



**VNiVERSiDAD
D SALAMANCA**

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

TESIS DOCTORAL

**“INFLUENCIA DE LA ELECTRÓLISIS PERCUTÁNEA EN
LA MODULACIÓN ENDÓGENA DEL DOLOR”**

PRESENTADA POR:

Sergio Varela Rodríguez

TUTORIZADA POR:

María Consuelo Sancho Sánchez

DIRIGIDA POR:

José Luis Sánchez Sánchez

Juan Luis Sánchez González

Salamanca, 2022

Los doctores D. José Luis Sánchez Sánchez y D. Juan Luis Sánchez González, profesores de la Universidad de Salamanca y directores de la tesis doctoral

CERTIFICAN:

Que el trabajo titulado *“Influencia de la electrólisis percutánea en la modulación endógena del dolor”*, realizado por D. Sergio Varela Rodríguez para optar al Grado de Doctor por la Universidad de Salamanca, reúne todos los requisitos para su presentación y defensa ante el Tribunal que legalmente proceda.

Y para que conste, expedimos el presente certificado en Salamanca a febrero de 2022.

Fdo. Dr. D. José Luis Sánchez Sánchez

*Profesor Contratado Doctor de la
Universidad de Salamanca*

Fdo. Dr. D. Juan Luis Sánchez González

*Profesor Asociado de la Universidad de
Salamanca*

Dedicada a los que siempre están.

Y a los que les hubiera gustado estar.

AGRADECIMIENTOS

A pesar de que no es el medio adecuado para extenderse, me parece indispensable dedicar unas palabras a todos aquellos que me han hecho llegar hasta aquí.

En primer lugar, me gustaría dar las gracias a mis padres, quienes me han aportado todo lo necesario para formarme personal y profesionalmente. Gracias por vuestro amor, esfuerzo y dedicación hacia mí, y por crear un ambiente idóneo para crecer feliz.

Al resto de mi familia, incluidos los que ya no están, por hacerme llegar vuestro orgullo y cariño y por acompañarme en los momentos más importantes de mi vida.

Especialmente necesito agradecerle a mi pareja, María, su paciencia y comprensión durante todo este proceso. Por tener tus brazos abiertos cuando las cosas no se ven claras y por tu sonrisa cuando todo marcha sobre ruedas.

Gracias a José Luis Sánchez Sánchez, director de esta Tesis, por ilusionarme con tus clases del Grado en Fisioterapia, por abrirme las puertas de tu clínica y por tu colaboración en el presente trabajo.

A Juan Luis Sánchez González, también director de esta Tesis, por tu amistad y por estar siempre dispuesto a ayudarme y guiarme en este proceso tan complicado.

A María Consuelo Sancho Sánchez, tutora y coordinadora del Programa de Doctorado, por escucharme siempre que lo he necesitado.

A Miguel Delicado y Enrique Velasco, por introducirme en esta línea de investigación, por vuestra colaboración en el diseño del proyecto y por la resolución de tantas dudas estadísticas y metodológicas.

A Laura Vicente, por tu gran ayuda y dedicación con el análisis estadístico.

A la Facultad y al Departamento de Enfermería y Fisioterapia, por la cesión del espacio y el material solicitado para llevar a cabo la investigación.

A los participantes del ensayo, por vuestra aportación a la búsqueda del conocimiento científico.

A Luis Sánchez Pedraz, por tus conocimientos enseñados, por tu confianza en mí y por devolverme las ganas de ser cada día un mejor fisioterapeuta.

A mis compañeros Juan, Gemma, Ana y Miguel, por hacer que la rutina diaria y los madrugones sean mucho menos duros.

A mis amigos, por vuestro apoyo y confianza, por los grandes momentos compartidos y por sacar de mi cabeza esta Tesis cuando era necesario.

Por último, a todos los profesores, entrenadores o cualquier persona que haya podido aportar su granito de arena a mi educación y formación como fisioterapeuta y como persona. Y a todos aquellos que con su ejemplo me motivan a alcanzar nuevas metas.

ÍNDICE

1 – MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. TÉCNICA DE ELECTRÓLISIS PERCUTÁNEA.....	3
1.1.1. Concepto de fisioterapia invasiva	3
1.1.2. Definición y antecedentes de la electrólisis percutánea.....	4
1.1.3. Técnica de aplicación	5
1.1.4. Efectos y mecanismos de acción	7
1.1.4.1. Efecto mecánico	8
1.1.4.2. Efecto eléctrico.....	8
1.1.5. Evidencia científica actual	11
1.2. MODULACIÓN ENDÓGENA DEL DOLOR	15
1.2.1. Definición de dolor	15
1.2.2. Concepto de modulación endógena del dolor	17
1.2.3. Anatomía y neurofisiología del dolor y de los mecanismos moduladores	18
1.2.4. Evaluación de la modulación endógena del dolor	21
1.2.5. Modulación endógena del dolor en fisioterapia	23
2 – HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	27
2.1. HIPÓTESIS DE TRABAJO	29
2.2. OBJETIVO GENERAL.....	29
2.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	29
3 – MATERIAL Y MÉTODOS.....	31
3.1. DISEÑO DEL ESTUDIO	33
3.2. POBLACIÓN DE ESTUDIO	33
3.2.1. Criterios de elección	33
3.3. CÁLCULO DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA	34
3.4. ASIGNACIÓN Y ALEATORIZACIÓN.....	34
3.5. ENMASCARAMIENTO	35
3.6. INTERVENCIONES	36
3.7. EVALUACIONES.....	38
3.7.1. Variables sociodemográficas.....	39
3.7.2. Umbral de dolor a la presión.....	40
3.7.3. Modulación condicionada del dolor.....	41
3.7.4. Sumación temporal del dolor a la presión	41
3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	41
4 – RESULTADOS.....	45

4.1. POBLACIÓN.....	47
4.2. VARIABLES SOCIODEMOGRÁFICAS CUALITATIVAS	48
4.3. VARIABLES SOCIODEMOGRÁFICAS CUANTITATIVAS	50
4.4. VARIABLES DE RESULTADO BASALES	53
4.4.1. Umbral de dolor a la presión.....	53
4.4.2. Modulación condicionada del dolor.....	55
4.4.3. Sumación temporal	57
4.5. ANÁLISIS UNIVARIANTE DE LAS MEDICIONES.....	58
4.5.1. Tendón extensor común del epicóndilo.....	59
4.5.1.1. Umbral de dolor a la presión.....	59
4.5.1.2. Modulación condicionada del dolor.....	60
4.5.1.3. Sumación temporal	61
4.5.1.4. Comparación pre y post-intervención.....	63
4.5.2. Músculo tibial anterior	64
4.5.2.1. Umbral de dolor a la presión.....	64
4.5.2.2. Modulación condicionada del dolor.....	65
4.5.2.3. Sumación temporal	67
4.5.2.4. Comparación pre y post-intervención.....	68
4.5.3. Corredera bicipital.....	69
4.5.3.1. Umbral de dolor a la presión.....	69
4.5.3.2. Modulación condicionada del dolor.....	71
4.5.3.3. Sumación temporal	72
4.5.3.4. Comparación pre y post-intervención.....	74
4.6. ANÁLISIS CON VARIABLES SOCIODEMOGRÁFICAS.....	75
4.6.1. Contrastes entre variables de resultado y sociodemográficas cualitativas	75
4.6.2. Correlaciones entre variables de resultado y sociodemográficas cuantitativas.....	76
4.6.3. Estudio de las diferencias entre grupos incluyendo las variables sociodemográficas	78
4.6.3.1. Umbral de dolor a la presión.....	78
4.6.3.2. Modulación condicionada del dolor.....	81
4.6.3.3. Sumación temporal	82
4.6.3.4. Modulación condicionada del dolor basal	83
4.7. ANÁLISIS CON EL DOLOR DURANTE LA INTERVENCIÓN.....	84
4.7.1. Diferencias entre grupos de intervención.....	84
4.7.2. Correlaciones con las variables de resultado	85

4.7.3. Estudio de las diferencias entre grupos incluyendo el dolor durante la intervención	87
5 – DISCUSIÓN.....	89
5.1. MUESTRA.....	91
5.3. EFECTOS DE LA ELECTRÓLISIS PERCUTÁNEA SOBRE LA MODULACIÓN ENDÓGENA DEL DOLOR	96
5.4. INFLUENCIA DE LAS VARIABLES SOCIODEMOGRÁFICAS EN LOS RESULTADOS	103
5.5. LIMITACIONES	108
5.6. RELEVANCIA Y CONTRIBUCIÓN EN LA FISIOTERAPIA	109
6 – CONCLUSIONES.....	111
7 – APÉNDICE	115
7.1. APÉNDICE I. TABLAS DE CORRELACIÓN.....	117
8 – BIBLIOGRAFÍA	123
9 – ANEXO.....	137

LISTADO DE ABREVIATURAS

ADN: Ácido desoxirribonucleico.

AEF: Asociación Española de Fisioterapeutas.

AEF-INV: Subgrupo de Fisioterapia Invasiva de la Asociación Española de Fisioterapeutas.

ANOVA: Análisis de la varianza.

CGCFE: Consejo General de Colegios de Fisioterapeutas de España.

CONSORT: *Consolidated Standards of Reporting Trials* (Normas Consolidadas de Comunicación de Ensayos)

EE.UU.: Estados Unidos de América.

EP: Electrólisis percutánea.

Estad.: Estadístico.

IASP: *International Association for the Study of Pain* (Asociación Internacional para el Estudio del Dolor).

IMC: Índice de Masa Corporal.

IPAQ-SF: *International Physical Activity Questionnaires – Short Form* (Cuestionario Internacional de Actividad Física – Versión Corta)

kHz: Kilohercios.

kg: Kilogramos.

kg/cm²: Kilogramos por centímetro cuadrado.

kg/m²: Kilogramos por metro cuadrado.

m: Metros.

mA: Miliamperios.

MCD: Modulación condicionada del dolor.

MED: Modulación endógena del dolor.

MET: Unidad de medida del índice metabólico.

min: Minutos.

Mm: Milímetros.

mmHg: Milímetros de mercurio.

PENS: *Percutaneal Electrical Nerve Stimulation* (estimulación nerviosa eléctrica percutánea).

PIB: Producto Interior Bruto.

Prof: Profesor.

RRV: Región rostral ventromedial.

s: Segundos.

SGP: Sustancia gris periacueductal.

SNC: Sistema nervioso central.

ST: Sumación temporal.

TENS: *Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation* (estimulación nerviosa eléctrica transcutánea).

UDP: Umbral de dolor a la presión.

WCPT: *World Confederation for Physical Therapy* (Confederación Mundial de Fisioterapia).

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Dispositivo EPI® Alpha para la aplicación de electrólisis percutánea.	5
Figura 2. Reacción de electrólisis.	9
Figura 3. Anatomía del tracto espinotalámico.	18
Figura 4. Anatomía de las vías moduladoras descendentes.	20
Figura 5. Efectos neurofisiológicos propuestos para la técnica de punción seca.	26
Figura 6. Diagrama de flujo sobre la metodología del estudio.	35
Figura 7. Abordaje del tendón extensor común del epicóndilo. (a) Inserción ecoguiada de la aguja. (b) Conexión con el manípulo del dispositivo de EP.....	37
Figura 8. Imagen ecográfica del procedimiento. (a) Inserción de la aguja en el tendón común del epicóndilo. (b) Aplicación de corriente galvánica a través de la aguja.	37
Figura 9. Algometría de presión. (a) Algómetro digital Force One FDIX. (b) Ejemplo de medición en la corredera bicipital.	38
Figura 10. Línea temporal del estudio.....	39
Figura 11. Diagrama de flujo de participantes.	47
Figura 12. Diagrama de cajas para el IMC según grupo de intervención.....	51
Figura 13. Diagrama de cajas para el nivel de actividad física (IPAQ-SF) según grupo de intervención. (a) Con outliers. (b) Sin ellos.	51
Figura 14. Diagramas de cajas para el UDP según grupo de intervención y localización de medición.....	54
Figura 15. Histograma de la MCD medida en el tibial anterior para los tres grupos de intervención.	56
Figura 16. Diferencias entre las mediciones previas y posteriores del UDP en el tibial anterior para cada grupo de intervención según el consumo de tabaco.	79
Figura 17. Diferencias entre las mediciones previas y posteriores del UDP en el tibial anterior para fumadores y no fumadores según el grupo de intervención.....	79
Figura 18. Diferencias entre las mediciones previas y posteriores del UDP en la corredera bicipital para cada grupo de intervención según el consumo de tabaco.	80
Figura 19. Diferencias entre las mediciones previas y posteriores del UDP en la corredera bicipital para fumadores y no fumadores según el grupo de intervención.....	80
Figura 20. Diferencias entre las mediciones previas y posteriores de la MCD en el tendón epicóndilo para cada grupo de intervención según el nivel de actividad física.....	81

Figura 21. Diferencias entre las mediciones previas y posteriores de la MCD en el tendón del epicóndilo para cada nivel de actividad física según el grupo de intervención..... 81

Figura 22. Diferencias entre las mediciones previas y posteriores de la ST en el tendón del epicóndilo para cada grupo de intervención según el sexo..... 82

Figura 23. Diferencias entre las mediciones previas y posteriores de la ST en el tendón epicóndilo para cada sexo según el grupo de intervención..... 83

