GRADO EN FISIOTERAPIA



TRABAJO FIN DE GRADO

EFECTO DEL EJERCICIO AERÓBICO SOBRE EL DOLOR NEUROPÁTICO DEL NERVIO RADIAL EN PRACTICANTES DE FUERZA

EFFECT OF AEROBIC EXERCISE TO NEURODYNAMICS ON RADIAL NEUROPATHIC PAIN IN STRENGTH TRAINER PRACTITIONERS

Autores:

Loukia Abado - Luis Feijoo

Director:

Rubén Cuevas

Fecha:

07/05/2026

AUTORÍA

Declaración de autoría y originalidad del trabajo de fin de grado:

Por medio del presente, Loukia Abado y Luis Feijoo Gálvez alumnos del grado en fisioterapia de las Escuelas Gimbernat-Cantabria en relación con el Trabajo de Fin de Grado (TFG) titulado "*Efecto del ejercicio aeróbico sobre el dolor neuropático del nervio radial en practicantes de fuerza*", declaro que es de mi autoría y original.

Asimismo, declaro que depositando este TFG y firmando el presente documento confirmo que:

- Este TFG es original y he citado las fuentes de información debidamente.
- La autoría del TFG es compartida por alumno y director.
- Soy plenamente consciente de que no respetar estos extremos es objetos de sanción por el órgano civil competente, y asumo mi responsabilidad ante reclamaciones relacionadas con la violación de derechos de propiedad intelectual.

En Torrelavega a 7 de mayo de 2026

Fdo: Loukia Abado y Luis Feijoo Gálvez





ÍNDICE

ABREVIATURAS **4**
RESUMEN **5**
ABSTRACT **6**
INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN **7**
Hipótesis y objetivos 12
Hipótesis 12
Objetivo general 12
Objetivos específicos 13
MATERIAL Y MÉTODOS **13**
Diseño 13
Población 14
Variables 15
Medidas y material de medición 16
Procedimiento y recogida de información 18
Aspectos éticos 20
PLAN DE TRABAJO **22**
Planificación 22
Diseño de la investigación 22
Ejecución del estudio 23
Procesamiento y análisis de resultados 24
Elaboración final del informe y difusión 25
DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN **26**
ANEXOS **29**
Anexo 1: 29
Anexo 2: 30
Anexo 3: 32
Anexo 4: 34
Anexo 5: 35
Anexo 6: 39
Anexo 7: 39
Anexo 8: 41
Anexo 9: 41
BIBLIOGRAFÍA **42**

ABREVIATURAS

- GI: Grupo Intervención
- FCR: Frecuencia Cardiaca de Reserva
- GC: Grupo Control
- SF-36: Short Form Health Survey
- HADS: Hospital Anxiety and Depression Scale
- NRS: Numeric Rating Scale
- DASH: Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand
- ROM: Rango de Movimiento
- EVA: Escala Visual Analogica
- IG: Intervention Group
- HRR: Heart Rate Reserve
- CG: Control Group
- VAS: Visual Analogue Scale
- IASP: International Association for the Study of Pain
- C5: raíz nerviosa cervical número 5
- T1: raíz nerviosa torácica número 1
- TNF-α: factor de necrosis tumoral alfa
- IL-1β: interleucina 1 beta
- SPIRIT: Standard Protocol Items: Recommendations for interventional trials
- ULTT 2B: Upper Limb Tension Test 2B
- IMC: Índice de Masa Corporal
- OMS: Organización Mundial de la Salud
- cm: centímetros
- HADS-A: Subescala de Ansiedad
- HADS- D: Subescala de Depresión
- IPA: Índice de Paquetes por Año
- L.F: Luis Feijoo
- L.A: Loukia Abado

- FC: Frecuencia Cardiaca
- t0: tiempo zero
- t1: tiempo uno
- t2: tiempo dos
- GCP/ICH: Good Clinical Practice / International Council for Harmonisation
- CEIm / CEIC: Comité de Ética de Investigación
- RGPD: Reglamento General de Protección de Datos
- LOPDGDD: Ley Orgánica de Protecciones de Datos y Garantía de los Derechos Digitales
- JOSPT: Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy
- CONSORT: Consolidated Standard of Reporting Trials

RESUMEN

Introducción: La neuropatía del nervio radial presenta una alta incidencia en deportistas de fuerza debido a la constante sobrecarga mecánica. Tradicionalmente, la neurodinámica se ha empleado para reducir la mecanosensibilidad neural periférica. Sin embargo, su combinación con el ejercicio aeróbico, conocido por activar vías inhibitorias descendentes del dolor, podría ofrecer un abordaje más completo y eficaz.

Objetivo: Evaluar la eficacia del ejercicio aeróbico coadyuvante a la neurodinámica como intervención no farmacológica para la reducción del dolor neuropático del nervio radial en practicantes de fuerza.

Material y métodos: Se ha realizado un ensayo clínico aleatorizado en Cantabria con 66 participantes. El GI llevará a cabo sesiones de neurodinámica junto con sesiones de ejercicio físico aeróbico utilizando una bicicleta estática (60-70% FCR). El GC solo recibirá neurodinámica. El estudio se llevará a cabo durante un periodo de 12 semanas, registrando la calidad de vida (SF-36), el estado de ánimo (HADS), las parestesias (NRS), la funcionalidad (DASH, ROM y fuerza) y el dolor (EVA).

Plan de trabajo: Desde octubre de 2025 hasta enero de 2027, el proyecto se divide en cinco etapas: planificación, diseño, ejecución, análisis estadístico y difusión.

Discusión y conclusión: se prevé que, al añadir ejercicio aeróbico, se reduzca aún más los signos positivos del dolor neuropático y se mejore la funcionalidad así como la calidad de vida y el estado de ánimo en comparación con la neurodinámica aislada. Esto evidencia la importancia de un enfoque multimodal para tratar esta neuropatía periférica.

Palabras clave: dolor neuropático, ejercicio aeróbico, nervio radial, deportistas.

ABSTRACT

Introduction: Radial nerve neuropathy presents a high incidence in strength athletes due to constant mechanical overload. Traditionally, neurodynamics has been used to reduce peripheral neural mechanosensitivity. However, its combination with aerobic exercise, known for activating descending pain inhibitory pathways, could offer a more complete and effective biopsychosocial approach.

Objective: To evaluate the efficacy of aerobic exercise as an adjuvant to neurodynamics as a nonpharmacological intervention for the reduction of radial neuropathic pain in strength training practitioners.

Material and methods: A randomized clinical trial has been designed in Cantabria with 66 participants. The intervention group (IG) will carry out neurodynamic sessions along with aerobic physical exercise sessions using a stationary bicycle (60-70% Heart Rate Reserve [HRR]). The control group (CG) will receive only neurodynamics. The study will be conducted over a 12-week period, recording quality of life (SF-36), mood (HADS), paresthesias (NRS), functionally (DASH, ROM, and dynamometer strength), and pain (VAS).

Work plan: From October 2025 to January 2027, the project is divided into five stages: planning, design, execution, statistical analysis, and dissemination.

Discussion and conclusion: It is anticipated that the addition of aerobic exercises will further reduce neuropathic pain and improve functionality compared to isolated neurodynamics. This supports the importance of a multimodal approach to treating this peripheral neuropathy.

Keywords: Neuropathic pain, aerobic exercise, radial nerve, athletes.

INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN

El dolor neuropático se define como aquel dolor causado por una lesión o enfermedad del sistema somatosensorial, según la redefinición propuesta por la International Association for the Study of Pain (IASP), que constituye el marco conceptual de referencia actual en la investigación y práctica clínica. Se caracteriza por síntomas como quemazón, descargas eléctricas, parestesias, alodinia e hiperalgesia, pudiendo coexistir con déficits sensitivos o motores, con una elevada carga clínica y un impacto significativo en la calidad de vida, tal como describen revisiones clínicas recientes sobre el dolor neuropático (1). A diferencia del dolor nociceptivo, el dolor neuropático implica alteraciones estructurales y funcionales tanto periféricas como centrales. Incluyen fenómenos de sensibilización central, definidos como un aumento de la excitabilidad y la eficacia sináptica de las neuronas del sistema nervioso central, lo que amplifica la percepción del dolor incluso en ausencia de estímulos nocivos relevantes (2). Incluyen también disfunción de los sistemas inhibitorios descendentes, en el contexto de un procesamiento alterado del dolor característico de la sensibilización central, ampliamente descrito en patologías musculoesqueléticas. (3)

Los signos positivos característicos de una afectación neural incluyen parestesias, dolor espontáneo, hiperalgesia y alodinia. Estos reflejan una excitabilidad anormal del sistema nervioso o una inhibición reducida. Las parestesias pueden asociarse a procesos de desmielinización, mientras que la neuroinflamación a diferentes niveles se relaciona con hiperexcitabilidad neuronal y aumento de la función sináptica. (4)

Las neuropatías por atrapamiento constituyen un subtipo relevante dentro del dolor neuropático periférico, caracterizado por la interacción de factores mecánicos, isquémicos y neuroinflamatorios que afectan la función del nervio. La compresión sostenida puede alterar el transporte axonal, generar edema intraneural y desencadenar cambios en la excitabilidad neuronal, contribuyendo tanto a la aparición de síntomas positivos como a déficits neurológicos. Además, estos procesos pueden incrementar la mecanosensibilidad del tejido neural, facilitando la persistencia del dolor incluso tras la resolución del estímulo mecánico inicial. (5)

Dentro de las neuropatías periféricas del miembro superior, la neuropatía del nervio radial constituye una entidad clínica relevante, aunque menos frecuente que la neuropatía del nervio mediano o cubital (6). El nervio radial se origina en el fascículo posterior del plexo braquial (C5–T1) y recorre el surco espiral del húmero antes de dividirse en sus ramas superficial y profunda. A lo largo de su trayecto puede sufrir compresiones mecánicas, especialmente en la arcada de Frohse, dando lugar al denominado síndrome del túnel radial (7).

Clínicamente, la neuropatía radial puede manifestarse mediante dolor en la región lateral del codo, antebrazo proximal y muñeca, debilidad en la extensión de muñeca y dedos, y alteraciones sensitivas en el dorso radial de la mano (6). En muchos casos, el dolor presenta características neuropáticas y puede confundirse con epicondilalgia lateral, dificultando el diagnóstico diferencial (8).

En el ámbito del entrenamiento de fuerza, los practicantes están sometidos a cargas repetidas, agarres mantenidos, muñequeras de potencia demasiado apretadas así como tensiones mecánicas elevadas que pueden generar fenómenos de compresión neural o irritación del nervio radial (9). Aunque la literatura en el ámbito del deporte se ha centrado principalmente en lesiones tendinosas, existe evidencia de que la mecanosensibilidad neural puede contribuir al dolor persistente en esta población (10).

Además, el dolor radicular cervical puede coexistir o simular una neuropatía radial periférica. La radiculopatía cervical implica la compresión o irritación de una raíz nerviosa y comparte mecanismos fisiopatológicos con las mononeuropatías, incluyendo inflamación neural y sensibilización central (11). Esta complejidad clínica refuerza la necesidad de intervenciones terapéuticas que aborden tanto el componente mecánico periférico como el componente neurofisiológico central.

La movilización neural o neurodinámica ha sido ampliamente descrita como una intervención dirigida a restaurar la movilidad y fisiología del sistema nervioso periférico, basándose en los principios de la neurodinámica clínica que integran la mecánica y la fisiología neural (12). Estas técnicas buscan mejorar el deslizamiento neural, reducir la mecanosensibilidad y favorecer la perfusión intraneural.

