNDICE

ÍNDICE.....	i
ÍNDICE DE TABLAS .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	viii
INTRODUCCIÓN .....	ix
CAPÍTULO I.....	11
<b>1 APLICACIÓN DE LA NEURODINÁMIA EN EL SÍNDROME DEL NERVI RADIAL EN MIEMBRO SUPERIOR DERECHO EN UN PACIENTE MASCULINO DE 45 AÑOS .....</b>	<b>11</b>
1.1 Introducción .....	11
1.2 Anatomía y fisiología del nervio radial.....	12
1.3 Síndrome del nervio radial .....	12
1.4 Causas del síndrome del nervio radial.....	13
1.5 Rehabilitación del síndrome del nervio radial.....	14
1.6 Neurodinamia del nervio radial .....	14
1.7 El dolor.....	15

1.7.1 Tipos de dolor .....	16
1.7.2 Mecanismos del dolor y su fisiología .....	20
1.7.3 Fisiología del dolor neuropático .....	22
1.7.4 Escala de Evaluación del Dolor Neuropático (DN4).....	23
1.8 Sintomatología y complicaciones .....	25
1.8.1 Síntomas motores .....	25
1.8.2 Síntomas sensitivos .....	26
1.8.3 Síntomas Funcionales.....	26
1.9 Metodología .....	28
1.9.1 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	29
1.9.2 Plan de intervencion fisioterapeutico .....	30
1.9.3 Análisis e interpretación de resultados.....	34
1.10 Conclusiones .....	38
1.11 Recomendaciones.....	38
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>40</b>

<b>2</b>	<b>EJERCICIOS DE ALFRENDSON EN UN PACIENTE CON DEBILIDAD DEL TRÍCEPS SURAL POSTERIOR A UNA PLASTIA DEL TENDÓN DE AQUILES.....</b>	<b>40</b>
2.1	Introducción .....	40
2.2	Marco teórico .....	41
2.2.1	Tríceps sural: Anatomía y función.....	41
2.2.2	Gastrocnemio medial y lateral .....	41
2.2.3	Sóleo.....	42
2.2.4	Inserción común: Tendón de Aquiles .....	42
2.2.5	Tendón de Aquiles: Anatomía y biomecánica .....	43
2.2.6	Importancia del tríceps sural en la locomoción.....	45
2.2.7	Plastia del tendón de Aquiles .....	46
2.2.8	Consecuencias biomecánicas post-plastia.....	51
2.2.9	Debilidad del tríceps sural post-plastia .....	53
2.2.10	Causas de la Debilidad Muscular.....	54
2.2.11	Consecuencias Funcionales de la Debilidad del Tríceps Sural	55

2.2.12 Estrategias de rehabilitación para la recuperación de la fuerza del tríceps sural .....	57
2.3 Ejercicios de Alfredson y su aplicación en la rehabilitación .....	58
2.3.1 Origen del protocolo de Alfredson.....	58
2.3.2 Modo de acción de los ejercicios excéntrico.....	59
2.3.3 Protocolo de Alfredson para la recuperación del tríceps sural...	60
2.3.4 Descripción del protocolo clásico .....	63
2.3.5 Evidencia reciente sobre la eficacia y adaptaciones del protocolo Alfredson.....	67
2.3.6 Aplicación del protocolo Alfredson en la rehabilitación post-plastia del tendón de Aquiles .....	70
2.4 Metodología .....	73
2.4.1 Por el Tiempo: Longitudinal .....	74
2.4.2 Población y Muestra.....	74
2.4.3 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.....	74
2.4.4 Estadístico Usado .....	74
2.4.5 Duración de la intervención. ....	75

2.4.6	Presentación del Caso. ....	76
2.4.7	Análisis e interpretación de datos .....	77
2.5	Conclusiones .....	82
2.6	Recomendaciones.....	83
<b>CAPÍTULO III .....</b>		<b>85</b>
<b>3</b>	<b>EFECTO DE LA APLICACIÓN DE ONDAS DE CHOQUE SOBRE EL DOLOR EN UN PACIENTE DE 56 AÑOS CON ESPOLÓN CALCÁNEO.....</b>	<b>85</b>
3.1	Introducción .....	85
3.2	Marco teórico .....	87
3.2.1	Anatomía del calcáneo .....	87
3.2.2	Espolón calcáneo.....	92
3.3	Metodología .....	106
3.3.1	Paradigma.....	106
3.3.2	Enfoque .....	106
3.3.3	Diseño de la Investigación .....	106
3.3.4	Tipo de Investigación.....	106

3.3.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.....	108
3.4 Interpretación de Resultados .....	110
3.5 Conclusiones .....	116
3.6 Recomendaciones.....	118
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>120</b>
<b>4 PROPUESTAS .....</b>	<b>120</b>
4.1 Técnica de neurodinamia a pacientes con Síndrome del Nervio Radial .....	120
4.1.1 Objetivo.....	121
4.1.2 Plan de intervención fisioterapéutico .....	121
4.2 Aplicación de ondas de choque en el espolón calcáneo.....	125
4.2.1 Justificación.....	127
4.2.2 Objetivos .....	128
4.2.3 Protocolo de la aplicación de las ondas de choque .....	128
<b>GLOSARIO.....</b>	<b>131</b>
<b>BIBLIOGRAFÍAS .....</b>	<b>136</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Protocolo manual "Neurodinamia MS. Aplicaciones prácticas para fisioterapeutas" .....	32
<b>Tabla 2.</b> Escala Analógica Visual (EVA).....	110
<b>Tabla 3.</b> Escala Analógica Visual (EVA).....	112
<b>Tabla 4.</b> Comparación de Resultados Obtenidos.....	114
<b>Tabla 5.</b> Protocolo manual "neurodinamia miembros superiores prácticas para fisioterapeutas" .....	123
<b>Tabla 6.</b> Aplicación de las ondas de choque.....	128
<b>Tabla 7.</b> Protocolo.....	129

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Evaluación Inicial Cuestionario DN4 (Antes).....	34
<b>Figura 2.</b> Evaluación Final Cuestionario DN4 (Después).....	35
<b>Figura 3.</b> Comparación Evaluación Inicial-Final Cuestionario DN4..	37
<b>Figura 4.</b> Evaluación Inicial de la Fuerza Muscular del Tríceps Sural. .....	77
<b>Figura 5.</b> Evaluación Inicial de la Fuerza Muscular del Tríceps Sural. .....	78
<b>Figura 6.</b> Evaluación Final de la Fuerza Muscular del Tríceps Sural.	79
<b>Figura 7.</b> Evaluación Final de la Fuerza Muscular del Tríceps Sural.	79
<b>Figura 8.</b> Comparación de Resultados.....	80
<b>Figura 9.</b> Comparación de Evaluaciones.....	81
<b>Figura 10.</b> Porcentaje de intensidad del dolor. ....	110
<b>Figura 11.</b> Evaluación del dolor a través de la escala Eva. ....	112
<b>Figura 12.</b> Evaluación del dolor posterior a la intervención. ....	115

## INTRODUCCIÓN

En el campo de la fisioterapia el cuerpo humano es considerado una estructura anatómica y fisiológica que desempeña funciones importantes para mantener el movimiento y la adaptación al entorno, para lo cual es relevante comprender sus mecanismos neurofisiológicos y musculoesqueléticos que permitirán diseñar intervenciones terapéuticas efectivas basada en la evidencia y centradas en la recuperación integral del paciente.

El libro presentado aborda distintos casos clínicos enfocados en la aplicación de estrategias fisioterapéuticas como: neurodinamia, ejercicios excéntricos de Alfredson y terapia con ondas de choque, aplicados al tratamiento de alteraciones neuromusculares y musculoesqueléticas de alta prevalencia, a través de cada capítulo se presenta la eficacia clínica de cada técnica mencionada y su sustentación bibliográfica basada en evidencia científica mediante el análisis anatómico, biomecánico y fisiopatológico. Permitiendo fortalecer el razonamiento fisioterapéutico para evaluar y diseñar un tratamiento individualizado.

Cada caso clínico está desarrollado con un enfoque metodológico, que integra procedimientos cuantitativos y análisis de resultados, tomando en cuenta objetivos y propuestas terapéuticas adaptadas al campo clínico actual, cada intervención presenta su justificación con sustentación científica, diseño de protocolo de tratamiento aplicado, interpretación de

resultados de evaluaciones pre y post intervención, conclusiones, recomendaciones y discusión.

El abordaje fisioterapéutico en casos clínicos se convierte en una guía útil para la práctica clínica y formación académica de fisioterapeutas en el área neuromuscular y musculoesquelética, ya que se integra fundamentos teóricos y estrategias de tratamiento con sustentación científica fundamentales para intervenir en el paciente. Tomando en cuenta que la evidencia y practica constituye una base para la formación de profesionales en el campo de la salud con ética e innovación en el campo de la fisioterapia.

## CAPÍTULO I

# 1 APLICACIÓN DE LA NEURODINÁMIA EN EL SÍNDROME DEL NERVIO RADIAL EN MIEMBRO SUPERIOR DERECHO EN UN PACIENTE MASCULINO DE 45 AÑOS

## 1.1 Introducción

El Síndrome del Nervio Radial es una patología neurológica originada por el atrapamiento del nervio radial, mismo que tiene una participación decisiva en la sensibilidad y motricidad de la región posterior del brazo, antebrazo y mano. Esta compresión puede manifestarse en distintos puntos de su trayectoria anatómica, generando limitaciones funcionales que afectan la ejecución de actividades habituales (Nasheed I Jamal, 2021).

Para tratar esto, usan la neurodinámica, que consiste en mover los nervios para que las cosas funcionen mejor y se sientan menos apretados. Este método enfría los nervios, los hace deslizarse mejor y reduce los dolores y la rigidez, acelerando la curación cuando los nervios se pellizcan o molestan. Cuando se combina esta movilización con algo de orientación fisiológica, se acelera la curación y se reducen los efectos secundarios desagradables (Francis, 2021).

El objetivo aquí es comprobar qué tan buena es la neurodinámica para aliviar ese dolor nervioso en el brazo derecho cuando alguien tiene

síndrome del nervio radial. Para finalizar, verificaron qué tan intenso era el dolor antes y después del tratamiento utilizando el Cuestionario de Evaluación del Dolor Neuropático (DN4) para medirlo. Con este análisis buscamos contribuir a la optimización del tratamiento y la mejora de los resultados clínicos en un paciente con Síndrome del Nervio Radial (Kiernan, 2021).

## **1.2 Anatomía y fisiología del nervio radial**

El nervio radial forma parte del sistema nervioso periférico, se encarga de la movilidad y función sensorial a partes del brazo, antebrazo, muñeca y mano, tiene una rama motora que estimula el músculo tríceps y los músculos en la zona externa del antebrazo que rotan el mismo y extienden la muñeca. Así mismo, la rama sensorial proporciona sensaciones de tacto, dolor y temperatura a la piel en la región media proximal del brazo, antebrazo exterior, parte posterior de la muñeca y la mano cerca al pulgar (Glover, 2023).

## **1.3 Síndrome del nervio radial**

El SNR es una alteración derivada de la compresión del nervio en el antebrazo, específicamente en el túnel radial, una zona estrecha formada por músculos, tendones y ligamentos alrededor del codo. Esta compresión puede provocar dolor punzante especialmente al intentar extender la muñeca y los dedos (Chalk, 2024).

Por otro lado, a diferencia de otras neuropatías, este síndrome no suele causar entumecimiento, ya que las fibras afectadas están relacionadas con el control motor. De ser un caso crónico, puede presentarse debilidad en músculos de la extensión del pulgar y dedos (Michael Daly, 2022).

#### 1.4 Causas del síndrome del nervio radial

Este síndrome no se considera una afección hereditaria ni genética. Pueden ser común las siguientes causas:

- **Movimientos repetitivos:** Actividades que implican pronación y supinación constantes del antebrazo pueden generar compresión del nervio radial, especialmente en personas que realizan actividades manuales repetitivas (Gragossian, 2023).
- **Traumatismos:** Lesiones directas, como fracturas pueden dañar el nervio radial debido a su proximidad con el hueso en el surco espiral (Martínez, 2022).
- **Compresión externa:** Apoyos prolongados y repetidos sobre el nervio radial, como dormir en una posición que lo comprima, pueden provocar su parálisis (García & Sánchez, 2023).
- **Inflamación de estructuras circundantes:** Procesos inflamatorios en músculos o tendones adyacentes pueden ejercer presión sobre el nervio radial (Gragossian, 2023).

## 1.5 Rehabilitación del síndrome del nervio radial

La fisioterapia es sumamente importante en el tratamiento del síndrome del nervio radial, y se enfoca en aliviar los síntomas y restaurar la funcionalidad del miembro afectado. Las intervenciones incluyen ejercicios de fortalecimiento, estiramientos y técnicas de movilización neural para reducir la compresión (Otero y otros, 2021).

Además, se pueden emplear el uso de férulas para mantener la extensión de la muñeca y prevenir deformidades. Claramente un tratamiento fisioterapéutico debe ser personalizado y supervisado por personal capacitado para adoptar medidas específicas para cada paciente (Otero y otros, 2021).

## 1.6 Neurodinamia del nervio radial

La neurodinámica se trata de comprobar cómo se mueve y funciona el nervio radial en el cuerpo, y cómo juega con los tejidos cercanos. Cuando algo se aplasta o irrita, como algunas de sus ramas, es posible que sienta dolor, debilidad y problemas para moverse (Rámirez-Cabrales, 2021).

En la neurodinamia del nervio radial, se debe examinar varios aspectos:

- **Deslizamiento nervioso:** Los ejercicios de neuro dinamia incluyen movilizar el nervio de manera controlada para mejorar el deslizamiento, ya que el nervio debe tener la capacidad de moverse a través de sus trayectos sin fricción ni compresión (Grondin y otros, 2021).

- **Estiramiento neural:** Este proceso implica la tensión controlada del nervio radial para determinar su elasticidad y flexibilidad, en el caso de que un nervio esté comprimido la capacidad de estiramiento del mismo puede verse reducido, provocando dolor y disfunción (Grondin y otros, 2021).
- **Evaluación del dolor neuropático:** El Síndrome del Nervio Radial, causa dolor debido a la irritación del nervio, por lo que la neurodinamia incluye técnicas específicas para evaluar la respuesta del nervio al movimiento y dolor (Grondin y otros, 2021).
- **Técnicas de movilización neuronal:** Son ejercicios especiales para que los nervios se muevan nuevamente, muy importantes para solucionar problemas como el Síndrome del Nervio Radial (Joshua y otros, 2015).

## 1.7 El dolor

Según la Asociación Internacional para el Estudio del Dolor (IASP), la percepción subjetiva del dolor se considera como "una percepción sensorial y malestar emocional asociada a una lesión tisular real o potencial, o descrita en términos de mencionada lesión " (Vidal- Fuentes, 2020).

Esta definición ha sido revisada 2020 para reflejar mejor la complejidad del dolor, reconociendo que se constituye un aprendizaje personal

condicionada por factores biológicos, psicológicos y sociales (Vidal-Fuentes, 2020).

### ***1.7.1 Tipos de dolor***

#### **a) *Dolor agudo***

Aparece repentinamente y no dura mucho tiempo, generalmente es solo una reacción a algo como una quemadura o un corte. Su función es proteger el cuerpo alertando sobre daños potenciales (Bilbeny, 2019).

#### **Características del dolor agudo:**

- **Inicio rápido** se presenta tras un estímulo nocivo.
- **Duración limitada** dura desde segundos hasta días o pocas semanas.
- **Causas identificables** asociado una lesión o proceso específico.
- **Localización precisa** el paciente puede señalar donde le duele específicamente.
- **Respuesta fisiológica evidente** presencia de la frecuencia cardíaca, sudoración, presión arterial y tensión muscular.
- **Desaparece al eliminar la causa** hace alusión, cuando la lesión se cura o se trata.

#### **b) *Dolor crónico***

El dolor crónico persiste durante demasiado tiempo, como más de tres meses, y generalmente está relacionado con cosas como artritis o lesiones antiguas, lo que afecta seriamente la forma en que vives tu vida (Bilbeny, 2019).

### **Fisiopatología del dolor crónico**

**Sensibilización periférica** es esta las terminaciones nerviosas se vuelven hiperreactivas, respondiendo de manera abrupta a estímulos dolorosos.

**Sensibilización central** incrementa las señales nerviosas, incrementado la percepción del dolor o dolor ante estímulos no dolorosos.

**Plasticidad neuronal** existe cambios a nivel sináptico y estructural en el sistema nervios en la cual se mantiene la sensación de dolor.

El dolor crónico se puede clasificar según su origen:

- Dolor nociceptivo crónico este es causado por daño tisular persistente
- Dolor neuropático crónico se origina por lesiones en el sistema nervioso.
- Dolor idiopático cuando no se identifica una causa organica clara.

c) *Dolor neuropático*

Este dolor se origina debido a lesiones o alteraciones en el sistema nervioso, se presenta a menudo como una sensación de ardor o punzadas y puede ser difícil de tratar (Gómez y otros, 2021). El dolor neuropático es una causa frecuente de dolor crónico que afecta la calidad de vida, de forma significativa.

### **Fisiopatología del dolor neuropático**

**El dolor neuropático:** Es el resultado de una compleja interacción de mecanismos, no solo periféricos, centrales e inmunoinflamatorios.

**Sensibilización periférica:** Las neuronas periféricas muestran incremento de excitabilidad por cambio en canales iónicos, receptores y expresión genética, facilitando las descargas ectópicas y dolor espontáneo.

**La médula espinal:** Se estropea y reorganiza sus conexiones, lo que provoca alodinia.

**Papel de las células gliales:** Modifican la duración y la claridad del dolor y su intensidad

**Cuadro clínico y evaluación diagnóstica:** Síntomas característicos en los cuales se detalla dolor quemante punzante, choques eléctricos, hormigueo parestesias.

d) *Dolor somático*

Dolor somático: Este tipo de dolor, cuando se trata de daño musculoesquelético, generalmente se adhiere a un lugar y puede ser algo repentino y agudo o simplemente permanecer por un tiempo (Kuner & Staehelin, 2020).

El dolor somático se divide en dos tipos principales:

- **Dolor somático superficial** este se origina en la piel o tejido subcutáneo que se caracteriza por un dolor, púnzate, ardoroso y cortante.
- **Dolor somático profundo** tiene su génesis en músculos, articulaciones, huesos o ligamentos es más difuso y difícil de localizar.

### **Mecanismo fisiológico**

El dolor somático se produce por la estimulación de nociceptores específicos.

Las fibras A-delta transmite un dolor agudo, rápido y localizado.

Las fibras C emiten un dolor lento, sordo y difuso.

#### e) *Dolor Visceral*

Procede de los órganos internos y puede ser más difuso y poco accesible (Kuner & Staehelin, 2020).

Características del dolor visceral:

- Difuso y mal localizado, este se caracteriza por la dificultad de señalar un punto exacto donde duele.
- Profundo y opresivo hace referencia a una sensación de presión, calambre, cólico o distensión.
- Dolor referido se percibe en una zona lejano del órgano afectado.
- Acompañadas de síntomas vegetativos que se caracteriza por la presencia de náuseas, sudoración, cambios en la presión arterial y frecuencia cardíaca.

### ***1.7.2 Mecanismos del dolor y su fisiología***

El dolor es un estímulo sensorial y experiencia emocional profunda que implica múltiples mecanismos fisiológicos y neurológicos. La fisiología del dolor se basa en la estimulación de nociceptores, que son corpúsculos nerviosos especializadas en reconocer estímulos que pueden causar daño, se encuentra distribuido en la piel, los músculos, las articulaciones y los órganos internos activados por estímulos térmicos, mecánicos o químicos. Cuando se produce un daño tisular, se liberan sustancias como prostaglandinas, bradiquininas y sustancia P, que sensibilizan los nociceptores y aumentan la comunicación de señales nociceptivas al sistema nervioso central (Armstrong & Herrera 2023).

Una vez los nociceptores son activados, las señales viajan a través de las fibras nerviosas A-delta y C hacia la médula espinal, donde hacen sinapsis en la asta dorsal. Las fibras A-delta son responsables del dolor rápido y agudo, mientras que las fibras C transportan el dolor lento y

persistente. Desde la médula espinal, las señales ascienden a través de los tractos espinotalámicos hasta llegar al tálamo, una estructura clave para el tratamiento y difusión de la información sensorial hacia diversas áreas del cerebro, comprendiendo la corteza somatosensorial, la corteza cingulada anterior y la ínsula, que están involucradas en la percepción del dolor y sus componentes emocionales y cognitivos (Armstrong & Herrera, 2023).

Los mecanismos periféricos, el dolor involucra procesos moduladores a nivel central.

El sistema nervioso puede aumentar o disminuir la señal de dolor utilizando esas vías descendentes. Por ejemplo, el sistema inhibitorio descendente, que incluye estructuras como el bulbo raquídeo y el mesencéfalo, puede liberar neurotransmisores como la serotonina y la norepinefrina que actúan para reducir la sensación de dolor (Gómez y otros, 2021).

La plasticidad neuronal, también conocida como sensibilización central, es otro mecanismo clave que puede conducir a la amplificación del dolor, incluso en ausencia de un estímulo nocivo. Este fenómeno está involucrado en condiciones de dolor crónico, como la fibromialgia y la neuropatía (Gómez y otros, 2021).