Figura 24. Diagrama de cajas para el dolor percibido durante la intervención en función del grupo experimental. 85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estadística descriptiva de las variables sociodemográficas cuantitativas según el sexo.	48
Tabla 2. Estadística descriptiva de las variables cualitativas por grupo de intervención.	49
Tabla 3. Estadística descriptiva de las variables cuantitativas por grupo de intervención.	50
Tabla 4. Estudio de la normalidad y comparación entre grupos de intervención para las variables sociodemográficas cuantitativas.	52
Tabla 5. Medidas de tendencia central de las tres mediciones del UDP pre-intervención por grupo experimental.	53
Tabla 6. Estudio de la normalidad y comparación entre grupos de intervención para las medidas del UDP pre-intervención.	55
Tabla 7. Medidas de tendencia central de las tres mediciones de la MCD pre-intervención por grupo experimental.	55
Tabla 8. Estudio de la normalidad y comparación entre grupos de intervención para las medidas de la MCD pre-intervención.	57
Tabla 9. Medidas de tendencia central de las tres mediciones de la ST pre-intervención por grupo experimental.	57
Tabla 10. Estudio de la normalidad y comparación entre grupos de intervención para las medidas de la ST pre-intervención.	58
Tabla 11. Medidas de tendencia central y estudio de la normalidad del UDP pre y post-intervención del tendón del epicóndilo por grupo experimental.	59
Tabla 12. Medidas de tendencia central y estudio de la normalidad de la MCD pre y post-intervención del tendón del epicóndilo por grupo experimental.	61
Tabla 13. Medidas de tendencia central y estudio de la normalidad de la ST pre y post-intervención del tendón del epicóndilo por grupo experimental.	62
Tabla 14. Pruebas de contraste para la comparación entre las medidas pre y post-intervención en el tendón del epicóndilo para cada grupo experimental.	64
Tabla 15. Medidas de tendencia central y estudio de la normalidad del UDP pre y post-intervención del tibial anterior por grupo experimental.	65
Tabla 16. Medidas de tendencia central y estudio de la normalidad de la MCD pre y post-intervención del tibial anterior por grupo experimental.	66
Tabla 17. Medidas de tendencia central y estudio de la normalidad de la ST pre y post-intervención del tibial anterior por grupo experimental.	67

Tabla 18. Pruebas de contraste para la comparación entre las medidas pre y post-intervención en el tibial anterior para cada grupo experimental.	69
Tabla 19. Medidas de tendencia central y estudio de la normalidad del UDP pre y post-intervención de la corredera bicipital por grupo experimental.....	70
Tabla 20. Medidas de tendencia central y estudio de la normalidad de la MCD pre y post-intervención de la corredera bicipital por grupo experimental.....	71
Tabla 21. Medidas de tendencia central y estudio de la normalidad de la ST pre y post-intervención de la corredera bicipital por grupo experimental.....	73
Tabla 22. Pruebas de contraste para la comparación entre las medidas pre y post-intervención en la corredera bicipital para cada grupo experimental.....	74
Tabla 23. Coeficientes de correlación entre las diferencias en las variables de resultado y su correspondiente MCD pre-intervención para la muestra completa.....	78
Tabla 24. Coeficientes de correlación entre las diferencias en las variables de resultado y el dolor percibido durante la intervención para la muestra completa.	86
Tabla 25. Coeficientes de correlación para las variables de resultado y el dolor durante la intervención en cada uno de los grupos experimentales.	86
Apéndice I. Tabla 1. Coeficientes de correlación entre las diferencias del UDP y las variables sociodemográficas cuantitativas para la muestra completa.	117
Apéndice I. Tabla 2. Coeficientes de correlación entre las diferencias de la MCD y las variables sociodemográficas cuantitativas para la muestra completa.	117
Apéndice I. Tabla 3. Coeficientes de correlación entre las diferencias de la ST y las variables sociodemográficas cuantitativas para la muestra completa.	117
Apéndice I. Tabla 4. Coeficientes de correlación entre las diferencias en las variables de resultado y las variables sociodemográficas cuantitativas para el grupo de EP simulada.....	118
Apéndice I. Tabla 5. Coeficientes de correlación entre las diferencias en las variables de resultado y las variables sociodemográficas cuantitativas para el grupo de EP de baja intensidad.	119
Apéndice I. Tabla 6. Coeficientes de correlación entre las diferencias en las variables de resultado y las variables sociodemográficas cuantitativas para el grupo de EP de alta intensidad.	120
Apéndice I. Tabla 7. Coeficientes de correlación entre las diferencias en las variables de resultado y su correspondiente variable MCD pre-intervención para el grupo de EP simulada.	121
Apéndice I. Tabla 8. Coeficientes de correlación entre las diferencias en las variables de resultado y su correspondiente variable MCD pre-intervención para el grupo de EP de baja intensidad.	121
Apéndice I. Tabla 9. Coeficientes de correlación entre las diferencias en las variables de resultado y su correspondiente variable MCD pre-intervención para el grupo de EP de alta intensidad.....	122

1 – MARCO TEÓRICO

1. MARCO TEÓRICO

1.1. TÉCNICA DE ELECTRÓLISIS PERCUTÁNEA

1.1.1. Concepto de fisioterapia invasiva

El concepto de fisioterapia invasiva fue introducido por primera vez por el profesor Orlando Mayoral Del Moral en 2001 (1,2) y engloba al conjunto de técnicas de tratamiento en las que el agente físico empleado se aplica percutáneamente, es decir, a través de la piel del paciente (2).

El medio físico utilizado puede ser únicamente un estímulo mecánico mediante diferentes tipos de agujas, como en el caso de la punción seca o la acupuntura. Sin embargo, la fisioterapia invasiva también alude a aquellas técnicas que combinen la aplicación de este estímulo mecánico con el empleo de otro agente físico (calor o corriente eléctrica) que actúe a través de uno o varios electrodos de aguja. Ejemplos de abordajes que aplican la corriente a través de agujas son la electroestimulación de los puntos gatillo miofasciales, la estimulación nerviosa eléctrica percutánea (*Percutaneal Electrical Nerve Stimulation – PENS –*), la electro-acupuntura o la electrólisis percutánea (2). También pueden ser incluidas en este apartado las técnicas de mesoterapia, que utilizan las agujas para inyectar fármacos en el tejido celular subcutáneo (3).

La *World Confederation for Physical Therapy* (WCPT) y las principales asociaciones mundiales de fisioterapia, consideran las técnicas invasivas dentro de las competencias del fisioterapeuta. No obstante, cada país es el encargado de establecer el límite de competencias para el ejercicio profesional de la fisioterapia (3). En España, ciertos abordajes con aguja como la punción seca se consideran competencia propia del fisioterapeuta desde la Resolución 05/2011 del Consejo General de Colegios de Fisioterapeutas de España (CGCFE) (4). Además, desde 2017 se ha incorporado a la Asociación Española de Fisioterapeutas (AEF) un subgrupo independiente sobre fisioterapia invasiva (AEF-INV) (5).

Actualmente, el término de fisioterapia invasiva se ha implementado en un gran número de formaciones de grado y, especialmente, de posgrado (2). De esta manera, su uso se ha extendido en la actividad clínica de los fisioterapeutas y las técnicas percutáneas se han convertido en una parte importante del arsenal terapéutico fisioterápico.

La aplicación de la fisioterapia invasiva debe realizarse bajo el amparo del razonamiento clínico, aunando la evidencia científica y la experiencia clínica. Las investigaciones en este ámbito de la fisioterapia cada vez son más numerosas, pero al tratarse de técnicas de origen reciente, aún falta un largo camino por recorrer para conseguir aportar una base más sólida a este tipo de tratamientos (6).

1.1.2. Definición y antecedentes de la electrólisis percutánea

La electrólisis percutánea (EP) es una técnica de fisioterapia invasiva que consiste en la aplicación de una corriente galvánica a través de una aguja de punción implantada mediante apoyo ecográfico en la zona de la lesión, con el objetivo de generar un efecto analgésico y reactivar el proceso inflamatorio local que permite la fagocitosis y la puesta en marcha de los mecanismos reparadores del tejido blando afectado (7–9).

Terminológicamente, la palabra “electrólisis” alude al proceso por el cual el agua (H_2O) y las sales como el cloruro sódico ($NaCl$) que se encuentran en los tejidos de nuestro organismo se descomponen en sus elementos químicos constitutivos y se reagrupan para formar nuevas sustancias como consecuencia del paso de un flujo de corriente eléctrica continua o galvánica (10,11). Por su parte, el vocablo “percutánea” hace referencia a que se aplica a través de la piel, empleando una aguja de punción que actúa como electrodo por medio del cual se distribuye la corriente eléctrica (11). Por tanto, esta técnica combina el efecto mecánico resultante de la inserción de la aguja y el efecto biológico derivado de la aplicación de la corriente galvánica (8).

La utilización de la electricidad con fines médicos comenzó hace aproximadamente 200 años con las investigaciones de autores como Luigi Galvani o Alessandro Volta. En 1800 Volta, Nicolson y Carlisle descubrieron el fenómeno de electrólisis (separación de los elementos de un compuesto en disolución) a partir del invento de la pila eléctrica (11). Posteriormente, en 1834 Michael Faraday describe las leyes de la electrólisis (11).

En 1825 podemos encontrar la primera alusión al uso de la corriente galvánica mediante la punción de agujas en el campo de la acupuntura de la mano de Jean Baptiste Sarlandière en su obra “Mémoires sur L'électro-Puncture” (12,13). Más tarde, Ryodoraku desarrolla en 1950 un método de aplicación de la corriente galvánica a través de agujas, que se extendió por Japón (13). En el ámbito de la fisioterapia, la corriente galvánica ha sido empleada tradicionalmente en técnicas como la iontoforesis o los baños galvánicos (11), pero las primeras referencias de su uso de manera percutánea las encontramos en 2002, con las publicaciones de los brasileños Elaine Guirro y Rinaldo Guirro para el tratamiento de estrías atróficas y arrugas (11,14). También se ha demostrado su efectividad en otras especialidades médicas para el tratamiento de fístulas mamilares (15,16) o de diversos tipos de cáncer mediante la ablación electrolítica del tejido tumoral (10).

Es un fisioterapeuta español, el Prof. José Manuel Sánchez Ibáñez, quien en 2003 desarrolla la utilización de la EP en un inicio para el tratamiento de la fasciopatía plantar (17), y posteriormente, de las tendinopatías degenerativas (18), por lo que se le considera uno de los

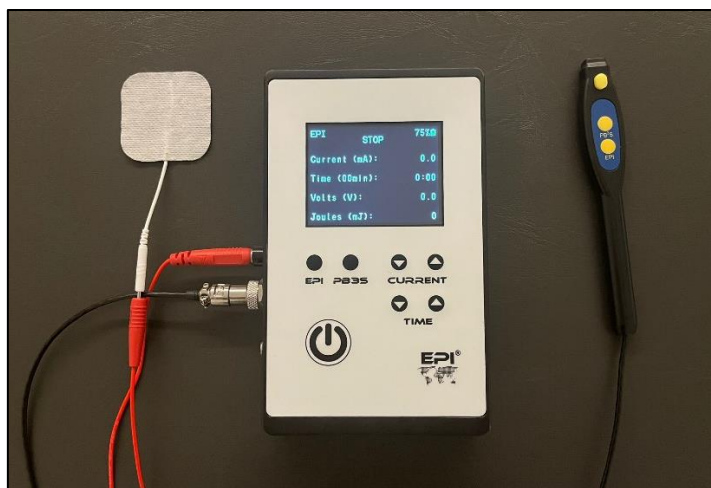
autores de referencia en la fisioterapia invasiva y el creador de la técnica tal y como la conocemos actualmente (11).

Desde entonces, la EP ha conseguido gran aceptación entre los profesionales y cada vez son más los que se forman en ella, tanto es así que se estima que a partir de 2008 más de 5000 fisioterapeutas han sido instruidos para la aplicación de esta técnica incluyendo cualquiera de sus metodologías (19). Este desarrollo se ve respaldado por una creciente producción científica que abarca tesis doctorales, artículos en revistas de alto impacto o ponencias en congresos internacionales, con publicaciones tanto en modelo animal como humano, que se expondrán a lo largo de este trabajo.

1.1.3. Técnica de aplicación

La EP se lleva a cabo a través de determinados dispositivos médicos de electroterapia y actualmente existen diferentes casas comerciales que los producen (11). En todos ellos, la corriente galvánica se aplica mediante dos electrodos distintos, tal y como puede observarse en la Figura 1. El electrodo activo es el negativo o cátodo y consiste en un manípulo donde se inserta la aguja con la que se hace la punción (20). Por otra parte, el electrodo positivo o ánodo cierra el circuito eléctrico y suele ser un electrodo de mano con forma cilíndrica o un electrodo adhesivo (11,20). Los dispositivos de electrólisis también presentan una base donde ajustaremos los parámetros de aplicación (intensidad y tiempo) (11).

Figura 1. *Dispositivo EPI® Alpha para la aplicación de electrólisis percutánea.*



Las agujas utilizadas son las mismas que se emplean en las técnicas de punción seca o acupuntura, con la única exigencia de que sean agujas sólidas no siliconadas de acero inoxidable y mango metálico, con el fin de facilitar la conducción eléctrica (7,11). Su grosor suele ser de 0,30 a 0,32 mm, mientras que su longitud dependerá de la zona anatómica, eligiendo siempre

la menor longitud posible que nos permita alcanzar la diana terapéutica para minimizar el riesgo de que la aguja se doble durante su inserción (11).

Como procedimiento invasivo, la técnica debe ser aplicada bajo unas condiciones de asepsia e higiene exhaustiva para garantizar la seguridad del paciente y del terapeuta. Por tanto, la piel de la zona de aplicación debe esterilizarse aplicando soluciones antisépticas de base alcohólica (etílico, isopropílico) y/o clorhexidina (7,11). Las manos del terapeuta deben ser lavadas antes y después de cada aplicación, siendo obligatorio el uso de guantes desechables. También se aconseja, al igual que en todas las técnicas invasivas, que el paciente refleje su consentimiento por escrito tras recibir la información apropiada por parte del profesional (7).

Uno de los factores decisivos en la aplicación de la técnica es llevarla a cabo bajo control ecográfico (7,10,19,20). En consecuencia, su uso es fundamental tanto por seguridad como por eficacia, de manera que la ecografía permite evaluar e identificar el tejido diana, localizar áreas de conflicto, visualizar el cuerpo y la punta de la aguja, visualizar en tiempo real la aplicación, y validar el procedimiento (11). Continuando con la línea del párrafo anterior, la sonda ecográfica deberá ser esterilizada antes y después de cada aplicación, y es recomendable cubrirla con un protector plástico de manera previa a cada intervención (7).