Este tipo de terapia se basa en las características del sistema nervioso, particularmente en el estrecho vínculo entre su mecánica y su fisiología, así como en su relación con los tejidos

circundantes. Anatómicamente, implican el movimiento secuencial de articulaciones a lo largo del trayecto nervioso, modificando su tensión y deslizamiento.

Los componentes biomecánicos del tratamiento incluyen el trabajo sobre la falta de deslizamiento y el exceso de tensión y/o compresión. Los componentes fisiológicos abordan la mecanosensibilidad y los trastornos de la circulación neural y sanguínea.

Según Coppieters y Butler (13), las maniobras de neurodeslizamiento son menos agresivas y más apropiadas en fases agudas, ya que permiten movilizar el nervio sin aumentar significativamente la tensión neural. Estas técnicas permiten drenar el edema intraneural favoreciendo la reducción de síntomas sin exacerbar la irritación. Además, cargas aplicadas lentamente permiten una mejor adaptación del tejido neural.

A nivel fisiológico, la movilización neural genera una serie de efectos relevantes sobre el sistema nervioso. En primer lugar, induce la dispersión del fluido intraneural, favoreciendo un entorno mecánico y metabólico más adecuado para el tejido nervioso (14). Además, contribuye a la reducción de la nocicepción al normalizar la respuesta de las células gliales satélite en los ganglios de la raíz dorsal y de los astrocitos medulares, lo que sugiere un efecto modulador sobre los mecanismos neuroinflamatorios (15). Asimismo, produce una hipoalgesia inmediata (aunque no sostenida en el tiempo) mediada principalmente por fibras C, lo que explica el alivio rápido del dolor observado tras su aplicación (16). Por último, se ha descrito que modula la expresión de opioides endógenos en la sustancia gris periacueductal y que, en modelos animales de dolor neuropático, mejora la fuerza y la movilidad, evidenciando un impacto tanto sensorial como funcional. (17)

Una revisión sistemática de Basson et al. concluyó que la movilización neural puede reducir el dolor y mejorar la función en neuropatías periféricas como el síndrome del túnel carpiano. (18) Asimismo, en pacientes con radiculopatía cervical, la neurodinámica ha demostrado beneficios clínicos en la reducción del dolor y la discapacidad (19).

En relación con el nervio radial, estudios experimentales han mostrado que las técnicas de deslizamiento neural modifican la mecanosensibilidad y el rango de movimiento en sujetos sintomáticos (13). Sin embargo, la evidencia específica en neuropatía radial es limitada y la mayoría de los estudios presentan tamaños muestrales reducidos o diseños metodológicos heterogéneos.

Por tanto, aunque la neurodinámica constituye una intervención respaldada por la evidencia en diversas neuropatías del miembro superior, cuya evaluación y tratamiento han sido ampliamente descritos en la literatura clínica reciente (20); su eficacia específica en neuropatía radial asociada a práctica de fuerza no ha sido suficientemente investigada.

El ejercicio aeróbico ha demostrado efectos analgésicos mediados por múltiples mecanismos neurofisiológicos, ampliamente respaldado por revisiones recientes(20,21). Entre ellos destacan la activación de los sistemas inhibitorios descendentes, la liberación de opioides endógenos y la modulación de neurotransmisores como la serotonina y noradrenalina, así como cambios en la modulación central del dolor. Estos mecanismos claves, implicados en la hipoalgesia inducida por ejercicio, están respaldados tanto por estudios experimentales en modelos animales (22), como por revisiones recientes en humanos que confirman estos efectos en contextos clínicos.(23).

Koltyn describió el fenómeno de hipoalgesia inducida por ejercicio, consistente en una reducción transitoria de la percepción dolorosa tras actividad aeróbica moderada (24). Posteriormente, Naugle et al. confirmaron que el ejercicio puede modular la sensibilidad al dolor mediante mecanismos centrales (25).

En modelos animales de dolor neuropático, el ejercicio aeróbico regular ha mostrado reducción de hiperalgesia y cambios en la expresión de mediadores inflamatorios (22).

Además, el ejercicio en piscina y la marcha/carrera en tapiz rodante disminuyeron la sobreproducción de citoquinas proinflamatorias (TNF-α e IL-1β) (26) y redujeron alodinia mecánica y fría e hiperalgesia térmica en modelos de lesión nerviosa periférica (27, 28) . Estos hallazgos sugieren que el ejercicio progresivo puede constituir una terapia segura y coste-efectiva en diversos estados de dolor neuropático. Estudios experimentales en modelos animales (28) como revisiones sistemáticas en humanos como la de Bibonde et al.(29) evidencian mejoras en dolor y calidad de vida tras programas de ejercicio aeróbico en poblaciones con dolor crónico.

En humanos, pacientes con neuropatía diabética han experimentado mejoras en dolor y calidad de vida tras programas estructurados de ejercicio aeróbico (30).

Asimismo, en radiculopatía lumbar, intervenciones que incluyen ejercicio aeróbico han demostrado reducir dolor y discapacidad (31). No obstante, la mayoría de estos estudios se

centran en neuropatías metabólicas o radiculares, existiendo escasa evidencia sobre mononeuropatías por atrapamiento del miembro superior.

Algunos autores han sugerido que la combinación de intervenciones periféricas y centrales podría potenciar los efectos terapéuticos en dolor neuropático en líneas con la evidencia sobre la movilización neural (18) y con el enfoque multimodal y multidisciplinar recomendado en el manejo del dolor persistente en general como recoge el consenso de Arnold et al.(32). En el síndrome del túnel carpiano, estudios clínicos han mostrado que la combinación de movilización neural y ejercicio terapéutico produce mejoras superiores en comparación con intervenciones aisladas (33).

La hipótesis subyacente es que la neurodinámica actúa principalmente sobre la mecanobiología neural periférica, mientras que el ejercicio aeróbico podría modular la sensibilización central y mejorar la capacidad de inhibición descendente del dolor. Sin embargo, no se han identificado estudios que evalúen específicamente el efecto del ejercicio aeróbico como coadyuvante a la neurodinámica en neuropatía del nervio radial, particularmente en población deportista de fuerza.

Tras la revisión de la literatura científica disponible, se identifican varias lagunas relevantes que limitan la comprensión y el abordaje óptimo de esta condición. En primer lugar, se observa una escasez de estudios específicos centrados en la neuropatía radial en población deportista, lo que dificulta la extrapolación de resultados obtenidos en muestras generales o clínicas a contextos de alta demanda física.

Asimismo, la evidencia sobre intervenciones combinadas que integren ejercicio aeróbico y técnicas de neurodinámica es todavía limitada, pese al potencial sinérgico que ambas estrategias podrían ofrecer en la modulación del dolor y la mejora funcional.

Por otro lado, existe una ausencia de investigaciones dirigidas específicamente a practicantes de fuerza, una población con características biomecánicas particulares y exigencias funcionales elevadas que podrían influir tanto en la aparición como en la evolución de la neuropatía radial.

Finalmente, se aprecia un análisis insuficiente de los mecanismos neurofisiológicos subyacentes, incluyendo fenómenos como la sumación temporal, el *wind-up* y los procesos de modulación neuroinmunológica, aspectos clave para comprender en profundidad la persistencia del dolor y optimizar las estrategias terapéuticas.

La fisioterapia contemporánea se fundamenta en un modelo biopsicosocial del dolor que integra componentes periféricos y centrales (2). En este contexto, abordar únicamente el componente mecánico neural podría resultar insuficiente en casos donde exista sensibilización central y fenómenos de amplificación sináptica como el wind-up.

El presente estudio pretende aportar evidencia científica sobre una intervención combinada que actúe de forma sinérgica:

- A nivel periférico, mejorando el deslizamiento neural y reduciendo la mecanosensibilidad mediante neurodinámica.
- A nivel central, modulando la percepción del dolor, respuesta neuroinflamatoria y sistemas inhibitorios descendentes mediante ejercicio aeróbico.

En practicantes de fuerza, la optimización del tratamiento conservador es fundamental para evitar cronificación y reducir la necesidad de intervenciones invasivas. Además, esta población requiere estrategias que permitan mantener cierto nivel de actividad física durante el proceso terapéutico.

Por último, las lagunas existentes en la literatura justifican la necesidad de realizar un estudio que analice de manera específica el efecto del ejercicio aeróbico como coadyuvante a la neurodinámica en neuropatía radial en practicantes de fuerza.

Hipótesis y objetivos

Hipótesis

En los practicantes de fuerza con dolor neuropático del nervio radial, la adición del ejercicio aeróbico y de la neurodinámica, producirá una mayor reducción de los signos positivos, una mejora de la función, de la calidad de vida y del estado de ánimo, en comparación con la neurodinámica aislada.

Objetivo general

Evaluar la eficacia del ejercicio aeróbico coadyuvante a la neurodinámica como intervención no farmacológica para la reducción del dolor neuropático del nervio radial en practicantes de fuerza.

Objetivos específicos

1. Evaluar la eficacia del ejercicio aeróbico coadyuvante a la neurodinámica como intervención no farmacológica para la reducción de las parestesias en los practicantes de fuerza con dolor neuropático del nervio radial.

2. Analizar el efecto del ejercicio aeróbico coadyuvante a la neurodinámica sobre la calidad de vida en los practicantes de fuerza con dolor neuropático del nervio radial.

3. Analizar el efecto del ejercicio aeróbico coadyuvante a la neurodinámica sobre el estado de ánimo y bienestar emocional en los practicantes de fuerza con dolor neuropático del nervio radial.

4. Evaluar el efecto del ejercicio aeróbico coadyuvante a la neurodinámica en la funcionalidad del miembro superior tras la intervención en los practicantes de fuerza con dolor neuropático del nervio radial.

MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño

El proyecto consistirá en un protocolo de ensayo clínico aleatorizado que se llevará a cabo en la comunidad autónoma de Cantabria durante un periodo de 12 semanas comprendido entre julio y octubre de 2026. En el estudio se aplicará un cegamiento únicamente del analista, ya que tanto los participantes como los investigadores conocerán la asignación de los grupos.

El tamaño muestral constará de 66 personas (30 participantes + 10% por posibles pérdidas por grupo). Los participantes serán distribuidos de manera aleatoria en dos grupos, un grupo de intervención (GI, n=33) y un grupo control (GC, n=33). El grupo de intervención realizará ejercicios de neurodinámica del nervio radial y ejercicio aeróbico, mientras que el grupo control realizará únicamente ejercicios de neurodinámica del nervio radial.

Se dividirán en dos grupos aleatoriamente utilizando el programa *Research Randomizer (34)* con la finalidad de evitar el sesgo de selección en la asignación de los tratamientos.

El estudio se llevará a cabo según la declaración SPIRIT.(35)

Población

Los pacientes serán reclutados mediante una encuesta anónima (Anexo 1), confidencial y voluntaria, que se enviará a centros de salud y hospitales públicos y privados de Cantabria y centros deportivos, incluidos gimnasios de la comunidad de Cantabria.

Serán incluidos los participantes que cumplan los siguientes criterios.

- Edad comprendida entre 18 y 45 años
- Pacientes con signos positivos (dolor y/o parestesias) característicos de dolor neuropático.
- Test neurodinámico del nervio radial (ULTT 2B) positivo.
- Pacientes que practican musculación .
- Firma de un consentimiento informado

Serán excluidos del estudio los participantes que cumplan los siguientes criterios.

- Pacientes que presentan una neuropatía de origen sistémico o metabólico.
- Pacientes con signos negativos (pérdida de fuerza y/o sensibilidad) característicos de una afectación de la conducción nerviosa.
- Tener otras patologías conocidas, lesiones o cirugías recientes en la extremidad afectada que podrían ser la causa de signos positivos.
- Practicar ejercicio aeróbico antes del estudio.
- Participación en otros estudios.
- Mujer embarazada.
- Uso reciente de corticoides u opioides (<1 mes).