### ***1.7.3 Fisiología del dolor neuropático***

El dolor neuropático es el resultado de cambios que se producen por la transmisión normal del impulso dolores; las mismas que han sido detectadas en las terminaciones nerviosas periféricas, en el ganglio de la raíz dorsal (GRD), en la asta posterior de la espina dorsal y en la corteza somatosensorial (S1), además se observan modificaciones en las propiedades eléctricas de las neuronas normales remanentes.

**Fuente especificada no válida.** Así el aumento en la expresión de factores de crecimiento neural, citokinas y sus receptores producen actividad espontánea de estas neuronas.

Se origina cuando existe una lesión que afecta el sistema somatosensorial, alterando la función de las neuronas. Las fibras nerviosas dañadas sufren cambios en los canales iónicos, lo que provoca impulsos eléctricos espontáneos, conocidos como hiperexcitabilidad (Kuner & Staehelin, 2020).

A nivel periférico, la sensibilización de las terminaciones nerviosas ocurre por la emisión de mediadores inflamatorios, aumentando la excitabilidad neuronal, estas señales anormales se difunde a la médula espinal, donde las neuronas amplifican la respuesta al dolor, debido a la activación de receptores excitatorios como NMDA y la reducción de neurotransmisores inhibitorios como el GABA, lo que resulta en sensibilización central (Kuner & Staehelin, 2020).

Las células gliales, como la microglía y los astrocitos, se activan y liberan citoquinas inflamatorias, perpetuando la disfunción neuronal y contribuyendo a la cronicidad del dolor. Asimismo, las disfunciones de los sistemas moduladores descendentes del dolor, que normalmente regulan la transmisión nociceptiva, facilitan la persistencia del dolor, esta disfunción se extiende a estructuras cerebrales como el tálamo y la corteza somatosensorial, lo que puede generar trastornos emocionales asociados, como ansiedad y depresión, complicando aún más su manejo (Gómez y otros, 2021).

#### ***1.7.4 Escala de Evaluación del Dolor Neuropático (DN4)***

La Escala de Evaluación del Dolor Neuropático (DN4), es una herramienta clínica utilizada para identificar el dolor de origen neuropático. Fue diseñada para facilitar el diagnóstico de este tipo de dolor, que generalmente es causado por afecciones o disfunciones en el sistema nervioso periférico o central (Saxena y otros, 2021).

##### ***a) Estructura de la DN4***

La DN4 consta de 10 ítems en total, distribuidos de la siguiente manera:

- 7 ítems relacionados con las características sensoriales del dolor

Estos ítems se refieren a cómo los pacientes describen su dolor, es decir, si el dolor tiene características típicas de un dolor neuropático. Por

ejemplo, preguntas sobre si el dolor es ardiente, punzante, o con sensación de choques eléctricos.

- 3 ítems relacionados con la exploración física

Estos ítems se enfocan en la presencia de signos físicos como hiperalgesia (excesiva sensibilidad al dolor) o alodinia (sensibilidad a estímulos no dolorosos), que son comunes en las condiciones neuropáticas (Saxena y otros, 2021).

*b) Puntaje y diagnóstico*

- El límite superior de la calificación se puede obtener en la escala es 10.
- Cada ítem es puntuado con 1 si está presente y 0 si no está presente.

*c) Interpretación*

Un puntaje de 4 o más indica la presencia de dolor neuropático. Es decir, si un paciente obtiene un puntaje de 4 o más en los 10 ítems de la escala, se considera que probablemente está experimentando un dolor de origen neuropático. Un puntaje menor de 4 sugiere que el dolor no es neuropático, y puede estar relacionado con otro tipo de dolor (nociceptivo, muscular, etc.) (Saxena y otros, 2021).

## 1.8 Sintomatología y complicaciones

### 1.8.1 Síntomas motores

Las habilidades motoras son muy obvias cuando se observan los signos clínicos. Todo depende de qué tan grave sea la lesión:

#### a) Lesión alta (axila o canal humeral)

- Parálisis del tríceps braquial: dificultad para extender el codo.
- Parálisis del braquiorradial y extensores: el brazo pierde fuerza al supinar y extender.
- Parálisis de extensores de la muñeca y dedos:

Signo clásico: “mano caída” (*wrist drop*), por la imposibilidad de mantener la muñeca en extensión. Incapacidad para extender los dedos o el pulgar (Lucena y otros, 2024).

#### b) Lesión distal (rama interósea posterior):

- No suele haber pérdida sensitiva.
- Dificultad específica para extender los dedos y abducción del pulgar (aunque la muñeca puede extenderse con desviación radial).

Este patrón es típico en atrapamientos del nervio en el supinador (síndrome del túnel radial) (Lachkar y otros, 2024).

### ***1.8.2 Síntomas sensitivos***

- Hipoestesia o parestesias (hormigueo, ardor, entumecimiento) en: Parte posterior del brazo (zona del deltoides posterior). Cara posterolateral del antebrazo.
- En la parte posterior de la mano, sobre todo en la zona del primer espacio interdigital (entre pulgar e índice) (Magallanes & Notario, 2020).
- En lesiones más bajas (por ejemplo, atrapamiento de la rama superficial), puede haber:

Neuralgia radial superficial o síndrome de Wartenberg, caracterizado por dolor y quemazón en el dorso de la mano, exacerbado con movimientos repetitivos o presión (Linares y otros, 2021).

### ***1.8.3 Síntomas Funcionales***

- Dificultad para agarrar objetos, escribir, utilizar herramientas.
- Imposibilidad de realizar gestos simples como saludar con la mano abierta.
- Alteraciones en la postura del brazo (caída pasiva de la muñeca) (Besmens y otros, 2024).

#### ***a) Complicaciones Musculoesqueléticas***

- **Atrofia muscular:** Si el nervio permanece lesionado durante semanas o meses, los músculos extensores comienzan a atrofiarse.

Esto puede volverse irreversible sin intervención precoz (Otero y otros, 2021).

- **Contracturas:** Por el desequilibrio entre flexores activos y extensores paralizados. La muñeca y los dedos adoptan una posición de flexión persistente (Rhouly y otros, 2023).

*b) Alteraciones articulares*

Rigidez articular por inmovilidad prolongada (Lachkar y otros, 2024).

Pérdida de rango de movimiento (Besmens y otros, 2024).

*c) Complicaciones Neurológicas*

- **Dolor neuropático crónico:** Puede desarrollarse incluso después de la lesión aguda (Aziz-Saba, 2021). Se manifiesta como dolor urente, quemazón o sensación eléctrica (Bilbeny, 2019).
- **Síndrome de dolor regional complejo (SDRC):** Tras traumatismos o lesiones nerviosas (Besmens y otros, 2024). Se acompaña de cambios en la piel, sudoración, edema y dolor intenso desproporcionado (Bilbeny, 2019).

*d) Complicaciones Funcionales y Sociales*

- **Pérdida de la independencia funcional:** Especialmente en lesiones bilaterales o en personas con trabajos manuales (García & Sánchez, 2023).

- Alteración de la imagen corporal: Puede afectar la autoestima al ver la mano caída o perder habilidad manual (Linares y otros, 2021).
  - Incapacidad laboral: Trabajadores manuales, músicos, deportistas pueden verse directamente perjudicados (Neeraj y otros, 2021).
- e) *Complicaciones Derivadas del Tratamiento Tardío o Inadecuado*
- Férulas mal colocadas → compresiones adicionales.
  - Falta de fisioterapia → recuperación incompleta.
  - Retraso quirúrgico → degeneración axonal irreversible (Patiño y otros, 2022).

## **1.9 Metodología**

El presente proyecto se configura como un estudio cuasiexperimental, estudio de caso, de tipo longitudinal, ya que, se realizará una pre y post evaluación del dolor, luego de la aplicación de la técnica de Neurodinamia en un paciente con Síndrome de Nervio Radial en miembro superior derecho (Huaman y otros, 2022).

Utiliza un enfoque cuantitativo, evaluando los efectos del tratamiento en el dolor, medidos mediante el Cuestionario de Evaluación de Dolor Neuropático (DN4). Los datos se recopilan y valoran mediante el uso del Cuestionario de Evaluación de Dolor Neuropático (DN4) para el dolor neuropático, con el objetivo de cuantificar los cambios en la condición del paciente tras el tratamiento (Saxena y otros, 2021).

### ***1.9.1 Técnicas e instrumentos de recolección de datos***

La recopilación de información se desarrolló bajo la supervisión directa del tutor investigador, quien orientará cada fase del proceso metodológico. Primeramente, se llevará a cabo una reunión de socialización con el paciente participante, quien firmará el consentimiento informado, garantizando su participación voluntaria y ética en el estudio.

La Técnica de Deslizamiento del Nervio Radial será nuestra técnica de referencia, que se implementará durante dos semanas en la clínica, todo para aliviar ese desagradable dolor neuropático en el brazo derecho del paciente. Este protocolo proviene directamente del manual "Neurodinámica MS Aplicaciones prácticas para fisioterapeutas" elaborado por Rocío Llamas Ramos e Inés Llamas Ramos (2022), según las características individuales del paciente.

Esta cosa tiene un movimiento especial de estiramiento del nervio, deslizando el nervio radial, y se distribuye en sesiones los lunes y miércoles de cada semana

En la Semana 1, harás dos series de cinco repeticiones cada una, lo que te llevará unos 10 minutos por entrenamiento; La semana 2 aumenta a ocho repeticiones por serie, y estás viendo 16 minutos por sesión, apegándote a las que son amigables para el cerebro

Para la medición del dolor, se utilizará como instrumento el Cuestionario de Evaluación de Dolor Neuropático (DN4), (Saxena y otros, 2021) es una herramienta validada y ampliamente utilizada en el ámbito clínico para identificar la presencia y severidad del dolor neuropático. Esta escala será aplicada tanto antes como después de la intervención, con el propósito de cuantificar los cambios clínicos atribuibles a la técnica terapéutica.

Los datos que obtendremos se clasificarán y ordenarán con Microsoft Excel, lo que facilitará hacer un análisis numérico de lo que estamos viendo El método neurodinámico es lo que estamos modificando (esa es la variable independiente), y estamos comprobando cómo cambia los niveles de dolor (esa es la variable dependiente) Este tratamiento hará que sea más fácil ver el impacto real del plan de tratamiento en el caso del paciente que analizamos.

### ***1.9.2 Plan de intervencion fisioterapeutico***

Objetivo (Semanas 1-2)

- Reducir la compresión y mejorar el deslizamiento del nervio radial, para la disminución del dolor neuropático.

Procedimiento se realiza la Neurodinamia:

Postura del paciente:

- El paciente en decúbito supino

- El brazo del paciente debe estar en abducción de 90 grados y rotación externa del hombro, el codo debe estar flexionado aproximadamente a 90 grados. La muñeca debe estar en flexión, con los dedos extendidos.

#### Movimiento de deslizamiento del nervio radial

- Con el codo en flexión, extiende el codo gradualmente.
- Al mismo tiempo, realiza una extensión de muñeca.
- Mientras se extiende el codo, se mantiene el hombro en abducción y rotación externa.

El ángulo de la muñeca y la extensión del codo deben ir de la mano, buscando una movilización progresiva del nervio radial

Duración por sesión:

#### Semana 1 (Lunes - Miércoles)

- 5 min (1 min por repetición).
- 40 segundos de movilización del nervio y 20 segundos de descanso.
- Tiempo total: 10 minutos

#### Semana 2 (Lunes - Miércoles)

- 8 min (1 min por repetición).

- 40 segundos de movilización de nervio y 20 segundos de descanso.
- Tiempo total: 16 minutos

**Duración por sesión:** 5 minutos (40 seg de actividad, 20 seg de descanso).

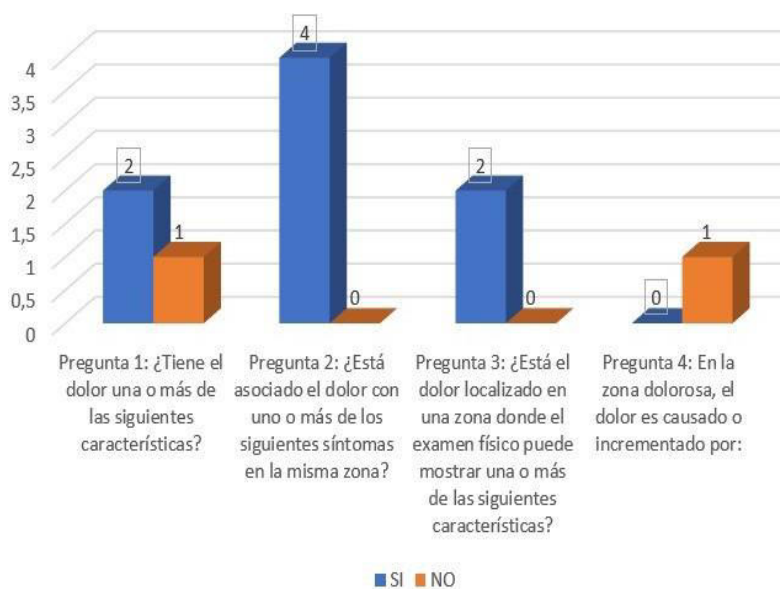
*Tabla 1. Protocolo manual "Neurodinamia MS. Aplicaciones prácticas para fisioterapeutas"*

Semana	Días	Ejercicio	Series	Repeticiones	Duración
	Lunes	Deslizamiento del nervio radial	2	5 repeticiones	5 min (1 min por repetición). 40 sec de movilización del nervio y 20 sec de descanso.  Tiempo total: 10 minutos
SEMANA 1	Miércoles	Deslizamiento del nervio radial	2	5 repeticiones	5 min (1 min por repetición). 40 sec de movilización del nervio y 20 sec de

					descanso. <b>Tiempo</b>  total: 10 minutos
	Lunes	Deslizamiento del nervio radial	2	8 repeticiones	8 min (1 min por repetición).  40 sec de movilización de nervio y 20 sec de descanso.
SEM ANA 2					Tiempo total: 16 minutos
	Miércoles	Deslizamiento del nervio radial	2	8 repeticiones	8 min (1 min por repetición).  40 sec de movilización de nervio y 20 sec de descanso.
					Tiempo total: 16 minutos

### 1.9.3 Análisis e interpretación de resultados

Tras finalizar el estudio enfocado en la aplicación de la técnica de neurodinamia en un paciente con diagnóstico de Síndrome del Nervio Radial en el miembro superior derecho, se obtuvieron hallazgos relevantes que permiten un análisis detallado sobre la evolución del dolor neuropático durante el proceso terapéutico.

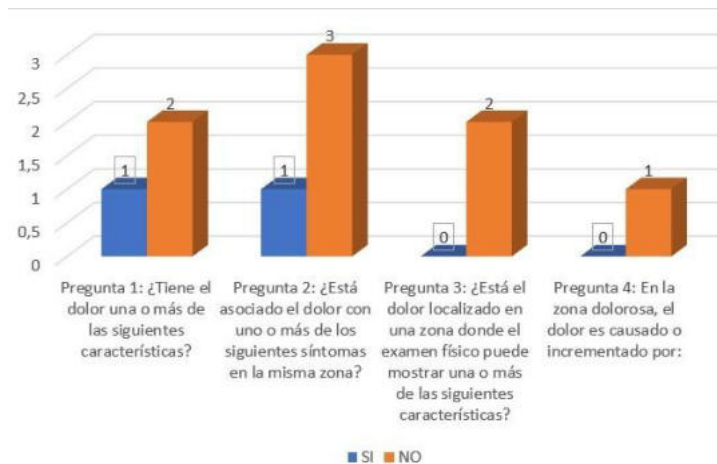


*Figura 1. Evaluación Inicial Cuestionario DN4 (Antes).*

#### Análisis

En la evaluación inicial con el Cuestionario DN4, el paciente presentó varias características asociadas al dolor neuropático. Las respuestas afirmativas fueron más evidentes en la **Pregunta 2**, donde se identificaron sensaciones como hormigueo, entumecimiento o picazón,

con un total de 4 respuestas positivas, lo que indica una alta probabilidad de alteraciones sensoriales en la zona dolorosa. Las **Preguntas 1 y 3** también mostraron presencia de síntomas como quemazón, calambres y disminución de la sensibilidad al tacto, con 2 respuestas afirmativas cada una. En la **Pregunta 4**, se reportó una respuesta positiva relacionada con el **NO** dolor provocado por estímulos suaves, como el roce de la piel.



**Figura 2. Evaluación Final Cuestionario DN4 (Después).**

### Análisis

El gráfico muestra cómo reaccionó el paciente a cuatro preguntas sobre las vibraciones del dolor del espolón calcáneo. En la pregunta 1, sobre si el dolor tiene ciertos rasgos específicos, sí, apareció en un caso, y no, en otros dos, lo que demuestra que el dolor no siempre es el mismo y puede cambiar dependiendo de lo que estás haciendo.

En la Pregunta 2, sobre la asociación del dolor con otros síntomas en la misma zona, se evidenció una predominancia de respuestas negativas (3 No frente a 1 Sí), lo que sugiere que el dolor experimentado no suele acompañarse de otros signos locales como inflamación visible o enrojecimiento, lo que concuerda con el comportamiento clínico típico del espolón calcáneo, donde el dolor es profundo y mecánico más que inflamatorio.

En la Pregunta 3, que indaga si el dolor se localiza en una zona donde el examen físico puede mostrar una o más características específicas, se reportaron 2 respuestas negativas y ninguna afirmativa, lo que indica que el dolor no siempre se correlaciona con signos clínicos palpables o visibles, reforzando la idea de que se trata de una condición con manifestación principalmente funcional y no estructural visible.

Finalmente, en la Pregunta 4, sobre si el dolor aumenta o se desencadena por factores específicos, se obtuvo 1 respuesta afirmativa y 1 negativa, evidenciando que el dolor puede ser intermitente y vincularse con la carga mecánica o el movimiento, factores determinantes en el espolón calcáneo.

Estos resultados nos permiten adivinar que el dolor del paciente se debe principalmente a cosas físicas, no a mucha inflamación, y todo depende de cuánto mueve o ejerce presión sobre su pie. Este patrón clínico respalda la idea de que la terapia que alivia la carga, enseña una mejor

postura y fortalece los músculos funciona mucho mejor que simplemente tomar pastillas o pasar por el quirófano.

Pregunta	Evaluación Inicial (Sí/No)	Evaluación Final (Sí/No)	Cambio Observado
P1: ¿Tiene el dolor una o más de las siguientes características?	2/3	1/3	<b>SI:</b> Quemazón <b>NO:</b> Frío Doloroso - Calambre Eléctrico
P2: ¿Está asociado el dolor con uno o más de los siguientes síntomas en la misma zona?	4/4	1/4	<b>SI:</b> Picazón <b>NO:</b> Hormigueo - Alfileres/Agujas - Entumecimiento
P3: ¿Está el dolor localizado en una zona donde el examen físico puede mostrar una o más de las siguientes características?	2/2	0/2	<b>SI: X</b> <b>NO:</b> Hipoestesia al Tacto – Hipoestesia a Pinchazos
P4: En la zona dolorosa, ¿el dolor es causado o incrementado por...?	0/1	0/1	<b>SI: X</b> <b>NO:</b> Cepillado Suave de la Piel

*Figura 3. Comparación Evaluación Inicial-Final Cuestionario DN4.*

## Análisis

En la evaluación inicial, el paciente presentó una puntuación alta de 8/10 items en el Cuestionario DN4, indicando dolor neuropático significativo. A raíz de la intervención, se evidenció una reducción de los síntomas 2/10 items, destacando la reducción de sensaciones como quemazón y calambre eléctrico.

Los resultados muestran una buena reacción al tratamiento, con menos dolor y quizás menos irritación de los nervios.

### **1.10 Conclusiones**

- La neurodinámica funcionó de maravilla para el chico con el síndrome del nervio radial en su brazo derecho, redujo seriamente el dolor del nervio y demostró que es un tratamiento sólido para este tipo de problemas.
- Usando el DN4, pudimos precisar el punto de partida de ese dolor neuropático 5/10 que el paciente estaba enfrentando.
- El método neurodinámico se utilizó sólo para el nervio radial, lo que permitió tratar el dolor de forma segura sin causar ningún daño.
- Después de la sesión de neurodinámica, la nueva verificación del cuestionario DN4 mostró que el dolor neuropático se volvió mucho menos intenso, con una puntuación de solo 1 sobre 10. Parece que este método es una opción sólida para ayudar a las personas con síndrome del nervio radial.

### **1.11 Recomendaciones**

- Para las personas que padecen el síndrome del nervio radial, la aplicación continua de técnicas neurodinámicas parece beneficiosa debido a su eficacia demostrada para aliviar los síntomas del dolor neuropático. La verificación periódica del

desempeño a lo largo del tiempo garantiza resultados sostenidos; Se deben hacer ajustes cuando sea necesario.