La dosis de aplicación de la corriente se basa principalmente en la Ley de Faraday, que indica que la carga eléctrica medida en culombios es igual al producto de la intensidad en amperios y el tiempo en segundos ($Q = I \cdot t$). En condiciones de laboratorio, la electrólisis generada es proporcional a la carga eléctrica aplicada (11,20). Sin embargo, en los tejidos biológicos debe tenerse en cuenta su impedancia eléctrica o resistencia al paso de la corriente, que condiciona la cantidad de electricidad que llega al tejido diana (20).

Por otra parte, es interesante mencionar que la intensidad y el tiempo de aplicación solo marcan la carga eléctrica aplicada al tejido, pero no el efecto provocado en el organismo, que dependerá de los mecanismos fisiológicos de biorregulación y adaptación. En consecuencia, se ha propuesto que las modalidades de aplicación de alta intensidad (a partir de 1 mA) y tiempos cortos (3-10 segundos) tienen un efecto analgésico, pero en gran medida inflamatorio y facilitador de la reparación tisular, generando una estimulación local, segmental y cortical. Mientras, las modalidades que emplean baja intensidad (hasta 1 mA) y tiempos prolongados (50-90 segundos) tienen un efecto fundamentalmente analgésico y producen una estimulación local (11). Cabe destacar que la técnica de EP comenzó aplicándose a 4-6 mA en tiempos cortos (10,20), pero actualmente los profesionales utilizan diferentes modalidades de aplicación en su

práctica clínica e incluso se combina con otras técnicas como neuromodulación percutánea, microcorrientes, alto voltaje o plasma rico en plaquetas (11).

Como cuidados post-intervención se recomienda evitar las medidas anti-inflamatorias tales como crioterapia local, isquemia o fármacos, con el fin de no intervenir sobre la respuesta inflamatoria inducida por la EP. Normalmente se aconseja al paciente que guarde unas 24-48 horas de reposo relativo evitando su patrón de dolor, para que a partir de ese momento comience un programa activo con carga progresiva adaptada al paciente y a la estructura lesionada (11).

Las indicaciones de la EP se han visto modificadas con el transcurso del tiempo a partir del razonamiento fisiopatológico que subyace en diferentes lesiones del aparato locomotor, la experiencia clínica y la evidencia científica actual (11). Esta intervención comenzó aplicándose en procesos crónicos (principalmente tendinopatías), donde presenta un mayor respaldo científico y se utiliza para favorecer la respuesta inflamatoria necesaria para que los mecanismos de curación y/o reparación del tejido blando sean reactivados (9–11,20). En cuanto a las patologías agudas, la EP tiene como objetivo facilitar la eliminación de sustancias de desecho de la zona y mejorar el equilibrio entre los factores de crecimiento profibróticos y proinflamatorios. No obstante, aún es necesaria una mayor investigación sobre los mecanismos de acción de la técnica en procesos agudos (11). En referencia al tejido diana, la EP está indicada en lesiones tendinosas, musculares, ligamentosas, bursales, capsulares, sinoviales, periósticas o nerviosas (7,11).

Las contraindicaciones para la aplicación de la EP se deducen principalmente de la combinación de las contraindicaciones generales para cualquier otra técnica de electroterapia y en concreto para el uso de la corriente galvánica, junto con las específicas por la utilización de la aguja (11). Entre ellas podemos destacar: belonefobia o miedo a las agujas, osteosíntesis (en puntos muy cercanos), implantes eléctricos tipo marcapasos, cardiopatías con ritmos sinusales alterados, embarazo, procesos oncológicos, dermatopatías superficiales, alteraciones de la sensibilidad (7,11). También se debe tener precaución con posibles alergias al material utilizado por el terapeuta para la intervención (por ejemplo, al látex de los guantes o al cobre o níquel de las agujas) y con situaciones con riesgo de reacción vasovagal o síncope (miedo al tratamiento, hipotensión o episodios previos) (11).

1.1.4. Efectos y mecanismos de acción

El propósito principal de la EP es reactivar el proceso inflamatorio local y la reparación del tejido blando afectado (7). Tal y como se ha comentado con anterioridad, se ha sugerido que el

objetivo se consigue fundamentalmente a través de dos efectos: uno mecánico derivado de la utilización de la aguja y uno eléctrico relacionado con la corriente galvánica (8,11,13,20). A continuación, se expondrán con más detalle ambos efectos propuestos.

1.1.4.1. Efecto mecánico

Se basa en el proceso de mecanotransducción del tejido conjuntivo, que implica la transducción de señales celulares en respuesta a estímulos mecánicos como la inserción y manipulación de una aguja. Esta punción produce una deformación de la matriz extracelular, mediante la cual se activan los receptores aferentes y genera un cambio de fenotipo del esqueleto de actina de los fibrocitos, pasando a ser miofibroblastos contráctiles (11).

La activación de los fibrocitos desencadena a su vez cascadas de transducción de señal, activación de los canales iónicos y de las vías de señalización intracelulares, así como la modificación de la expresión de genes que codifican componentes de la matriz extracelular, y la síntesis y secreción de proteínas que actúan sobre las células presentes en el tejido conjuntivo (11,13).

Además, los fibrocitos interactúan con las fibras de tejido conjuntivo a través de las moléculas de adhesión celular (integrinas) conectando el citoesqueleto con la matriz extracelular, a lo que se une la acción de las metaloproteinasas, que producen la destrucción, formación y transformación de la propia matriz extracelular. En definitiva, todos estos procesos se traducen en una reorganización local del tejido conjuntivo (11).

1.1.4.2. Efecto eléctrico

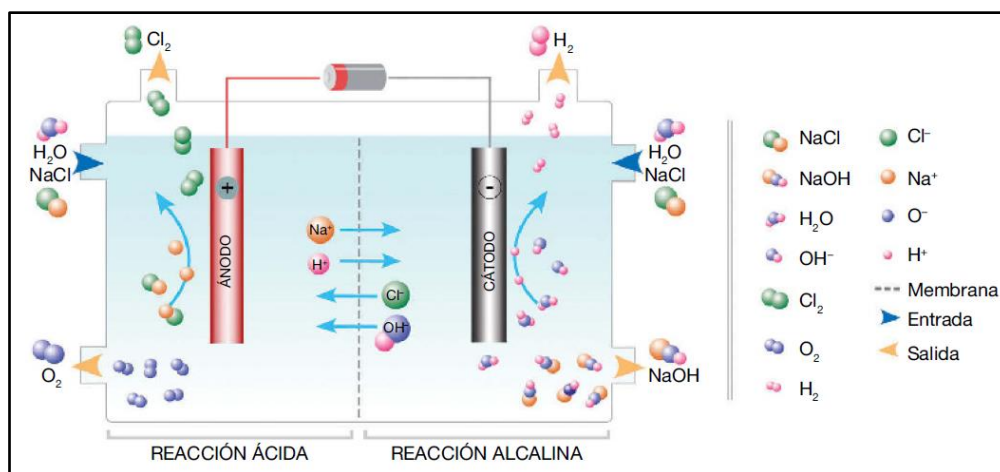
La utilización de la corriente galvánica origina a su vez tres efectos: electroquímico, electrofísico, y electrotermal (11).

- *Efecto electroquímico*: la corriente galvánica genera una respuesta polar, que sucede donde se sitúa el electrodo y es la más importante en la EP; y otra interpolar, que se produce en el segmento orgánico situado entre el cátodo y el ánodo pero es despreciable debido a los tiempos cortos de aplicación (11).

El efecto electroquímico polar de la EP se basa en la utilización del cátodo como electrodo activo (13). El comportamiento fisicoquímico de los tejidos blandos de origen colagénico, compuesto por un 80% de agua y un 20% de electrolitos (Na^+ , Cl^- , K^+), al paso de una corriente continua, supone generar una reacción electrolítica (electrólisis) que disocia las moléculas según polaridad: los iones con carga positiva se desplazan hacia el cátodo y los de carga negativa, hacia el ánodo (7).

La corriente eléctrica hace que la sal (NaCl) y el agua (H_2O) presentes en los tejidos se descompongan en sus elementos químicos constitutivos, los cuales se reagrupan entre sí para formar sustancias diferentes (20). De esta manera, los iones con carga positiva (Na^+ , H^+) y negativa (Cl^- , OH^-) migran hacia el cátodo y el ánodo respectivamente (10,11). En el cátodo, el ión Na^+ reacciona con el H_2O para formar hidróxido de sodio (NaOH) y H^+ ; mientras que en el ánodo, el Cl^- reacciona con el H_2O para formar cloruro de hidrógeno (HCl) y OH^- (10). Se considera que la liberación de hidróxido de sodio (NaOH) es la herramienta terapéutica más importante de la técnica (11,20) y a menudo se denomina “lejía orgánica” o “lejía galvánica” (10,20). Esto produce debajo del electrodo activo o aguja catódica la alcalinización del pH y el aumento de la PO_2 , favoreciendo la fagocitosis, la licuefacción de la sustancia mixoide y la activación biológica de la reparación/regeneración del tejido (10,11). La Figura 2 muestra una síntesis del proceso de electrólisis.

Figura 2. Reacción de electrólisis.



Nota: Tomada de Valera-Garrido F, Minaya-Muñoz F. Electrólisis percutánea musculoesquelética. En: Valera-Garrido F, Minaya-Muñoz F, editores. Fisioterapia invasiva. 2a Ed. Barcelona: Elsevier; 2016. p. 394 (11).

En definitiva, se ha sugerido que el efecto electroquímico polar es el más importante en la técnica y sus pilares serían la alcalinización local, la destrucción de tejidos necróticos, la neurólisis electroquímica y la activación del mecanismo inflamatorio/regenerador (7). No obstante, un reciente estudio en ratas pone en duda que los efectos de la EP estén ligados a los cambios del pH, ya que las modificaciones que encontraron fueron muy pequeñas y fáciles de compensar por el organismo (21).

- *Efecto electrofísico:* se produce un fenómeno iónico que provoca la migración hacia uno de los polos de células y moléculas que se encuentran cargadas eléctricamente, siendo

atraídas por el polo del signo contrario y repelidas por el polo del mismo signo (10,11,13). Así, el electrodo negativo (cátodo) atrae los iones cargados positivamente y repele los iones cargados negativamente (cataforesis), mientras que el electrodo positivo (ánodo) atrae los iones cargados negativamente y repele los iones cargados positivamente (anaforesis) (7,11). Este proceso en conjunto se denomina electroforesis, electrotaxis o galvanotaxis, y no genera cambios en la configuración molecular (10,11). Se ha demostrado que algunos tipos de células migran de forma activa a un polo específico (el ánodo o el cátodo) (11). Determinadas células importantes en la reparación del tejido como los neutrófilos, macrófagos, fibroblastos, células endoteliales y células nerviosas responden a los campos eléctricos pero no todos los tipos de células migran en la misma dirección (10,11). Los neutrófilos activados, que están presentes ante una lesión aguda del tejido blando, son atraídos al polo negativo (cátodo), mientras que los inactivos se mueven hacia el polo positivo. Asimismo, los tenoblastos, fibroblastos, linfocitos, mastocitos y plaquetas migran al polo negativo (10). Por tanto, con la EP se pueden movilizar células hacia el lugar de la lesión y generalmente se recomienda que se utilice el electrodo negativo para atraer a los tipos celulares más apropiados, y que el electrodo positivo solo se use cuando la lesión se encuentre en fase proliferativa (10,11). Además, en la zona lesionada se potencia la replicación de los fibroblastos y aumenta la síntesis de ácido desoxirribonucleico (ADN) y de colágeno por los fibroblastos (11).

- *Efecto electrotermal*: se basa en la microvibración de las partículas cargadas que se encuentran en el medio conductor y a las fuerzas de fricción que se generan (11,13). Esto podría provocar una liberación de calor pero se ha visto que la temperatura de la aguja no sufre variaciones debido a los tiempos reducidos de aplicación de EP (11). Por tanto, lo que se produce es una ablación electroquímica no termal (10,20). Se debe tener en cuenta que el paciente a menudo refiere una sensación de quemazón que se relaciona con la estimulación de las fibras C (11).

En este punto cabe mencionar un reciente ensayo in vitro en el que se aplicó EP en la disolución de sales de Ringer y se comprobó que no se producían cambios en la aguja respecto a su temperatura, morfología, resistencia eléctrica y composición metálica (22).

Recientemente, se ha propuesto un tercer efecto, el neurofisiológico, por el cual este tipo de terapias podrían actuar sobre la modulación del dolor (8). Este nuevo paradigma se ha sugerido también para otras técnicas que utilizan agujas, como la punción seca, la acupuntura o la electro-

acupuntura (23,24). El presente trabajo se centra en este potencial mecanismo de acción, por lo que se tratará con mayor profundidad en sucesivos apartados.

1.1.5. Evidencia científica actual

Como se ha mencionado con anterioridad, la técnica de EP fue desarrollada por el Prof. José Manuel Sánchez Ibáñez en 2003 (17), pero hasta 2011 no se publica la primera tesis doctoral sobre la aplicación de EP en pacientes con tendinopatía rotuliana, llevada a cabo por el Prof. José Luis Sánchez Sánchez (20). Al año siguiente, se desarrolla otra tesis doctoral sobre la misma temática realizada por el creador de la técnica (10). A partir de entonces, la evidencia científica de la EP ha ido aumentando exponencialmente en la última década, con la publicación de artículos en revistas nacionales y fundamentalmente internacionales de alto impacto y con la elaboración de nuevas tesis doctorales, que permiten arrojar más luz al ámbito de este método en concreto y de la fisioterapia invasiva en general.