Variables

La variable independiente

- Ser incluido en el grupo control o grupo intervención: variable cualitativa dicotómica.

ejercicio aeróbico asociados a tratamiento de neurodinámica del nervio radial / únicamente tratamiento de neurodinámica del nervio radial

Las variables dependientes

- El dolor neuropático: variable cuantitativa continua codificada en centímetros.
- La parestesia: variable cuantitativa continua codificada en números del 0 al 10.
- La función del miembro superior: variable cuantitativa continua compuesta. Codificada en números en la escala DASH, en grados por el ROM y en kilogramos por la fuerza.
- La calidad de vida: variable cuantitativa continua codificada en números del 0 al 100.
- El estado de ánimo y bienestar emocional: variable cuantitativa continua codificada en números del 0 al 42.

Las variables de confusión:

- Tabaquismo: variable cuantitativa continua codificada en paquetes por año.
- Carga de entrenamiento: variable cuantitativa continua codificada en horas por semana.
- Tiempo de evolución de la lesión: variable cuantitativa continua codificada en días.
- Consumo de alcohol: variable cuantitativa continua codificada en gramos por semana.

Las variables demográficas:

- Edad: variable cuantitativa continua codificada en años.
- Sexo: variable cualitativa politómica codificada en femenino, masculino, no binario
- IMC: variable cuantitativa continua, posteriormente categorizada según criterios OMS como variable cualitativa politómica ordinal.

Medidas y material de medición

Las variables dependientes:

- El dolor neuropático se mide mediante la escala EVA (37). Esta escala es un método simple, no invasivo y validado para evaluar la intensidad subjetiva del dolor percibido durante el periodo de estudio. Consiste en una línea horizontal de 0 a 10 cm, donde 0 indica “sin dolor” y 10 “el peor dolor imaginable”. El participante marcará el punto que mejor represente su dolor en dos momentos del día: al despertarse y después de entrenar. La distancia desde el 0 hasta la marca se medirá en centímetros y se registrará en un documento informático. Todas las mediciones se realizarán a la misma hora del día, con instrucciones estandarizadas dadas por la misma persona para reducir variabilidad e influencias externas. Los puntos de corte serán: 0–1 cm → sin dolor clínicamente relevante; 1,1–3 cm → leve; 3,1–6 cm → moderado; 6,1–10 cm → severo. Se considerará cambio clínicamente significativo una variación ≥1 cm, según estándares tradicionales (38). No obstante, los resultados se interpretarán con cautela considerando evidencia reciente en patología radicular (39), que sugiere cambios detectables mayores (23–24 mm), aunque proceda de miembros inferiores, por compartir mecanismo neuropático.

- La parestesia se mide mediante la escala NRS (Numeric Rating Scale) (37). Evalúa la intensidad de sensaciones anormales como hormigueo, quemazón o entumecimiento. El paciente marcará en papel un número de 0–10 que representa la intensidad media, siguiendo instrucciones escritas y estandarizadas, en los mismos momentos que la EVA y a la misma hora del día. Se separarán claramente las preguntas de dolor y parestesias para evitar confusión semántica. Si refiere quemazón y hormigueo, se registrarán en escalas distintas. Los puntos de corte serán: 0 → ausencia; 1–3 → leve; 4–6 → moderado; 7–10 → severo. Un cambio ≥2 puntos se considerará clínicamente relevante (40).

- La función del miembro superior se evaluará integrando medidas subjetivas y objetivas.

  La evaluación subjetiva se realizará mediante el cuestionario Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand (DASH) (41), versión española validada. Es un instrumento

autoaplicado de 30 ítems que valora dolor, rigidez, debilidad y dificultad en actividades físicas, funcionales, sociales y laborales. Cada ítem se puntúa de 1 (sin dificultad) a 5 (incapaz), transformándose en una escala de 0 a 100 (0 = sin discapacidad; 100 = máxima discapacidad). Se completará en papel, con instrucciones estandarizadas y mismas condiciones para todos, evitando influencias externas y resolviendo solo dudas neutrales. Valores >15–20 puntos indicarán limitación funcional clínicamente relevante en población activa. Un cambio ≥10–15 puntos será clínicamente significativo.(42)

La evaluación objetiva incluirá el rango de movimiento (ROM), variable cuantitativa continua, medido con goniómetro universal de brazos largos (±1°). Se valorarán flexión/extensión y abducción/aducción de gleno-humeral, flexión/extensión de codo, pronación/supinación de antebrazo y flexión/extensión de muñeca. Se expresa en grados, en sedestación y por el mismo evaluador para reducir error interobservador. Será relevante una variación superior al error estándar de medida (5°–10°).(43)

La fuerza de prensión manual, variable cuantitativa continua, se medirá con dinamómetro hidráulico tipo Jamar en kilogramos. El procedimiento será en sedestación, hombro aducido y neutro, codo a 90°, antebrazo neutro y muñeca 0–30° extensión. Se realizarán tres mediciones con descansos de 30–60 segundos, registrando la media. Se considerará alteración una diferencia >15% respecto al contralateral o valores <percentil 25 según edad y sexo. Un cambio ≥5–6 kg o mejora >10–15% será clínicamente relevante.(44, 45)

- La calidad de vida se mide con el SF-36 (46), cuestionario autoinformado de 36 ítems que genera 8 dominios y dos componentes resumen, puntuados de 0 a 100 (mayor = mejor). Se empleará versión española en papel, con instrucciones estandarizadas y misma modalidad para todos, evitando ayudas que influyan. Se calcularán y normalizarán puntuaciones, registrando eventos intercurrentes (hospitalizaciones, nuevas patologías). En este estudio, menor puntuación implica peor calidad de vida. Una disminución ≥5 puntos en un dominio será relevante (47).

- El estado de ánimo y bienestar emocional se evaluará con el HADS (48). Es un cuestionario autoaplicado de 14 ítems: 7 ansiedad (HADS-A) y 7 depresión (HADS-D), cada uno puntuado 0–3 (subescalas 0–21). Se aplicará en papel, misma modalidad para

todos. Puntos de corte: 0–7 normal; 8–10 límite; ≥11 caso clínico. Un cambio ≥1,5–2 puntos o reducción 2–3 puntos será clínicamente relevante (49). Resultado ≥11 se considerará patológico (48).

Las variables de confusión se marcarán en la hoja de recogida de información.

- La carga de entrenamiento se registrará en horas por semana mediante. El participante añadirá el/los día/s de entrenamiento, número de sesiones, duración, tipo de actividad y uso de agarres. Se emplearán registros prospectivos para reducir el sesgo de memoria.
- El periodo de evolución de la lesión se determinará con un cuestionario en el que el participante indicará inicio de síntomas y fecha de diagnóstico. Esta información se verificará con la historia clínica, priorizando los datos registrados ante discrepancias.
- El tabaquismo es medido mediante el índice de paquetes por año (IPA), calculado a partir del número de cigarrillos diarios y los años de consumo. Para disminuir el error de memoria se usarán encuestas estandarizadas y registros prospectivos.
- El consumo de alcohol se evaluará con un cuestionario informatizado donde se registrarán tipo y cantidad de bebidas semanales, transformándose después en gramos mediante fórmula definida. Se recomendará registrar cada bebida inmediatamente para minimizar sesgos.

El control sistemático del tabaquismo y alcohol permitirá valorar su impacto, dado que pueden afectar la regeneración tisular y alterar las intervenciones.(50–52)

Las variables demográficas se evaluarán también mediante la hoja de recogida de información.

Procedimiento y recogida de información

Tras contactar por correo electrónico con la coordinación de la Escuela Universitaria de Fisioterapia Gimbernat, uno de los investigadores principales (L.F) obtuvo autorización para desarrollar el proyecto en una sala de la universidad. Se trata de un ensayo clínico aleatorizado que se realizará en la Comunidad Autónoma de Cantabria durante 12 semanas (julio–octubre de 2026). La captación se efectuará mediante una encuesta anónima distribuida en hospitales, centros de salud y lugares deportivos de Cantabria. Los investigadores principales (L.F y L.A) realizarán el cribado, excluyendo a quienes no cumplan criterios de inclusión o presenten

criterios de exclusión, y seleccionarán 66 participantes. La asignación a grupo intervención (GI, n=33) o grupo control (GC, n=33) se realizará mediante aleatorización simple con Research Randomizer.(34)

Posteriormente, se contactará con los seleccionados para una entrevista con ambos investigadores, donde se informará del grupo asignado, se explicarán las intervenciones y se presentarán los objetivos principal y secundarios. Se entregarán la hoja de recogida de información (Anexo 2), la hoja de información al participante (Anexo 3), con objetivos, diseño, procedimientos, duración, intervenciones, beneficios, riesgos, alternativas y protección de datos así como el consentimiento informado (Anexo 4). Se explicarán los aspectos éticos y el derecho a retirarse sin penalización ni pérdida de derechos asistenciales. Tras resolver dudas y sin presión, se solicitará la firma escrita antes de cualquier procedimiento. El GI realizará tres sesiones semanales de neurodinámica y de bicicleta estática; el GC solo tres sesiones semanales de neurodinámica, sin ejercicio aeróbico.

Las sesiones comenzarán con movilización cervical (Anexo 5), realizadas de forma lenta durante 10 repeticiones cada una. A continuación, se aplicarán deslizamientos neurales indoloros del nervio radial **(**Anexo 6**).** Se harán 4 series de 10 repeticiones con ritmo fluido y constante. La sesión finalizará con movilidad de la extremidad superior y del cuello sin tensión neural **(**Anexo7**)**.

Las sesiones de ejercicio aeróbico se llevarán a cabo en una bicicleta estática y tendrán una duración total de 40 minutos: 10 calentamiento, 20 fase principal y 10 de vuelta a la calma. Se prescribirá la intensidad de manera individual, empleando, la frecuencia cardíaca de reserva (FCR) (fórmula de Karvonen), en una zona de trabajo moderada del 60-70%. Para garantizar que se mantenga en la zona objetivo, la FC se monitoreará continuamente a través de una banda pectoral. (Anexo 6)

Se elige esta dosificación porque se ha comprobado que el ejercicio aeróbico de intensidad moderada es el umbral óptimo para activar los procesos de hipoalgesia inducido por ejercicio y regular de forma en que el dolor se procesa, previniendo así un empeoramiento de los síntomas que podría generar la alta intensidad. (23)

Todas las acciones serán realizadas por fisioterapeutas capacitados (L.F y L.A) siguiendo un protocolo estandarizado y anotando asistencia y seguimiento.

Posteriormente, uno de los investigadores (L.F) almacenará los datos en una base de datos informática.

Los investigadores principales (L.F y L.A) realizarán las evaluaciones en tres momentos: inicio (t0), semana seis (t1) y semana 12 (t2).

El dolor neuropático (EVA) y las parestesias (NRS) se medirán en dos momentos del día: al despertarse y después de entrenar. La calidad de vida (SF-36), el estado emocional (HADS) y la función (DASH, ROM y fuerza), se evaluarán únicamente al despertarse. Todas las escalas se administrarán con instrucciones estandarizadas, en formato papel y a la misma hora para cada participante.

Se recogerán prospectivamente variables de confusión: carga semanal, duración y tipo de entrenamiento, uso de agarres, tiempo de evolución de la lesión, tabaquismo y consumo de alcohol. Según estándares de la OMS, se registrarán sexo, edad e IMC, así como acontecimientos clínicos recurrentes o tratamientos con impacto potencial.