- Durante la terapia debe realizarse una evaluación continua utilizando el cuestionario de dolor neuropático DN4, lo que permite un seguimiento oportuno de los niveles de dolor y un ajuste preciso de los tratamientos en función de la evolución de los síntomas.
- Es importante complementar la aplicación de la técnica de neurodinamia con una evaluación periódica, de la respuesta del paciente, ajustando la intensidad, frecuencia de la movilización según su tolerancia y progreso.
- Se recomienda la inclusión del protocolo de neurodinamia para miembro superior, elaborado por Rocío Llamas Ramos e Inés Llamas Ramos, como parte del abordaje fisioterapéutico en pacientes con Síndrome de Nervio Radial, la iniciativa muestra eficacia para reducir las molestias relacionadas con los nervios al tiempo que mejora la salud general, fomenta la restauración

## **CAPÍTULO II**

### **2 EJERCICIOS DE ALFREDSON EN UN PACIENTE CON DEBILIDAD DEL TRÍCEPS SURAL POSTERIOR A UNA PLASTIA DEL TENDÓN DE AQUILES**

#### **2.1 Introducción**

La rotura tendinosa aquilea es una afección frecuente en aquella población que desarrolla algún tipo de deporte ya sea por hobby o profesionalmente, caracterizada por dolor y disfunción de los movimientos controlados por el tríceps sural, debido a que después de la cirugía de reparación del tendón, los tratamientos conservadores cotidianos inevitablemente recomiendan la inmovilización lo que genera una atrofia del músculo y por consecuencia debilidad del mismo, el protocolo de Alfredson ha sido ampliamente estudiado y se basa en ejercicios excéntricos de alta carga para promover la regeneración del tejido tendinoso y mejorar la sintomatología (Stevens & Tan, 2014).

Dado el impacto significativo de un postquirúrgico del tendón aquileo en la calidad de vida y la fuerza del musculo tríceps sural, es crucial evaluar estrategias de tratamiento que optimicen la fase de fortalecimiento y faciliten la adaptación de los pacientes.

## **2.2 Marco teórico**

### ***2.2.1 Tríceps sural: Anatomía y función***

El tríceps sural es un conjunto muscular ubicado en la región posterior de la pierna, compuesto por tres músculos principales: el gastrocnemio medial, el gastrocnemio lateral y el sóleo. Estos músculos trabajan en conjunto para facilitar movimientos esenciales del pie y la pierna (Gomez et al., 2020).

### ***2.2.2 Gastrocnemio medial y lateral***

Estos poderosos músculos de la pantorrilla, también conocidos como músculos gastrocnemios, residen en la parte más externa de la extremidad inferior. El punto de partida de cada músculo está determinado por el lugar donde se inserta a cada lado de la articulación de la rodilla; Específicamente, el músculo interno de la pantorrilla comienza en la parte interior del hueso del muslo cerca de la rótula, mientras que el músculo externo de la pantorrilla comienza más cerca del borde exterior del mismo hueso de la pierna. Como resultado de esta incisión en el extremo superior del fémur, el músculo de la pantorrilla pasa a través de dos áreas articulares principales: las rodillas y los tobillos. Esto le permite contribuir a doblar la pierna a la altura de las caderas, así como a levantar los dedos de los pies hacia abajo cuando está de pie plano. La doble funcionalidad juega un papel importante en

tareas como correr, saltar y mantener el equilibrio de puntillas (Maestro-Hernández, 2021).

### **2.2.3 Sóleo**

El sóleo es un tejido esquelético amplio y extenso situado debajo del gastrocnemio dentro de una ubicación anatómica más profunda. Se origina en la parte posterior de la tibia y el hueso de la pantorrilla y se encuentra a lo largo del tendón del sóleo de la pierna y alrededor de sus bordes superior y exterior. Al contrario de lo que ocurre en el grupo de músculos gastrocnemio, que sólo cruza la articulación del tobillo sin implicar ningún movimiento en la rodilla, el sóleo funciona principalmente para flexionar los dedos de los pies hacia el suelo. Este músculo en particular desempeña un papel crucial en el apoyo a las posiciones erguidas del cuerpo al prevenir el hundimiento inducido por la gravedad de la extremidad inferior en relación con la parte superior del cuerpo, funcionando de manera similar a lo que se conoce como músculo antigraavedad que mantiene la estabilidad en la articulación de la rodilla mientras los pies permanecen estacionarios en el suelo (Daher et al., 2021).

### **2.2.4 Inserción común: Tendón de Aquiles**

Las fibras musculares que se juntan cerca del talón terminan uniéndose para formar un gran tendón, conocido como tendón de Aquiles o tendón calcáneo. Los tendones se conectan con la parte posterior del hueso del talón, enviando la potencia de las contracciones de los músculos de la

pantorrilla directamente a los pies, lo que permite caminar, trotar y saltar (Vergara-Armador, 2023).

### ***2.2.5 Tendón de Aquiles: Anatomía y biomecánica***

Reconocido por su fuerza y grosor entre todos los tendones del cuerpo humano, destaca notablemente el tendón de Aquiles. Esta formación resulta de la convergencia de tendones derivados de los grupos de músculos gastrocnemio y sóleo, que se extienden a lo largo de la sección media del miembro inferior hasta que se unen al hueso del talón conocido como calcáneo. En promedio, este objeto mide unos 15 centímetros de largo, mientras que su ancho oscila entre aproximadamente 5 y 6 milímetros, dependiendo de las mediciones específicas de Escolona et al. (2022).

El tendón de Aquiles es la estructura tendinosa más robusta del cuerpo humano y tiene un papel esencial en la mecánica del pie y la marcha (correr, saltar, caminar). Su sobreuso, microtraumatismos repetidos o factores biomecánicos predisponentes pueden desencadenar una tendinopatía aquilea, especialmente en su porción media o a nivel de su inserción (StatPearls, 2023).

#### *a) Estructura y composición*

Compuesto principalmente por filamentos de colágeno tipo I dispuestos en haces alineados que mejoran significativamente su capacidad para resistir fuerzas de tracción. Además, este modelo muestra cómo sus

componentes giran hacia abajo, hacia el hueso del talón, mejorando su capacidad para soportar peso y gestionar la distribución de la fuerza de manera efectiva durante el movimiento (Gonzales et al, 2022).

*b) Función biomecánica*

Los tendones de Aquiles sirven principalmente como conductos para transferir las fuerzas producidas por los músculos de la pantorrilla al movimiento de los pies, ayudando en las acciones de flexión hacia abajo al realizar acciones como trotar, los tendones acumulan elasticidad almacenada cuando el talón golpea el suelo y luego liberan esta energía potencial al impulsarse, mejorando así la eficacia cinética general dentro del proceso del movimiento. La capacidad de este sistema para almacenar y devolver energía rápidamente juega un papel crucial en actividades como saltar y correr rápido (Catellini et al, 2022).

*c) Vascularización e inervación*

A pesar de ser un tejido extenso, el tendón de Aquiles tiene un suministro sanguíneo mínimo, particularmente dentro de la región que se extiende aproximadamente de dos a seis centímetros proximal a su inserción en el hueso del talón, denominada zona crítica, lo que hace que esta parte del tendón sea muy vulnerable a lesiones y deterioro. Principalmente, el flujo sanguíneo arterial se origina a través de segmentos del vaso tibial posterior; mientras tanto, las sensaciones

táctiles emanan a través de afluentes del sistema nervioso sural (Evans et al , 2020).

### ***2.2.6 Importancia del tríceps sural en la locomoción***

El gastrocnemio es crucial para facilitar el movimiento dentro de los humanos Permite la dorsiflexión de la articulación del tobillo, que es crucial para impulsar la parte inferior de la pierna hacia adelante mientras se está de puntillas en actividades como caminar y trotar Además, al realizar ejercicios de extensión de rodilla, puedes lograr beneficios similares El músculo gastrocnemio juega un papel importante en la absorción de impactos y ayuda a adaptar los músculos de las piernas a diversas condiciones del terreno, como lo describe (Garcia-Garcia, 2021).

#### *a) Propulsión y amortiguación*

Durante la toma cuando simplemente camina o trota, los músculos tríceps sural de las pantorrillas son como el propio motor de su cuerpo, apretándolo y empujándolo Mientras está de pie, también suaviza el golpe de los impactos, manteniendo las articulaciones y los tejidos blandos a salvo de lesiones por exceso de trabajo (Evans et al, 2020).

#### *b) Estabilidad postural*

El sóleo es clave para mantenerte erguido y equilibrado El músculo de contracción lenta es como una columna vertebral fuerte, que te mantiene

estable y erguido, especialmente cuando estás dando un paseo tranquilo o parado (Evans et al, 2020).

*c) Consecuencias de la debilidad del tríceps sural*

Una disminución en la fuerza o funcionalidad del tríceps sural puede llevar a alteraciones significativas en la mecánica de la marcha, como una menor capacidad para despegar el pie del suelo, reduciendo la eficiencia del paso. Además, una fuerza inadecuada en estos músculos puede dar como resultado una estabilidad reducida en la articulación del tobillo, elevando así los riesgos de caídas y las probabilidades de lesiones. Esta deficiencia podría requerir movimientos compensatorios en otras partes del sistema esquelético, lo que podría provocar una tensión excesiva en regiones como las rodillas, las caderas o la espalda baja (García, 2021).

### ***2.2.7 Plastia del tendón de Aquiles***

La plastia del tendón de Aquiles es una cirugía para reparar o reconstruir el tendón cuando ha sufrido una lesión grave, como por un desgarro prolongado o una tendinitis muy grave. Esta cirugía se realiza cuando el tendón simplemente no se cura por sí solo, por lo que debemos repararlo con tejido adicional, ya sea de la persona o de otra persona (Lara et al, 2020).

El objetivo principal de la cirugía es lograr que el tríceps sural vuelva a funcionar correctamente y facilitarle la marcha al paciente, para que

pueda moverse y bajar de peso sin dolor ni problemas Sin embargo, esta intervención conlleva desafíos, como pérdida temporal de fuerza muscular, cambios en la transmisión de carga y un período de rehabilitación prolongado (Lara et al, 2020)

La “plastia del tendón de Aquiles” puede referirse a intervenciones quirúrgicas reconstructivas o de refuerzo en el tendón (por ejemplo, en reparaciones extensas). En estos casos, lograr que el tendón vuelva a funcionar es muy importante para una recuperación completa. En este caso, los ejercicios de Alfredson y sus posibles ajustes podrían ser parte del plan de recuperación para etapas posteriores o intermedias, pero debemos asegurarnos de que se ajusten a la etapa de curación, cuánta carga puede soportar el paciente y cómo le está yendo en general.

El objetivo de este proyecto es profundizar en los conceptos básicos, las ideas detrás de los ejercicios de Alfredson, los ajustes que se les hicieron, las pruebas más recientes de que funcionan y cómo usarlos realmente para ayudar a sanar el tendón de Aquiles, especialmente si se ha cortado.

#### *a) Indicaciones y causas de una plastia*

La plastia del tendón de Aquiles se indica en casos donde la integridad del tendón se ve comprometida y no puede regenerarse por sí solo. Entre las principales causas que justifican la necesidad de esta intervención se encuentran:

*b) Rupturas crónicas del tendón*

Cuando el tendón de Aquiles se rompe y no se repara adecuadamente en las primeras semanas, la retracción de los extremos tendinosos y la degeneración del tejido dificultan la cicatrización espontánea. En estos casos, es necesario un injerto tendinoso para restaurar la continuidad del tendón y recuperar su función (Catalan, 2020).

*c) Tendinopatías severas o degenerativas*

Las tendinopatías crónicas, especialmente aquellas caracterizadas por degeneración avanzada (tendinosis), pueden debilitar significativamente el tendón, haciéndolo susceptible a nuevas rupturas o fallas mecánicas. Si el tejido está demasiado deteriorado, la plastia es la mejor opción para fortalecerlo (Verdejo, 2021).

*d) Cirugías previas fallidas*

Algunos pacientes se sometieron a cirugías en el tendón de Aquiles antes, pero no lo devolvieron por completo a la normalidad. La plastia es el paso a seguir aquí para fortalecer el tendón y arreglar cualquier biomecánica inestable que aún persista (Alvarez, 2020).

*e) Defectos estructurales del tendón*

En algunos casos, malformaciones congénitas o alteraciones estructurales pueden afectar la funcionalidad del tendón de Aquiles,

requiriendo una intervención quirúrgica correctiva con injertos (Morales, 2020).

*f) Técnicas de plastia y tipos de injertos*

Existen diversas técnicas quirúrgicas para la reconstrucción del tendón de Aquiles, dependiendo del grado de daño y de la integridad del tejido remanente. Los cirujanos tuvieron opciones para usar injertos para fortalecer el tendón, como usar material de la misma persona o material de donante de otra persona (Sanchez, 2020).

*g) Plastia con Injertos Autólogos*

Los injertos autólogos son como tomar un trozo del propio cuerpo del paciente y utilizarlo para otra cosa. Se utilizan en los casos en los que la pérdida de tejido tendinoso es importante, pero el paciente tiene suficiente tejido disponible para la reconstrucción. Los injertos habituales son:

- **Tendón semitendinoso:** Ubicado en la parte posterior del muslo, este tendón es ampliamente utilizado debido a su resistencia y facilidad de extracción.
- **Tendón del peroneo lateral corto:** Se extrae de la parte lateral de la pierna y se utiliza cuando se requiere un refuerzo tendinoso adicional.

- **Fascia lata:** Es una banda de tejido conectivo que se encuentra en el muslo y puede ser utilizada para aumentar la resistencia de la reconstrucción tendinosa (Perez, 2022).

*h) Plastia con Aloinjertos*

En algunos casos, utilizamos injertos de donantes muertos, llamados aloinjertos. Estos pueden ser necesarios cuando el tejido del paciente no es suficiente o cuando intentamos reducir los desagradables efectos secundarios de tomar su propio injerto. Los mejores injertos:

- Tendón de Aquiles de un donante
- Tendón tibial posterior o anterior
- Tendón del extensor común de los dedos

Estos injertos pasan por un proceso de descelularización y esterilización para reducir el riesgo de rechazo o infección (Henderson & Steffans, 2023).

*i) Técnicas de Sutura y Fijación*

Una vez colocado el injerto, se utilizan diversas técnicas de sutura para asegurar su integración con el tendón nativo. Las más comunes incluyen:

- **Sutura tipo Krackow:** Consiste en un patrón de sutura en forma de trenza que proporciona una gran resistencia mecánica (Krause & Steffans, 2023).

- **Sutura tipo Bunnell:** Es una técnica de sutura en forma de ocho que distribuye uniformemente la tensión en el tendón.
- **Anclajes óseos:** Se utilizan en algunos casos para fijar el injerto al calcáneo, asegurando una unión estable (Salazr, 2022).
- La elección de la técnica dependerá de la magnitud de la lesión y de la biomecánica deseada tras la reparación.

### ***2.2.8 Consecuencias biomecánicas post-plastia***

Tras la reconstrucción del tendón de Aquiles, el paciente experimenta cambios biomecánicos que pueden afectar su movilidad y rendimiento funcional. Estas alteraciones se deben a la pérdida de continuidad natural del tendón y a la necesidad de que el injerto se integre progresivamente al tejido circundante. Algunas de las principales consecuencias incluyen:

#### *a) Pérdida de fuerza en el tríceps sural*

Dado que el tendón reparado tarda un tiempo considerable en recuperarse por completo, los músculos de la pantorrilla frecuentemente experimentan una disminución de la producción de potencia. Afecta la capacidad de un individuo para realizar movimientos que requieren propulsión de su cuerpo utilizando la planta del pie, incluidas tareas como deambular, trotar o saltar (Henderson, & Ivanov, 2023).

*b) Alteraciones en la marcha*

Los ajustes que hacemos mientras caminamos cambian mucho la forma en que nos movemos, especialmente al principio, cuando nos levantamos del suelo. Las personas pueden mostrar algunos movimientos extraños de rodillas y caderas para compensar la debilidad de los músculos de la pantorrilla, lo que podría terminar causando tensión en otros puntos (Villacis, 2023).

*c) Reducción en la absorción de impactos*

El tendón de Aquiles es vital para amortiguar el impacto durante la locomoción, como al caminar o trotar. Después de los procedimientos de cirugía plástica, existe una mayor probabilidad de que los tendones pierdan su capacidad de absorber el estrés mecánico, lo que aumenta la posibilidad de lesiones en áreas como los pies, los tobillos y las rodillas (Harris et al, 2020).

*d) Rigidez tendinosa y disminución del rango de movimiento*

Después de una operación, muchas personas suelen tener dificultades para mover los tobillos debido a la tensión alrededor del área del talón y al movimiento restringido de los dedos de los pies hacia arriba. A medida que los tejidos sanan y las fibras de colágeno se reorganizan dentro de la región afectada, esto ocurre según la investigación de (Tebacche et al, 2022).

*e) Prolongado período de rehabilitación*

Los pacientes generalmente tienen un largo tiempo de recuperación después de la cirugía de reparación del tendón, que a menudo se extiende durante unos meses. Volver a ponerse de pie después de la cirugía es clave para que los músculos de las piernas se muevan, se sientan fuertes y, en general, puedan volver a hacer cosas.

***2.2.9 Debilidad del tríceps sural post-plastia***

Después de una cirugía de reparación del tendón de Aquiles, los pacientes suelen experimentar una disminución de la fuerza en los músculos de la pantorrilla. El debilitamiento de la potencia muscular y la resistencia afecta la forma en que se mueven las articulaciones y los patrones de marcha, lo que disminuye la capacidad de un individuo para realizar tareas que exigen una propulsión eficaz de las piernas (Rizzo, 2021).

El tríceps sural está formado por las cabezas medial y lateral del músculo gastrocnemio junto con el sóleo, todos convergentes en el tendón de Aquiles. La función principal consiste en flexionar la planta del pie hacia abajo mientras se sostiene la articulación en la región del tobillo durante actividades como caminar, trotar y saltar. Debido al debilitamiento quirúrgico de estos músculos, las habilidades motoras se ven afectadas, lo que puede causar alteraciones en otras partes de la mecánica del cuerpo (Rizzo et al., 2021).

### ***2.2.10 Causas de la Debilidad Muscular***

Después de una intervención quirúrgica, a menudo hay una disminución de la fuerza y la resistencia dentro del grupo de músculos sóleo; Estos cambios pueden deberse principalmente a varias causas contribuyentes:

#### *a) Pérdida de continuidad del tendón y reorganización tisular*

Después de la cirugía de reparación del tendón, el tejido trasplantado requiere tiempo para integrarse en el tendón existente a través de una fase de curación prolongada que dura varias semanas. En este período, hay una transferencia ineficiente de potencia desde los músculos de la pantorrilla hacia los pies, lo que resulta en una disminución de la fuerza de salida (Adriazola, 2025).

#### *b) Atrofia muscular por inmovilización postquirúrgica*

Cuando comienza a mejorar después de la cirugía, usar cosas como férulas o zapatos especiales para los pies puede hacer que los músculos de la pantorrilla sean menos activos, lo que podría debilitarlos. No tener mucho que hacer y estar sentado ralentiza el fortalecimiento y puede hacer que los músculos no crezcan tanto (Lopez, 2023).

#### *c) Alteraciones neuromusculares*

El daño a los nervios durante una operación puede provocar una reducción de la actividad de los músculos de la pantorrilla, como el músculo sóleo. Esto transmite lo siguiente: Una capacidad disminuida

para contraer músculos suele ir acompañada de alteraciones en la forma en que el cuerpo percibe las sensaciones alrededor de una región lesionada (Catigoni, 2023).

*d) Cambios en la activación muscular y patrones de reclutamiento*

Como resultado de alterar la composición de la arquitectura del tendón de Aquiles, podría haber cambios en la forma en que los músculos de la pantorrilla se contraen poderosamente, de forma rápida y sostenible a lo largo del tiempo. Las alteraciones en el modo de participación de los músculos pueden desencadenar acciones compensatorias a través de grupos adicionales, como los músculos dorsiflexores suplementarios del pie o los abductores del muslo (Brown et al 2020).

*e) Falta de estímulo adecuado durante la rehabilitación*

Un plan de rehabilitación poco convincente o débil podría arruinar el regreso completo del poder del tríceps sural. Si el desarrollo muscular no se hace paso a paso o el peso no se levanta de manera fría, sus músculos no funcionarán correctamente.

**2.2.11 Consecuencias Funcionales de la Debilidad del Tríceps Sural**

Cuando el tríceps sural no recupera su fuerza óptima tras la plastia del tendón de Aquiles, se pueden observar diversas alteraciones funcionales y biomecánicas, tales como:

*a) Dificultad para la fase de despegue en la marcha*

El impulso final del pie durante la marcha depende en gran medida del tríceps sural. La debilidad en este músculo provoca una disminución en la propulsión, haciendo que el paciente tenga una marcha más lenta y menos eficiente (Fernande, 2023).

*b) Reducción en la capacidad de carga y resistencia muscular*

Los pacientes pueden cansarse demasiado pronto de los músculos de la pantorrilla cuando hacen cosas como caminar mucho, subir escaleras o simplemente estar de pie durante mucho tiempo (Cisneros, 2022).

*c) Alteraciones en la estabilidad del tobillo*

El músculo gastrocnemio contribuye significativamente a mantener la estabilidad de la articulación del pie. Puede hacer que los pacientes sean más susceptibles a desarrollar articulaciones inestables, aumentando así la probabilidad de sufrir esguinces u otras lesiones secundarias (Gerra, 2020).

*d) Compensaciones biomecánicas*

Para compensar la debilidad del tríceps sural, los pacientes pueden comenzar a caminar de manera diferente, como doblar más las rodillas y las caderas o usar más los músculos de los pies. Estos maquillajes pueden hacer que otras articulaciones trabajen demasiado y sean más propensas a sufrir lesiones óseas y musculares (Bianchi, 2020).