Un hecho destacado es la publicación en el año 2020 de la primera revisión sistemática con meta-análisis sobre la técnica, que evaluó los efectos de la EP en la disminución del dolor y de la discapacidad en pacientes con trastornos músculo-esqueléticos (8). Los resultados encontraron un nivel de evidencia moderado en que la EP produjo un gran efecto en la mejora del dolor y de la funcionalidad en individuos con dolor músculo-esquelético. Además, las diferencias se obtuvieron a corto, medio y largo plazo. A pesar de que el riesgo de sesgos en los estudios incluidos fue bajo, los autores reportaron una serie de limitaciones principalmente relacionadas con la heterogeneidad de las patologías investigadas, de los parámetros y dosificación utilizados o del número relativamente pequeño de artículos seleccionados.

Prácticamente a la vez que este meta-análisis, realicé una revisión sistemática de ensayos clínicos aleatorizados junto a mi compañero de profesión Julio Eduardo Cáceres Pajuelo y mi director de tesis José Luis Sánchez Sánchez, siguiendo una pregunta de investigación muy similar a la de Gómez-Chiguano GF et al. (8), con el fin de obtener una visión general de la evidencia científica de la EP en pacientes con dolor músculo-esquelético. El trabajo fue registrado en el Registro internacional prospectivo de revisiones sistemáticas (PROSPERO) con identificación CRD42020181168 y finalmente fue publicado en febrero de 2021 (25). La búsqueda bibliográfica se llevó a cabo en las siguientes bases de datos electrónicas: PubMed, PEDro, CINAHL, MEDLINE, Scopus, Web of Science, Cochrane Library and ScienceDirect. Finalmente se incluyeron 7 estudios publicados entre 2015 y 2018 (26–32), que mostraron una calidad metodológica de moderada a alta, pero la mayoría de ellos presentaron un alto riesgo de sesgos. Nuestra conclusión es que la EP parece ser una terapia efectiva en la mejora del dolor y la funcionalidad

en los trastornos músculo-esqueléticos, ya que la mayoría de los estudios seleccionados obtuvieron diferencias significativas a favor del grupo que incluía esta técnica. Sin embargo, estos resultados deben ser interpretados con cautela debido a que algunos artículos no encontraron dichas diferencias a favor de la EP y a la elevada heterogeneidad relacionada con las patologías, los parámetros, los tiempos de seguimiento y las medidas de resultado (25). Además, otra limitación de nuestra revisión fue la imposibilidad de elaborar un meta-análisis que proporcionase objetividad a los resultados de la revisión, lo cual sí se llevó a cabo en el trabajo de Gómez-Chiguano GF et al. (8).

Las tendinopatías crónicas representan la entidad clínica que más se ha beneficiado de los efectos generados por la EP, y así lo refleja la evidencia científica, siendo el tendón el tejido diana para la aplicación de esta técnica en un gran número de estudios. Los primeros estudios publicados investigaron la eficacia de la EP combinada con un programa de ejercicio excéntrico en la tendinopatía rotuliana, obteniendo grandes resultados en la mejora del dolor y la funcionalidad, que se mantuvieron hasta dos e incluso 10 años después del tratamiento (33,34). La mayor limitación de estos dos artículos es que no utilizaron otro grupo de comparación, lo cual sí fue incluido por Abat et al. (26) en 2016, contrastando los resultados de un protocolo de ejercicio excéntrico y electroterapia convencional (ultrasonido pulsado, láser CO₂ y corrientes interferenciales) con otro que combinaba excéntricos y EP en el tendón rotuliano, obteniendo diferencias significativas en la funcionalidad a favor de este último. Sin embargo, un estudio reciente llevado a cabo por López-Royo et al. (35) en la tendinopatía rotuliana, no ha encontrado diferencias a 10 y 22 semanas de seguimiento entre la intervención con punción seca, EP o placebo, todas ellas combinadas con ejercicio excéntrico. Por tanto, concluyeron que las mejorías clínicas obtenidas no estuvieron asociadas a los cambios estructurales del tendón.

El dolor de hombro asociado al manguito rotador también es una de las patologías más investigadas en el campo de la EP (8,25). En el ensayo de Arias-Buría et al. (27), la EP en el tendón del supraespinoso combinada con un programa de ejercicio terapéutico produjo mejores resultados a corto plazo que el programa de ejercicio aislado. De-Miguel-Valtierra et al. (28) utilizaron un diseño similar añadiendo la terapia manual a ambos grupos de intervención y alargando el tiempo de seguimiento hasta los 6 meses, de modo que encontraron diferencias significativas en la disminución del dolor a favor del grupo que incluía EP pero no en la valoración de la funcionalidad. Por su parte, Rodríguez-Huguet et al. (36) obtuvieron mayores efectos positivos en el dolor y el rango de movimiento con la EP en el tendón del supraespinoso que con la punción seca de dicho músculo (ambas intervenciones combinadas con un programa de ejercicio terapéutico). También se ha sugerido que la intervención con EP en el tendón y el

músculo infraespinoso genera mejores resultados que el abordaje aislado de una de las dos estructuras, y además, cualquiera de las tres intervenciones obtiene diferencias respecto a un grupo control sin intervención (37).

Por otra parte, Valera-Garrido et al. (38) hallaron mejoría en la sintomatología de la epicondialgia lateral a corto y largo plazo con la combinación de EP en el tendón común del epicóndilo y ejercicio excéntrico, pero no utilizaron grupo de comparación. En esta misma patología, Rodríguez-Huguet et al. (36) concluyeron que la EP en el tendón común del epicóndilo junto con ejercicio era más efectiva en la mejora del dolor y el rango de movimiento que la punción seca de los músculos epicondíleos combinada con el mismo programa de ejercicio. Además, la relación coste-efectividad de la EP en la epicondialgia lateral parece ser muy aceptable (39).

El dolor plantar de talón asociado a la fascia plantar es otra de las entidades que se puede beneficiar de esta técnica, tal y como demostraron Fernández-Rodríguez et al. (29) al reportar mejoras en dolor y funcionalidad al aplicar EP en la fascia plantar en comparación con placebo. Sin embargo, cuando se coteja con otras terapias no se encuentran grandes diferencias, como en el caso de la comparación de la EP y la infiltración de corticoesteroides en la fascia plantar (40) o de la EP y la punción seca en puntos gatillo miofasciales relacionados con el dolor plantar (gastrocnemio, sóleo, cuadrado plantar, flexor corto de los dedos y abductor del primer dedo) (41). Ahora bien, el estudio realizado por Fernández et al. (42) concluyó que la EP tuvo una mejor relación coste-efectividad que la punción seca en el tratamiento del dolor plantar crónico.

Asimismo, se han observado efectos positivos con la aplicación de EP en el dolor inguinal o pubalgia relacionada con la entesopatía tanto del tendón del aductor largo (32) como del tendón del recto abdominal (43). También se ha estudiado esta terapia en la lesión crónica del tendón central intramuscular del sóleo en bailarines, obteniendo los mejores resultados con la combinación de EP y ejercicio terapéutico en comparación con cualquiera de las dos intervenciones aisladas (44).

No obstante, se debe tener en cuenta que el tendón no es el único tejido diana al que se dirige la aplicación de corriente galvánica mediante esta técnica. Por ejemplo, López-Martos et al. (31) intervinieron sobre el músculo pterigoideo lateral en pacientes con trastornos temporomandibulares y concluyeron que tanto la EP como la punción seca mostraron mayor eficacia en la reducción del dolor y el aumento de la apertura de la boca en comparación con una intervención simulada. Dicha mejoría se observó antes en el grupo que recibió EP que en el de punción seca. En otro estudio se aplicó EP en el músculo angular de la escápula en pacientes

con síndrome de latigazo cervical agudo y no se encontraron diferencias significativas en comparación con un protocolo de fisioterapia estándar (microondas, masaje, ultrasonido y ejercicio terapéutico), de manera que los autores recomendaron la utilización del abordaje invasivo por su alta relación coste-efectividad y reducción del tiempo de tratamiento (30). Además, habría que añadir el ensayo comentado anteriormente en el que no se observaron diferencias entre la EP y la punción seca en músculos relacionados con el dolor plantar (41).

Como podemos percibir, la evidencia científica actual relacionada con la EP cuenta con numerosos ensayos clínicos que aportan solidez a las intervenciones realizadas en la práctica profesional diaria de los fisioterapeutas. Sin embargo, la interpretación de los resultados aún es dificultosa debido a la alta heterogeneidad de los estudios, que se puede apreciar en la diferencia en los diseños metodológicos, parámetros utilizados, grupos de comparación, tiempos de seguimiento, medidas de resultado o patologías involucradas (8,25). Por tanto, es necesaria más investigación con el fin de que cada vez existan artículos con características más homogéneas y facilite la extracción de conclusiones. Del mismo modo, en la mayoría de ensayos se combina la EP con otra terapia (generalmente ejercicio terapéutico), lo cual acerca la investigación a la práctica clínica diaria, pero también es recomendable llevar a cabo más estudios que apliquen la EP de forma aislada y lo comparen con una intervención simulada (8).

Al mismo tiempo, más allá de los ensayos clínicos que evalúan la eficacia de la terapia, nos encontramos con distintos estudios cuyo objetivo se centra en el entendimiento de los mecanismos de acción de la EP. La mayoría de estas investigaciones están realizadas en modelo animal con el propósito de conocer con mayor exactitud lo que ocurre en el tejido que recibe la aplicación de corriente galvánica a través de la aguja. Por ejemplo, se ha observado que la EP produce un aumento de los mecanismos moleculares anti-inflamatorios (citocromo C, Smac/Diablo, receptor gamma activado por proliferador de peroxisomas) y angiogénicos (factor de crecimiento endotelial vascular y su receptor 2) en una tendinopatía inducida por colagenasa en ratas (9). En este mismo modelo patológico, la EP podría aumentar la expresión de algunos genes asociados a la regeneración del colágeno y la remodelación de la matriz extracelular (45). También se ha observado en ratas una vasodilatación inmediata y transitoria en los vasos de mediano y pequeño calibre tras la aplicación de EP, que podría acelerar la llegada de mediadores de la inflamación y facilitar el lavado de sustancias nociceptivas (46).

Resultados similares se encuentran en una lesión muscular inducida por notexina en ratas, donde la EP produjo una disminución de los mediadores proinflamatorios (factor de necrosis tumoral alfa e interleuquina 1 beta) y un aumento de la expresión de proteínas anti-

inflamatorias (receptor gamma activado por proliferador de peroxisomas) y el factor de crecimiento endotelial vascular (47). También se ha aplicado esta técnica en un modelo de puntos gatillo miofasciales en roedores (mediante la inyección de neostigmina), observando un aumento del número y de la velocidad de las respuestas de espasmo local en comparación con la punción seca. Además, en dicho estudio se incluyeron distintos protocolos de EP y los autores concluyeron que las dosis más altas de corriente galvánica son más eficaces para revertir los efectos de la neostigmina (48). Por otro lado, Margalef et al. (49) aplicaron EP en un modelo de atrapamiento del nervio ciático en ratones y notificaron una mejoría parcial inmediata en la conducción nerviosa (latencia nerviosa y amplitud del potencia de acción muscular compuesto), que evolucionó hacia una recuperación prácticamente total a las 3 semanas.

Al margen de estas publicaciones, los mecanismos de acción de la EP aún no están completamente claros y definidos. De hecho, como se ha comentado anteriormente, se ha propuesto otro posible mecanismo basado en sus efectos neurofisiológicos, como por ejemplo una potencial influencia en la modulación del dolor (8). Por el momento, en sujetos sanos se ha reportado un incremento de la activación parasimpática (evaluada mediante la variabilidad en la frecuencia cardíaca) durante la intervención con EP, lo cual se ha asociado tanto a la punción con aguja como a la aplicación de corriente galvánica (50–52).

1.2. MODULACIÓN ENDÓGENA DEL DOLOR

1.2.1. Definición de dolor

Recientemente, la *International Association for the Study of Pain* (IASP) ha definido el dolor como “una experiencia sensorial y emocional desagradable asociada o similar a la asociada a una lesión tisular real o potencial” (53). Esta nueva definición supone una actualización de la propuesta por la misma organización en 1979 (54).

Además, en el año 2020 la IASP ofreció una serie de notas aclaratorias que completan el concepto de dolor (53):

- El dolor es siempre una experiencia personal influenciada en mayor o menor medida por factores biológicos, psicológicos y sociales.
- El dolor y la nocicepción son fenómenos diferentes. El dolor no puede deducirse únicamente de la actividad de las neuronas sensoriales.
- A través de sus experiencias vitales, los individuos aprenden el concepto de dolor.
- Debe respetarse el hecho de que una persona manifieste una experiencia dolorosa.

- Aunque el dolor suele tener una función adaptativa, puede tener efectos adversos sobre la función y el bienestar social y psicológico.
- La descripción verbal es solo uno de los diversos comportamientos para expresar el dolor; la incapacidad para comunicarse no niega la posibilidad de que un humano o un animal experimente dolor.

Profundizando en la segunda nota aclaratoria, la nocicepción es el mecanismo sensorial fundamental para la supervivencia por el cual neuronas especializadas (nociceptores) detectan y responden a estímulos potencialmente dañinos del entorno (55). También se considera parte del proceso de nocicepción a la transmisión de esa información desde la periferia a la médula espinal y diversas áreas del sistema nervioso central (SNC) (56). Así pues, el dolor sería el resultado del procesamiento central de esa información, abarcando la memoria previa y el componente afectivo negativo típico del dolor (55,57). Por tanto, las respuestas conductuales defensivas que se producen de manera inmediata y refleja se consideran nocicepción, pero si se observan alteraciones conductuales prolongadas, ya sería indicativo del malestar asociado al dolor (57). La separación entre estos dos fenómenos llega hasta el punto de que la evidencia sugiere que la nocicepción no es suficiente ni necesaria para producir la experiencia dolorosa, es decir, puede haber nocicepción y no evocarse la experiencia dolorosa o evocarse pero sin nocicepción (58).