Los datos se almacenarán en una base protegida con accesos controlados, copias de seguridad y custodia del archivo maestro, permitiendo supervisión rigurosa y control de factores confusos.

Los recursos incluirán 8 bicicletas estáticas, 8 monitores de frecuencia cardíaca (banda pectoral), 8 pulsioxímetros, 2 cronómetros digitales, cuestionarios impresos (DASH, EVA, SF-36, NRS, HADS), 2 dinamómetros hidráulicos Jamar, 2 goniómetros universales, 2 camillas de fisioterapia, 2 taburetes, almohadas o cuñas y 2 ordenadores con registro digital de datos (hoja Excel)

También participarán dos fisioterapeutas (L.F y L.A) y un bioestadística.

Aspectos éticos

El ensayo clínico se realizará en la comunidad autónoma de Cantabria conforme a las normas de buena práctica clínica (GCP/ICH) y a los principios éticos de autonomía, beneficencia y justicia.

Antes de iniciar cualquier actividad, el protocolo y su documentación serán remitidos al Comité de Ética de Investigación (CEIm/CEIC) competente y a las autoridades regulatorias para obtener dictamen favorable, según la normativa española aplicable.

A los participantes se les entregará, antes de comenzar el estudio, el consentimiento informado (anexo 4) y la hoja de información (anexo 3), cumpliendo con la Declaración de Helsinki. En el consentimiento se detallarán los objetivos y métodos del estudio, los beneficios previstos, como la reducción del dolor y la mejora de la calidad de vida, y, los posibles riesgos derivados del ejercicio aeróbico.

El tratamiento de datos personales y de salud cumplirá el Reglamento 2016/679 y la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales. La información será confidencial, almacenada en un documento Excel y custodiada por los investigadores. Se implementará un plan de continuidad y gestión de incidentes que incluirá control de accesos, copias de seguridad, registros de auditoría y cifrado cuando proceda. El acceso a los datos se limitará al equipo investigador y al personal autorizado de monitorización, auditoría o inspección, garantizando trazabilidad y confidencialidad conforme a la legislación vigente.

Los participantes serán informados sobre sus derechos de acceso, rectificación, supresión, limitación del tratamiento y reclamación ante la Agencia Española de Protección de Datos. El archivo maestro del ensayo se custodiará, según el Real Decreto 1090/2015, durante al menos 25 años. La historia clínica se conservará conforme a la normativa del centro y los datos personales se eliminarán de forma segura e irreversible cuando corresponda.

Los resultados globales del estudio se enviarán por correo electrónico mediante clave de acceso en un plazo máximo de seis meses tras finalizar el análisis, y las publicaciones respetarán la confidencialidad individual. Los participantes podrán revocar su consentimiento en cualquier momento sin penalización. El protocolo incluirá datos de contacto para consultas o reclamaciones y referencia a la Agencia Española de Protección de Datos. Los responsables podrán interrumpir el estudio ante efectos adversos significativos o evidencia suficiente de beneficio.

PLAN DE TRABAJO

La implementación del siguiente protocolo de ensayo clínico se ha organizado con un cronograma que comprende 5 fases (Planificación - Diseño de la investigación - Ejecución del estudio - Procesamiento y análisis de resultados - Elaboración final del informe y difusión). Este plan incluye desde su creación teórica inicial en octubre de 2025 hasta la futura difusión de los resultados que se proyecta para enero de 2027.

Planificación

La primera etapa de planificación tuvo una duración de 6 semanas y estuvo comprendida entre octubre y noviembre de 2025. En esta fase se realizó una revisión bibliográfica y completa de la literatura científica con el objetivo de establecer los fundamentos teóricos y sacar los objetivos del estudio. *PubMed* y *Web of Science* fueron las principales bases de datos que se consultaron.

Durante esta etapa se realizaron diferentes tareas durante un periodo determinado.

- Identificación del problema clínico: se observó un déficit de pruebas acerca del tratamiento específico de la neuropatía radial en los practicantes de fuerza, siendo estos una población expuesta a cargas mecánicas altas.
- Análisis de las intervenciones: se revisaron investigaciones anteriores acerca de la efectividad de la neurodinámica y, lo más importante, se estudiaron los procesos fisiológicos que producen hipoalgesia por medio del ejercicio aeróbico.
- Establecimiento de metas: se definieron los objetivos secundarios y el objetivo principal (evaluar el dolor neuropático), garantizando que fueran cuantificables y relevantes.

Diseño de la investigación

La segunda etapa de diseño de la investigación estuvo comprendida entre noviembre de 2025 y junio de 2026. Durante este momento, se llevó a cabo la creación técnica del protocolo de un ensayo clínico aleatorizado. El propósito fue convertir la hipótesis teórica en un procedimiento que, con métodos sólidos, se pueda reproducir.

- Desarrollo del protocolo SPIRIT: de esta manera nos aseguramos la calidad del protocolo, elaborándolo de acuerdo con la declaración SPIRIT. Se establecieron los criterios de exclusión e inclusión, restringiendo la muestra a individuos que confirmaran los criterios.

- Selección de instrumentos: las herramientas de medición validadas fueron elegidas y acondicionadas: la escala EVA para el dolor, la NRS para las parestesias, la SF-36 para evaluar la calidad de vida, la HADS para medir el estado de ánimo y la DASH, el ROM y la fuerza para evaluar la función.

- Diseño de la intervención: se elaboraron los manuales de procedimiento para los terapeutas, especificando la técnica del desplazamiento neural y la dosificación del ejercicio en bicicleta estática (Anexo 5 y 6). Además, se elaboró la hoja de recogida de información para supervisar variables de confusión que son el consumo de alcohol, la carga de entrenamiento, el tiempo de evolución de la lesión y el tabaquismo.

- Trámites éticos: se elaboraron el Consentimiento informado (Anexo 4) y la hoja de información al paciente (Anexo 3). El 4 de junio del 2026 se envió el proyecto y se aprobó por el Comité ético, condición necesaria antes de llevar a cabo la ejecución.

Ejecución del estudio

La tercera etapa de ejecución del estudio tendrá un periodo de 14 semanas comprendidas entre julio y octubre de 2026. Esta etapa corresponde al trabajo de campo futuro, el cual se llevará a cabo en la Comunidad Autónoma de Cantabria.

Para ello realizaremos un reclutamiento y aleatorización desde el día uno de julio de 2026 hasta el día quince de julio de 2026. La difusión del estudio comenzará distribuyendo la encuesta anónima de captación (Anexo 1) en hospitales, gimnasios y centros sanitarios de Cantabria. Los candidatos serán captados por los investigadores y se llevará a cabo el cribado para garantizar que cumplen con los criterios. Utilizando el programa de *Research Randomizer*, se escogerán a los 66 participantes requeridos y serán distribuidos de manera aleatoria entre el Grupo Control (GC) o el Grupo Intervención (GI). Los participantes serán convocados para que firmen el consentimiento informado y se les explique con detalle el procedimiento.

Para continuar con la etapa de ejecución realizaremos la intervención y seguimiento el día 20 de julio hasta el día 9 de octubre de 2026, durando esta 12 semanas.

Antes de comenzar la primera sesión realizaremos la evaluación basal (t0), donde se recopilarán los datos sociodemográficos y las puntuaciones iniciales de EVA, NRS, HADS, DASH, ROM, fuerza y SF-36. A partir de aquí los dos grupos realizarán tres sesiones semanales de neurodinámica (movilización cervical y deslizamientos neurales del nervio radial). El GI incorporará a estas sesiones 40 min de ejercicio aeróbico en bicicleta estática, controlados con una banda pectoral para trabajar entre el 60-70% de la FCR. Durante la sexta semana realizaremos una evaluación intermedia (t1) donde llevaremos a cabo las mediciones para analizar la respuesta inicial al tratamiento. Por último, para prevenir sesgos en los resultados, se registrará la carga de entrenamiento externo, tabaco y alcohol a lo largo de estas semanas.

Para acabar la etapa de ejecución del estudio, llevaremos a cabo el cierre de la investigación. En este momento realizaremos la evaluación final (t2) después del tratamiento. Se verificará que la base de datos contenga todos los informes de asistencia y eventos recurrentes (lesiones o modificaciones en la medicación).

Procesamiento y análisis de resultados

La próxima etapa será la de procesamiento y análisis de resultados que durará 4 semanas y estará comprendida entre octubre de 2026 y noviembre de 2026.

Un bioestadístico llevará a cabo el análisis estadístico de los datos adquiridos. Está etapa resultará determinante para evaluar la efectividad del protocolo. Para asegurar la objetividad, se mantendrá el cegamiento y los datos serán proporcionados a un analista estadístico externo. Se llevará a cabo una limpieza de la base de datos para identificar errores de transcripción o valores anómalos. Se empleará un software particular (Jamovi o SPSS). Se llevará a cabo un análisis descriptivo de las variables basales para asegurar que los grupos eran comparables al principio y que la aleatorización fue exitosa.

Elaboración final del informe y difusión

La quinta y última etapa será la elaboración final del informe y su posterior difusión. Tendrá una duración de seis semanas comprendidas desde noviembre de 2026 a enero de 2027.

En esta etapa se redactará el artículo científico definitivo. Los investigadores combinarán los datos estadísticos con la discusión teórica, comparando los resultados con la bibliografía previa revisada de la etapa 1. Para la escritura del manuscrito se mantendrá la estructura estándar y las directrices de las guía CONSORT para ensayos clínicos. Conforme a lo estipulado en los aspectos éticos, se mandará, por correo electrónico,un resumen de los resultados a los participantes. Por último el estudio será remitido para que lo revisen los pares a una revista de gran impacto en la fisioterapia, como pueden ser:

- *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy (JOSPT).*
- *Rehabilitación: Revista de la Sociedad Española de Rehabilitación y Medicina Física.*
- *Physical Therapy in Sport.*