*e) Disminución del rendimiento deportivo*

Los pacientes que practican deportes de alto impacto o que requieren movimientos explosivos, como correr y saltar, experimentan una disminución en su desempeño debido a la incapacidad del tríceps sural para generar la potencia necesaria (Adriazola, 2025).

***2.2.12 Estrategias de rehabilitación para la recuperación de la fuerza del tríceps sural***

Después de la cirugía, es crucial para recuperar la potencia muscular y la movilidad de los músculos de la pantorrilla. Un plan adecuado debe incorporar estas tácticas:

*a) Movilización temprana y control de la carga*

Comience a realizar actividades de flexibilidad de las articulaciones junto con movimientos de carga de peso limitado de inmediato según su nivel de comodidad; También incorpore una aplicación de carga que aumente gradualmente utilizando ambos pies juntos y luego individualmente para mejorar la respuesta muscular (Catalan, 2020).

*b) Fortalecimiento progresivo*

**Ejercicios isométricos iniciales:** Manteniendo el músculo bombeado sin exagerar con la tensión del tendón, estamos viendo cómo se sostiene el tríceps sural cuando cambiamos el ángulo.

**Ejercicios concéntricos y excéntricos:** El talón se levanta del suelo y en los bordes de los escalones para darle al tendón un entrenamiento sólido y hacerlo más duro.

**Entrenamiento con sobrecarga progresiva:** Uso de pesas o bandas elásticas para ir subiendo lentamente el desafío muscular.

*c) Ejercicios de estabilidad y control neuromuscular*

Trabajar en cosas que se tambalean para que los músculos del tobillo funcionen mejor y no exagerar, además de hacer ejercicios que te hagan sentir mejor los músculos y las articulaciones para dejar de lastimarte (Catellini, 2022).

*d) Reeduación de la marcha y retorno a la actividad deportiva*

Entrenamientos para caminar y moverse bien para dejar malos hábitos y programas deportivos para volver a correr y saltar sin dolores ni límites.

## **2.3 Ejercicios de Alfredson y su aplicación en la rehabilitación**

### ***2.3.1 Origen del protocolo de Alfredson***

El protocolo ideado por el Dr. Håkan Alfredson surgió alrededor del año 2000 para tratar problemas persistentes relacionados con el tendón de Aquiles mediante métodos de entrenamiento excéntricos. Esta metodología revolucionó el enfoque terapéutico, pues antes se privilegiaba el descanso o los ejercicios concéntricos para la

rehabilitación tendinosa. Alfredson, al observar que los ejercicios excéntricos ofrecían mejores resultados en términos de regeneración y fortalecimiento del tendón afectado, lo implementó como un protocolo estructurado. Aunque inicialmente diseñado para el tendón de Aquiles, con el tiempo se ha extendido a otros tendones y patologías tendinosas, logrando una sólida base de evidencia que respalda su efectividad, tanto para lesiones crónicas como postquirúrgicas (Castro-Maldonado G.,2021).

### ***2.3.2 Modo de acción de los ejercicios excéntrico***

La base de los ejercicios excéntricos se enfoca en la capacidad del músculo para alargarse mientras mantiene una tensión controlada, brindando resultados beneficiosos tanto para el musculo como para el tendón:

#### ***a) Remodelación de la matriz extracelular***

El tendón y su estructura en general se fortalece mediante la aplicación de cargas progresivas ya que las fibras de colágeno se organizan mejor, conjuntamente con su capacidad para resistir las tensiones a las que son sometidos durante el movimiento. (Barrios, 2022).

#### ***b) Incremento de la resistencia a cargas***

Los ejercicios excéntricos favorecen una mayor resistencia en el tendón, lo que permite que soporte cargas mayores sin comprometer su

integridad. Este aspecto es clave para evitar futuras lesiones en el tendón (Maestro, 2021).

*c) Adaptación tendinosa y muscular*

A medida que el tendón se va adaptando al ejercicio, también lo hace el músculo. Ambos tejidos ganan fuerza y flexibilidad, lo que permite una mejor coordinación entre ambos y una recuperación más efectiva (Cancela, 2025).

En el tratamiento no quirúrgico de la tendinopatía crónica de Aquiles, el enfoque más respaldado por la literatura es la aplicación de los ejercicios excéntricos, especialmente el protocolo descrito por Hakan Alfredson. Este protocolo se considera histórico ya que propone una rutina de heel drops es decir caídas del talón, por ello es un tratamiento de carácter conservador. (Verywell Health, 2025)

***2.3.3 Protocolo de Alfredson para la recuperación del tríceps sural***

El protocolo original de Alfredson para la rehabilitación del tendón de Aquiles involucra un ejercicio simple pero altamente efectivo:

*a) Posicionamiento*

El paciente sube un escalón con descenso de talones es decir deja los talones por fuera del borde, al estar en esta posición los talones quedan debajo del escalón durante el ejercicio

*b) Entrenamiento excéntrico*

El paciente debe subirse a la escalera con ambos pies, eso permite el uso de los músculos de ambas piernas para subir, posterior bajar lentamente con un solo pie lo cual permite una carga excéntrica controlada en el tendón de Aquiles que se encuentra afectado. (Castro-Maldonado, 2021).

*c) Repetición del ejercicio*

El enfoque debe ser progresivo lo cual permite fortalecer el tendón sin causar fatiga y sobrecarga, realizarlo en series.

**Frecuencia:** 2 veces al día

**Periodo:** 12 semanas

*d) Cambios en pacientes post-plastia*

Para pacientes que fueron intervenidos quirúrgicamente para su fase postquirúrgica, el protocolo de ejercicios de Alfredson pretende ciertos ajustes para evitar sobrecargar el tendón que ha pasado por el proceso quirúrgico:

*e) Empezar con ejercicios menos intensos*

Las recomendaciones se basan en iniciar con ejercicios isométricos y concéntricos para posterior incorporar el entrenamiento excéntrico, esto

ayuda a evitar un esfuerzo excesivo sobre el tendón que se encuentra en proceso de recuperación (Jaramillo, 2024).

*f) Carga Progresiva*

Para iniciar el protocolo se debe considerar la respuesta del tendón y la tolerancia del paciente, ya que las cargas con las que se comienzan deben ser bajas y la intensidad va a ir aumentando de manera progresiva. (Grande, 2020).

*g) Ajustes según la tolerancia*

El volumen y la frecuencia del ejercicio deben ajustarse constantemente en función de cómo se siente el paciente, siempre con el objetivo de no sobrecargar el tendón durante la rehabilitación temprana (Grande, 2020).

*h) Ventajas de los Ejercicios de Alfredson en la Recuperación del Tríceps Sural*

La aplicación de los ejercicios excéntricos en la rehabilitación postquirúrgica brinda varias ventajas significativas, especialmente en la recuperación del tendón de Aquiles pero sobre todo en el fortalecimiento del tríceps sural:

*i) Aumento de la resistencia muscular y fortalecimiento*

Ejercicios que se enfocan en mejorar y recuperar la fuerza en el tríceps sural, lo que es un pilar fundamental para mejorar la función del

segmento afectado y biomecánica del paciente especialmente la marcha (Kaufman & Guzmán, 2023).

*j) Reparación del tendón mediante estimulación de la regeneración*

Mediante la reorganización de las fibras de colágeno, los ejercicios excéntricos colaboran a la regeneración del tendón, mejorando su estructura y resistencia a las cargas. (Catigoni, 2023).

*k) Progreso de la marcha y el equilibrio*

Posterior a la recuperación de la fuerza y estabilidad en el tendón, los pacientes experimentan una mejora significativa en la marcha, lo cual impacta positivamente en su equilibrio y la independencia (Cisneros, 2022).

*l) Prevención de recaídas*

Estos ejercicios contribuyen a la prevención de nuevas lesiones, optimizando la recuperación a largo plazo y permitiendo que el paciente retome sus actividades diarias sin temor a recaídas (Catalan, 2020).

### ***2.3.4 Descripción del protocolo clásico***

El protocolo original de Alfredson fue diseñado para tratar la tendinopatía crónica de la porción media del tendón (mid-portion) en pacientes con dolor persistente no respondido a tratamientos

convencionales (Alfredson et al., como citado en múltiples revisiones). En su esquema clásico, el paciente debe realizar:

1. Tres series de 15 repeticiones, dos veces al día (mañana y tarde), los 7 días de la semana.
2. Cada serie se divide en dos variantes:
  - A) Con la rodilla extendida (para cargar más sobre el músculo gastrocnemio).
  - B) Con la rodilla flexionada (para implicar más el músculo sóleo).
3. La ejecución se hace sobre un escalón o superficie elevada: el paciente sube con ambos talones al borde del escalón (posición de carga), luego desciende lentamente (fase excéntrica) hasta bajarse lo más posible con el talón afectado, manteniendo el otro pie en el escalón para regresar a la posición inicial (fase no excéntrica).
4. El protocolo completo implica 180 repeticiones diarias ( $3 \times 15 \times 2$  variantes  $\times 2$  veces al día).
5. Durante el ejercicio, es permitido una molestia moderada (no dolor agudo), si se considera necesario, se puede añadir carga adicional (ejemplo pesas) cuando el ejercicio se vuelve indoloro (Verywell Health, 2025).

El protocolo fue diseñado para una permanencia aproximada de 12 semanas, sin embargo algunos estudios lo han prolongado para observar resultados a mediano y largo plazo.

a) *Mecanismos fisiológicos propuestos*

Aunque el mecanismo exacto por el que el ejercicio excéntrico mejora la tendinopatía no está completamente dilucidado, se han sugerido varias hipótesis:

- Transducción mecánica / remodelado tendinoso: la carga excéntrica progresiva podría inducir una respuesta adaptativa en el tendón, promoviendo reorganización del colágeno, estímulo de células tenocíticas y mejora del alineamiento fibrilar.
- Disminución de neovascularización y sensibilidad nociceptiva: algunas investigaciones han demostrado que los ejercicios excéntricos pueden disminuir la neovascularización intratendinosa (vías vasculares accesorias) y la sensibilidad asociada (se traduce en menos dolor).
- Mejoría de la capacidad de carga y adaptación funcional: gracias al fortalecimiento de la musculatura del tríceps sural (gastrocnemio + sóleo), se incrementa la amortiguación de cargas y se reduce la tensión nociva sobre el tendón.
- Insensibilización mecánica: el acto de exponer el tendón a cargas controladas podría estimular un efecto analgésico por habituación al estímulo mecánico.

Investigaciones recientes y revisiones sugieren que el ejercicio excéntrico sigue siendo una de las opciones con mayor respaldo en la literatura para tendinopatía de Aquiles (Jayaseelan, Mischke, &

Strazzulla, 2019). Además, una revisión sistemática y metaanálisis reciente concluye que el ejercicio excéntrico es efectivo para mejorar dolor y función en tendinopatía de la porción media cuando se compara con otras formas de ejercicio (Prudencio, y otros, 2023)

Un aspecto importante en el debate contemporáneo es que no siempre el protocolo clásico (máximo volumen de repeticiones) es superior. Por ejemplo, un ensayo clínico aleatorizado comparó el protocolo estándar de Alfredson con un programa “do-as-tolerated” (hacer tantas repeticiones como tolere el paciente), y encontró mejoras similares en dolor (VAS) y función (VISA-A) al cabo de seis semanas, sin diferencias estadísticamente significativas entre grupos (aunque hubo diferencia intermedia) (Stevens & Tan, 2014).

Más recientemente, el uso de programas de carga alta (heavy-load) o resistencia lenta (heavy slow resistance) han sido comparados con el protocolo de Alfredson, sin encontrar hasta ahora clara superioridad, pero solidificando la noción de que la carga progresiva es el factor clave (Radovanović, Bohm , Peper, Arampatzis, & Legerlotz , 2022).

Otra línea emergente sugiere que en la tendinopatía de inserción (insertional) el factor de compresión del tendón contra el hueso (calcáneo) puede ser más relevante, y por tanto los protocolos podrían adaptarse para reducir la tensión compresiva (por ejemplo limitar la dorsiflexión del tobillo) (Pringels , y otros, 2025).

### ***2.3.5 Evidencia reciente sobre la eficacia y adaptaciones del protocolo Alfredson***

#### *a) Estudios comparativos y modificaciones del protocolo*

Como se mencionó, el ensayo de Stevens y Tan (2014) comparó el protocolo tradicional de 180 repeticiones diarias frente a un protocolo de "hacer según tolerancia" y no halló diferencias significativas al final de 6 semanas (ambos grupos mejoraron significativamente) (Stevens & Tan, 2014). Esto sugiere que la dosis del ejercicio (repeticiones máximas) puede no ser estrictamente necesaria en todos los pacientes, y podría ajustarse a la tolerancia individual.

Además, en el contexto de la evidencia bibliográfica, un estudio comparó la técnica Graston (una modalidad de terapia manual de tejido blando) con el protocolo de Alfredson en pacientes con tendinopatía Aquilea y se halló que ambos métodos llevaron a mejoras significativas en dolor y función, aunque no se puede concluir superioridad clara entre ambos (Qureshi, y otros, 2024).

Por otro lado, programas de ejercicios con carga progresiva (heavy-load) han sido evaluados recientemente en pacientes con tendinopatía aquilea. En un estudio controlado, un protocolo de carga alta durante 12 semanas mejoró dolor y función de manera significativa, aunque no superó al protocolo de Alfredson en términos de resultados clínicos superiores (Radovanović, Bohm , Peper, Arampatzis, & Legerlotz , 2022).

La rehabilitación basada en criterios (criteria-based rehabilitation) también ha sido una propuesta innovadora: un estudio de 2021 propuso un programa individualizado según medidas de fuerza reactiva y fuerza excéntrica, donde la progresión no está basada en calendario fijado sino en logros funcionales del paciente (Griffin, Daniels , Hill, Franklyn-Miller, & Morin , 2021).

En cuanto a la longitud del seguimiento, aunque muchos ensayos se centran en 3 a 12 meses, algunos estudios han examinado resultados a más largo plazo. Por ejemplo, un seguimiento a 5 años del protocolo Alfredson en tendinopatía de la porción media encontró que la puntuación VISA-A mejoró de 49,2 a 83,6 (media) y que aproximadamente el 40 % de pacientes alcanzó ausencia completa de dolor, aunque casi la mitad había recibido tratamientos adicionales en ese lapso (Van der Plas, y otros, 2011).

Asimismo, una revisión reciente señala que la estrategia de “carga tan alta como el paciente tolere” es una recomendación emergente: en la tendinopatía de porción media, los clínicos deberían priorizar ejercicios de carga de tendón (tendon loading), con cargas elevadas tolerables, como tratamiento de primera línea para mejorar función y disminuir dolor (Chimenti, y otros, 2024).

b) *Fortalezas, limitaciones y brechas de la evidencia reciente*

**Fortalezas**

- El protocolo de Alfredson ha sido investigado en numerosos estudios, lo que le confiere un respaldo histórico como estándar de referencia.
- Investigaciones recientes han explorado adaptaciones del volumen, progresión individualizada y comparación con otros protocolos de carga, lo cual enriquece la praxis clínica.
- Estudios a largo plazo muestran que los beneficios pueden persistir incluso años después de concluido el programa (aunque no todos los pacientes alcanzan resultados óptimos).

**Limitaciones y desafíos**

- Muchos estudios tienen tamaños muestrales modestos, lo que limita el poder estadístico para detectar diferencias entre protocolos modificados.
- Las muestras suelen ser heterogéneas en condición (actividad deportiva, grado de lesión, duración de síntomas).
- No siempre se controla de manera estricta la cointervención (uso de modalidades físicas, terapia manual, ortesis, etc.).
- La evidencia en casos de tendinopatía de inserción es menos robusta y con resultados más variables, lo que sugiere que el protocolo clásico puede no ser ideal sin ajustes.

- Las guías óptimas de carga (intensidad, frecuencia, progresión) aún no están claramente definidas en la literatura más reciente.

En resumen, la tendencia en la investigación es hacia protocolos más individualizados, basados en tolerancia al dolor y objetivos funcionales, más allá de aplicar de modo rígido el esquema clásico.

### ***2.3.6 Aplicación del protocolo Alfredson en la rehabilitación post-plastia del tendón de Aquiles***

Cuando el tendón de Aquiles ha sido sometido a cirugía (por ejemplo reparación con injerto, refuerzo con plastia, alargamiento, reconstructiva), la rehabilitación debe adaptarse a las fases de cicatrización y al estado de la sutura o reparación. En ese contexto, los ejercicios de Alfredson (o variantes) podrían introducirse gradualmente en fases intermedias de la rehabilitación, siempre que las condiciones biológicas lo permitan.

#### *a) Fases de rehabilitación y momento de introducción*

La rehabilitación posquirúrgica del tendón de Aquiles puede dividirse en fases clásicas:

1. Fase de protección / inmovilización temprana: diseño para favorecer la cicatrización de la reparación, controlar inflamación y evitar tensiones excesivas.

2. Fase de movilización controlada y carga progresiva inicial: incorporar rango articular leve, ejercicios isométricos suaves, fortalecimiento isométrico del gemelo controlado.
3. Fase de carga excéntrica intermedia / transición: aquí puede considerarse la introducción gradual de ejercicios excéntricos leves o semi-excéntricos, siempre bajo criterio del equipo quirúrgico/rehabilitador.
4. Fase de carga funcional y retorno al deporte: aplicar progresivamente ejercicios de mayor volumen e intensidad, incluyendo variantes del protocolo Alfredson o similares, con progresión hasta el esquema completo (si es tolerado).
5. Fase de mantenimiento y prevención de recaídas: ejercicios excéntricos combinados, control de cargas, monitoreo funcional continuo.

El momento exacto para introducir los ejercicios de Alfredson depende de factores como la calidad de la sutura, la integridad del tendón, el edema, la tolerancia dolorosa, la progresión radiológica o ecográfica y las recomendaciones del equipo quirúrgico.

*b) Consideraciones de modificación en el contexto de plastia / reparación*

Cuando se aplica el protocolo en un tendón operado, es prudente hacer algunas adaptaciones:

- Comenzar con volumen reducido: iniciar con pocas repeticiones y aumentar progresivamente según tolerancia (por ejemplo 1–2 series de 10 antes de escalar).
- Aumentar progresión gradual de carga: en lugar de saltar bruscamente al volumen clásico, adaptar la progresión según criterios funcionales (fuerza, salto, test reactivo).
- Supervisar la respuesta del tendón: controlar signos de irritación, inflamación o aumento del dolor en días posteriores al ejercicio.
- Evitar estímulos compresivos excesivos: especialmente si la plastia involucra zona de inserción, limitar dorsiflexión o carga en ángulos extremos.
- Integrar ejercicios complementarios: combinar con entrenamiento isométrico, excéntrico-concéntrico progresivo, ejercicios de control neuromuscular de la cadena cinética (cadera, rodilla, tobillo).
- Monitoreo por imagen si es posible: si se dispone de ecografía, evaluar la calidad de la cicatrización y la respuesta estructural del tendón.

*c) Evaluación de la fuerza muscular mediante la escala de Oxford*

El Test de Oxford emplea un enfoque objetivo para evaluar cuantitativamente la potencia muscular a través de su protocolo establecido. Los niveles de fuerza y flexibilidad de los músculos se evalúan mediante su aplicación en fisioterapia, programas de recuperación y campos neurológicos para medir las contracciones y

resistencias dentro de los músculos o grupos de ellos. La evaluación permite detectar desequilibrios musculares, rastrear cambios en la recuperación a lo largo del tiempo y evaluar los resultados después de las sesiones de terapia (Goldemund et al., 2023).

La Escala de Fuerza Muscular de Oxford evalúa la fuerza muscular en cinco grados, desde la ausencia de contracción hasta fuerza normal:

- Grado 0: Sin contracción muscular.
- Grado 1: Contracción sin movimiento.
- Grado 2: Movimiento completo sin gravedad.
- Grado 3: Movimiento contra la gravedad, sin resistencia externa.
- Grado 4: Movimiento contra la gravedad y resistencia moderada.
- Grado 5: Fuerza normal en contra la gravedad y máxima resistencia (Goldemund et al., 2023).

## **2.4 Metodología**

Estudio prospectivo ya que los investigadores diseñaron el estudio y comenzaron a recolectar datos desde el inicio de la investigación, observando los efectos de los ejercicios de Alfredson durante el tiempo de aplicación. Este enfoque permite evaluar cómo la intervención impacta en la fuerza muscular del tríceps sural.

#### ***2.4.1 Por el Tiempo: Longitudinal***

Un diseño de investigación longitudinal permite rastrear el progreso de los pacientes a lo largo de su participación en el programa mediante la realización de evaluaciones periódicas tanto en las fases de inicio como de conclusión para evaluar cualquier alteración en la fuerza del músculo tríceps sural resultante de la aplicación de las técnicas de ejercicio de Alfredson.

#### ***2.4.2 Población y Muestra***

Dado que se trata de un estudio de caso, la población y la muestra estarán representadas por un paciente postquirúrgico con reconstrucción del tendón de Aquiles.

#### ***2.4.3 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos***

Se emplearán escalas Oxford; Este instrumento ha sido rigurosamente probado a través de su alto puntaje Alfa de Cronbach (AC) de 96 indica una fuerte consistencia interna entre los ítems, un coeficiente de correlación intraclase (CCI) que alcanzan niveles impresionantes de 0,99 para la confiabilidad en la medición precisa de los constructos.