Estos comentarios ofrecen importantes reflexiones para el campo del dolor, ya que los pacientes con dolor a menudo se sienten desestimados por los profesionales sanitarios que perciben que su dolor se debe al estrés o a problemas psicológicos, lo que se traduce en reacciones de frustración o ansiedad y en la búsqueda de nuevos profesionales, pruebas y tratamientos. Los pacientes, los sanitarios, los responsables políticos y la sociedad en general deben saber que la experiencia individual del dolor es válida, no puede medirse directamente ni se puede demostrar con pruebas objetivas y debe entenderse a partir de una conceptualización amplia que tenga en cuenta los múltiples factores biológicos (incluyendo el sistema nervioso y el cerebro) y psicosociales (59).

La repercusión del problema del dolor es mundial y está considerado una prioridad de salud pública internacional, puesto que se calcula que el 20% de los adultos padecen dolor en todo el mundo y que cada año 1 de cada 10 adultos son diagnosticados de dolor crónico (60). El dolor es el motivo más común de visita al médico y es la principal causa de discapacidad (56). Los tipos de dolor más frecuentes son las cefaleas y el dolor músculo-esquelético (61). Además, los pacientes con dolor consumen cerca del doble de recursos sanitarios que la población general.

De hecho, se estima que el coste total asociado al dolor crónico en toda Europa está en torno al 1,5-3% del Producto Interior Bruto (PIB) europeo (62).

1.2.2. Concepto de modulación endógena del dolor

La modulación endógena del dolor (MED) podría ser definida como la capacidad del sistema nervioso central (SNC) para modular la entrada nociceptiva procedente de los tejidos periféricos a medida que asciende a la médula espinal, al tronco encefálico y al cerebro (63–65). Este concepto suele aparecer junto a otros términos que describen esta regulación, como son la modulación descendente, los controles descendentes del dolor o el sistema anti-nociceptivo (66–70).

Las últimas investigaciones han establecido que la activación de diferentes zonas del mesencéfalo y de la médula espinal puede ejercer un control bidireccional sobre la nocicepción, dando lugar a los fenómenos de facilitación e inhibición del dolor (69). De esta manera, la MED puede provocar un aumento o una disminución de la percepción del dolor en función de los mecanismos del SNC implicados en el procesamiento de las señales nociceptivas (63,71). En definitiva, aunque la intensidad de la entrada nociceptiva es relevante para el dolor, la modulación posterior de los impulsos puede reducir drásticamente la intensidad de las sensaciones resultantes hasta niveles casi imperceptibles o aumentar el dolor hasta niveles casi insoportables (71).

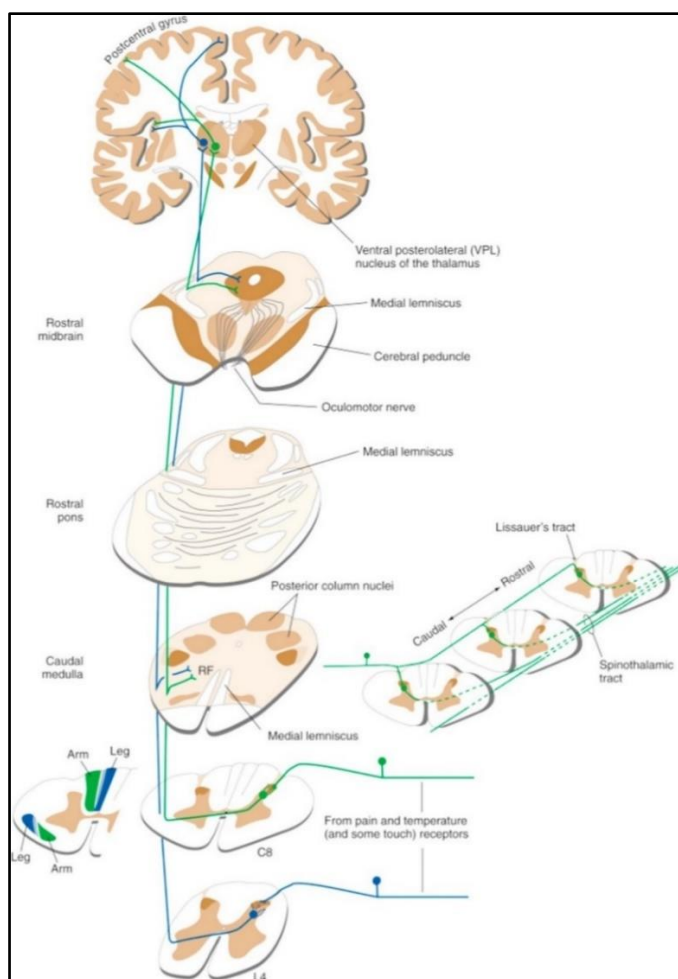
La regulación de las aferencias nociceptivas puede llevarse a cabo mediante tres tipos de mecanismos endógenos: 1) mecanismos espinales, 2) controles inhibitorios descendentes y 3) mecanismos de los centros superiores. La indagación en estos mecanismos ha mejorado sustancialmente el conocimiento sobre la modulación normal y anómala del dolor en individuos sanos y en pacientes con dolor (64). De hecho, la evidencia científica actual sugiere que una MED anormal podría formar parte de la fisiopatología del dolor crónico (63,65,68,69,72). Se ha observado esta menor capacidad de modulación del dolor en trastornos músculo-esqueléticos, tales como fibromialgia, artrosis, cefaleas tensionales crónicas o trastornos temporo-mandibulares (73).

En conclusión, el dolor es un proceso complejo que presenta componentes sensoriales, afectivos y cognitivos, por lo que, a diferencia de otras percepciones, la relación entre la intensidad del estímulo nociceptivo y la intensidad del dolor percibido no es necesariamente lineal (74). Esa percepción final será el resultado, en mayor medida, de múltiples y dinámicos mecanismos pertenecientes al SNC (70), los cuales se engloban dentro del concepto de MED.

1.2.3. Anatomía y neurofisiología del dolor y de los mecanismos moduladores

Las señales del dolor son detectadas por terminaciones libres de neuronas periféricas de tipo A δ y C, que conducen la información nociceptiva hasta el SNC, en concreto hasta los ganglios de las raíces dorsales de los nervios espinales o los ganglios sensitivos somáticos de nervios craneales (70). La mayoría de las fibras nerviosas periféricas harán sinapsis en la lámina de Rexed (conjunto de neuronas situadas en el cuerno posterior de la médula espinal) y luego ascenderán por el tracto espinotalámico contralateral antes de terminar en los núcleos posteriores ventrales y centrales del tálamo (75). Las neuronas de tercer orden situadas en el tálamo transmiten el estímulo hasta la corteza somatosensorial, desencadenando la percepción consciente del dolor, las actividades subconscientes y las respuestas neuromoduladoras efectoras, endocrinas y emocionales (70). Otras zonas de intercambio de información temprana son la ínsula, la corteza orbitofrontal, la corteza prefrontal dorsolateral, la amígdala y el cíngulo (75). La Figura 3 expone el trayecto del impulso nociceptivo a lo largo del tracto espinotalámico.

Figura 3. Anatomía del tracto espinotalámico.



Nota: Tomada de Dinakar P, Stillman AM. Pathogenesis of Pain. Vol. 23, Seminars in Pediatric Neurology. W.B. Saunders; 2016. p. 205. (56).

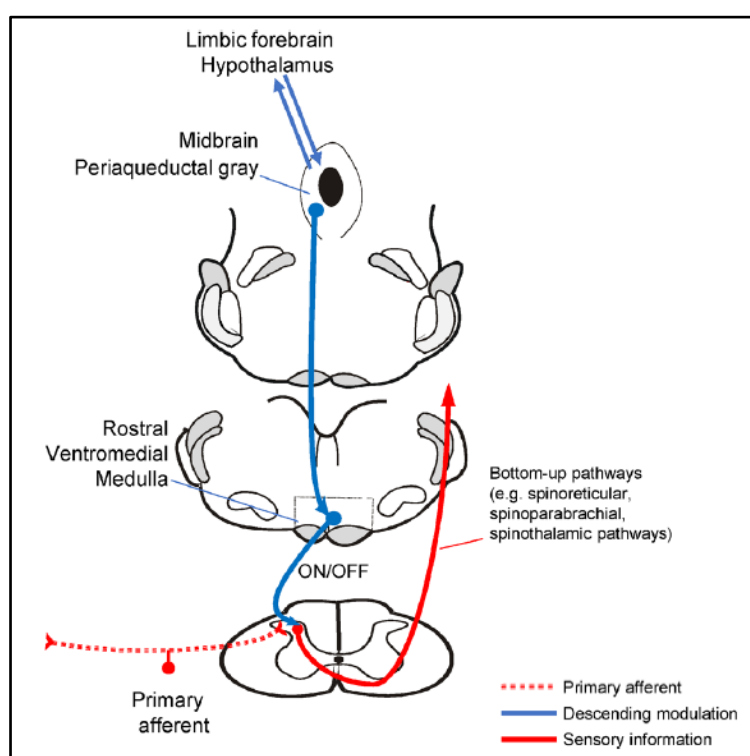
La modulación de la información nociceptiva en el SNC puede ocurrir a lo largo de todo el recorrido del impulso nervioso (70). Por ejemplo, los ajustes en los circuitos intracorticales y talamocorticales tienen la capacidad de variar el dolor en función del contexto conductual (76). Sin embargo, actualmente se considera que el mecanismo clave de la modulación del dolor se encuentra en los circuitos subcorticales presentes en el tronco del encéfalo, entre los que se pueden identificar importantes estructuras como la sustancia gris periacueductal (SGP) del mesencéfalo y la región rostral ventromedial (RRV) del bulbo raquídeo (68,69,72).

La SGP recibe información de áreas anteriores del cerebro implicadas en el estado de ánimo, la atención y el control ejecutivo, y la transmite a la RRV, que se proyecta al asta dorsal de la médula espinal así como al asta dorsal del trigémino. La RRV también obtiene información de manera directa de otras áreas importantes en el procesamiento del dolor como la amígdala, la ínsula y el hipotálamo (76).

La estimulación eléctrica de estas áreas del tronco del encéfalo es capaz de generar una potente analgesia (68). Por una parte, la SGP actúa indirectamente inhibiendo las neuronas nociceptivas del asta dorsal a través de sus conexiones con la RRV (68,77), mientras que la RRV puede facilitar o inhibir las entradas nociceptivas y actúa como relevo final en el control de la modulación descendente del dolor (69). Este control bidireccional está mediado por dos sistemas neuronales distintos que se ubican en la RRV: una red facilitadora del dolor denominada “células ON” y una red inhibidora del dolor denominada “células OFF” (76,77).

El proceso de facilitación nociceptiva se produce fundamentalmente a través de los receptores NMDA presentes en la médula espinal, que se activan mediante la liberación de sustancia P y glutamato y producen que los niveles de calcio intracelular que activan cascadas de señalización reduzcan el umbral de disparo de las neuronas del asta dorsal (71). Mientras, el fenómeno de inhibición se genera a través de la conexión de la SGP y la RRV con la médula espinal, que se realiza a nivel de las láminas superficiales del asta dorsal, donde converge la información nociceptiva y se inhibe la primera neurona de transmisión del dolor debido a la supresión de la liberación de neurotransmisores en la vía nociceptiva (70,77). En la Figura 4 se puede observar un esquema sobre la conexión de la SGP y la RRV con la médula espinal y otros centros superiores.

Figura 4. Anatomía de las vías moduladoras descendentes.



Nota: Tomada de Chen QL, Heinricher MM. Descending Control Mechanisms and Chronic Pain. Vol. 21, Current Rheumatology Reports. Current Medicine Group LLC 1; 2019. (68).

A pesar de que este mecanismo modulador es el más investigado en la actualidad, se debe tener en cuenta que existen diferentes posibilidades de regulación de la transmisión nociceptiva a lo largo de todo su trayecto y no solo en los centros subcorticales mencionados anteriormente.

Por ejemplo, la corteza cerebral también se considera un área importante debido a su capacidad de modular las reacciones motoras somáticas reflejas a un estímulo nocivo y de colaborar en la organización de respuestas somáticas voluntarias (70). Las áreas corticales más relevantes en la modulación del dolor son el área prefrontal y el área anterior del giro cingulado, las cuales están relacionadas tanto con la activación de vías descendentes como ocurre con el efecto placebo (70,78).

Por otra parte, también se han planteado mecanismos medulares como la teoría de la puerta de entrada. Este fenómeno fue propuesto por Melzack y Wall en 1965 (79) y actualmente sigue siendo considerado una fuente reguladora del dolor a nivel medular. La explicación reside en que las fibras aferentes de mayor tamaño transportan información somatosensitiva general y las fibras más pequeñas información nociceptiva, convergiendo ambas en la sustancia gelatinosa del asta dorsal de la médula espinal, de manera que en este punto la información

somatosensitiva puede influir en la transmisión de la información nociceptiva tanto aumentándola como disminuyéndola (80).

Desde el punto de vista bioquímico, la MED utiliza tres sistemas de neurotransmisión principalmente: opioide, noradrenérgico y serotorinérgico. Las encefalinas y los precursores opiáceos están presentes en la amígdala, el hipotálamo, la SGP, el rafe magnus y el asta dorsal. Las neuronas noradrenérgicas se proyectan hasta el asta dorsal a través del tracto dorsolateral. Por esta misma vía envía sus proyecciones el sistema serotorinérgico (77). Estos sistemas, junto con sus neurotransmisores, serán los encargados de interconectar las distintas áreas neuronales involucradas en la modulación nociceptiva (70).