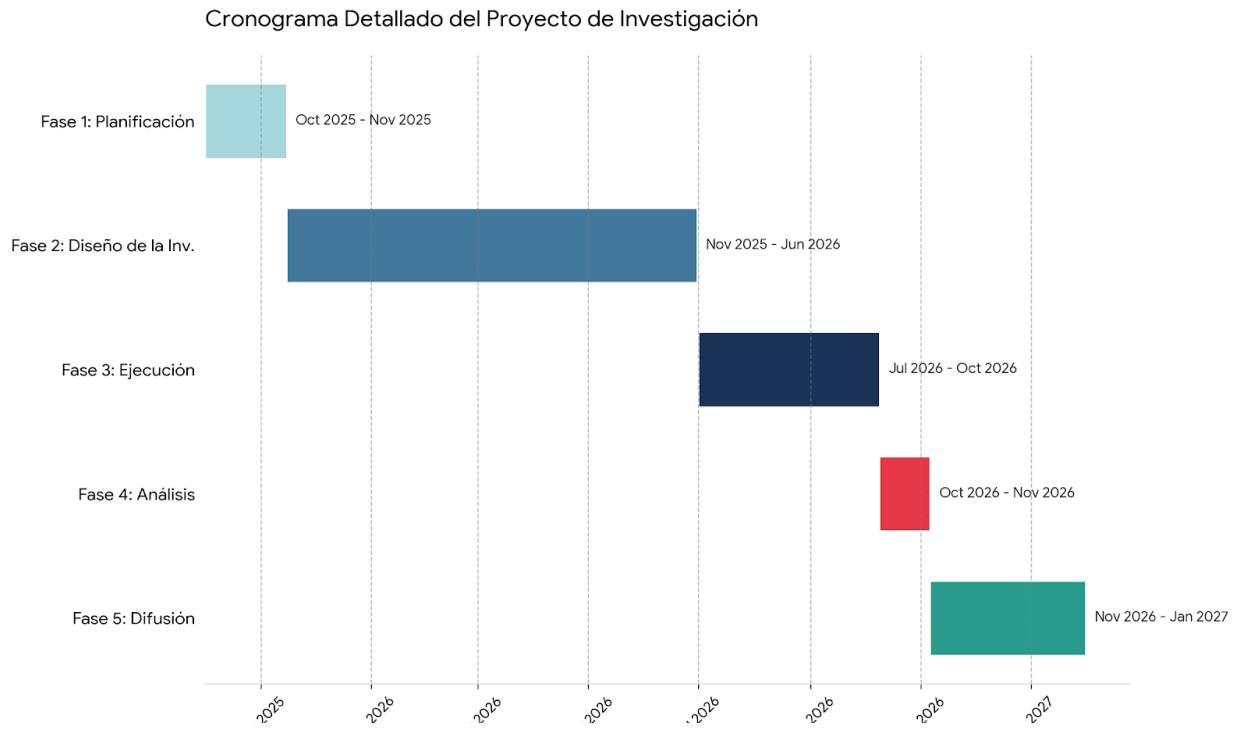


Figura 1: Cronograma del proyecto. Fuente: elaboración propia

DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

En el presente estudio, se espera que los resultados permitan aceptar la hipótesis planteada, evidenciando que la combinación de ejercicio aeróbico y neurodinámica es más eficaz que la neurodinámica aislada en la reducción del dolor neuropático y de las parestesias. Esta mejora no se limita únicamente a la sintomatología principal, sino que se extiende a variables clínicamente relevantes como la funcionalidad del miembro superior, la calidad de vida y el bienestar emocional. En conjunto, estos hallazgos refuerzan la importancia de abordar el dolor neuropático desde un enfoque integrador que contemple tanto los mecanismos periféricos como centrales. Asimismo, el estudio cumple con los objetivos propuestos y aporta evidencia en una población poco representada en la literatura, como son los practicantes de fuerza, contribuyendo a ampliar el conocimiento en este ámbito específico.

Al comparar los resultados esperados con la literatura existente, se observa que los hallazgos estarán en línea con estudios recientes que destacan los beneficios de la neurodinámica en condiciones musculoesqueléticas con componente neuropático. Muestran reducciones del dolor y mejoras funcionales, aunque con tamaños de efecto variables, lo que sugiere una eficacia dependiente del contexto clínico y de la dosificación de la intervención (53, 54). En particular, revisiones sistemáticas y metaanálisis recientes han evidenciado que la movilización neural puede mejorar el dolor y la función en comparación con intervenciones control, especialmente cuando se integra dentro de programas multimodales(53). Asimismo, estos resultados coinciden con investigaciones actuales que han demostrado el efecto analgésico del ejercicio aeróbico mediante mecanismos de modulación central, como la activación de sistemas inhibitorios descendentes y la regulación neuroinflamatoria, lo que contribuye a la hipoalgesia inducida por ejercicio (55).

La combinación de ambas intervenciones parece potenciar estos efectos, lo que respalda la hipótesis de sinergia terapéutica. De hecho, estudios recientes sugieren que la integración de tratamientos dirigidos tanto al componente periférico como central del dolor puede generar mayores beneficios clínicos que intervenciones aisladas (53).

Sin embargo, nuestros resultados también contrastan con investigaciones recientes que no han encontrado diferencias clínicamente relevantes entre intervenciones combinadas y tratamientos convencionales. Algunas revisiones sistemáticas actuales indican que la adición de técnicas de movilización neural a programas de fisioterapia estándar no siempre produce mejoras adicionales significativas en dolor o discapacidad, posiblemente debido a la heterogeneidad en los protocolos y a la variabilidad de las poblaciones estudiadas (56). Asimismo, la evidencia más reciente en población deportiva muestra resultados heterogéneos respecto a la eficacia de la neurodinámica, con limitaciones metodológicas y falta de consenso en los protocolos de aplicación (57). Estas discrepancias podrían explicarse por diferencias en la dosificación del ejercicio, la heterogeneidad de las muestras y la variabilidad en los diseños de intervención, así como por el hecho de que nuestro estudio se centra en una población específica, practicantes de fuerza, con demandas biomecánicas particulares que podrían influir en la respuesta al tratamiento.

Desde el punto de vista clínico, los resultados de este estudio presentan una aplicabilidad relevante. La inclusión del ejercicio aeróbico como complemento a la neurodinámica constituye una estrategia terapéutica accesible, segura y fácilmente integrable en la práctica fisioterapéutica. En términos prácticos, esta combinación podría favorecer una reducción más rápida del dolor y una recuperación funcional más completa, facilitando la reincorporación del paciente a su actividad habitual. En el caso de la población deportista, estos hallazgos adquieren una especial relevancia, ya que permiten mantener cierto nivel de actividad física durante el proceso de recuperación. Además, es importante destacar que la musculación forma parte del entrenamiento habitual de la mayoría de los atletas de alto nivel, independientemente de su disciplina principal. En este sentido, los resultados de este estudio no solo son aplicables a practicantes de fuerza, sino que podrían extrapolarse a una amplia variedad de deportistas que utilizan el entrenamiento de fuerza como complemento, aumentando así su relevancia clínica y deportiva.

En relación con los aspectos metodológicos, uno de los principales puntos fuertes del estudio es su enfoque integrador, abordando el dolor neuropático desde una perspectiva tanto periférica como central. A diferencia de otros trabajos, se ha incorporado de manera específica el ejercicio aeróbico como herramienta de modulación central, combinado con técnicas de neurodinámica dirigidas a la mecanosensibilidad neural. Asimismo, el control de variables potencialmente confusoras, como la carga de entrenamiento o ciertos hábitos de vida, contribuye a reforzar la validez interna de los resultados. No obstante, el estudio presenta limitaciones que deben ser consideradas. La ausencia de un grupo placebo puede haber influido en los resultados debido a efectos inespecíficos del tratamiento, y el cegamiento parcial podría introducir sesgos en la recogida de datos. Además, el tamaño muestral reducido y la limitada duración del seguimiento restringen la generalización de los hallazgos y su extrapolación a largo plazo. Estas limitaciones son coherentes con las observadas en estudios similares y ponen de manifiesto la necesidad de seguir investigando en este ámbito con diseños metodológicos más robustos.

A partir de estos resultados, se abren diversas líneas de investigación futura. Sería pertinente replicar este estudio con muestras más amplias y en diferentes contextos clínicos y deportivos. Del mismo modo, sería relevante realizar el mismo estudio en una población general no deportiva para confirmar la generalización de los hallazgos.

Otra línea de interés radica en profundizar en los mecanismos neurofisiológicos implicados, especialmente en la interacción entre la modulación central del dolor y los cambios en la mecanobiología neural. Otro enfoque de trabajo interesante podría consistir en estudiar el efecto del ejercicio aeróbico coadyuvante a la neurodinámica sobre el dolor crónico y/o agudo en general sin limitarse exclusivamente al dolor neuropático. Una línea de investigación alternativa de interés sería analizar el impacto de diferentes intensidades y dosificaciones de ejercicio aeróbico para optimizar los protocolos terapéuticos. Finalmente, los estudios a largo plazo permitirían evaluar la persistencia de los efectos y su posible papel en la prevención de recaídas.

En conclusión, los resultados del presente estudio confirmarán la hipótesis inicial, demostrando que la combinación de ejercicio aeróbico y neurodinámica es más eficaz que la neurodinámica aislada en el tratamiento del dolor neuropático del nervio radial en practicantes de fuerza. Esta intervención combinada, no solo mejora los síntomas clínicos, sino que también tiene un impacto

positivo en la funcionalidad y en la calidad de vida de los pacientes. En conjunto, estos hallazgos respaldan la implementación de enfoques terapéuticos multimodales en fisioterapia y sugieren que la integración del ejercicio aeróbico podría desempeñar un papel clave en el manejo del dolor neuropático, tanto en población general como en deportistas.

ANEXOS

Anexo 1:

ENCUESTA DE CAPTACIÓN Y CRIBADO DE PARTICIPANTES

ESTUDIO SOBRE EL DOLOR EN EL NERVIO RADIAL Y EJERCICIO FÍSICO

Somos dos estudiantes del Grado en Fisioterapia de las Escuelas Universitarias Gimbernat-Cantabria. Estamos llevando a cabo un ensayo clínico para evaluar la eficacia de un nuevo protocolo de tratamiento para el dolor neuropático y parestesias en el brazo (nervio radial). Estamos reclutando voluntarios que practiquen ejercicio de fuerza (pesas, gimnasio, crossfit, calistenia…) y sufran molestias en el brazo, muñeca y/o mano. La participación incluye valoración y tratamiento de fisioterapia gratuito durante 12 semanas.

A continuación marque con una X la opción que corresponda. La encuesta es anónima y sus datos solo se utilizarán con fines de investigación.

- DATOS GENERALES
    1. Edad: ( ) Menos de 20 años ( ) Entre 20 y 45 ( ) Más de 45 años
    2. Sexo: ( ) Hombre ( ) Mujer ( ) No binario
    3. ¿Está usted embarazada o cree que podría estarlo? ( ) Sí ( ) No ( ) No procede
    4. ¿Está usted participando actualmente en otro ensayo clínico o intervención experimental? ( ) Sí ( ) No
- HÁBITOS DEPORTIVOS
    5. ¿Realiza usted entrenamiento de FUERZA (pesas, máquinas, calistenia, etc.) de forma habitual? ( ) Sí ( ) No
    6. ¿Realiza usted entrenamiento AERÓBICO (correr, bicicleta, natación, etc.) de forma habitual? ( ) Sí ( ) No
- ESTADO DE SALUD Y SÍNTOMAS
    7. ¿Ha sentido dolor, hormigueo o quemazón en la parte posterior del brazo, antebrazo o dorso de la mano en los últimos 12 meses? ( ) Sí ( ) No

8. ¿Ha sentido falta de fuerza o de sensibilidad en la parte posterior del brazo, antebrazo o dorso de la mano en los últimos 12 meses? ( ) Sí ( ) No
9. ¿Ha sido diagnosticado/a por un médico o un fisioterapeuta de una lesión en el nervio radial? ( ) Sí ( ) No ( ) No lo sé, pero tengo síntomas compatibles
10. ¿Ha sufrido alguna cirugía, fractura o lesión grave en ese brazo en los últimos 6 meses? ( ) Sí ( ) No
11. ¿Padece alguna enfermedad sistémica (diabetes, problemas de tiroides, artritis reumatoide) diagnosticada? ( ) Sí ( ) No
12. ¿Ha tomado corticoides u opioides fuertes para el dolor en el último mes? ( ) Sí ( ) No

- CONTACTO

Si usted tiene entre 18 y 45 años, realiza ejercicio de fuerza, tiene molestias en el brazo y le gustaría participar en este estudio para recibir tratamiento gratuito, por favor, déjenos una forma de contacto para que le expliquemos los detalles sin compromiso.

Nombre_____Teléfono_____
_____Correo electrónico_____

De conformidad con la Ley Orgánica 3/2018 de Protección de Datos, le informamos que su contacto será únicamente para informarle sobre el estudio y será eliminado si finalmente no participa.