#### ***2.4.4 Estadístico Usado***

Para analizar los resultados derivados de la aplicación de las técnicas de Alfredson, se emplearon resúmenes estadísticos; estos organizaron los datos recopilados en un sistema administrado electrónicamente

utilizando herramientas específicas para estructurar bases de datos. Los resultados se organizaron sistemáticamente en cuadros y diagramas comparativos que permitieron visualizar las variaciones en la potencia de los músculos de la pantorrilla durante el período de estudio.

**Consideraciones éticas:** Se aseguró el acuerdo voluntario de participación del sujeto, garantizando que comprendiera los objetivos, métodos y peligros potenciales involucrados en la investigación. Se revisó la historia clínica general y la ficha de evolución para garantizar la pertinencia y seguridad de la intervención propuesta, la información recolectada fue tratada con estricta confidencialidad, cumpliendo con las normativas éticas y legales vigentes en investigación clínica.

#### ***2.4.5 Duración de la intervención.***

La intervención tuvo una duración total de seis semanas, correspondientes al segundo corte del Proyecto Integrador de Saberes (PIS). Durante este periodo se implementó un protocolo de Alfredson, basado en ejercicios excéntricos progresivos enfocados en el fortalecimiento del tríceps sural, específicamente los músculos gastrocnemio y sóleo. El protocolo incluyó 5 ejercicios principales: elevación excéntrica con rodilla extendida, elevación excéntrica con rodilla flexionada, excéntrico en un solo pie sin apoyo contralateral, excéntrico sobre superficie inestable y excéntrico con carga (Tabla 4).

La intervención se aplicó de forma progresiva: durante las primeras semanas se realizaron ejercicios sin carga, centrados en el control y la ejecución técnica, y a partir de la tercera semana se incorporó carga adicional según la tolerancia del paciente, evitando signos de dolor o sobrecarga, los ejercicios se realizaron tres veces por semana, siguiendo una frecuencia, volumen y progresión estandarizados, respetando los principios del control motor y el fortalecimiento funcional del complejo muscular comprometido (Tabla 4).

#### ***2.4.6 Presentación del Caso.***

Paciente masculino de 58 años de edad, docente de Cultura Física, con antecedente de lesión durante la práctica recreativa de voleibol, lo que requirió una plastia del tendón de Aquiles mediante injerto tendinoso, realizada hace tres semanas. Desde entonces, ha seguido un proceso de rehabilitación física en el Hospital Básico Eduardo Montenegro durante aproximadamente mes y medio, cumpliendo con las distintas fases del protocolo terapéutico. Actualmente se encuentra en la fase de fortalecimiento, debido a un déficit en la movilidad de la flexión plantar, atribuible a debilidad muscular del tríceps sural. El paciente ha brindado su consentimiento informado para participar, de forma libre y voluntaria, en el proyecto integrador de saberes desarrollado por el grupo 2 de estudiantes del noveno ciclo, cuyo objetivo es aplicar un programa de fortalecimiento focalizado en dicho grupo muscular, con fines terapéuticos y académicos.

### 2.4.7 Análisis e interpretación de datos

Primera Evaluación de Fuerza Muscular en un paciente Postplastia del tendón de Aquiles, Anterior a la Intervención del Proyecto

Primera Evaluación de Fuerza Muscular del Tríceps Sural (Bilateral)

---

Pierna Derecha (Sin Afección)	(Sin Pierna (Afectada)	Izquierda
-------------------------------	------------------------	-----------

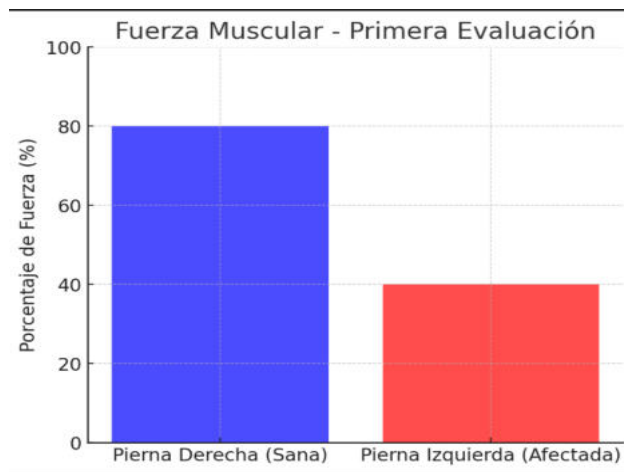
---

**Grado 4:** Movimiento contra la gravedad y resistencia moderada

**Grado 2:** Movimiento completo sin gravedad.

**Figura 4. Evaluación Inicial de la Fuerza Muscular del Tríceps Sural.**

**Nota.** Grados de Fuerza Muscular Obtenidos en la Primera Evaluación



*Figura 5. Evaluación Inicial de la Fuerza Muscular del Tríceps Sural.*

### Interpretación

Los datos de la primera evaluación de la fuerza muscular evidencian una debilidad del tríceps sural de “**Grado 2**” en la extremidad afectada en comparación con la extremidad sana, que presenta una fuerza de “**Grado 4**” según la Escala de Oxford. Esto indica que mientras la extremidad sana es capaz de generar movimiento contra la gravedad con resistencia moderada, la extremidad afectada solo logra ejecutar el movimiento sin oposición gravitatoria, reflejando una alteración funcional significativa.

En términos porcentuales, la extremidad sana alcanza un 80% de fuerza respecto al valor máximo de la escala, mientras que la extremidad comprometida solo logra un 40%, lo que representa una reducción del 50% de la fuerza muscular en la extremidad afectada en comparación con la sana.

Segunda Evaluación de la Fuerza Muscular en un paciente Postplastia del tendón de Aquiles, posterior a la intervención del proyecto

Segunda Evaluación de Fuerza Muscular del Tríceps Sural (Bilateral)

Pierna Derecha (Sin Afección)	Pierna (Afectada)	Izquierda
<b>Grado 4:</b> Movimiento contra la gravedad y	<b>Grado 4:</b> Movimiento contra la gravedad y	

**Figura 6. Evaluación Final de la Fuerza Muscular del Tríceps Sural.**

**Nota.** Grados de Fuerza Muscular Obtenidos en la Segunda Evaluación



**Figura 7. Evaluación Final de la Fuerza Muscular del Tríceps Sural.**

Interpretación

Los datos de la segunda evaluación de la fuerza muscular evidencian una mejoría significativa en la extremidad afectada, alcanzando “**Grado 4** en la Escala de Oxford, en comparación con el “ **Grados 2**” registrados en la primera evaluación, lo que indica que el paciente ahora es capaz de generar movimiento contra la gravedad con resistencia moderada, reflejando un progreso funcional relevante, mientras que la extremidad contralateral (sana) se mantuvo clasificada en **Grado 4** en términos de la escala de fuerza muscular Oxford.

En términos porcentuales, la extremidad afectada ha aumentado su fuerza hasta un 80% respecto al valor máximo de la escala, lo que representa una mejora del 40% en comparación con la evaluación inicial.

Comparación de Resultados.

#### Comparación de la Evaluación de Fuerza Muscular

Primera Evaluación	Segunda Evaluación
<b>Grado 4:</b> Extremidad Derecha	<b>Grado 4:</b> Extremidad derecha
<b>Grado 2:</b> Extremidad Izquierda	<b>Grado 4:</b> Extremidad Izquierda

*Figura 8. Comparación de Resultados.*

*Nota.* Comparación de Resultados Obtenidos Primera y Ultima Evaluación



*Figura 9. Comparación de Evaluaciones.*

### Interpretación

La comparación entre las evaluaciones inicial y final evidencia una mejora significativa sobre la fuerza muscular de la extremidad lesionada. En la evaluación inicial, el resultado de la fuerza muscular fue de **Grado 2** en la Escala de Oxford, mientras que en la evaluación post intervención el resultado fue de **Grado 4**, lo que refleja un incremento de dos niveles en la funcionalidad del tríceps sural, en términos porcentuales, la fuerza muscular pasó del 40 % al 80 %, representando una mejora del 100 % en la capacidad funcional de dicha extremidad. Mediante la evolución se puede evidenciar la efectividad del protocolo de ejercicios excéntricos de Alfredson, el cual induce el fortalecimiento progresivo y específico del grupo muscular comprometido.

Cabe indicar que la extremidad contralateral (sana) también presentó un aumento en la fuerza muscular, no alcanzó el grado 5 en la Escala de

Oxford. Esto se debe a que, durante la valoración mediante resistencia máxima manual, el paciente no logró vencer completamente la resistencia aplicada por el profesional, lo cual no permitió clasificarla dentro del máximo nivel de fuerza según dicha escala.

## **2.5 Conclusiones**

- La fuerza muscular del tríceps sural en la evaluación inicial de la extremidad afectada mostró una característica debilidad en comparación con la extremidad sana. Esta debilidad se evidenció en la incapacidad de la extremidad intervenida para realizar movimientos contra la gravedad, lo que indicó la necesidad urgente de una intervención terapéutica. Estos hallazgos destacaron la alteración funcional del músculo posterior a la cirugía, lo que justificó la implementación del protocolo de Alfredson como estrategia rehabilitadora.
- La aplicación del protocolo de ejercicios de Alfredson, enfocado en ejercicios excéntricos, fue efectuada con éxito en el paciente postquirúrgico. Esta dirección proporcionó un fortalecimiento gradual y controlado entre del tendón de Aquiles y la musculatura del tríceps sural, con un adecuado incremento de carga según la tolerancia del paciente. La organización del protocolo permitió abordar la debilidad muscular de manera efectiva, permitiendo restaurar la funcionalidad del músculo afectado mientras se prevenían posibles complicaciones durante la rehabilitación.

- Post intervención mediante el protocolo de Alfredson, la evaluación realizada al final mostró una mejora significativa en la fuerza muscular del tríceps sural. El paciente manifestó mayor capacidad para generar movimiento contra la gravedad, lo que justificó un avance importante en la recuperación de la funcionalidad del músculo. Esta mejora confirmó la efectividad del tratamiento rehabilitador, que contribuyó de manera relevante al proceso de recuperación postquirúrgica del paciente.

## **2.6 Recomendaciones**

- El protocolo de Alfredson debe ser considerado como una opción terapéutica para pacientes postquirúrgicos del tendón de Aquiles que presenten debilidad en el tríceps sural, por lo que se sugiere que los fisioterapeutas adapten el protocolo según las necesidades individuales de cada paciente para asegurar una progresión segura y efectiva en la rehabilitación.
- Se debe considerar que la debilidad muscular postquirúrgica puede afectar significativamente la funcionalidad del paciente, se recomienda que los ejercicios excéntricos sean incorporados de manera gradual dentro de los programas de rehabilitación, iniciando con ejercicios de bajo impacto y avanzando conforme al progreso del paciente. Esto facilitaría una recuperación más completa y evitaría posibles fatigas o sobrecargas.
- En el proceso de rehabilitación, se recomienda realizar evaluaciones periódicas de la fuerza muscular que permita

monitorear los avances y ajustar el protocolo de intervención según las necesidades y respuestas del paciente. Esto ayudaría a maximizar los beneficios del tratamiento y optimizar el tiempo de recuperación.

## CAPÍTULO III

### **3 EFECTO DE LA APLICACIÓN DE ONDAS DE CHOQUE SOBRE EL DOLOR EN UN PACIENTE DE 56 AÑOS CON ESPOLÓN CALCÁNEO.**

#### **3.1 Introducción**

Una protuberancia dura puede formarse en la parte trasera del pie, justo donde se apoya al caminar, causando molestias al moverse, debido a la inflamación crónica de la fascia plantar, un tejido esencial para la estabilidad y movimiento del pie (De la Corte Rodríguez et al., 2023). Esta patología afecta principalmente a personas mayores de 50 años especialmente aquellas con sobrepeso, alteraciones biomecánicas como pie plano o arco alto o que realizan actividades físicas de alto impacto, el dolor característico al apoyar el talón limita la movilidad y reduce la aptitud de vida, interfiriendo en acciones cotidianas como caminar o trabajar (Boob et al., 2024).

Por esta razón, en la práctica clínica actual, el uso de ondas de choque como terapia ha ganado protagonismo por ser eficaz, segura y no invasiva este tratamiento utiliza ondas acústicas de alta energía que, al aplicarse sobre el área dolorosa estimulan la reparación de los tejidos mejoran la circulación local y reducen el dolor (Arévalo-Celeste, 2020). A diferencia de los métodos tradicionales, las ondas de choque no solo alivian los síntomas, sino que también actúa sobre la causa del problema al promover la regeneración de la fascia plantar (Duong et al., 2023).

Hoy en día, la evidencia clínica respalda su uso en pacientes con espolón calcáneo crónico que no responden a las terapias convencionales se trata de una herramienta terapéutica moderna, con resultados positivos comprobados, y que ofrece una solución real cuando otros tratamientos no funcionan. Por eso, en rehabilitación, la TOC representa una opción avanzada y efectiva que supera ampliamente las limitaciones de los métodos tradicionales (Rammelt-Swords, 2021).

El tratamiento ha mostrado útil para aquellos pacientes que no han respondido a otros tratamientos conservadores como el reposo, los antiinflamatorios, las plantillas ortopédicas y los ejercicios de estiramiento (Conrado- Gutiérrez, 2020). Aunque los resultados pueden variar según el paciente y la gravedad de la afección muchos estudios han demostrado que el tratamiento de ondas de choque puede reducir significativamente síntomas como el dolor y mejorar la función del pie en caso con espolón calcáneo ha sido ampliamente utilizado en la medicina deportiva y ortopédica, ya que permite una recuperación más rápida y efectiva sin necesidad de cirugía, la cual se da mediante una aplicación directa en el área afectada, estimulando la circulación sanguínea, promoviendo la regeneración celular y ayudando a disolver las calcificaciones que se han formado en el talón (Carreras & Montalvo, 2022).

La eficacia del uso de ondas de choque como terapia segura y efectiva para espolones calcáneos resistentes, destaca su potencial para pacientes que, por edad o comorbilidades, no son candidatos a cirugía. Este caso

aporta evidencia práctica para guiar decisiones clínicas en contextos donde se requieren soluciones no invasivas y accesibles (González et al., 2022).

Las ondas de choque no solo se enfocan en aliviar el dolor, sino también en tratar la causa subyacente que es la inflamación mediante la micro ruptura del espolón calcáneo reduciendo la tensión en la fascia plantar, tomando en cuenta las medidas de tratamiento, como los cambios de calzado, ofreciendo un enfoque integral para el tratamiento del espolón calcáneo, lo cual mejora el bienestar cotidiano de las personas atendidas (González-Andreu et al., 2022).

## **3.2 Marco teórico**

### ***3.2.1 Anatomía del calcáneo***

El calcáneo es un hueso rectangular, grande y fuerte que forma la parte posterior del pie, transfiere casi toda la masa del cuerpo, desde la parte más baja hasta el piso, se encuentra en el retropié, se articula con el astrágalo y cuboides, Varios los tendones y los músculos se conectan al talón y colaboran en su función para facilitar el movimiento de caminar sobre dos pies en los seres humanos (Rammelt-Swords, 2021).

De acuerdo con ( Loozen et al., 2023) su forma distintiva presenta una prominente protuberancia posterior en la que se fija el robusto tendón de Aquiles, un soporte del astrágalo en su lado interno que actúa como polea para el músculo flexor del 1er dedo, y una zona de la planta del

pie con características que facilitan la colocación de la capa que cubre la planta del pie.

a) *Estructura ósea*

Según Toullec (2021), El hueso calcáneo es el de mayor tamaño de los siete huesos que conforman el pie, tiene la forma de prisma y está compuesto por seis superficies, las cuales se nombran a continuación:

La parte trasera del hueso del talón presenta una forma redonda y elevada, con tres áreas diferenciadas, La zona trasera funciona como lugar donde se conecta el tendón calcáneo o aquiliano mientras que la faceta superior se une con el astrágalo y la faceta anterior formar la tuberosidad calcáneo.

**La superficie calcáneo inferior o superficie plantar:** La carilla plantar de este hueso es áspera, irregular y presenta hendiduras, por ello su textura rugosa. Además, mantiene contacto con la fascia plantar y otros tejidos circundantes del pie, ayudando con la estabilidad y la tracción.

**El área lateral del calcáneo:** Se trata de un área extensa y nivelada, salvo por los dos bultos óseos presentes, El bulto que se encuentra más hacia el frente está en contacto con los ligamentos de los músculos largo y corto del peroné, respectivamente. La protuberancia posterior es una pequeña elevación ósea que da inserción al ligamento calcaneofibular.

**El área medial del calcáneo:** Es rugosa y tiene una forma irregular alberga una protuberancia ósea, llamada sustentaculum tali.

**La superficie calcánea superior:** Es una superficie irregular que alberga las facetas articulares anterior y posterior del astrágalo estas facetas son áreas planas y lisas que se articulan con el astrágalo ayuda a distribuir las diferentes fuerzas que se ejercen sobre el pie.

**La superficie calcánea anterior:** Es la cara más pequeña que tiene una faceta articular para la articulación calcaneocuboidea.

*b) Articulaciones presentes y su función*

**Articulación subastragalina:** El calcáneo se articula con el astrágalo el contacto entre ambos huesos se deriva de las facetas anterior, media y posterior esta articulación permite movimientos esenciales del pie como la inversión, la eversión, ayuda a la distribución de fuerzas ejercidas sobre el pie (Gupton et al., 2023).

**Articulación calcaneocuboidea:** Se forma entre la superficie anterior del calcáneo y el cuboides es importante para la estabilidad, el movimiento, ayuda a transmitir las fuerzas, permite la adaptación a diferentes superficies y a mantener la estabilidad del arco longitudinal del pie (Hamstra Wright et al., 2021).

c) *Músculos y ligamentos*

Diversos grupos musculares establecen un vínculo funcional con este hueso aportando significativamente a su papel fundamental en la biomecánica de la marcha humana, participando activamente en tareas cruciales como la absorción de golpes, la estabilización en la fase de apoyo, la propulsión durante el despegue y la adaptación en superficies irregulares ( Loozen et al., 2023).

Según Gupton et al. (2023), señala que los musculo que se unen al cancaneo son:

- **Los músculos que flexionan la planta:** del pie, semejante al gemelo, el inferior y el pedestre, se enlazan para generar el ligamento de Aquiles, el cual se vincula al segmento del calcáneo.
- **El músculo extensor pequeño de los dedos:** origen en la parte superior y externa del hueso del talón, permite la extensión del segundo al cuarto dedo del pie.
- **El músculo que separa el dedo gordo:** del pie se inicia en la parte interna del hueso del talón y aleja el primer dedo.
- **El músculo extensor pequeño del dedo:** comienza en la cara superior del hueso del talón y extiende el primer dedo del pie.
- **El músculo que aleja el dedo meñique del pie:** surge del hueso del talón y permite tanto la flexión como la extensión del quinto dedo.

- **El flexor pequeño de los dedos:** parte del hueso del talón y facilita la flexión del segundo al cuarto dedo del pie.
- **El músculo cuadrado:** que ayuda a flexionar la planta del pie se origina en las partes lateral y medial del hueso del talón, ayudando a la flexión en la articulación que conecta las falanges distales.

### Ligamentos

Varios ligamentos se insertan en el calcáneo para darle estabilidad y permitir el movimiento adecuado del pie. Según Rammelt-Swords (2023), los principales ligamentos que se encuentran o se unen al calcáneo son:

- **Ligamento calcaneofibular:** conecta el calcáneo con el peroné (fibula) y es una parte fundamental del complejo ligamentoso lateral del tobillo. Su función es evitar la sobreinclinación lateral del pie.
- **Ligamento talocalcáneo:** articula el calcáneo con el talo, formando la articulación subtalar, lo que facilita el movimiento entre los mencionados huesos, aportando en la estabilidad del tobillo y del pie.
- **Ligamento calcaneonavicular o ligamento plantar largo:** articula el calcáneo con el navicular. Este ligamento es muy importante para conservar la curvatura normal del pie, amortiguar impactos y sobre todo contribuye en la marcha.

- **Ligamento plantar (o aponeurosis plantar):** aunque técnicamente no es un ligamento en el sentido estricto, la aponeurosis plantar desde el talón llega incluido las puntas de los dedos del pie, ayuda en la distribución del peso y es crucial en el movimiento y la flexibilidad del pie al caminar o correr.
- **Ligamento del retináculo de los flexores:** se ubica en la cara interna del tobillo, sujetando a los tendones de los músculos flexores del pie y fijándolos al hueso del talón (calcáneo).
- **Ligamento del talón o calcáneo-tibial:** conecta el hueso del talón con la tibia, da más estabilidad en la cara posterior del pie.

*d) Irrigación sanguínea, linfática y nervios*

El calcáneo recibe su irrigación sanguínea de una red superficial de arterias llamada anastomosis calcánea, que está formada a través de las divisiones de las arterias tibial posterior y peronea. La mayor parte del flujo linfático sigue el recorrido que va desde los vasos sanguíneos desplazándose hacia la parte superior de la pierna, pasando por los ganglios linfáticos en la zona poplítea y en la ingle, antes de llegar al conducto torácico. Además, la conexión nerviosa se origina en las ramificaciones de los nervios tibiales y sural que proporcionan inervación sensitiva y motora (Ortega et al., 2022).