1.2.4. Evaluación de la modulación endógena del dolor

La capacidad para la MED puede valorarse en sujetos humanos mediante pruebas sensoriales cuantitativas que evalúen la facilitación o inhibición del dolor y exploren los posibles mecanismos responsables del desarrollo o el mantenimiento del dolor local y generalizado (71,81). Pretenden evaluar de forma integral el sistema nociceptivo y obtener información más objetiva de cómo se percibe el dolor (82). Estos test utilizan herramientas sencillas para la valoración de la percepción de estímulos mecánicos (tacto, presión, vibración), térmicos (frío, calor) o eléctricos (81,82). Entre las pruebas sensoriales cuantitativas podemos encontrarnos pruebas estáticas, que evalúan cómo el sujeto percibe el dolor (Ej: alodinia, umbrales de percepción, umbrales de dolor), o pruebas dinámicas, que valoran el funcionamiento de los sistemas de modulación del dolor (Ej: sumación temporal, modulación condicionada, sensibilización central) (82).

Sin embargo, como el dolor es una percepción multidimensional, se debe tener en cuenta que los test cuantitativos que utilizan una sola estimulación estandarizada no son suficientes para describir el complejo proceso del dolor. Por tanto, siempre se recomienda un enfoque multimodal en la evaluación, incluyendo diferentes estímulos y varios mecanismos del dolor, con el objetivo de proporcionar una mayor información sobre la modulación del dolor (73).

Una de las pruebas más utilizadas en la práctica investigadora es la modulación condicionada del dolor (MCD) (83,84). Este paradigma se basa en el fenómeno de “dolor inhibe dolor” y se considera la representación conductual humana de los “controles inhibitorios nocivos difusos” o “vías inhibitorias descendentes”, los cuales se refieren al mecanismo regulador observado en estudios con animales por el cual la actividad evocada por estímulos nociceptivos de las neuronas convergentes en el asta dorsal de la médula espinal podría ser inhibida por otro estímulo nocivo tónico (84,85). La valoración de la MCD consiste en la evaluación de un

estímulo doloroso de prueba seguido de una segunda evaluación, ya sea al mismo tiempo que un estímulo condicionado doloroso distante (paradigma paralelo) o justo después de que se haya retirado el estímulo condicionado doloroso (paradigma secuencial) (85). En la mayoría de los sujetos la intensidad del dolor experimentada con el estímulo de prueba se reducirá durante o inmediatamente después de la exposición al estímulo condicionante (85,86). No obstante, la capacidad de MCD no es universal y en algunos sujetos se puede observar un aumento de la de la intensidad del dolor (85).

La evaluación de la MCD se realiza mediante un estímulo de prueba, con el que se comprueba el efecto condicionante, y un estímulo condicionante, que se utiliza para inducir el cambio en la percepción del dolor (87). El estímulo de prueba más utilizado es la medición del umbral de dolor a la presión (UDP), junto con la sumación temporal o el umbral térmico al frío o al calor (82,85); mientras que los estímulos condicionantes más comunes son la inmersión de la extremidad en agua fría o caliente y el dolor isquémico inducido por manguito o torniquete de presión (85). En cualquier caso, no existe un protocolo estandarizado para la valoración de la MCD y los resultados dependen de los estímulos utilizados, por lo que es necesaria una mayor investigación en este campo (84,87). Además, existen variaciones incluso en sujetos sanos y diferentes factores parecen asociarse a una mayor MCD tales como una edad joven, el sexo masculino, la fase ovulatoria, las expectativas positivas, la atención al estímulo condicionante, la presencia de genes específicos para el transporte de la serotonina o un alto nivel de actividad física (84,88,89).

Otra prueba dinámica muy utilizada es la sumación temporal (ST), que se basa en el incremento de la percepción del dolor causado por una estimulación dolorosa repetitiva (82). La explicación neurofisiológica se centra en el fenómeno de *wind-up*, por el cual en la médula espinal aumenta la respuesta de las neuronas de rango dinámico amplio cuando un estímulo reiterativo de las fibras C está presente más de una vez en un periodo de 3 segundos (90). En la práctica investigadora, se suelen utilizar aproximadamente 10 estímulos de la misma intensidad (mecánicos, de presión, térmicos, químicos o eléctricos) por encima del umbral de dolor y separados por intervalos de 1 segundo (73,82,90). El sujeto tiene que calificar su dolor al menos en el primer y último estímulo, y se suele observar un incremento en la puntuación de mínimo el 20% con respecto al valor basal (82). En este caso, la ST parece aumentar con la edad, relacionándose con una menor capacidad moduladora del dolor (89).

En cuanto a las pruebas sensoriales estáticas, destacan los umbrales de dolor, que pueden ser evocados mediante estímulos mecánicos, eléctricos, térmicos o de presión (82). La algometría

de presión aplicada manualmente es la técnica validada que más ampliamente se utiliza para la medición de los umbrales dolorosos en zonas de pequeño tamaño. En ocasiones, con el fin de minimizar la variabilidad de la evaluación manual, se utilizan algómetros en forma de manguito o torniquete controlados mediante ordenador, pero en este caso la medición se realizaría en áreas de mayor tamaño (73).

En conclusión, podemos decir que las pruebas sensoriales cuantitativas son herramientas útiles en la práctica clínica e investigadora para aportar un enfoque más preciso y objetivo del dolor (82). Sin embargo, aún es necesaria una mayor estandarización de las directrices para su aplicación, debido a la gran variedad de metodologías que se están utilizando en la actualidad (82,91). La reproducibilidad de estas pruebas aumentaría también mediante la unificación de las instrucciones a los pacientes, la certificación de los evaluadores, la calibración de los dispositivos y los algoritmos de interpretación (91).

En cuanto a la relevancia clínica de estas pruebas, algunos autores han sugerido que poseen un interesante valor predictivo para el riesgo de desarrollar dolor crónico o la eficacia de un fármaco u otra terapia (82,92). Por ejemplo, un déficit en la MCD se relaciona con una mayor posibilidad para sufrir dolor crónico generalizado o fibromialgia (81,92,93) y con una mejor respuesta al fármaco duloxetina en pacientes con neuropatía diabética dolorosa (92,94). Por lo tanto, estas recientes investigaciones abren la puerta a nuevos abordajes terapéuticos en los que el manejo del dolor puede ser mucho más individualizado y personalizado (82,91,92).

Por último, los test sensoriales del dolor también pueden ser predictivos de los mecanismos implicados en la modulación del dolor (82,92). Así, la hiperalgesia mecánica y la pérdida parcial de la sensibilidad térmica se ha relacionado con la sensibilización central (92,95). Sin embargo, la interpretación de los resultados de estas pruebas aún no ha sido ampliamente aceptada, ya que no está claro si, por ejemplo, un conjunto de los mismos signos clínicos (como la hiperalgesia por calor) está causado por diferentes mecanismos o si un único mecanismo puede dar lugar a varios signos clínicos (90,96).

1.2.5. Modulación endógena del dolor en fisioterapia

Como se ha comentado en el apartado anterior, los ensayos clínicos que incluyen un protocolo con pruebas sensoriales cuantitativas del dolor pueden tener como objetivo la identificación de perfiles de pacientes con mejor respuesta a una terapia (82,92). Asimismo, las investigaciones también se pueden plantear con el propósito de observar los cambios generados por un tratamiento en variables relacionadas con la MED medidas a través de los mismos test cuantitativos (97–99).

Ambos diseños metodológicos se han llevado a cabo en el ámbito de la fisioterapia y, en concreto, siguiendo la línea del segundo modelo, se ha publicado recientemente una revisión sistemática con meta-análisis que evaluó los efectos de la fisioterapia en la ST y la MCD en pacientes con dolor músculo-esquelético crónico. Los autores de este artículo concluyeron que la fisioterapia produce una ligera mejora en las variables estudiadas (disminución de la ST y aumento de la MCD) en comparación con el grupo control, sugiriendo que estos tratamientos producen cambios positivos en la MED (97).

Profundizando en los resultados de los diferentes tratamientos incluidos en esta revisión, fueron la terapia manual y el ejercicio terapéutico de fortalecimiento los que parecen ser más eficaces para producir cambios positivos en la ST y la MCD, mientras que la educación y la electroterapia no obtuvieron un efecto clínico beneficioso. En todo caso, estos resultados deben interpretarse con cautela debido a la gran variabilidad y heterogeneidad de las intervenciones incluidas, las patologías de estudios y los protocolos de evaluación (97). Otros ejemplos de terapias enmarcadas dentro del campo de la fisioterapia que no fueron incluidas en esta revisión y que también obtuvieron hallazgos sugestivos de activación de la MED fueron las ondas de choque (100) o la imagería motora (101).

En cuanto a la terapia manual, otra revisión sistemática concluyó que la mayoría de las técnicas englobadas dentro de ese contexto generan una respuesta neurofisiológica asociada a la MED. No obstante, parece que distintos tipos de terapia manual actúan a través de diferentes mecanismos. Así, nos encontramos con que el masaje parece provocar una respuesta de la oxitocina, mientras que la manipulación vertebral no lo hace (102). En todo caso, una de las limitaciones es el estudio de fenómenos neurofisiológicos específicos sin tener en cuenta otros, de tal manera que pueden coexistir mecanismos periféricos, espinales y supraespinales (103). En lo referente a la intensidad de aplicación de la terapia manual, en algunos casos puede ser necesaria alcanzar cierta magnitud para activar la MED, pero también hay que tener en cuenta que simplemente tocar o la terapia placebo pueden tener un efecto hipoalgésico. Se deben tener en cuenta que terapias más agresivas pueden suponer un estímulo demasiado nocivo como para desencadenar la respuesta de la puerta de entrada y no lo suficiente doloroso como para producir una respuesta de MCD (102). Esta última reflexión puede ser aplicable a todas aquellas terapias que generan cierto dolor o molestia al paciente, las cuales son frecuentes en la práctica clínica de la fisioterapia.

Por su parte, diferentes estudios apoyan el papel de la actividad física en la modulación de la excitabilidad y la inhibición del SNC, la función del sistema inmunitario y las comorbilidades

psicológicas asociadas al dolor. Además, el sedentarismo se relaciona con una mayor excitabilidad y una menor inhibición tanto en el SNC como en el sistema inmunitario (104). La analgesia inducida por ejercicio se ha observado durante y después de distintos tipos de ejercicios, tales como aeróbico, de resistencia o isométrico, obteniendo los mejores resultados con ejercicios aeróbicos e isométricos de alta intensidad y larga duración (105). La evidencia científica actual no permite entender de manera íntegra los mecanismos involucrados en la analgesia inducida por ejercicio, pero sugiere que se activan distintas vías de modulación del dolor dependiendo del tipo de ejercicio realizado (97,104,105).

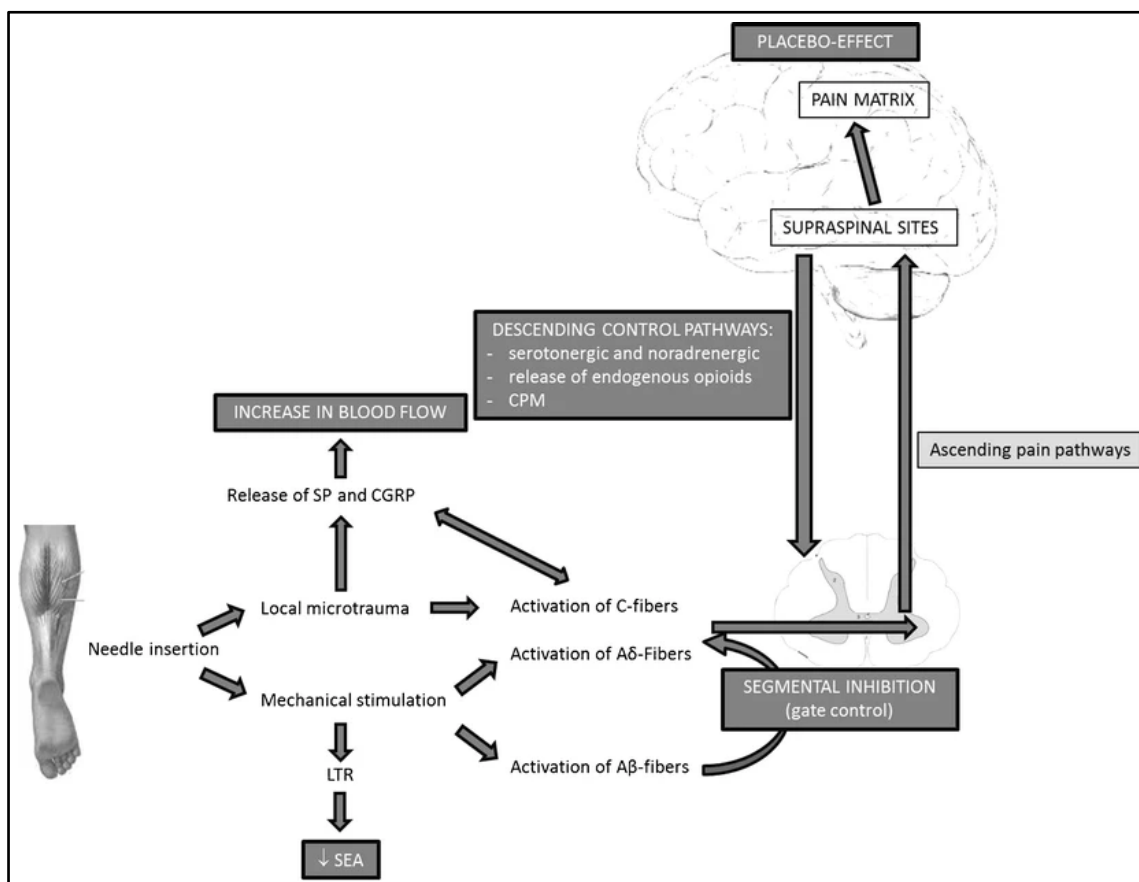
En referencia a la EP, aún no se han realizado estudios que evalúen su influencia en la MED, pero sí se han llevado a cabo con otras técnicas invasivas y de electroterapia. Por ejemplo, la corriente interferencial a 1 kHz produjo mayores cambios en la ST que el placebo y la corriente interferencial a 4 kHz (106), mientras que la estimulación nerviosa transcutánea (TENS) y la estimulación intramuscular consiguieron mejoras en la MCD (107,108). La estimulación transcraneal por corriente directa también utiliza corriente galvánica a baja intensidad (aplicada a través del cuero cabelludo) y ha mostrado mayores niveles de MCD en comparación con placebo en sujetos sanos (109). Sin embargo, los resultados generales para la electroterapia en este campo no son concluyentes (97), aunque la activación de la MED sigue siendo uno de los mecanismos de acción propuestos para estas terapias (110).