Anexo 2:

HOJA DE RECOGIDA DE INFORMACIÓN

Datos generales del paciente:

- Código de participante _____
- Edad (años)_____
- Sexo: ☐ Femenino ☐ Masculino ☐ No binario
- IMC_____

Asignación de grupo:

- ☐ GI
- ☐ GC

Variables dependientes:

Variable	Instrumento	Fecha	Valor	Observaciones
D. Neuropático	EVA (0-10)			
Parestesias	NRS (0-10)			
Calidad de vida	SF-36			
Estado emocional	HADS			
Funcion	ROM			
	DASH			
	fuerza			

Registro de intervenciones:

Sesión	Fecha	Tipo de sesión	Duración (min)	Observaciones
1	-	Neurodinámica		
2	-	Neurodinámica		
3	-	Aeróbico		
4	-	Aeróbico		

Variables de confusión:

Variable	Registro	Valor/observaciones
Carga de entrenamiento	Horas/semana	
	Días de entrenamiento	
	Número de sesiones	
	Duración	
	Tipo de actividad	

	Uso de agarres	
Tiempo de evolución de la lesión	Inicio síntomas/diagnóstico	
Tabaquismo	Paquetes/año	
Consumo de alcohol	g/semana	

Eventos intercurrentes:

- Hospitalizaciones, lesiones, cambios de medicación, etc.

Notas adicionales:

Anexo 3:

HOJA DE INFORMACIÓN PARA PARTICIPANTES

Usted está invitado/a a participar en un ensayo clínico aleatorizado, cuyo objetivo es evaluar el efecto de ejercicios de neurodinámica del nervio radial, con o sin ejercicio aeróbico, sobre dolor neuropático, parestesias, calidad de vida y bienestar emocional. Antes de decidir si desea participar, debe leer esta información cuidadosamente y podrá hacer todas las preguntas que considere necesarias.

Objetivos del estudio:

- Evaluar la eficacia de ejercicios de neurodinámica del nervio radial, con o sin ejercicio aeróbico, sobre dolor neuropático.
- Analizar los efectos sobre parestesias, calidad de vida y bienestar emocional.
- Observar la evolución de estas variables durante 12 semanas.

Diseño del estudio:

- Ensayo clínico aleatorizado, abierto, sin cegamiento.
- Los participantes se asignarán aleatoriamente a uno de dos grupos.
    - Grupo intervención (GI): ejercicio de neurodinámica + ejercicio aeróbico.
    - Grupo control (GC): únicamente ejercicios de neurodinámica.

- Se realizará un seguimiento longitudinal de las variables antes, durante y después del periodo de intervención.

Procedimientos:

- Evaluaciones iniciales y seguimiento mediante:
    - Escala EVA, dolor neuropático.
    - Escala NRS, parestesias.
    - Cuestionario SF-36, calidad de vida.
    - Cuestionario HADS, estado de ánimo y bienestar.
    - ROM, DASH y fuerza, función
- Registro de variables de confusión: tabaquismo, alcohol, carga de entrenamiento, tiempo de evolución de la lesión.
- Registro de variables demográficas: IMC, sexo y edad.

La recolección de datos se hará en papel, siguiendo instrucciones estandarizadas y siempre a la misma hora del día.

Duración del estudio:

- 12 semanas.
- Número total de participantes: 66, 33 por grupo.

Tratamiento o intervenciones:

- Grupo intervención: ejercicios neurodinámicos + ejercicio aeróbico.
- Grupo control: únicamente ejercicios de neurodinámica del nervio radial.
- Todos los ejercicios se realizarán bajo supervisión y con instrucciones detalladas.

Beneficios previstos:

- Posible reducción del dolor neuropático y parestesias.
- Mejora de calidad de vida y bienestar emocional.
- Contribución al conocimiento científico sobre el tratamiento de la neuropatía radial.

Protección de datos:

- Tratamiento conforme al RGPD (UE 2016/679) y la LOPDGDD.
- Datos personales y de salud confidenciales, almacenados de forma segura y pseudonimizados.

- Acceso limitado al equipo investigador y personal autorizado de monitorización, auditoría o inspección.
- Los participantes pueden ejercer sus derechos de acceso, rectificación, supresión y limitación del tratamiento.

Voluntariedad y derecho a retirarse:

- La participación es completamente voluntaria.
- Puede retirarse en cualquier momento sin dar explicaciones y sin que ello afecte su atención médica habitual.

Información adicional y contacto:

- Para dudas, consultas o reclamaciones, contacte con el investigador responsable.
- Nombre:_____
- Teléfono/correo:_____

Anexo 4:

CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA LA PARTICIPACIÓN DEL ESTUDIO

Yo D./Dña _____, paciente del centro _____, mayor de edad, con D.N.I._____, y abajo firmante, autorizo los tratamientos de datos personales. Ambos han sido informados detalladamente sobre este tipo de estudio y entienden que el uso de datos personales será para el siguiente fin, observar si es eficaz el uso de ejercicio físico aeróbico junto con neurodinámica para la mejora de los síntomas en el nervio radial. Se le ha informado sobre las características del estudio y su finalidad. Así como de que puede revocar la participación en este estudio cuando así lo decida. Todo ello, tal y como preceptúa la actual Ley 41/2002, de Autonomía del Paciente, por lo cual, entiende y acepta los anteriores puntos, firma el presente consentimiento informado.

En la fecha_____de_____del año 20_____.

Firma profesional responsable _____ Firma paciente _____

Anexo 5:

MOVIMIENTOS DE CALENTAMIENTO

COLUMNA CERVICAL SUPERIOR:

- **MPS (Movimiento fisiológico) EN SENTIDO DE LA FLEXIÓN**

Posición del paciente (PP): en supino, con la cabeza dentro de la camilla pero cerca del cabezal.

Posición del fisioterapeuta (PF): de pie en el cabezal de la camilla orientado a los pies del paciente.

Fijación (FIJ): en las cervicales inferiores por su posición estática respecto a las torácicas superiores y éstas, a la vez están reposando sobre la camilla y fijadas por el propio peso del cuerpo.

Presas: una mano en occipital: Gira la cabeza al lado contrario. Se coloca el índice en la mastoides y se desliza el dedo por toda la base del cráneo hasta que el 1er espacio interdigital queda adaptado a la base del cráneo. Una vez colocada se pone en neutra la cabeza. Esta presa sirve para mantener la cabeza en neutra. Debido a la mayor cantidad de movimiento en extensión en la columna cervical alta, la posición neutra se considera con un pequeño componente de extensión. La otra mano; dos formas:

- Presa frontal: la palma en la frente (dedos hacia los pies).
- Presa mandibular: el primer espacio interdigital en la mandíbula (parte anterior del mentón) vemos el dorso de nuestra mano (hay que pedir al paciente mantener la boca cerrada)

Movilización (MOVI): la presa occipital tira en sentido craneal a la vez que la presa frontal o mandibular lo hace en sentido dorso-caudal.

- **MPS EN SENTIDO DE LA EXTENSIÓN**

PP: igual que para la flexión.

PF: igual que para la flexión.

FIJ: igual que para la flexión.

PRESA: una mano en el occipital (como en la flexión; sirve para mantener la neutralidad de la columna) - una mano bajo la mandíbula (canto cubital de la mano en el cuello sin comprimir)

MOVI: la presa occipital empuja en sentido ventral a la vez que la presa mandibular tira en sentido craneal.

- **MPS EN SENTIDO DE LAS INCLINACIONES LATERALES**

PP: en decúbito supino con la cabeza por fuera de la camilla, con un ligero componente de extensión (posición neutra).

PF: en bipedestación situado en el cabezal de la camilla mirando hacia los pies del paciente.

FIJ: a nivel de las torácicas por el propio peso sobre la camilla. Además el nivel cervical bajo se considera fijado por la no implicación del segmento.

PRESA: una mano se sitúa a nivel mandibular, sujetando la cabeza del paciente con el antebrazo y brazo del fisio. Con la otra mano situaremos el canto radial del índice a nivel de C2, con el pulgar situado a nivel mandibular.

MOVI: pensando en un eje que pasa a nivel del orificio bucal se moviliza en sentido de la inclinación a expensas de un movimiento del cuerpo del fisioterapeuta. No tenemos que hacer el movimiento a través de las manos. Las manos una vez colocadas siguen el movimiento del cuerpo.

- **MPS EN SENTIDO DE LAS ROTACIONES**

PP: en supino. Se sitúa la columna cervical inferior en flexión máxima para fijarlas, y poder rotar así sólo las superiores.

PF: de pie en el cabezal de la camilla y orientado a los pies.

FIJ: en las cervicales inferiores colocándolas en flexión.

PRESA: Ej. para rotación derecha:

- Mano derecha en la mandíbula; el canto cubital de la mano cerca de la garganta, sin comprimir. Índice entre labio inferior y mentón. Dedo medio bajo el mentón. Resto de dedos no se apoyan. Mano en la mandíbula y antebrazo adosado al lateral de la cabeza. Vigilar no tirar de la ATM.
- Mano izquierda con el primer espacio interdigital a nivel de C2. Para hacer la otra rotación se cambian las posiciones de las manos. Se puede apoyar la cabeza en nuestra barriga.

MOVI: manteniendo las cervicales inferiores desalineadas respecto de las superiores, se rotan las superiores con respecto a su eje axial.

COLUMNA CERVICAL INFERIOR

- **MPS EN SENTIDO DE LA FLEXIÓN**

PP: en supino con la cabeza reposada sobre la camilla, cerca del cabezal.

PF: de pie en el cabezal de la camilla y orientado a los pies. Una pizca lateral.

FIJ: en las torácicas superiores por el propio peso del cuerpo, y en las cervicales superiores por la propia presa (la de C2).

PRESA:

- Una mano adapta el primer espacio interdigital a nivel de C2. La cabeza reposa encima de nuestro antebrazo como si éste fuera una almohada para mantener en neutra las cervicales.
- La otra mano bajo la mandíbula, para evitar la flexión de las cervicales superiores (el canto cubital cerca de la garganta, como en la extensión de las superiores).

MOVI: manteniendo las cervicales superiores alineadas respecto de las bajas, se provoca un desplazamiento en bloque en sentido de la flexión.

- **MPS EN SENTIDO DE LA EXTENSIÓN**

PP: en supino con la 1ª torácica en el borde de la camilla. Cabeza y cuello fuera de la camilla. La cabeza reposa en el muslo del fisio al inicio de la maniobra.

PF: de pie en el cabezal de la camilla y orientado a los pies del paciente. Una pizca lateral.

FIJ: igual que la flexión.

PRESA:

- Una mano en C2 con el primer espacio interdigital. La cabeza se apoya sobre el antebrazo.
- La otra mano en la mandíbula. Con el primer espacio interdigital en la parte anterior del mentón (como en la flexión de superiores). Se controla la extensión de la columna cervical superior.

MOVI: se desplaza todo el segmento inferior en sentido dorsal. Se aprovecha el peso de la cabeza.

- **MPS EN SENTIDO DE LA INCLINACIÓN LATERAL**

PP: en supino cerca del cabezal de la camilla, manteniendo la parte superior del cráneo fuera de la misma. Se pondrá una pequeña almohada o bien una toalla en el occipital para mantener la neutralidad de la columna.

PF: en bipedestación, en el cabezal de la camilla y orientado hacia los pies del paciente. Un pie adelantado respecto al otro.

FIJ: en las torácicas superiores por el propio peso del cuerpo, en las cervicales superiores por la presa y el hecho de mantener la cabeza estabilizada en el abdomen o el muslo del fisio.

PRESA: Se adosan las 2 manos en sentido longitudinal, a lado y lado de la cabeza, con los dedos orientados hacia caudal. Tener cuidado con no comprimir los pabellones auriculares. Se apoya la cabeza en el muslo contrario al lado de la lateralización.