### **3.2.2 Espolón calcáneo**

Se trata de una expansión ósea en la protuberancia del hueso del talón, similar a un pequeño bulto de entre 1 y 2 mm, originado por un proceso

de endurecimiento óseo que se forma en la parte delantera e interna de dicha protuberancia, Este fenómeno ocurre debido a un esfuerzo constante y excesivo sobre la estructura que conecta el talón con la planta del pie, o sobre los músculos que se fijan allí, Además, suele ir acompañado de inflamación, lo que provoca la rigidez en el tendón o en las fibras que se unen al hueso del talón (Figueroa, 2021).

El crecimiento óseo en el talón se compone de hueso denso y desarrollado, con claras señales de desgaste y expansión de tejido fibroso-cartilaginoso. Este proceso ocurre en uno o varios puntos donde se inicia la formación ósea en la parte externa del hueso, Los espolones más grandes presentan un grosor más notable en su capa externa (Liberati, 2023)

El aspecto del cuerpo humano puede variar y se han distinguido en protuberancias simples y desordenadas: la protuberancia simple es una forma triangular con una punta afilada, tiene una capa externa ligeramente endurecida y una red interna de fibras bien formadas; en cambio, las protuberancias desordenadas presentan bordes poco definidos, la estructura interna es poco nítida y suelen formarse cuando ocurre un intenso proceso de inflamación (Gupton et al., 2023).

*a) Factores de riesgo.*

Se observa con frecuencia en personas que realizan actividades intensas como trotar, correr o en trabajos que implican permanecer pie durante tiempos prolongados, como barberos, y traumatismos causados por el

uso de zapatos inadecuados también se da en personas obesas, adultos mayores, la incidencia aumenta con la artritis reumatoide, la espondilitis anquilosante, la osteoartritis, la artritis psoriásica, el síndrome de Reiter y el pie plano (Aguirre-Rodríguez et al., 2021)

Los factores anatómicos influyen en el desarrollo del espolón calcáneo, la disminución del grosor y elasticidad de la almohadilla grasa plantar que se encuentra en el talón, esta es una estructura que actúa como amortiguador natural de impactos, reduce su capacidad de absorción de fuerzas, transfiriendo tensiones excesivas al periostio calcáneo este deterioro tisular ocurre naturalmente con el envejecimiento, siendo particularmente notable en individuos mayores de 50 años, donde la prevalencia alcanza el 25-30% (Cain & Dalmau 2025).

Asimismo, alteraciones biomecánicas del pie como el pie plano (presente en el 32-47% de casos de espolón calcáneo), pie cavo (asociado al 18-23% de casos), disimetrías de miembros inferiores y deformidades estructurales del retropié que provocan pronación o supinación excesivas, generan distribuciones anómalas de presiones plantares que favorecen la formación de espolones (Zhang et al., 2022).

#### *b) Manifestaciones clínicas*

**Dolor Agudo y Localizado en el talón:** Dolor localizado, punzante y agudo, justo en la carilla inferior del calcáneo, dolor que aparece sobre todo en la marcha o en la mañana (Blanco-Chacón, 2021).

**Alivio Temporal con el Movimiento:** Aunque el dolor es más intenso al inicio de la actividad, muchas personas experimentan un alivio temporal al caminar, debido al calentamiento y estiramiento de los tejidos afectados, sin embargo, el dolor tiende a regresar tras periodos prolongados de actividad física (Blanco- Chacón, 2021).

**Inflamación Localizada:** en algunos casos, puede observarse inflamación en el área del talón, lo que puede contribuir a una sensación general de incomodidad y rigidez (Blanco- Chacón, 2021).

*c) Fisiopatología*

**Sobrecarga de la Fascia Plantar:** Actividades como correr, saltar de permanecer erguido por extensos lapsos de tiempo puede generar tensión en la fascia, lo que puede resultar en su inflamación y, con el tiempo, en la formación de un espolón óseo (Ortega et al., 2022) .

**Alteraciones Biomecánicas:** **Pie plano** o el **arco alto**, pueden generar una distribución anómala de las cargas durante la marcha. La sobrepronación (cuando el pie gira excesivamente hacia adentro) es otro factor que puede contribuir a la sobrecarga de la capa que recubre la planta del pie y, como resultado, a la formación de protuberancias óseas en el talón (Ortega et al., 2022).

*d) Diagnóstico clínico por imagen*

Para obtener un diagnóstico claro sobre el espolón calcáneo es importante tomar en cuenta lo siguiente.

**Radiografías:** Las radiografías son la herramienta de diagnóstico más comúnmente utilizada para visualizar la presencia de un espolón calcáneo estas imágenes permiten observar la formación ósea en el talón y diferenciarla de otras afecciones que puedan causar dolor en la zona (Ortega et al., 2022).

*e) Historia clínica y examen físico*

El médico realiza un examen físico del pie para evaluar los puntos dolorosos y la movilidad al aplicar presión sobre esa área, se experimenta malestar en el pie del talón y la limitación en el rango de movimiento pueden ser indicativos de la presencia de un espolón (Ortega et al., 2022).

*f) Tratamiento conservador*

El tratamiento inicial consiste en fisioterapia con ejercicios que incluyen estiramientos, vendajes de músculos y tendones tensionados se recomiendan plantillas y férulas nocturnas acompañadas de medicamentos analgésicos con paracetamol y antiinflamatorios no esteroideos (AINE) en caso de un dolor persistente se pueden utilizar corticosteroides (Ordoñez-León, 2023).

Una de las opciones más efectivas una opción para el tratamiento no quirúrgico del espolón en el talón es el uso de ondas de choque, Este procedimiento esta encargado de dirigir ondas acústicas de gran energía hacia el área lesionada, favoreciendo la circulación sanguínea y ayudando en la reparación de las células, La aplicación de estas ondas resulta útil para disminuir el malestar y agilizar la recuperación de los tejidos inflamados, además de haber mostrado mejoras en la funcionalidad de la zona afectada de la fascia plantar y reduce la calcificación que forma el espolón(Andrés- Toribio et al., 2022).

*g) Ondas de choque*

Representan vibraciones físicas con una oscilación y concentración de potencia elevada, el empuje físico resulta de breve extensión, mientras el procedimiento se origina un moretón específico disminuyendo la molestia y la división del acúmulo calcáreo se ha comprobado que las vibraciones de impacto son capaces de quebrar elementos sin lesionar al organismo, se ubica el sector a intervenir y se las suministra en un lapso efectivo, en el cual se supervisa a su ocasión la orientación del rayo de la vibración sonora (Andrés- Toribio et al, 2022).

Las vibraciones de impacto trabajan al generar un efecto de vacío, creando pompas que al reventar desprenden potencia rompiendo los cúmulos de calcio y del crecimiento de pequeños moretones que estimulan la creación del tejido óseo, fabrican nuevos conductos capilares y alteran la rigidez de las hebras de colágeno, transformando

su porosidad y beneficiando el funcionamiento en el organismo (Andrés- Toribio et al, 2022).

*h) Mecanismo de acción y fundamentos fisiológicos*

El tratamiento mediante la aplicación de ondas de choque se basa en ondas sonoras de alta energía enfocadas en áreas lesionadas o doloridas para estimular la curación natural del cuerpo, estas ondas generan microtraumatismos controlados, este daño tisular específico que estimula la formación de nuevos vasos mejora el flujo sanguíneo, desencadena la producción de hormonas de crecimiento y regula las respuestas inmunes. En consecuencia, estas medidas facilitan la cicatrización de heridas, alivian las molestias y mejoran la movilidad (Simplicio, y otros, 2020).

*i) Evidencia clínica en patologías musculoesqueléticas*

Diversos estudios clínicos y revisiones sistemáticas han demostrado que la aplicación de las ondas de choque en el tratamiento de tendinopatías ha sido altamente eficaz, entre ellos encontramos la tendinitis rotuliana, tendinosis del manguito rotador y fascitis plantar, siendo las más tratadas en el área de fisioterapia.

- En tendinopatías, las ondas de choque han evidenciado mejora significativa en la reducción del dolor, aumento de la funcionalidad y retraso en la necesidad de intervenciones invasivas, como cirugía. Esta terapia actúa para remodelar el

tejido tendinoso degenerado y restaurar su estructura (Speed, 2021).

- En la fascitis plantar y espolón calcáneo, las ondas de choque es respaldado por ensayos clínicos que demuestran reducción del dolor y mejoría en la capacidad funcional de los pacientes, especialmente en tratamientos con ondas focalizadas y pulsos radiales adaptados a la intensidad clínica (De la Corte-Rodríguez, 2023).

*j) Tolerabilidad y Seguridad*

Al aplicar ondas de choque, se menciona que es generalmente bien tolerado, presentándose efectos secundarios mínimos como enrojecimiento o molestia en la zona de aplicación. En los estudios no se han reportado efectos adversos severos, por ello es una opción confiable como tratamiento conservador en terapia física. (Auersperg & Trieb, 2020).

*k) Ondas de Choque en el área de fisioterapia*

Este agente físico es un método no invasivo para complementar los protocolos de fisioterapia, potencia la recuperación funcional con menor dependencia de medicamentos o de intervenciones quirúrgicas. Su aplicación abarca tanto la población que practica deporte y quienes no lo hacen, y la misma se personaliza según las características de los individuos (Auersperg & Trieb, 2020).

## **Aplicación de ondas de choque**

Este método generalmente se realiza en varias sesiones, que pueden variar entre 3 y 5, dependiendo de la respuesta del paciente durante las sesiones, las ondas de choque ayudan a disminuir la inflamación, aliviar el dolor y estimular la recuperación de los tejidos dañados, promoviendo la curación del espolón calcáneo y mejorando la movilidad del pie aunque puede generar algo de incomodidad o dolor leve, la terapia suele ser bien tolerada y tiene pocos efectos secundarios (Andrés- Toribio et al., 2022).

Durante el procedimiento, se coloca un gel conductor en el área a tratar para mejorar la transmisión de energía, y el profesional identifica con exactitud el punto de mayor molestia a través de palpación o ecografía. Los parámetros de tratamiento se ajustan según la severidad del dolor, la duración de la lesión y las características de los tejidos, administrando normalmente entre 1500 y 3000 pulsos por sesión a frecuencias que oscilan entre 8 y 15 Hz. (Cain & Dalmau Pastor , 2021)

La energía se inicia a niveles bajos (alrededor de 1.5 a 2.0 bar o 0.08 a 0.12 mJ/mm<sup>2</sup>) y se incrementa gradualmente según la capacidad de resistencia del enfermo hasta lograr niveles óptimos de tratamiento, que suelen estar entre 2.5 y 4.0 bar para ondas radiales o entre 0.20 y 0.35 mJ/mm<sup>2</sup> para las focales en el tratamiento del espolón calcáneo (Cain & Dalmau Pastor , 2021).

## **Tipos de ondas de choque**

Para determinar un estudio más específico sobre este equipo según Herrera et al (2022) resalta los siguientes puntos:

- **Ondas de choque de alta energía:** Estas ondas tienen una intensidad más alta y se utilizan para tratar condiciones como la litiasis renal, la calcificación de tendones y la osteoartritis.
- **Ondas de choque de baja energía:** Estas ondas tienen una intensidad más baja y se emplean para manejar problemas tales como el malestar persistente, la fascitis plantar y la tendinitis.
- **Ondas de choque de focalización:** Estas ondas se enfocan en un área específica del cuerpo y son empleadas para abordar situaciones o problemas como la litiasis renal y la calcificación de tendones.
- **Ondas de choque de radiación:** Estas ondas se utilizan para alternar condiciones como el sufrimiento crónico y la inflamación.
- **Ondas de choque electromagnéticas:** Estas ondas se utilizan para tratar contextos como la dolencia crónica y la inflamación.

## **Ventajas de las ondas de choque**

**Disminución del Dolor:** Uno de los principales beneficios del tratamiento con ondas de choque es el alivio del dolor en la zona del talón. Al aplicar las ondas acústicas también aparecen otros efectos positivos como la disminución de la inflamación, reducción de la

irritación de la fascia plantar, modulación de la percepción del dolor por lo que altera las vías nerviosas que transmiten la señal de dolor al cerebro, por ello proporciona un alivio más rápido y efectivo (Carreras & Planas, 2022).

**Reducción de la inflamación:** Las ondas de choque tienen un efecto antiinflamatorio que ayuda a reducir la hinchazón y la irritación de la fascia plantar, contribuyendo a disminuir la sensación de dolor en el talón dolor (Carreras & Planas, 2022).

**Modulación de la percepción del dolor:** El tratamiento también puede alterar las vías nerviosas que transmiten la señal de dolor al cerebro, proporcionando un alivio más rápido y efectivo dolor (Carreras & Planas, 2022).

**Estimulación de la Regeneración Celular:** El mecanismo de las ondas de choque favorece la **regeneración celular** en los tejidos afectados, lo cual es clave en el tratamiento del espolón calcáneo. Las ondas acústicas de alta energía pueden inducir los siguientes procesos:

**Activación de los fibroblastos:** Los fibroblastos son células encargadas de producir proteína colágena y diversos elementos de la estructura fuera de las células, promueven estas células, favoreciendo la recuperación del tejido dañado especialmente la regeneración de la fascia plantar y promoviendo una curación más rápida dolor (Carreras & Planas, 2022).

**Formación de nuevos vasos sanguíneos (angiogénesis):** Fomentan la creación de nuevos conductos para el paso de sangre en el área afectada, lo que mejora el suministro de sangre y acelera el proceso de cicatrización dolor (Carreras & Planas, 2022).

**Estimulación de producción de factores de crecimiento:** Estimulan la liberación de elementos responsables en el crecimiento, fundamentales para la restauración de tejidos, acelerando la recuperación del área dolor (Carreras & Planas, 2022).

**Disolución de las Calcificaciones:** El espolón calcáneo está asociado con el desarrollo de acumulaciones de calcio en el pie, lo cual provoca una elevación ósea que causa molestias, el tratamiento mediante vibraciones intensas tiene un efecto directo sobre estas calcificaciones:

**Desintegración de las calcificaciones:** Las ondas de choque pueden fragmentar las calcificaciones y disolverlas gradualmente. Esto reduce el tamaño del espolón y alivia la presión sobre los tejidos circundantes, lo que contribuye a disminuir el dolor (Carreras & Planas, 2022).

**Mejor absorción de las calcificaciones por el organismo:** Tras la desintegración, el cuerpo tiene la capacidad de reabsorber los fragmentos de calcio, lo que mejora la situación en el talón a largo plazo (Ibarbia & Planas, 2022).

**Mejoría de la Funcionalidad del Pie:** El dolor crónico provocado por un espolón calcáneo puede reducir notablemente el movimiento y en su función. limita la movilidad y la funcionalidad del pie, El tratamiento con ondas de choque ayuda a bajar el dolor y a restaurar el rendimiento físico del pie de muchas maneras como favorecer la flexibilidad del segmento, facilita la marcha y da un movimiento más libre y natural (Ibarbia & Planas, 2022).

**Recuperación de la amplitud de movimiento:** Gracias a la reducción del dolor y la inflamación, las ondas de choque ayudan a restaurar la flexibilidad en el pie y el tobillo, lo que facilita la marcha y el movimiento (Ibarbia & Planas, 2022).

**Reducción de la rigidez:** La terapia estimula la elasticidad de los tejidos, reduciendo la rigidez en el área del talón y mejorando el rango de movimiento, lo que facilita las actividades diarias (Ibarbia & Planas, 2022).

**Terapia de bajo riesgo y no invasiva:** Otro beneficio de estos agentes físicos es que se trata de un tratamiento no invasivo, es decir, no se recurre a la intervención quirúrgica ni a procesos dolorosos al paciente, por lo cual disminuye su tiempo de recuperación (Ibarbia & Planas, 2022).

**No se emplea anestesia:** Con las ondas de choque no hace falta anestesia general ni local y los efectos secundarios durante su aplicación son mínimos (Ibarbia & Planas, 2022).

**Bajo riesgo en complicaciones:** Al contrario de una cirugía, los efectos secundarios son poco comunes y, si ocurren, suelen ser transitorios, como enrojecimiento o leve incomodidad en la zona en que se aplicó el agente (Carreras & Planas, 2022).

**Resultados inmediatos y de largo plazo:** Los pacientes que reciben tratamiento con ondas de choque suelen notar una mejora significativa tanto en el dolor como en la funcionalidad del pie en poco tiempo. A diferencia de otros métodos más prolongados, como los medicamentos o la fisioterapia tradicional, este tratamiento puede brindar alivio en tan solo 3 a 5 sesiones, e incluso muchas personas reportan sentir cambios positivos desde la primera aplicación (Ibarbia & Plana, 2022).

**Recuperación rápida:** La mejora en el dolor y la movilidad puede comenzar a notarse después de solo unas sesiones, que permite a los pacientes retomar sus actividades diarias. (Ibarbia & Planas, 2022).

**Efectos que van a largo plazo:** A largo plazo, el tratamiento con uso de ondas de choque no solo alivia el daño, sino que también promueve la curación del tejido afectado, lo que reduce la posibilidad de recurrencia del espolón el hueso del talón y optimiza el bienestar de las personas que reciben tratamiento (Ibarbia & Planas, 2022).

### **3.3 Metodología**

#### ***3.3.1 Paradigma***

El estudio se centra en el paradigma positivista, ya que tiene como objetivo generar el conocimiento necesario sobre el efecto de las ondas de choque en la sobre el dolor que presenta el paciente con espolón calcáneo.

#### ***3.3.2 Enfoque***

El enfoque de la investigación es de carácter cuantitativo, que permita medir y cuantificar los cambios en la sintomatología del paciente mediante la escala de EVA logrando una medición precisa y objetiva de los resultados.

#### ***3.3.3 Diseño de la Investigación***

**Cuasiexperimental:** se atribuye a la aplicación de una intervención terapéutica específica, en este caso, al uso de las ondas de choque para tratar la sintomatología del paciente con espolón calcáneo.

**Estudio de caso:** Por su enfoque en un solo paciente con espolón calcáneo con una evaluación detallada de la condición del paciente con la evaluación continua de la evolución durante la intervención.

#### ***3.3.4 Tipo de Investigación***

a) *Cuantitativo*

La indagación posee naturaleza numérica puesto que procederá hacia recopilar también examinar cifras estadísticas bajo el objetivo sobre reconocer el previo además posterior acerca la implementación sobre las vibraciones sobre impacto dentro paciente usando espolón óseo los valores permanecerán anotados dentro una plataforma sobre información para su subsiguiente estudio.

*b) Descriptivo*

Implica detallar y exponer los puntos esenciales del proyecto investigativo desde los objetivos hasta los procedimientos utilizados en el análisis de datos que ayudara a textualizar los resultados encontrados sobre el efecto de las ondas de choque aplicadas.

*c) Prospectivo*

Este estudio se considera prospectivo porque acompaña a los participantes desde el presente hacia el futuro. Los investigadores planificaron el diseño y comenzaron la recolección de datos desde el inicio del proceso, observando cómo evoluciona la aplicación de las ondas de choque a lo largo del tiempo. Este enfoque permite analizar de manera directa el impacto del tratamiento en la reducción del dolor de los pacientes

*d) Bibliográfico*

El estudio también incluye una revisión bibliográfica detallada, basada en fuentes confiables y actualizadas. Esta exploración teórica ofrece un respaldo sólido para comprender el estado actual de las investigaciones en este campo y sustentar los resultados con fundamentos científicos y prácticos.

*e) Por el Tiempo: Longitudinal*

La característica longitudinal del estudio permite realizar un seguimiento continuo de los pacientes durante las sesiones de tratamiento con ondas de choque. Este seguimiento facilita observar, de manera progresiva, cómo el dolor disminuye gradualmente en quienes presentan espolón calcáneo, demostrando la eficacia del programa terapéutico a lo largo del tiempo.

### ***3.3.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos***

Se utilizará la escala de Eva para medir el dolor conjuntamente con radiografía inicial y final que es una prueba complementaria que permite visualizar estructuras óseas para tener una evaluación más eficiente y detallada sobre la condición del paciente con espolón calcáneo además del grado de EVA que permitirá medir la intensidad del malestar.

*a) Validación de la escala visual análoga (EVA)*

La validación de la escala visual análoga (EVA) se basa en la medición del sufrimiento que presentan las personas por alguna causa en específico y en este caso se mide el nivel de dolor a causa de un espolón calcáneo (Knop et al., 2001).

Se trata de una barra horizontal de 10 cm, donde en sus dos puntos extremos se representan los límites del dolor, A la izquierda se encuentra la ausencia o una sensación débil, y a la derecha se marca la sensación más alta, el paciente señala en la barra que refleja el nivel de dolor que experimenta, el cual se mide mediante una regla que tiene divisiones precisas, el nivel de dolor se expresa en centímetros o milímetros. Si el dolor es leve, se coloca hasta 4 cm; si es moderado, oscilará entre 5 y 7 cm, y si es intenso, se superará los 7 cm (Knop et al., 2001).

*b) Confiabilidad*





La confiabilidad de la escala de EVA ha sido evaluada con el coeficiente de Crombach, el cual mide la consistencia interna. Posee un coeficiente de validez de 0,91 ( $p < 0,001$ ) (Knop et al., 2001).