Recientemente, se ha planteado la hipótesis de que las técnicas de fisioterapia invasiva, como la punción seca, puede producir efectos neurofisiológicos integrados en un paradigma de neurociencia del dolor, como la activación de las vías inhibitorias centrales del dolor, la MCD, la inhibición segmentaria o la liberación de opioides endógenos y otros neurotransmisores (23,24,111). Estos mecanismos se consideran incluidos en el concepto de MED.

Por ejemplo, en la Figura 5 podemos observar el modelo propuesto por Cagnie et al. (23) para los posibles efectos neurofisiológicos de la punción seca. En el mismo, se sugieren diferentes mecanismos de acción local ante la inserción de la aguja en los tejidos, tales como el aumento de flujo sanguíneo, la disminución de la actividad eléctrica espontánea y la estimulación de diferentes fibras nerviosas (tipo A β , A δ y C). Si el estímulo llega a la médula espinal podría producirse una inhibición segmentaria relacionada con la teoría de la puerta de entrada. Además, si la información asciende hacia centros superiores y corteza cerebral podrían entrar en juego mecanismos supraespinales como el efecto placebo o la activación de vías moduladoras descendentes (vías serotonérgicas y noradrenérgicas, liberación de opioides endógenos o

MCD). Este paradigma podría corresponder también con los potenciales efectos neurofisiológicos de la EP.

Figura 5. Efectos neurofisiológicos propuestos para la técnica de punción seca.



Nota: Tomada de Cagnie B, Dewitte V, Barbe T, Timmermans F, Delrue N, Meeus M. Physiologic effects of dry needling. Curr Pain Headache Rep. 2013;17(8):348. (23).

Con otras técnicas que utilizan agujas, como la acupuntura, también se han sugerido este tipo de mecanismos de acción (110) y existen numerosos estudios en animales que apoyan esta teoría (112), pero los ensayos en humanos aún no reflejan resultados claros en test dinámicos como la MCD y la ST, por lo que la evidencia sobre la analgesia por acupuntura aún es limitada (99,112). Asimismo, la activación de la MED está considerada como uno de las principales explicaciones de los efectos producidos por la electro-acupuntura (113–115), siendo una de las técnicas que más se podría asemejar a la EP por la combinación de electroterapia y agujas. Los estudios sobre este tema sugieren la relación entre la electro-acupuntura y la MED pero existen suficientes resultados contradictorios (97,116) como para decir que sus mecanismos de acción aún siguen sin estar definidos (113).

2 – HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

2.1. HIPÓTESIS DE TRABAJO

La primera hipótesis de trabajo de la presente investigación es la siguiente: “Un protocolo que aplica la técnica de electrólisis percutánea a baja intensidad durante un tiempo largo (0,3 mA 90 segundos) y un protocolo que incluye dicha técnica a alta intensidad en un tiempo corto (3 mA 9 segundos) generan mayores efectos a corto plazo sobre la modulación endógena del dolor que una intervención simulada en sujetos jóvenes asintomáticos”.

Además, podríamos señalar una segunda hipótesis: “Los efectos a corto plazo sobre la modulación endógena del dolor en sujetos jóvenes asintomáticos son distintos en función de los parámetros de intensidad y tiempo de aplicación de la corriente galvánica, mostrando diferencias entre los dos protocolos de electrólisis percutánea incluidos en el ensayo”.

2.2. OBJETIVO GENERAL

El objetivo general de este estudio es conocer el impacto de dos dosificaciones diferentes (baja intensidad con tiempo largo y alta intensidad con tiempo corto) de la corriente galvánica aplicada durante la técnica de electrólisis percutánea sobre la modulación endógena del dolor en sujetos jóvenes asintomáticos.

2.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Valorar los efectos hipoalgésicos de dos protocolos que aplican la técnica de electrólisis percutánea y una intervención simulada sobre los umbrales de dolor a la presión.
2. Evaluar los cambios producidos por dos protocolos que aplican la técnica de electrólisis percutánea y una intervención simulada en la modulación condicionada del dolor.
3. Conocer los efectos generados por dos protocolos que aplican la técnica de electrólisis percutánea y una intervención simulada sobre la sumación temporal de estímulos mecánicos.
4. Examinar la sensibilidad al dolor de forma generalizada en distintas localizaciones corporales, tanto de forma local como a distancia respecto a la zona de aplicación de la técnica.
5. Comparar los efectos provocados en las variables anteriormente mencionadas entre los distintos grupos experimentales.
6. Valorar la influencia de las variables sociodemográficas y el dolor percibido durante la intervención sobre las diferencias en las variables de resultado.

3 – MATERIAL Y MÉTODOS

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. DISEÑO DEL ESTUDIO

Se ha planteado un ensayo clínico aleatorizado a doble ciego. Se trata de un estudio experimental, longitudinal y prospectivo que evalúa los cambios sobre la MED en sujetos sanos producidos por dos protocolos de electrólisis percutánea y una intervención con aguja sin paso de corriente que actuará como control. Las variables de resultado fueron medidas pre y post-intervención, realizándose comparaciones entre los tres grupos de tratamiento.

El desarrollo del proyecto tuvo lugar en la Facultad de Enfermería y Fisioterapia de la Universidad de Salamanca (España) durante el año 2021. El experimento se realizó siempre en la misma sala con una temperatura y un horario similares para todos los participantes, con el objetivo de tener un mayor control sobre las variables de estudio.

El protocolo del ensayo clínico recibió la aprobación del Comité de Ética de la Universidad de Salamanca con número de registro 550 (Anexo I) y se llevó a cabo de acuerdo con la Declaración de Helsinki (117). Además, el estudio fue registrado en el Registro de Ensayos Clínicos de Estados Unidos en ClinicalTrials.gov con código NCT05097937.

La metodología y los resultados obtenidos en este ensayo se presentan según la Declaración CONSORT 2010 (*Consolidated Standards of Reporting Trials*) (118).

3.2. POBLACIÓN DE ESTUDIO

En el estudio participaron sujetos sanos reclutados en el Campus Miguel de Unamuno de la Universidad de Salamanca. Se pidió colaboración para este estudio mediante correo electrónico a estudiantes del Grado en Fisioterapia y de forma oral a cualquier persona que pudiera adaptarse a los criterios de elección. Después de que los individuos manifestasen su deseo de participar en el proyecto, se evaluó exhaustivamente si cumplían los requisitos descritos a continuación. Tras la confirmación de dichos criterios, todos los sujetos recibieron información sobre los objetivos y la metodología del estudio y aceptaron voluntariamente la participación en esta investigación mediante la firma del consentimiento informado (Anexo II).

3.2.1. Criterios de elección

Los criterios de inclusión para la participación en el estudio englobaron:

- Sujetos sanos.
- Ambos sexos.
- Edad comprendida entre 18 y 40 años.

Los criterios de exclusión fueron los siguientes:

- Belonefobia o miedo a las agujas.
- Epicondialgia lateral previa o actual.
- Enfermedades neurológicas, cardiovasculares o metabólicas.
- Cualquier patología o proceso que provoque dolor.
- Alteraciones cutáneas.
- Embarazo.
- Trastornos cognitivos y de la sensibilidad.
- Fibromialgia.
- Ingesta frecuente o reciente (24 horas antes) de alcohol y otras drogas.
- Tratamiento farmacológico, fisioterapéutico o de otro tipo en la última semana.
- Ingesta de cafeína en las dos horas previas a la medición.
- Actividad física vigorosa el día de la prueba.

3.3. CÁLCULO DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA

La metodología propuesta es innovadora en este tipo de estudios, ya que no ha sido aplicada en ningún ensayo que incluya EP, por lo que los cálculos se basaron en los resultados comunicados por estudios que realizaron este tipo de trabajo con otras intervenciones invasivas (99,116). Se consideró un tamaño del efecto de 0,47 (d de Cohen) para las diferencias entre los grupos (ANOVA de un factor) en el umbral de dolor por presión (UDP), con una potencia estadística del contraste del 80% y un nivel de significación de 0,05. El valor estimado fue de 16 sujetos por grupo, pero se añadió un 10% debido a posibles pérdidas, resultando finalmente 18 participantes por grupo (54 sujetos en total). Se utilizó el software GPower 3.1 para calcular el tamaño de la muestra (119).

3.4. ASIGNACIÓN Y ALEATORIZACIÓN

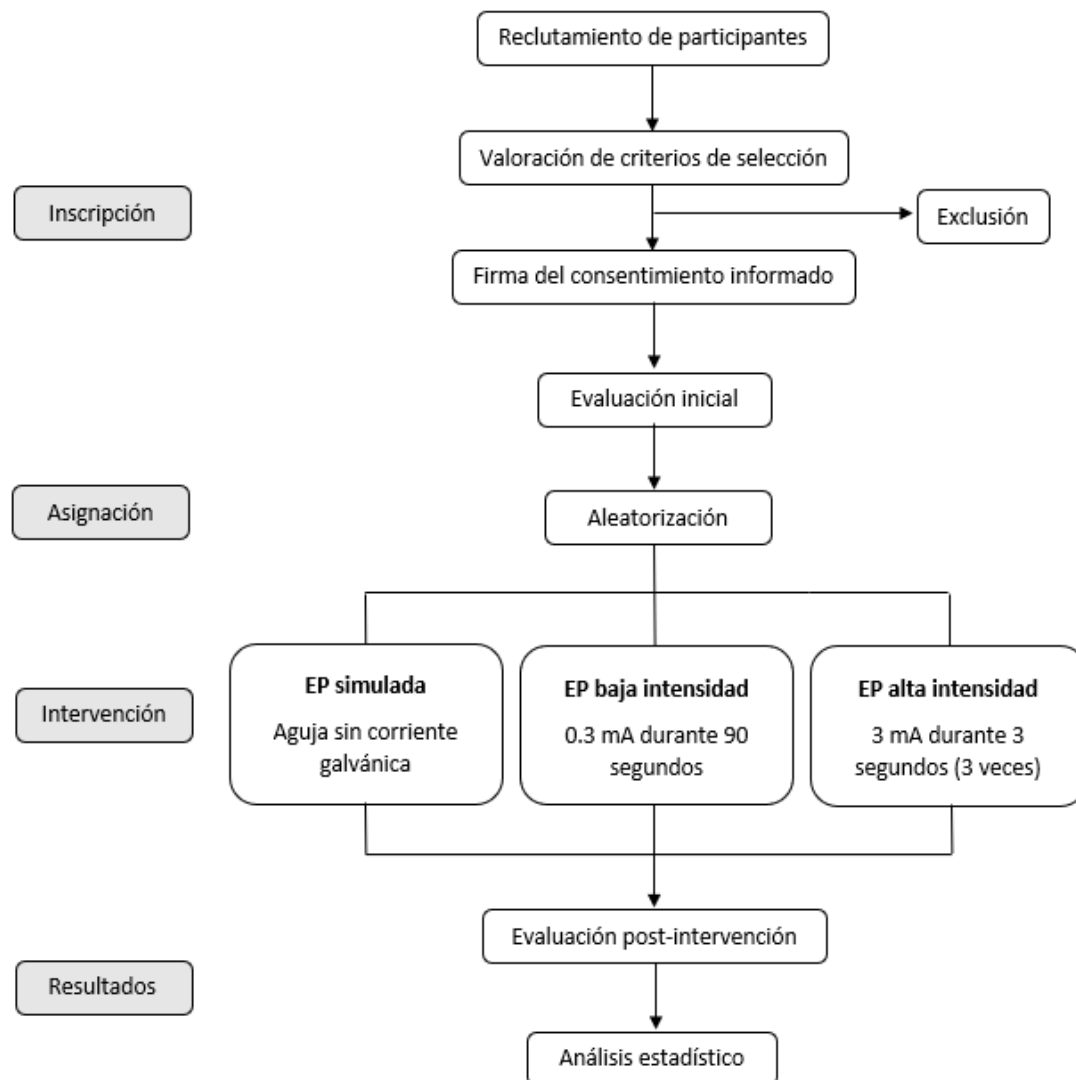
Una vez confirmada su elegibilidad para el estudio y plasmada su firma del consentimiento informado, los sujetos recibieron la evaluación basal o inicial de las variables incluidas en el estudio. Posteriormente, los individuos fueron asignados aleatoriamente a uno de los tres grupos de intervención: 1) EP simulada; 2) EP de baja intensidad; 3) EP de alta intensidad.

La asignación oculta se consiguió a través de una tabla aleatorizada de números generada por ordenador en una proporción de 1:1:1 (GraphPad Software Inc., CA, EE.UU.). Un investigador externo, que no participó en ningún otro aspecto del experimento, creó la lista de aleatorización y preparó sobres opacos sellados con tarjetas individuales y numeradas secuencialmente con la

asignación aleatoria correspondiente. La apertura de los sobres se realizó tras la evaluación basal.

Los pasos siguientes a la asignación de grupo correspondieron con la aplicación de la intervención y, posteriormente, con la evaluación en el segundo punto temporal. La Figura 6 expone el diagrama de flujo que resume la metodología del estudio.

Figura 6. Diagrama de flujo sobre la metodología del estudio.



3.5. ENMASCARAMIENTO

En este estudio se utilizó la técnica de enmascaramiento de doble ciego. Tanto el participante como el evaluador desconocían la asignación de grupo, con el fin de evitar que las expectativas de los investigadores y los participantes influyeran en la evaluación de los resultados. Sin embargo, el clínico o intervencionista no pudo cegarse debido a la naturaleza de la intervención, ya que el procedimiento de EP supone una gran parte activa por parte del profesional que aplica

la técnica. Además, el análisis estadístico se realizó con ayuda de una investigadora independiente que no conocía el tipo de intervenciones realizadas en el estudio.