MOVI: saliendo de una alineación respecto al eje medio del cuerpo, se desplaza haciendo la inclinación lateral hacia derecha o izquierda, siempre manteniendo las superiores alineadas con las inferiores, y desalineando al mismo tiempo éstas respecto a las torácicas. El eje del movimiento pasa por la escotadura yugular (horquilla esternal).

- **MPS EN SENTIDO DE LA ROTACIÓN**

PP: en supino con la cabeza por fuera de la camilla.

PF: de pie en el cabezal de la camilla y orientado perpendicular a la cabeza del paciente.

FIJ: en las torácicas superiores por el propio peso del cuerpo.

PRESA:

- Una mano se sitúa a nivel mandibular colocando la cabeza en el antebrazo del fisioterapeuta. Esta será la mano más activa de la maniobra (realiza y controla el movimiento).
- La otra mano se sitúa a nivel cervical bajo ayudando a hacer la rotación.

MOVI: partiendo de una ligera flexión de la columna cervical (posición neutra)* rotamos a expensas del movimiento de las manos, no del cuerpo. *Al haber más flexión en la columna

cervical baja, la posición neutra de la columna cervical baja se va a tener con un componente de flexión.

Anexo 6:

DESLIZAMIENTO

Paciente: supino, colocando en diagonal con el hombro sobresaliendo por encima del borde de la camilla. La cabeza del paciente lo más cerca posible de su línea media. Brazos a lo largo de su cuerpo, el codo a 90º, posición neutral de muñeca y dedos.

Fisio: mirando en dirección caudal, de pie, con las piernas separadas, con la pierna más cercana adelantada, la superficie anterior de la cadera cercana del fisio contra la superficie superior del hombro del paciente. No se aplica presión caudal. Inclinado sobre el brazo del paciente. La mano alejada sujeta el codo del paciente. La otra mano cubre la superficie posterior de la mano del paciente y sus dedos.

Se pone en tensión el nervio de la siguiente manera: (UNLTT 2B)

- Depresión escapular - Extensión codo - RI de GH - Pronación antebrazo - Flexión muñeca-dedos - ABD de GH.

Se determina la posición en la que se desencadenan los síntomas y, a partir de dicha posición (individualizada para cada paciente), se disminuye ligeramente la tensión, con el objetivo de mantener una tensión neural suficiente dentro de un umbral no doloroso. Se mantendrá esa misma tensión durante todo el deslizamiento.

A partir de esta posición, se ejecuta un movimiento rítmico y controlado que combina flexión de codo en supinación, flexión de muñeca y dedos, seguida de extensión de codo en pronación, extensión de muñeca y dedos, favoreciendo el deslizamiento longitudinal del nervio radial dentro de su trayecto sin incremento global de la tensión.

Anexo 7:

PP: paciente en decúbito supino, relajado, con apoyo completo del tronco. Miembro superior en ligera abducción (20–30°). Codo en ligera flexión fisiológica. Antebrazo en posición neutra entre

pronación y supinación. Mano relajada, con dedos semiflexionados. Columna cervical en posición neutra, con apoyo confortable bajo la cabeza si es necesario.

PF: fisioterapeuta en bipedestación o sedestación, situado al lado del miembro superior a movilizar. Postura ergonómica, con base de sustentación estable y hombros relajados. Contacto continuo y firme, sin presiones excesivas.

PRESAS:

- Mano proximal: sujeta el segmento proximal del miembro superior (región distal del húmero o codo), aportando control y guiando el movimiento global.
- Mano distal: toma contacto con el antebrazo distal o la mano, permitiendo transmitir movimientos suaves y fluidos hacia el resto del miembro.

En la región cervical, las manos se colocan en occipital y región temporal/mastoidea, asegurando un contacto amplio y confortable.

Movilización del hombro

Se inicia con movimientos pasivos lentos y amplios, dentro del rango indoloro. Se realizan combinaciones suaves de: Flexión–extensión de hombro/Abducción–aducción/Rotación interna-externa en posición funcional. El movimiento se ejecuta de forma rítmica, continua y sin interrupciones, favoreciendo la sensación de fluidez.

Movilización del codo y muñeca

Se integran progresivamente: Flexo-extensión de codo/Pronación–supinación de antebrazo/Flexión–extensión y desviaciones suaves de muñeca. Los movimientos se encadenan con los del hombro, evitando movilizaciones segmentarias bruscas.

Movilización cervical

Se realizan movimientos lentos y de baja amplitud de:Flexión y extensión cervical/Inclinaciones laterales suaves/Rotaciones cervicales lentas. Los movimientos se ejecutan dentro del rango fisiológico confortable, sin provocar estiramientos intensos.

Anexo 8:

Fase	Tiempo	Intensidad	Descripción
Calentamiento	0-10 min	Progresión hasta 60% FCR	Inicio suave y aumento progresivo de cadencia hasta alcanzar la zona que queremos.
Fase principal	10-35 min	60-70% FCR	Mantenimiento en esta zona durante 25 mins.
Vuelta a la calma	35-40 min	Disminución hasta reposo	Reducción progresiva de FCR y revoluciones por minuto (RPM)

Anexo 9:

Torrelavega a 4 de Junio de 2026

A la atención del Comité de Ética de Investigación y del Tribunal Evaluador del Trabajo de Fin de Grado de las Escuelas Universitarias Gimbernat-Cantabria:

Por medio de la presente, nosotros **D. Luis Feijoo y Dña Loukia Abado**, en calidad de investigadores principales y estudiantes del Grado de Fisioterapia,

DECLARAMOS Y NOS COMPROMETEMOS A:

1. **Ejecución del protocolo:** llevar a cabo el ensayo clínico titulado *"Efecto del ejercicio aeróbico coadyuvante a la neurodinámica sobre el dolor neuropático del nervio radial en practicantes de fuerza"* con rigor científico y metodológico, respetando estrictamente el protocolo establecido, los objetivos planteados y el cronograma previsto.
2. **Cumplimiento ético:** realizar la investigación de acuerdo con los principios éticos de la Declaración de Helsinki, las normas de Buena Práctica Clínica y garantizando en todo momento la autonomía, beneficencia, no maleficencia y justicia hacia los participantes.
3. **Consentimiento informado:** asegurar que todos los participantes reciban información clara, comprensible y detallada sobre el estudio (Anexo 3) y que otorguen su consentimiento informado por escrito (Anexo 4) antes de iniciar cualquier procedimiento, intervención o evaluación.

4. **Protección de datos:** garantizar la confidencialidad y el tratamiento adecuado de los datos personales y de salud de los participantes, cumpliendo con el Reglamento General de Protección de Datos (RGPD, UE 2016/679) y la Ley Orgánica 3/2018 de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales (LOPDGDD). Los datos serán pseudonimizados y custodiados de forma segura.
5. **Intervención fisioterapéutica:** aplicar las intervenciones ciñéndonos a los manuales de procedimientos (Anexos 5, 6 y 7), garantizando la máxima seguridad de los sujetos y reportando cualquier evento adverso que pudiera ocurrir durante las 12 semanas de tratamiento.
6. **Transparencia:** facilitar el acceso a los datos originales al Comité de Ética, a las autoridades sanitarias y al personal encargado de la auditoría o monitorización del ensayo, siempre y cuando sea requerido y respetando la normativa de confidencialidad.

Y para que así conste a los efectos oportunos, firmamos el presente compromiso en el lugar y fecha arriba indicados.

D. Luis Feijoo y Dña. Loukia Abado

Investigador principal Investigador principal

BIBLIOGRAFÍA

1. Colloca L, Ludman T, Bouhassira D, Baron R, Dickenson AH, Yarnitsky D, et al. Neuropathic pain. Nature reviews Disease primers [Internet]. 16 de febrero de 2017 [citado 13 de febrero de 2026];3.

2. Woolf CJ. Central sensitization: implications for the diagnosis and treatment of pain. Pain [Internet]. marzo de 2011 [citado 13 de febrero de 2026];152(3 Suppl).

3. Nijs J, George SZ, Clauw DJ, Fernández-de-Las-Peñas C, Kosek E, Ickmans K, et al. Central sensitisation in chronic pain conditions: latest discoveries and their potential for precision medicine. The Lancet Rheumatology [Internet]. mayo de 2021 [citado 30 de marzo de 2026];3(5).

4. Revista El Dolor - Neuroplasticidad y Dolor [Internet]. [citado 17 de febrero de 2026].

5. Schmid AB, Fundaun J, Tampin B. Entrapment neuropathies: a contemporary approach to pathophysiology, clinical assessment, and management. Pain reports [Internet]. 22 de julio de 2020 [citado 30 de marzo de 2026];5(4).

6. Wolf JM, Patel R, Ghosh K. Radial Tunnel Syndrome: Review and Best Evidence. The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons [Internet]. 1 de agosto de 2023 [citado 13 de febrero de 2026];31(15).

7. Ljungquist KL, Martineau P, Allan C. Radial nerve injuries. The Journal of hand surgery [Internet]. enero de 2015 [citado 13 de febrero de 2026];40(1).

8. Calfee RP, Patel A, DaSilva MF, Akelman E. Management of lateral epicondylitis: current concepts. The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons [Internet]. enero de 2008 [citado 13 de febrero de 2026];16(1).

9. Lehman GJ. The influence of grip width and forearm pronation/supination on upper-body myoelectric activity during the flat bench press. Journal of strength and conditioning research [Internet]. agosto de 2005 [citado 13 de febrero de 2026];19(3).

10. Rio E, Kidgell D, Moseley GL, Gaida J, Docking S, Purdam C, et al. Tendon neuroplastic training: changing the way we think about tendon rehabilitation: a narrative review. British journal of sports medicine [Internet]. febrero de 2016 [citado 17 de febrero de 2026];50(4).

11. Rhee JM, Yoon T, Riew KD. Cervical radiculopathy. The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons [Internet]. agosto de 2007 [citado 13 de febrero de 2026];15(8).

12. Shacklock M. Clinical neurodynamics: a new system of musculoskeletal treatment. Edinburgh: Elsevier Butterworth-Heinemann; 2005.

13. Coppieters MW, Butler DS. Do «sliders» slide and «tensioners» tension? An analysis of neurodynamic techniques and considerations regarding their application. Manual therapy [Internet]. junio de 2008 [citado 13 de febrero de 2026];13(3).

14. Brown CL, Gilbert KK, Brismee JM, Sizer PS, Roger JC, Smith MP. The effects of neurodynamic mobilization on fluid dispersion within the tibial nerve at the ankle: an

unembalmed cadaveric study. The Journal of manual & manipulative therapy [Internet]. febrero de 2011 [citado 17 de febrero de 2026];19(1).

15. Santos FM, Silva JT, Giardini AC, Rocha PA, Achermann AP, Alves AS, et al. Neural mobilization reverses behavioral and cellular changes that characterize neuropathic pain in rats. Molecular pain [Internet]. 29 de julio de 2012 [citado 17 de febrero de 2026];8.

16. Beneciuk JM, Bishop, George SZ. Effects of upper extremity neural mobilization on thermal pain sensitivity: a sham-controlled study in asymptomatic participants. The Journal of orthopaedic and sports physical therapy [Internet]. junio de 2009 [citado 17 de febrero de 2026];39(6).

17. da Silva JT, Santos FM, Giardini AC, Martins DO, de Oliveira ME, Ciena AP, et al. Neural mobilization promotes nerve regeneration by nerve growth factor and myelin protein zero increased after sciatic nerve injury. Growth factors (Chur, Switzerland) [Internet]. febrero de 2015 [citado 17 de febrero de 2026];33(1).

18. Basson A, Olivier B, Ellis R, Coppieters M, Stewart A, Mudzi W. The Effectiveness of Neural Mobilization for Neuromusculoskeletal Conditions: A Systematic Review and Meta-analysis. The Journal of orthopaedic and sports physical therapy [Internet]. septiembre de 2017 [citado 13 de febrero de 2026];47(9).