**Consideraciones éticas:** se obtendrá la autorización comunicada del enfermo que colaborará en la indagación. Adicionalmente, aseguraré la privacidad de la información recopilada y respetaré todas las regulaciones morales relevantes en la investigación.

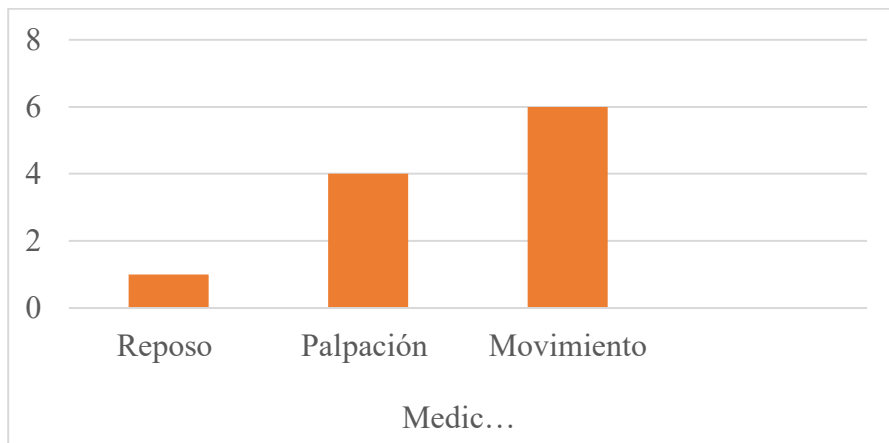
### 3.4 Interpretación de Resultados

Primera evaluación en los efectos de la aplicación de ondas de choque sobre el dolor en un paciente de 56 años con espolón calcáneo.

*Tabla 2. Escala Analógica Visual (EVA).*

Nivel	0	1-3	4-6	7-10
Intensidad	Sin dolor	Dolor Leve	Dolor Moderado	Dolor Severo
Color guía				

*Nota.* Muestra la intensidad del dolor en reposo, palpación y movimiento, evidenciando un aumento progresivo conforme incrementa la actividad física.



*Figura 10. Porcentaje de intensidad del dolor.*

## Interpretación





El gráfico muestra la intensidad de dolor que ha tenido el paciente de 56 años con espolón calcáneo antes de comenzar la terapia. A la primera medición se realizó en reposo con dolor mínimo EVA=1, en palpación dolor moderado EVA=4 y en movimiento dolor intenso EVA=6. Esta distribución sugiere que el dolor se agudiza a medida que la exigencia funcional del pie aumenta, lo cual es concordante con el cuadro clínico típico del espolón calcáneo, donde la presión y el estiramiento de la fascia plantar se asocian con molestia.

El valor más alto en movimiento sugiere una limitación funcional significativa, afectando las actividades de marcha y apoyo prolongado. Por otro lado, el bajo nivel de dolor en reposo refleja que la inflamación y la irritación mecánica se manifiestan principalmente durante la carga.

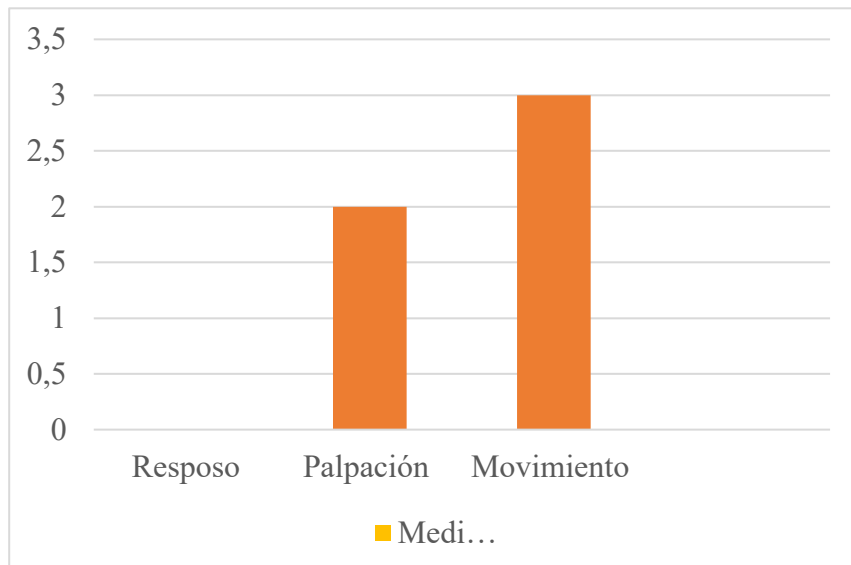
Estos resultados iniciales establecen una línea base de referencia para evaluar la eficacia del tratamiento terapéutico posterior. En este contexto, el análisis gráfico confirma que el dolor inducido por el espolón calcáneo presenta una relación directa con la actividad física y la presión local, lo cual orienta la necesidad de intervenciones fisioterapéuticas dirigidas a reducir la inflamación, mejorar la elasticidad tisular y optimizar la función biomecánica del pie.

Segunda Evaluación en los efectos de la aplicación de las ondas de choque sobre el dolor en un paciente de 56 años con espolón calcáneo.

**Tabla 3. Escala Analógica Visual (EVA).**

Nivel	0	1-3	4-6	7-10
<b>Intensidad</b>	Sin dolor	Dolor Leve	Dolor Moderado	Dolor Severo
<b>Color guía</b>				

**Nota.** Presenta ausencia de dolor en reposo que evoluciona a leve a la palpación y a moderado a la actividad.



**Figura 11. Evaluación del dolor a través de la escala Eva.**

## Interpretación

Se observa que con el tratamiento terapéutico hay una disminución del dolor en el paciente de 56 años. La escala analógica visual (EVA) fue de 0 en reposo, 2 a la palpación y 3 en el movimiento en la evaluación posterior, encontrándose hacia el final el proceso de cicatrización y una mejoría clínicamente importante.

La eliminación del dolor al reposar significa que la inflamación y la irritación mecánica en el talón han disminuido, por lo que el tejido nos da una respuesta positiva. Del mismo modo, la disminución del dolor en la palpación (de 4 a 2) indica una mayor recuperación del tejido y menor sensibilidad local. También la disminución en el movimiento (de 6 a 3) demuestra una mejor recuperación funcional del pie, mayor tolerancia al apoyo y más movilidad o rango de movimiento sin molestias intensas.

Los resultados afirman que el tratamiento fue eficaz para controlar el dolor y mejorar la función del paciente con espolón calcáneo. La aplicación de la terapia fisioterapéutica tiene efecto antiinflamatorio y analgésico que mejora al paciente. La elasticidad de la fascia plantar se restablece y se corrige la biomecánica.

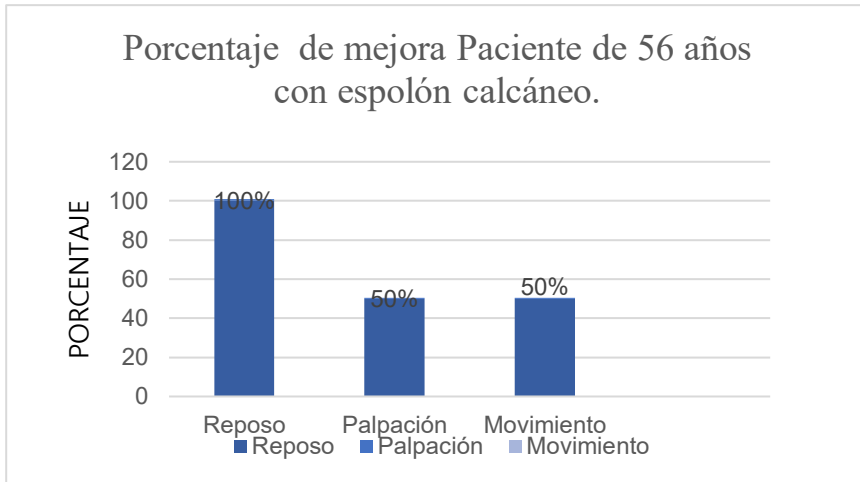
En síntesis, el análisis postratamiento indica la reducción del dolor entre un 50 % y 100 %, lo que indica que no sólo fue efectivo sino que también favoreció la integración del paciente a su actividad habitual, con un menor riesgo de recurrencia del cuadro doloroso.

## Comparación de resultados

**Tabla 4. Comparación de Resultados Obtenidos.**

Paciente de 56 años con espolón calcáneo.	
Escala Analógica Visual (EVA)	
Espolón Calcáneo Antes	
Reposo 1	Palpación 4
Movimiento 6	
Espolón Calcáneo Después	
Reposo 0	Palpación 2
Movimiento 3	

**Nota.** Comparación del antes y después del tratamiento en el porcentaje global de la aplicación de las ondas de choque sobre el dolor en un paciente de 56 años con espolón calcáneo



*Figura 12. Evaluación del dolor posterior a la intervención.*

### Interpretación

En la tabla se presentan los valores obtenidos en la Escala Analógica Visual (EVA) antes y después del tratamiento aplicado al paciente con espolón calcáneo. Estos resultados evidencian una disminución significativa del dolor en todas las condiciones evaluadas, como son el reposo, palpación y movimiento.

Previo a la intervención terapéutica, el paciente reportó un nivel de dolor de 1 en reposo, 4 a la palpación y 6 durante el movimiento, reflejando una molestia moderada a severa especialmente durante la actividad funcional. Tras la aplicación del protocolo terapéutico, los valores se vieron disminuidos y situados en el conjunto de 0 para reposo, 2 a la palpación y 3 en movimiento, lo que conlleva una gran mejoría clínica,

una reducción importante del dolor, entre un 50% y un 100% en base a las condiciones específicas que fueron evaluadas.

Esta expresión de cambio sugiere que la terapia que fue desarrollada tuvo un efecto analgésico y antiinflamatorio, preferente para la recuperación de la funcionalidad del talón, así como una limitación del dolor asociado al apoyo y un progreso en la movilidad del paciente. A su vez, la falta de dolor en reposo tras el tratamiento es indicativa de la disminución de la irritación que se expresa entre las estructuras fasciales y óseas, todo ello sin someterlas a los efectos de la aplicación del dolor palpable y la reducción del dolor con la aplicación del movimiento y el aumento de la respuesta inflamatoria del medio local.

Estos datos clínicos indican que la práctica de abordaje terapéutico es efectiva para la disminución del dolor asociado al espolón calcáneo, permitiendo una mejora del confort del paciente y permitiendo el retorno a sus actividades cotidianas. Sin embargo, se recomienda continuar con la monitorización del paciente a mediano plazo para valorar la sostenibilidad de los efectos obtenidos y prevenir posibles recaídas.

### **3.5 Conclusiones**

En conclusión, el estudio evidencia que el dolor en el paciente con espolón calcáneo responde de manera significativa a la carga mecánica ya que en estado de reposo se registra un nivel mínimo de dolor el cual se incrementa progresivamente durante la palpación y alcanza su máxima intensidad durante el movimiento lo que confirma que la

sintomatología está estrechamente ligada a la exigencia mecánica y a la sobrecarga en la zona afectada.

Por otra parte, la aplicación de ondas de choque ha demostrado ser eficaz para la reducción del dolor lo cual se verificó mediante la escala visual análoga lo que permitió que el paciente experimentara una mejora notable en su movilidad y funcionalidad además el tratamiento se implementó sin generar complicaciones ni efectos secundarios relevantes lo que refuerza su carácter como una intervención no invasiva y segura para abordar el espolón calcáneo.

La evidencia apunta que no únicamente puede favorecerse el hecho de que disminuya el dolor, sino que también se puede favorecer la regeneración del tejido estimulado fibroblastos y la formación de nuevos vasos sanguíneos y, por lo tanto, beneficiarse en la absorción de calcificaciones y en la restauración de la biomecánica normal del pie. En el marco del estudio se ha confirmado que la terapia con ondas de choque resulta una técnica de elección para pacientes con dolor incrementado por actividad que precisan alterar la estrategia terapéutica por una alternativa que evite la cirugía.

Los resultados de la evaluación de un paciente de 56 años con espolón calcáneo confirman una reducción significativa del dolor mediante el tratamiento del que fue objeto. La Escala Analógica Visual (EVA) evidenció que el dolor en reposo bajó de 1 a 0, en la palpación de 4 a 2

y en la actividad de 6 a 3, lo que pone de manifiesto una mejora de la sintomatología dolorosa y de la funcionalidad del talón.

Estos datos permiten deducir que la intervención generada para la eliminación del dolor y para la recuperación funcional fue efectiva. Logrando así un impacto favorable sobre la calidad de vida del paciente. Cabe mencionar, los resultados respaldan la objetividad de la terapia como una alternativa no invasiva y de forma segura en el manejo de estas afectaciones, resaltando la importancia de su aplicación temprana y supervisada en el área terapéutica.

### **3.6 Recomendaciones**

- Realizar una monitorización periódica del paciente, implementando evaluaciones continuas mediante el uso de la escala EVA o pruebas de imagen complementarias, para verificar la estabilidad de los resultados y detectar antes que suceda una reaparición o una condición cambiante de la patología del espolón calcáneo
- Hacer uso de parámetros de la terapia con ondas de choque registrada en estudios basados en la evidencia, advirtiendo la tolerancia y la gravedad del caso, debido a que la respuesta terapéutica puede ser diferente de un paciente a otro
- Incluir otras terapias, tales como ejercicios específicos de estiramiento y musculares de fortalecimiento, junto al uso de plantillas ortopédicas, para conseguir la mejor distribución de las

cargas ejercidas sobre el pie y minimizar las tensiones sobre la aponeurosis plantar.

- Educar al paciente sobre el uso del calzado, el manejo del peso o la modulación de las actividades diarias para evitar los episodios de sobrecarga y dolor que aparecen tras la mecánica del espolón calcáneo. El espolón calcáneo es una de las patologías más frecuentes dentro del ámbito de la musculoesquelética, donde está caracterizada por el crecimiento óseo anormal localizado en la cara inferior del talón, produciendo con frecuencia dolor crónico, inflamación y limitaciones funcionales. (Mohseni et al., 2023).

## CAPÍTULO IV

### 4 PROPUESTAS

#### 4.1 Técnica de neurodinamia a pacientes con Síndrome del Nervio Radial

El Síndrome del Nervio Radial es un trastorno neurológico que resulta de una compresión o un traumatismo del nervio radial, el cual tiene un papel fundamental en la conducción de la sensibilidad y la motricidad de la zona posterior del brazo, antebrazo y mano. Esta llegada clínica se traduce en el padecimiento de una neuropatía, así como la presencia de debilidad muscular, así como limitaciones en las actividades de la vida diaria que el paciente realiza.

En este contexto, la propuesta pone su énfasis en la aplicación de la técnica de la neurodinamia como una intervención terapéutica para poder realizar el tratamiento en el Síndrome del Nervio Radial. La neurodinamia, se basa en las movilizaciones neurales que son suaves y específicas, se utiliza como forma de mejorar la movilidad del nervio, así también para disminuir la tensión mecánica, disminuir síntomas asociados como son el dolor o la rigidez. Se persigue así una recuperación más funcional y una mejor calidad de vida en el paciente con un atrapamiento del nervio radial.

#### ***4.1.1 Objetivo***

- Aplicar la técnica de neurodinamia a pacientes con Síndrome del Nervio Radial de la extremidad superior derecha para la disminución del dolor neuropático

#### ***4.1.2 Plan de intervención fisioterapéutico***

Objetivo (Semanas 1-2)

- Reducir la compresión y mejorar el deslizamiento del nervio radial, para la disminución del dolor neuropático.

Procedimiento se realiza la Neurodinamia:

Posición del paciente:

El paciente en decúbito supino

- El brazo del paciente debe estar en abducción de 90 grados y rotación externa del hombro, el codo debe estar flexionado aproximadamente a 90 grados. La muñeca debe estar en flexión, con los dedos extendidos.

Movimiento de deslizamiento del nervio radial

Con el codo en flexión, extiende el codo gradualmente.

Al mismo tiempo, realiza una extensión de muñeca.

Mientras se extiende el codo, se mantiene el hombro en abducción y rotación externa.

El ángulo de la muñeca y la extensión del codo deben ir de la mano, buscando una movilización progresiva del nervio radial

Duración por sesión:

Semana 1 (Lunes - Miércoles)

- 5 min (1 min por repetición).
- 40 segundos de movilización del nervio y 20 segundos de descanso.
- Tiempo total: 10 minutos

Semana 2 (Lunes - Miércoles)

- 8 min (1 min por repetición).
- 40 segundos de movilización de nervio y 20 segundos de descanso.
- Tiempo total: 16 minutos

**Duración por sesión:** 5 minutos (40 seg de actividad, 20 seg de descanso).

**Tabla 5. Protocolo manual "neurodinamia miembros superiores prácticas para fisioterapeutas"**

SEMANA	DÍAS	EJERCICIO	SERIES	REPETICIONES	DURACIÓN
	Lunes	Deslizamiento del nervio radial	2	5 repeticiones	<b>5 min (1 min por repetición).</b> 40 sec de movilización del nervio y 20 sec de descanso.  Tiempo total:  10 minutos
SEMANA 1	Miércoles	Deslizamiento del nervio radial	2	5 repeticiones	<b>5 min (1 min por repetición).</b> 40 sec de movilización del nervio y 20 sec de descanso.  Tiempo total:  10 minutos

	Lunes	Deslizamiento del nervio radial	2	8 repeticiones	<b>8 min (1 min por repetición).</b> 40 sec de movilización de nervio y 20 sec de descanso.  Tiempo total:  16 minutos
SEMANA 2					
	Miércoles	Deslizamiento del nervio radial	2	8 repeticiones	<b>8 min (1 min por repetición).</b> 40 sec de movilización de nervio y 20 sec de descanso.  Tiempo total:  16 minutos

--	--	--	--	--	--

*Nota.* protocolo de neurodinamia para miembros superiores

## **4.2 Aplicación de ondas de choque en el espolón calcáneo**

El espolón calcáneo es una patología musculoesquelética frecuente caracterizada por el crecimiento óseo anómalo en la parte inferior del talón, comúnmente asociado con dolor crónico, inflamación y limitaciones funcionales (Mohseni et al., 2023).

(Piras et al., 2022) menciona que esta afección afecta significativamente la calidad de vida de los pacientes, en especial en adultos mayores, limitando su movilidad y participación en actividades cotidianas, diversas opciones terapéuticas han sido empleadas para mitigar el dolor, entre ellas el reposo, antiinflamatorios, ortesis, fisioterapia convencional y, más recientemente, las ondas de choque extracorpóreas.

La sanación mediante vibraciones de impacto ha surgido como una opción no intrusiva y efectiva en el abordaje de daños músculo-esqueléticos persistentes, exhibiendo consecuencias alentadoras respecto a la disminución del sufrimiento, estimulación sobre la reconstrucción celular y aumento de la operatividad (Piras et al., 2022). Dicho procedimiento curativo radica en la administración regulada de

vibraciones sonoras de elevada potencia sobre el área dañada, generando una respuesta biológica favorable.

Los mecanismos fisiológicos son la neovascularización, la estimulación de factores de crecimiento, la disolución de depósitos de calcio, la disminución de la sensibilidad de las terminaciones nerviosas, donde todo lo mencionado también son responsables de la analgesia (Boob et al., 2024).

El empleo de un protocolo bien estructurado permite que los tratamientos que estandarizamos, es decir, los parámetros de la frecuencia, intensidad, número de sesiones y tiempo de aplicación, sirvan posteriormente para buenos resultados. Una correcta dosificación y aplicación según la evaluación fisioterapeuta individualizada aumentan su eficacia y disminuye efectos secundarios. (Król et al., 2021).

En este sentido, la investigación se orienta al diseño y la aplicación de un protocolo con ondas de choque, en un paciente de 56 años, con diagnóstico de espolón calcáneo. La investigación se centra en analizar los efectos de dicho protocolo con ondas de choque en la reducción del dolor, con el fin de aportar evidencia clínica que muestre que el uso de ondas de choque es una alternativa terapéutica eficiente, segura y válida.

### ***4.2.1 Justificación***

El tratamiento del espolón calcáneo es un reto clínico, ya que es crónico y afecta la calidad de vida de los pacientes que no acostumbran a la resolución del dolor cuando se aplican tratamientos convencionales. Ante esta situación, las ondas de choque han surgido como una nueva alternativa terapéutica a tener en cuenta, eficaces en los tratamientos refractarios a otras técnicas. (Tengku Yusof et al., 2022).

Aplicar un tratamiento con ondas de choque parece entonces pertinente, dado que se intenta adoptar técnicas modernas que permitan obtener resultados clínicos y calidad del servicio. Este estudio no sólo debe reflejar la efectividad de la técnica en la disminución del dolor, sino de servir para establecer un protocolo estandarizado que sea un punto de referencia para en los tratamientos para el espolón calcáneo de los pacientes que lleguen a terapia.

Además, los resultados que se obtendrán permitirán tener una evidencia científica que a la vez tendrá toma de decisiones y el accionar fisioterapéutico. De este modo, se espera alcanzar un bienestar y poder ampliar el abanico de posibilidades de la intervención terapéutica, en este caso, del espolón calcáneo.

### **4.2.2 Objetivos**

#### General

Evaluar los efectos de la aplicación de las ondas de choque sobre el dolor en un paciente de 56 años con espolón calcáneo.

#### Específicos

- Diseñar un protocolo de tratamiento con ondas de choque para un paciente con espolón calcáneo.
- Aplicar el protocolo de ondas de choque en sesiones programadas de rehabilitación.
- Evaluar los niveles de dolor antes, durante y después de la intervención mediante una escala validada.

### **4.2.3 Protocolo de la aplicación de las ondas de choque**

*Tabla 6. Aplicación de las ondas de choque.*

Frecuencia y duración	
Numero de sesiones por semana	2 sesiones (Lunes y martes)
Duración de cada sesión	30 minutos por sesión
Total de sesiones	5 sesiones
Intervalo de pausa	1-2 minutos entre series

Tipo	Onda de Choque Focal de Baja Energía
Frecuencia	4 Hz
Numero de disparos	1000 disparos por sesión

**Nota.** Frecuencia y duración de la aplicación de las ondas de choque

**Tabla 7. Protocolo.**

Protocolo de la aplicación de las ondas de choque	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jamás fue empleada sedación tópica. Sujeto en postura horizontal con la extremidad doliente en sutil inclinación inferior (ubicación de descanso).</li> <li>• Sustancia transmisora: Empleada para impedir la devolución y la desviación del impulso ultrasónico</li> <li>• Fueron administrados 1000 impactos por intervención.</li> <li>• La cadencia máxima del dispositivo fue de 4 Hz.</li> <li>• La película de conexión empleada en el instrumento fue la cifra 25.</li> <li>• Durante la terapia el aplicador fue movido sobre el territorio del calcáneo afectado, impactando sobre la zona más sensible (anteriormente identificada mediante palpación).</li> </ul>	
Procedimiento de la aplicación de las ondas de choque	
Tiempo de aplicación	Descanso
5 minutos: 200 disparos	1 minutos
5 minutos: 200 disparos	1 minutos

5 minutos: 200 disparos	1 minutos
5 minutos: 200 disparos	1 minutos
5 minutos: 200 disparos	1 minutos

*Nota.* Protocolo de la aplicación de las ondas de choque.

## **GLOSARIO**

**Sistema Nervioso Central:** formado por el encéfalo, cerebro, cerebelo y tronco encefálico.

**Sistema Nervioso Periférico:** formado por los nervios que salen del encéfalo.

**Dolor:** es una respuesta física, además es una percepción influenciada por factores psicológicos, sociales y culturales.

**Escala de valoración del dolor:** es una herramienta clínica, utilizada para medir la intensidad, duración y características del dolor.

**Neurodinámica:** estudio del movimiento y la mecánica del sistema nervioso.

**Células gliales:** son células del sistema nervioso que no tienen función de conducción de impulsos.

**Parálisis:** es la pérdida total o parcial de la capacidad de movimiento voluntario en una o varias partes del cuerpo.

**Hipoestesia:** disminución de la sensibilidad en alguna parte del cuerpo.

**Neuralgia:** dolor intenso agudo y punzante que sigue el trayecto de un nervio.

**Ondas de Choque:** ondas acústicas o sonoras de alta velocidad y presión se aplican a través de un fluido y se transmiten a los tejidos musculoesqueléticos.

**Calcáneo:** hueso que conforma el talón del pie.

**Pie Plano:** ausencia o disminución del arco longitudinal medial del pie cuando la persona está de pie.

**Fascia Plantar:** banda gruesa y fuerte de tejido conectivo fibroso que se extiende desde el tubérculo medial del calcáneo hacia la base de los dedos del pie.

**Espolón calcáneo:** proliferación ósea que se forma en el hueso del talón, causar dolor e inflamación en la planta del pie.

**Calcificaciones:** depósitos de sales de calcio en los tejidos del cuerpo, que pueden hacer que estos tejidos se endurezcan.

**Micro ruptura:** Lesión pequeña y parcial en la cual se produce un desgarro microscópico en la estructura del tejido.

**Astrágalo:** hueso tarsiano ubicado en la parte superior del pie, que forma la articulación principal del tobillo.

**Cuboides:** hueso corto, de forma irregular cúbica, ubicado en la parte lateral del pie, específicamente en la fila distal del tarso.

**Retropié:** parte posterior del pie, compuesta principalmente por los huesos astrágalo y calcáneo.

**Protuberancia:** prominencia o parte sobresaliente en una estructura, generalmente ósea o anatómica.

**Prisma:** forma alargada y con caras planas.

**Fíbula:** conocido como peroné, hueso largo y delgado ubicado lateralmente en la pierna.

**Anastomosis:** conexión o comunicación entre dos estructuras tubulares del organismo, como vasos sanguíneos.

**Espondilitis:** inflamación de una o más vértebras en la columna vertebral.

**Porosidad:** Propiedad de un material que representa la proporción del volumen ocupado por espacios vacíos o poros en relación con el volumen total del material.

**Ondas radiales:** ondas acústicas de alta energía utilizadas en fisioterapia que se propagan de forma divergente o radial a través de los tejidos superficiales del cuerpo.

**Ondas focales:** son pulsos acústicos de alta energía que se dirigen con precisión a un punto específico de los tejidos profundos.

**Tendón de Aquiles:** Estructura que conecta los músculos de la pantorrilla con el calcáneo, esencial para la marcha y el salto.

**Tendinopatía aquilea:** Lesión degenerativa del tendón de Aquiles causada por sobreuso o microtraumas repetidos.

**Ejercicios excéntricos:** Contracciones musculares donde el músculo se alarga mientras mantiene tensión.

**Plastia del tendón de Aquiles:** Cirugía reconstructiva para reparar o reforzar el tendón tras una rotura.

**Rehabilitación postquirúrgica:** Proceso terapéutico que busca restaurar la función y fuerza tras una cirugía.

**Carga progresiva:** Incremento gradual de resistencia o fuerza aplicada para favorecer la adaptación del tendón.

**Neovascularización:** Formación de nuevos vasos sanguíneos en el tendón lesionado durante su reparación.

**Remodelado tendinoso:** Reorganización del colágeno tendinoso para recuperar fuerza y funcionalidad.

**Dorsiflexión:** Movimiento que eleva la parte superior del pie hacia la pierna.

**Heavy Slow Resistance (HSR):** Entrenamiento de resistencia lenta y pesada usado en rehabilitación tendinosa.

**Mid-portion tendinopathy:** Lesión localizada en la parte media del tendón de Aquiles, común en deportistas.

**Insertional tendinopathy:** Lesión en el punto donde el tendón se inserta en el hueso calcáneo.

**Isométrico:** Tipo de contracción sin movimiento articular, útil para reducir dolor sin sobrecarga.

**Sobrecarga mecánica:** Exceso de tensión sobre el tendón que puede causar o agravar lesiones.

**Adaptación tisular:** Respuesta del tendón ante la carga mecánica, fortaleciendo su estructura.

**Tendon loading:** Exposición controlada del tendón a carga mecánica para estimular su recuperación.

**Transducción mecánica:** Conversión de estímulos mecánicos en señales biológicas dentro del tendón.

**Readaptación funcional:** Fase avanzada que busca recuperar fuerza y movimiento funcional.

## BIBLIOGRAFÍAS

- Adriazola, M. (2025). Asociación entre debilidad muscular, condiciones de salud y estilos de vida en personas mayores. *Revista cubana de medicina militar*, 52(4).  
doi:<https://revmedmilitar.sld.cu/index.php/mil/article/view/2343>
- Alvarez, C. (2020). Tendinopatía insercional del tendón de Aquiles. 29(1).  
doi:<https://fondoscience.com/sites/default/files/articles/pdf/reaca.29175.fs2108027-tendinopatia-insercional-tendon-aquiles.pdf>
- Auersperg, V. (2020). Pubmed. Obtenido de Pubmed:  
<https://doi.org/10.1302/2058-5241.5.190067>
- Auersperg, V., & Trieb, K. (2020). Extracorporeal shock wave therapy: an update. *EFORT open reviews*, 5(10), 584–592.  
doi:<https://doi.org/10.1302/2058-5241.5.190067>
- Barrios, A. (2022). Características epidemiológicas, clínicas y terapéuticas de la ruptura de tendón de Aquiles. *Scielo*, 15(3).  
doi:<https://doi.org/10.35366/102362>
- Bianchi, H. (2020). Órgano oficial de la Asociación Argentina de Anatomía. *Revista argentina de anatomia online*, 11(3), 40.  
doi:<https://www.revista-anatomia.com.ar/archivo/2020-3-revista-argentina-de-anatomia-online.pdf>

- C, S. (2021). British journal of sports medicine. Obtenido de British journal of sports medicine: <https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-091961>
- Cancela, L. (2025). Adaptaciones musculotendinosas del tendón extensor común del codo en jugadores profesionales de bádminton: un estudio observacional. Elsevier, 47(3). doi:10.1016/j.ft.2025.02.003
- Castro-Maldonado, P. (2021). Tendinopatías, Programa de ejercicios excéntricos en deportistas. Revista Digital: Actividad Física y Deporte, 7. doi:10.31910/rdafd.v7.n1,2021.1674
- Catalan, S. (2020). otura crónica del tendón de Aquiles asociada a rotura del tendón peroneus brevis. Caso clínico. Elsevier, 63(5). doi: 10.1016/j.recot.2018.03.007
- Catellini, J. (2022). Parámetros biomecánicos de la función del. Rev Asoc Argent Ortop traumatol , 87(6). doi:<https://orcid.org/0000-0002-5665-480X>
- Catigoni, C. (2023). Enfermedades neuromusculares. Epidemiología y políticas de salud en Chile. Elseiver. doi:10.1016/j.rmclc.2018.09.003
- Chalk, C. (2024). Science Direct . Obtenido de Science Direct : <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90108-6.00015-6>

- Chimenti, R., NEVILLE, C., HOUCK, J., CUDDEFORD, T., CARREIRA, D., & MARTIN, R. (2024). Dolor, rigidez y músculo del tendón de Aquiles Déficit de potencia: porción media del tendón de Aquiles Revisión de tendinopatía. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 54(12), 743-785. doi:doi:10.2519/jospt.2024.0302
- Cisneros, M. (2022). Rehabilitación y capacidad funcional en la salud del siglo XXI. Scielo. doi:10.23938/assn.1028
- De la Corte-Rodríguez, H. (2023). National Library of Medicine. Obtenido de National Library of Medicine: <https://doi.org/10.3390/healthcare11212830>
- Escolona, C. (2022). Anatomía Humana I. UCA, 100. doi:http://medicina.uca.es/wp-content/uploads/2023/08/Anatomia-Humana-2022-1.pdf
- Fernande, c. (2023). Explorando la dinámica de la marcha humana: Una revisión de sistemas de análisis basados en dispositivos de captura de imágenes. Scielo, 18(35). doi:10.31908/19098367.2982.
- Francis, G. (Octubre de 2021). Science Direct. Obtenido de Science Direct: <https://doi.org/10.1016/j.msksp.2021.102427>
- Garcia, D. (2021). Influencia en la extensibilidad en el tríceps sural en equilibrio en adultos mayores. *Emasf*, 12(71). doi:10.2012/182

- Garcia-Garcia, D. (2021). Influencia de la extensibilidad del triceps sural sobre el equilibrio dinámico en mujeres mayores,. Revista digital. doi:file:///C:/Users/JENNYFER/Downloads/Dialnet-InfluenciaDeLaExtensibilidadDelTricepsSuralSobreEl-7974390.pdf
- Gerra, F. (2020). Inestabilidad de tobillo: etiología, nuevos conceptos. REVISTA ESPAÑOLA DE, 27(1), REVISTA ESPAÑOLA DE. doi:10.24129/j.reaca.27167.fs1909044
- Glover, N. M. (Noviembre de 2023). National Library of Medicine. Obtenido de National Library of Medicine: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK534840/>
- Gragossian, A. (Agosto de 2023). National Library of Medicine . Obtenido de National Library of Medicine : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK537304/>
- Grande, J. (2020). Rotura en tendón de Aquiles: manejo postquirúrgico para acelerar el regreso. Revista ciencias complutenses , 13(1). doi:10.5209/RICP.62341
- Griffin, C., Daniels , K., Hill, C., Franklyn-Miller, A., & Morin , J.-B. (2021). Un programa de rehabilitación basado en criterios para la tendinopatía crónica de la porción media del tendón de Aquiles: protocolo de estudio para un ensayo controlado aleatorizado.

BMC Musculoskelet Disord, 22. doi:doi.org/10.1186/s12891-021-04553-6

Jaramillo, A. (2024). Cuidados perioperatorios en pacientes con colgajos libres: experiencia institucional. Scielo, 50. doi:10.4321/s0376-78922024000100011

Jayaseelan, D., Mischke, J., & Strazzulla, R. (2019). Ejercicio excéntrico para la tendinopatía aquilea: una revisión narrativa y consideraciones para la toma de decisiones clínicas. Journal of functional morphology and kinesiology, 4(2), 34. doi:10.3390/jfmk4020034

Kaufman, R., & Guzmán, A. (2023). Rehabilitación de las tendinopatías de los miembros inferiores. Elsevier , 44(02), 12-16. doi:10.1016/S1293-2965(23)47626-8

Kiernan, H. (Febrero de 2021). National Library of Medicine . Obtenido de National Library of Medicine : doi: 10.5812/aapm.112823

Lopez, J. (2023). Efectos de la rehabilitación temprana en el paciente adulto en condición crítica: una revisión narrativa. Revista nutricion cronica y metabolica. doi:10.35454/rncm.v6n2.505

Maestro, M. (2021). Músculos gastrocnemios cortos. Elsevier, 44, 6-14. doi:10.1016/S1762-827X(20)44603-6

- Martínez, G. (Julio de 2022). Universidad de Barcelona . Obtenido de Universidad de Barcelona : <http://hdl.handle.net/10803/694697>
- Michael Daly, C. L. (Marzo de 2022). Pubmed. Obtenido de Pubmed: [10.1016/j.ocl.2022.01.001](https://doi.org/10.1016/j.ocl.2022.01.001)
- Morales, c. (2020). Fisiología y mecanobiología del tejido tendinoso y muscular. REVISTA ESPAÑOLA DE, 29(1). doi:10.24129/j.reaca.29175.fs2107024
- Nasheed I Jamal, N. L. (19 de Julio de 2021). Medscape. Obtenido de Medscape: <https://emedicine.medscape.com/article/1141674-clinical>
- Perez, M. (2022). Papel de las técnicas de imagen en el diagnóstico de la hipertrofia selectiva del músculo tensor de la fascia lata. Elsevier, 64(4). doi: 10.1016/j.rx.2021.06.006
- Pringels , L., Capelleman, R., Van den Abeele , A., Burssens , A., Planckaert, G., Wezenbeek , E., & Vanden Bossche , L. (2025). Eficacia de la reducción de la compresión tendinosa en la rehabilitación de la tendinopatía aquilea insercional: un ensayo clínico aleatorizado. British journal of sports medicine, 9(59), 640–650. doi:doi.org/10.1136/bjsports-2024-109138
- Prudencio, D., Maffulli, N., Migliorini, F., Serafim , T., Nunes, L., Sanada, L., & Okubo , R. (2023). El ejercicio excéntrico es más efectivo que otros ejercicios en el tratamiento de la tendinopatía

de la porción media del tendón de Aquiles: revisión sistemática y metanálisis. *BMC Ciencias del Deporte, Medicina y Rehabilitación*, 15(9). doi:doi.org/10.1186/s13102-023-00618-2

Qureshi, A. U., Hameed , M., Umar , M., Yasir, U., Abbas , Z., Jamil, S., . . . Ibrahim Raza , M. (2024). Estudio comparativo de la técnica Graston y el protocolo Alfredson en el tratamiento de la tendinopatía aquilea. *Cureus*, 16(6), e62249. doi:doi.org/10.7759/cureus.62249

Radovanović, G., Bohm , S., Peper, K., Arampatzis, A., & Legerlotz , K. (2022). Ejercicios tendinosos de alta carga basados en evidencia durante 12 semanas aumentan la rigidez y el área transversal del tendón en la tendinopatía de Aquiles: un ensayo clínico controlado. *Sports Med - Open*, 8, 149. doi:doi.org/10.1186/s40798-022-00545-5

Rizzo, G. (2021). Manejo de las lesiones musculares del tríceps sural en deportistas adultos jóvenes y de mediana edad: revisión narrativa de la literatura. *Revista Española de Artroscopia y Cirugía Articular*. doi:10.24129/j.reaca.29175.fs2002013

Salazr, J. (2022). Actualización en técnicas quirúrgicas para desgarrros. *Reciamuc*. doi:10.26820/reciamuc/6

Sanchez, R. (2020). Ruptura crónica del tendón de Aquiles reconstruida con el tendón peroneo corto. *SciELO*, 34(1).

doi:[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-215X2020000100011](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-215X2020000100011)

Simplicio, C. L. (2020). Journal of clinical orthopaedics and trauma. Obtenido de Journal of clinical orthopaedics and trauma: <https://doi.org/10.1016/j.jcot.2020.02.004>

Simplicio, C. L., Purita, J., Murrell, W., Santos, G., Dos Santos, R., & Lana, J. F. (2020). Extracorporeal shock wave therapy mechanisms in musculoskeletal regenerative medicine. Journal of clinical orthopaedics and trauma, 11(3), S309–S318. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jcot.2020.02.004>

Speed, C. (2021). A systematic review of shockwave therapies in soft tissue conditions: focusing on the evidence. British journal of sports medicine, 48(21), 1538–1542. doi:[doi:doi.org/10.1136/bjsports-2012-091961](https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-091961)

Stevens, M., & Tan, C.-W. (2014). Eficacia del protocolo Alfredson comparado con un protocolo de menor volumen de repeticiones para la tendinopatía de Aquiles de la porción media: un ensayo controlado aleatorizado. The Journal of orthopaedic and sports physical therapy, 44(2), 59–67. doi:[doi:doi.org/10.2519/jospt.2014.4720](https://doi.org/10.2519/jospt.2014.4720)

Van der Plas, A., De Jonge, S., De Vos, R., Van der Heide, H., Verhaar, J., Weir, A., & Tol, J. (2011). Estudio de seguimiento de 5 años

del programa de ejercicios de Alfredson para la caída del talón en la tendinopatía crónica de la porción media del tendón de Aquiles. *British journal of sports medicine*, 46(3), 214-218. doi:<https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090035>

Verdejo, A. (2021). Tendinopatía. *Salud*, 42(4). doi:<http://riull.ull.es/xmlui/handle/915/15226>

Vergara-Armador, E. (2023). Anatomía humana. Inicios y actualidad]. *Rev Col Or Tra.*, 4, 37. doi:[doi.org/10.58814/01208845.238](https://doi.org/10.58814/01208845.238)

Villacis, L. (2023). Alteraciones de la marcha en pacientes con reconstrucción del ligamento cruzado anterior por autoinjerto: revisión sistemática. doi:[10.59169/pentaciencias.v5i7.908](https://doi.org/10.59169/pentaciencias.v5i7.908)



**Abordaje fisioterapéutico en casos clínicos**, se publicó en el mes de diciembre de 2025.

**ISBN: 978-9907-0-0547-9**

**Grupo Editorial BLR**  
**Ecuador**  
**Cel: +593 98 320 4362**  
**[https://grupoblr.com/  
publicaciones@grupoblr.com](https://grupoblr.com/publicaciones@grupoblr.com)**

## BIOGRAFÍA DE LOS AUTORES

---

### **Karen Pamela Llerena Quishpe:**

Licenciada en Ciencias de la Salud en Terapia Física y Deportiva Universidad Nacional de Chimborazo Máster en Gerontología y atención centrada en la persona Universidad Internacional de Valencia.

### **Silvana Estefania Vega Vasco:**

licenciada en Terapia Física -Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Maestro em Geriátría y Gerontologías- Universidad Peruana Cayetano Heredia.

### **Lupe Enriqueta Marín Parra:**

Licenciada en Terapia Física y Deportiva. Universidad Nacional de Chimborazo Magister en Terapia Respiratoria. Universidad de las Américas.

### **Sandy Guadalupe Fierro Vasco:**

Doctora en Medicina y Cirugía Universidad Central del Ecuador. Especialista en Medicina del Deporte. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Magister en Epidemiología para la Salud Publica. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Doctora en Ciencia Médicas.

# ABORDAJE FISIOTERAPÉUTICO EN CASOS CLÍNICOS

---

**Estimado lector,** este libro se enfoca en la recuperación de la fuerza muscular del tríceps sural (gastrocnemios y sóleo) en un paciente de 58 años sometido a una plastia del tendón de Aquiles. La debilidad postquirúrgica de estos músculos afecta gravemente la marcha, reduciendo la capacidad de propulsión y estabilidad del tobillo.

Para la rehabilitación se aplicó el Protocolo de Alfredson, el cual utiliza ejercicios excéntricos (caídas de talón en un escalón) para promover la reorganización de las fibras de colágeno y aumentar la resistencia a las cargas. El estudio concluye que este enfoque es superior al reposo tradicional, logrando una mejora notable en la fuerza contra la gravedad y la funcionalidad del paciente, por lo que se recomienda su integración gradual en programas de rehabilitación postquirúrgica.

Agradecemos a todos los lectores que se acercan a esta obra con ánimo de aprender, aplicar y transformar.



Grupo Editorial BLR  
Ecuador  
Cel: +593 98 320 4362  
<https://grupobl.com/>  
[publicaciones@grupobl.com](mailto:publicaciones@grupobl.com)

ISBN: 978-9907-0-0547-9



9 789907 005479