19. Nee RJ, Vicenzino B, Jull GA, Cleland JA, Coppieters MW. Neural tissue management provides immediate clinically relevant benefits without harmful effects for patients with nerve-related neck and arm pain: a randomised trial. Journal of physiotherapy [Internet]. 2012 [citado 13 de febrero de 2026];58(1).

20. Huisstede BM, Hoogvliet P, Franke TP, Randsdorp MS, Koes BW. Carpal Tunnel Syndrome: Effectiveness of Physical Therapy and Electrophysical Modalities. An Updated Systematic Review of Randomized Controlled Trials. Archives of physical medicine and rehabilitation [Internet]. agosto de 2018 [citado 30 de marzo de 2026];99(8).

21. Rice D, Nijs J, Kosek E, Wideman T, Hasenbring MI, Koltyn K, et al. Exercise-Induced Hypoalgesia in Pain-Free and Chronic Pain Populations: State of the Art and Future

Directions. The journal of pain [Internet]. noviembre de 2019 [citado 30 de marzo de 2026];20(11).

22. Stagg NJ, Mata HP, Ibrahim MM, Henriksen EJ, Porreca F, Vanderah TW, et al. Regular exercise reverses sensory hypersensitivity in a rat neuropathic pain model: role of endogenous opioids. Anesthesiology [Internet]. abril de 2011 [citado 13 de febrero de 2026];114(4).

23. Vaegter HB, Jones MD. Exercise-induced hypoalgesia after acute and regular exercise: experimental and clinical manifestations and possible mechanisms in individuals with and without pain. Pain Rep. 23 de septiembre de 2020;5(5):e823.

24. Koltyn KF. Analgesia following exercise: a review. Sports medicine (Auckland, NZ) [Internet]. febrero de 2000 [citado 13 de febrero de 2026];29(2). Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10701712/

25. Naugle KM, Fillingim RB, Riley JL III. A meta-analytic review of the hypoalgesic effects of exercise. The journal of pain : official journal of the American Pain Society. 8 de noviembre de 2012;13(12):1139.

26. Chen YW, Li YT, Chen YC, Li ZY, Hung CH. Exercise training attenuates neuropathic pain and cytokine expression after chronic constriction injury of rat sciatic nerve. Anesthesia and analgesia [Internet]. junio de 2012 [citado 17 de febrero de 2026];114(6).

27. Kuphal KE, Fibuch EE, Taylor BK. Extended swimming exercise reduces inflammatory and peripheral neuropathic pain in rodents. The journal of pain [Internet]. diciembre de 2007 [citado 17 de febrero de 2026];8(12).

28. Shen J, Fox LE, Cheng J. Swim therapy reduces mechanical allodynia and thermal hyperalgesia induced by chronic constriction nerve injury in rats. Pain medicine (Malden, Mass) [Internet]. abril de 2013 [citado 17 de febrero de 2026];14(4).

29. Bidonde J, Busch AJ, Webber SC, Schachter CL, Danyliw A, Overend TJ, et al. Aquatic exercise training for fibromyalgia. The Cochrane database of systematic reviews [Internet].

28 de octubre de 2014 [citado 30 de marzo de 2026];2014(10).

30. Kluding PM, Pasnoor M, Singh R, D'Silva LJ, Yoo M, Billinger SA, et al. Safety of aerobic exercise in people with diabetic peripheral neuropathy: single-group clinical trial. Physical therapy [Internet]. febrero de 2015 [citado 13 de febrero de 2026];95(2).

31. Searle A, Spink M, Ho A, Chuter V. Exercise interventions for the treatment of chronic low back pain: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. Clinical rehabilitation [Internet]. diciembre de 2015 [citado 13 de febrero de 2026];29(12).

32. Arnold B, Brinkschmidt T, Casser HR, Diezemann A, Gralow I, Irnich D, et al. [Multimodal pain therapy for treatment of chronic pain syndrome. Consensus paper of the ad hoc commission on multimodal interdisciplinary pain management of the German Pain Society on treatment contents]. Schmerz (Berlin, Germany) [Internet]. octubre de 2014 [citado 30 de marzo de 2026];28(5).

33. Bialosky JE, Bishop, Price DD, Robinson ME, George SZ. The mechanisms of manual therapy in the treatment of musculoskeletal pain: a comprehensive model. Manual therapy [Internet]. octubre de 2009 [citado 13 de febrero de 2026];14(5).

34. Research Randomizer [Internet]. [citado 1 de diciembre de 2025]. Disponible en: https://www.randomizer.org/

35. Chan AW, Tetzlaff JM, Altman DG, Laupacis A, Gøtzsche PC, Krleža-Jerić K, et al. SPIRIT 2013 statement: defining standard protocol items for clinical trials. Ann Intern Med. 5 de febrero de 2013;158(3):200-7.

36. Wainner RS, Fritz JM, Irrgang JJ, Boninger ML, Delitto A, Allison S. Reliability and diagnostic accuracy of the clinical examination and patient self-report measures for cervical radiculopathy. Spine [Internet]. 1 de enero de 2003 [citado 30 de marzo de 2026];28(1).

37. Hawker GA, Mian S, Kendzerska T, French M. Measures of adult pain: Visual Analog Scale for Pain (VAS Pain), Numeric Rating Scale for Pain (NRS Pain), McGill Pain Questionnaire (MPQ), Short-Form McGill Pain Questionnaire (SF-MPQ), Chronic Pain

Grade Scale (CPGS), Short Form-36 Bodily Pain Scale (SF-36 BPS), and Measure of Intermittent and Constant Osteoarthritis Pain (ICOAP). Arthritis Care Res (Hoboken). noviembre de 2011;63 Suppl 11:S240-52.

38. Kelly AM. Does the clinically significant difference in visual analog scale pain scores vary with gender, age, or cause of pain? Acad Emerg Med. noviembre de 1998;5(11):1086-90.

39. Bianchi G, Zweifel C, Hohenauer E, Santos JAR, Clijsen R. Reliable outcome parameters in patients with lumbar radiculopathy attributed to disc herniation: an observational study. Front Musculoskelet Disord. 21 de octubre de 2025;3:1672539.

40. Farrar JT, Young JP, LaMoreaux L, Werth JL, Poole MR. Clinical importance of changes in chronic pain intensity measured on an 11-point numerical pain rating scale. Pain [Internet]. noviembre de 2001 [citado 13 de febrero de 2026];94(2).

41. Hervás MT, Navarro Collado MJ, Peiró S, Rodrigo Pérez JL, López Matéu P, Martínez Tello I. Versión española del cuestionario DASH. Adaptación transcultural, fiabilidad, validez y sensibilidad a los cambios. Med Clin (Barc). 30 de septiembre de 2006;127(12):441-7.

42. Beaton DE, Katz JN, Fossel AH, Wright JG, Tarasuk V, Bombardier C. Measuring the whole or the parts? Validity, reliability, and responsiveness of the Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand outcome measure in different regions of the upper extremity. Journal of hand therapy : official journal of the American Society of Hand Therapists [Internet]. abril de 2001 [citado 13 de febrero de 2026];14(2).

43. Chapleau J, Canet F, Petit Y, Laflamme GY, Rouleau DM. Validity of goniometric elbow measurements: comparative study with a radiographic method. Clinical orthopaedics and related research [Internet]. noviembre de 2011 [citado 13 de febrero de 2026];469(11).

44. Bohannon RW. Minimal clinically important difference for grip strength: a systematic review. Journal of Physical Therapy Science. 10 de enero de 2019;31(1):75.

45. Kim JK, Park MG, Shin SJ. What is the minimum clinically important difference in grip

strength? Clinical orthopaedics and related research [Internet]. agosto de 2014 [citado 13 de febrero de 2026];472(8).

46. Vilagut G, Ferrer M, Rajmil L, Rebollo P, Permanyer-Miralda G, Quintana JM, et al. [The Spanish version of the Short Form 36 Health Survey: a decade of experience and new developments]. Gac Sanit. Mar-Apr de 2005;19(2):135-50.

47. Ogura K, Yakoub MA, Christ AB, Fujiwara T, Nikolic Z, Boland PJ, et al. What Are the Minimum Clinically Important Differences in SF-36 Scores in Patients with Orthopaedic Oncologic Conditions? Clinical orthopaedics and related research [Internet]. septiembre de 2020 [citado 1 de diciembre de 2025];478(9).

48. Terol-Cantero MC, Cabrera-Perona V, Martín-Aragón M. Revisión de estudios de la Escala de Ansiedad y Depresión Hospitalaria (HAD) en muestras españolas. An Psicol. 25 de abril de 2015;31(2):494.

49. Grönkvist R, Vixner L, Äng B, Grimby-Ekman A. Measurement Error, Minimal Detectable Change, and Minimal Clinically Important Difference of the Short Form-36 Health Survey, Hospital Anxiety and Depression Scale, and Pain Numeric Rating Scale in Patients With Chronic Pain. J Pain. septiembre de 2024;25(9):104559.

50. Baumgarten KM, Gerlach D, Galatz LM, Teefey SA, Middleton WD, Ditsios K, et al. Cigarette smoking increases the risk for rotator cuff tears. Clin Orthop Relat Res. junio de 2010;468(6):1534-41.

51. Passaretti D, Candela V, Venditto T, Giannicola G, Gumina S. Association between alcohol consumption and rotator cuff tear. Acta Orthop. 2016;87(2):165-8.

52. Clair C, Cohen MJ, Eichler F, Selby KJ, Rigotti NA. The Effect of Cigarette Smoking on Diabetic Peripheral Neuropathy: A Systematic Review and Meta-Analysis. Journal of general internal medicine [Internet]. agosto de 2015 [citado 1 de diciembre de 2025];30(8).

53. Baptista FM, Nery E, Cruz EB, Afreixo V, Silva AG. Effectiveness of Neural Mobilisation on Pain Intensity, Functional Status, and Physical Performance in Adults with

Musculoskeletal Pain - A Systematic Review with Meta-Analysis. Clinical rehabilitation [Internet]. febrero de 2024 [citado 30 de marzo de 2026];38(2).

54. García-Juez S, Navarro-Santana MJ, Valera-Calero JA, Albert-Lucena D, Varas-de-la-Fuente AB, Plaza-Manzano G. Effectiveness of Articular and Neural Mobilization for Managing Cervical Radicular Pain: A Systematic Review With Network Meta-Analysis. The Journal of orthopaedic and sports physical therapy [Internet]. julio de 2025 [citado 30 de marzo de 2026];55(7).

55. Geneen LJ, Moore RA, Clarke C, Martin D, Colvin LA, Smith BH. Physical activity and exercise for chronic pain in adults: an overview of Cochrane Reviews. The Cochrane database of systematic reviews [Internet]. 24 de abril de 2017 [citado 30 de marzo de 2026];4(4).

56. López-Pardo MJ, Calvache-Mateo A, Martín-Núñez J, Heredia-Ciuró A, López-López L, Valenza MC, et al. Routine Physical Therapy with and without Neural Mobilization in Chronic Musculoskeletal Neck Disorders with Nerve-Related Symptoms: Systematic Review and Meta-Analysis. Healthcare (Basel, Switzerland) [Internet]. 19 de junio de 2024 [citado 30 de marzo de 2026];12(12).

57. Heredia MC, Paredes HV, Lm FS. A systematic review of the efficacy of neural mobilisation in sport: A tool for the neural tension assessment. Journal of bodywork and movement therapies [Internet]. octubre de 2024 [citado 30 de marzo de 2026];40.