3.6. INTERVENCIONES

Como se ha comentado con anterioridad, se plantearon tres grupos de estudio que se corresponden con tres intervenciones distintas: dos protocolos de electrólisis percutánea y una intervención simulada con aguja sin paso de corriente galvánica.

Todos los grupos recibieron una única sesión de intervención con aguja guiada por ecografía en el tendón extensor común del epicóndilo del lado derecho. El participante se situaba cómodamente tumbado en decúbito supino con el codo derecho apoyado en la camilla en posición de 20º de flexión y pronación. Previo al procedimiento, se desinfectó la zona con una solución acuosa incolora de clorhexidina digluconato al 2% (Desinclor, Madrid, España). Posteriormente, tal y como describieron Rodríguez-Huguet et al. (120), se introdujo una aguja de punción seca de 0,3 mm de grosor y 30 mm de longitud (Agupunt, Barcelona, España) bajo guía ecográfica (ecógrafo Esaote MyLab™25Gold, Génova, Italia) con un ángulo de 30-45º con respecto a la piel en dirección al epicóndilo lateral hasta alcanzar la porción profunda del tendón extensor común del epicóndilo.

En todos los grupos, se conectó a la aguja catódica el manipulador del dispositivo médico certificado con el que se aplica la EP (EPI®-Alpha, Barcelona, España), con el fin de que el participante siempre esperase recibir la intervención con corriente y se mantuviese el enmascaramiento. Además, el dispositivo realizaba el mismo sonido cuando se apretaba el botón del manipulador para aplicar la corriente, aunque la intensidad seleccionada fuese nula. También se colocó un electrodo adhesivo en el tercio distal del brazo derecho, que actuaba como ánodo.

La Figura 7 y la Figura 8 representan la intervención realizada en el tendón común del epicóndilo y la imagen ecográfica de la misma.

Figura 7. Abordaje del tendón extensor común del epicóndilo. (a) Inserción ecoguiada de la aguja. (b) Conexión con el manipulador del dispositivo de EP.

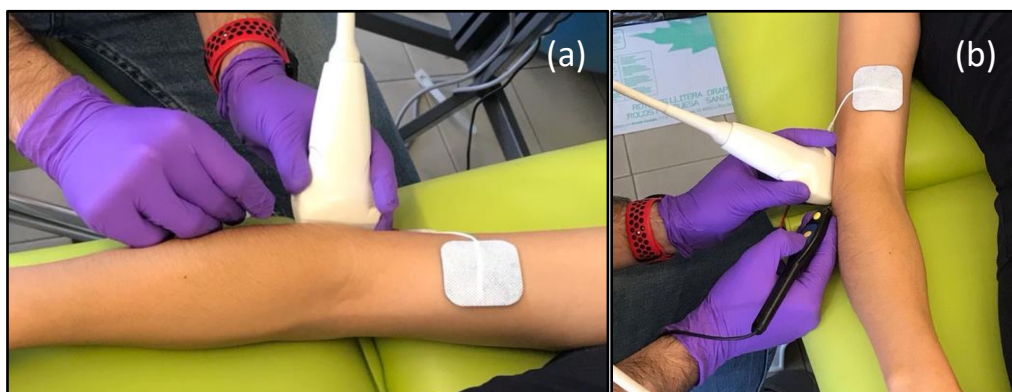
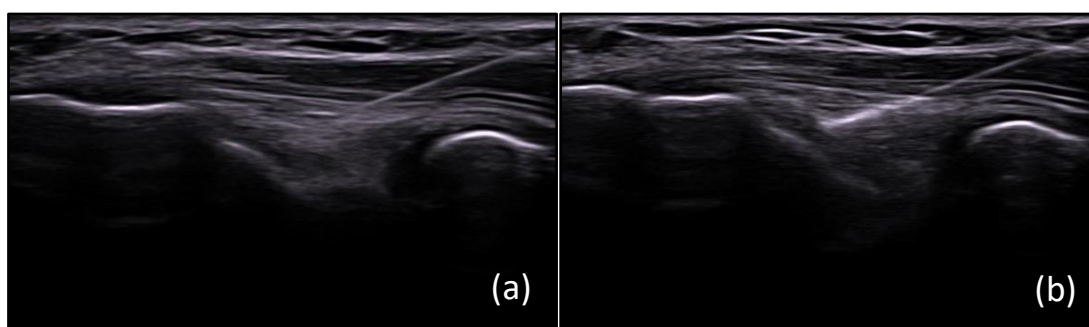


Figura 8. Imagen ecográfica del procedimiento. (a) Inserción de la aguja en el tendón común del epicóndilo. (b) Aplicación de corriente galvánica a través de la aguja.



La técnica de implantación de la aguja y el tiempo de inserción de la misma en los tejidos del participante (90 segundos) fueron idénticos para los tres grupos, con el propósito de que el efecto mecánico de la aguja no supusiese ninguna diferencia entre las intervenciones. Los tres procedimientos solo se diferenciaron en los parámetros de intensidad y tiempo de la corriente galvánica que se aplicó a través de la aguja:

- **EP simulada:** únicamente la punción sin la aplicación de corriente eléctrica. Se introdujo la aguja en el tendón común del epicóndilo y se dejó in situ durante 90 segundos sin corriente galvánica. Fernández-Rodríguez et al. (29) utilizaron este procedimiento como control previamente en un ensayo clínico aleatorio que investigaba los efectos de la electrólisis percutánea en personas con dolor en el talón asociado a la fascia plantar.
- **EP de baja intensidad** y tiempos largos: una vez localizada la aguja en la posición deseada, se aplicó un único impacto de corriente galvánica con una intensidad de 0,3 mA durante 90 segundos. Parámetros similares fueron utilizados por De-Miguel-Valtierra et al. (28) y Arias-Buría et al. (27) investigando el efecto de la EP en pacientes con dolor de hombro relacionado con el manguito rotador.

- **EP de alta intensidad** y tiempos cortos: la aguja se situó en la posición diana sin corriente galvánica durante la primera fase de la intervención y cuando se acercaba el final del tiempo de aplicación (aproximadamente a los 75 segundos) se realizaron tres impactos de corriente galvánica con una intensidad de 3 mA y una duración de 3 segundos cada uno. Esta modalidad de EP fue empleada, por ejemplo, en los ensayos llevados a cabo por López-Martos et al. (31) y Moreno et al. (32).

Como se ha comentado en el Marco Teórico, estas dos modalidades de EP fueron propuestas por Valera-Garrido et al. (11), sugiriendo que tendrían diferentes efectos en el organismo. Los parámetros de aplicación de ambas intervenciones con EP fueron compensados según la Ley de Faraday, con el fin de que el producto entre la intensidad en amperios y el tiempo en segundos (carga eléctrica teórica) fuese igual para las dos y estuviesen equilibradas en ese aspecto.

3.7. EVALUACIONES

Las evaluaciones se produjeron en dos puntos temporales: pre y post-intervención. Fueron ejecutadas por un mismo evaluador, que estuvo cegado a la asignación de grupo de los sujetos y fue entrenado en el procedimiento de medición. Se recogió información sobre variables sociodemográficas y de resultado de forma manual mediante una hoja de recogida de datos (Anexo III). Posteriormente, con dicha información se creó una base de datos directamente sobre el software IBM-SPSS (versión 26.0), donde se realizó también el análisis estadístico.

Las variables de resultado fueron los cambios en los umbrales de dolor a la presión (UDP), la modulación condicionada del dolor (MCD) y la sumación temporal (ST). La medición de todas estas variables se realizó antes e inmediatamente después de la intervención utilizando un algómetro de presión digital (Force One FDIX, Wagner Instruments, Greenwich, EE.UU.) con un aplicador que consistía en una superficie de goma redonda de 1 cm² (Figura 9).

Figura 9. *Algometría de presión. (a) Algómetro digital Force One FDIX. (b) Ejemplo de medición en la corredera bicipital.*



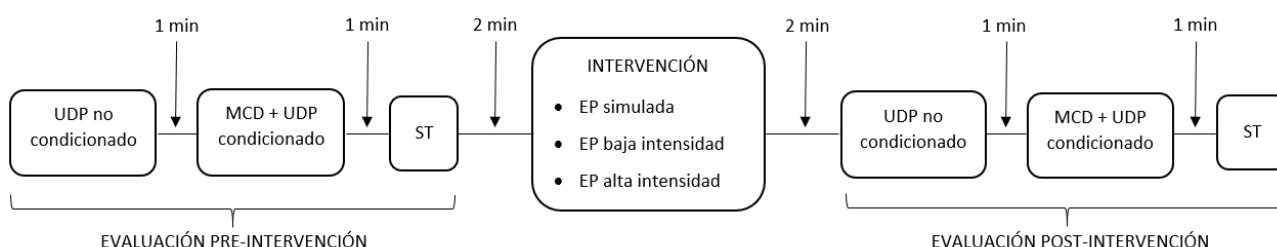
El sujeto se situó tumbado cómodamente en la camilla en decúbito supino, de la misma manera que durante la intervención. El participante tuvo que ser parte activa en el proceso de evaluación, tanto en la consulta de las variables sociodemográficas como en el seguimiento de las instrucciones demandadas por el evaluador durante la algometría.

Para cada una de las variables de resultado, se realizaron mediciones de algometría en tres localizaciones (todas en el hemicuerpo derecho) en el siguiente orden: tendón extensor común del epicóndilo, músculo tibial anterior y corredera bicipital. Se utilizó esta metodología para espaciar en el tiempo las mediciones del tendón del epicóndilo y la corredera bicipital, con el propósito de evitar que una posible sumación temporal de estímulos en el miembro superior.

La elección de estas situaciones tiene como objetivo medir la sensibilidad al dolor generalizado, de tal manera que se seleccionó el punto de tratamiento (tendón del epicóndilo), una zona correspondiente al mismo dermatoma (la zona de la corredera bicipital está inervada por ramas del nervio axilar y el tendón del epicóndilo por ramas del nervio radial, pero ambas inervaciones corresponden con las raíces cervicales C5-C6) (121) y un punto distante no relacionado (tibial anterior). Estas ubicaciones se marcaron con un lápiz dermográfico para tomar todas las mediciones en los mismos puntos exactos. Debe tenerse en cuenta que, al medirse tres variables (UDP, MCD y ST) en estas tres localizaciones, el número total de variables de resultado es nueve.

Dos minutos separaron la consecución de la evaluación basal del inicio de la intervención, así como el final de la intervención del comienzo de la reevaluación. Los intervalos restantes entre las diferentes medidas también se planificaron para que las mediciones no se viesan influenciadas unas por otras. En la Figura 10 se puede observar la línea temporal del protocolo utilizado.

Figura 10. Línea temporal del estudio.



3.7.1. Variables sociodemográficas

Antes de la evaluación inicial de las variables de resultado, se registró mediante anamnesis la información sobre las siguientes variables sociodemográficas:

- Edad (años).
- Sexo (masculino o femenino).
- Peso (kg).
- Estatura (m).
- Índice de masa corporal (IMC) (kg/m^2).
- Tabaquismo (sí; no) y número de cigarrillos consumidos al día.
- Días desde la última menstruación.
- Nivel de actividad física, medido a través de la versión corta del Cuestionario Internacional de Actividad Física (IPAQ-SF) "últimos 7 días" (122). Esta herramienta se trata de un cuestionario autorreportado de 7 preguntas que evalúa tres características específicas de la actividad: intensidad (leve, moderada o intensa), frecuencia (días por semana) y duración (tiempo por día) (123). El resultado final del cuestionario se refleja de manera cuantitativa en METs-min-semana y en forma categórica mediante una clasificación del nivel de actividad física en bajo, moderado o alto, dando lugar a dos variables distintas. El formulario entregado al participante se encuentra expuesto en el Anexo III junto al resto de hoja de recogida de datos.

También se recogió información sobre la media de dolor experimentado durante la intervención por parte de los participantes. Se realizó a través de la Escala Verbal Numérica de 11 puntos, donde el paciente puntuaba su dolor con un valor comprendido entre 0 ("no dolor") y 10 ("el peor dolor imaginable") puntos. Esta variable merece una mención aparte ya que no se puede considerar ni sociodemográfica ni de resultado.

3.7.2. Umbral de dolor a la presión

El umbral de dolor a la presión (UDP) se midió en los tres puntos marcados utilizando el algómetro descrito anteriormente. La presión se aplicó perpendicularmente a la piel sobre cada punto marcado a un ritmo aproximado de 1 kg/cm^2 por segundo hasta que el sujeto refiriese la mínima sensación de dolor (99,109). En este momento, se retiraba el algómetro y se leía el valor de la medida. Todos los participantes practicaron el procedimiento con un ensayo en el antebrazo contralateral (izquierdo) antes de comenzar la evaluación.

Se realizaron dos mediciones en cada una de las tres localizaciones con un intervalo de 30 segundos entre ellas y se obtuvo la media como valor final de la variable UDP. Si había una diferencia de más de 1 kg/cm^2 entre las dos mediciones en la misma localización, se realizaba una tercera medición y se determinaba el valor final tras excluir el valor más extremo y calcular la media con los otros dos.

3.7.3. Modulación condicionada del dolor

La evaluación de la modulación condicionada del dolor (MCD) se inició un minuto después del final de la medición del UDP. Las puntuaciones del UDP se tomaron como estímulos no condicionados. El estímulo condicionado consistió en un dolor isquémico producido por un manguito de presión colocado en el brazo izquierdo. El manguito de presión se infló mediante insuflaciones sucesivas de 10-20 mmHg hasta que el sujeto sintiese la mínima sensación de dolor (99). Esta presión se mantuvo durante 30 segundos y luego se aumentó o disminuyó de manera que el participante refiriese un dolor percibido constante de 4/10 en la Escala Verbal Numérica del dolor (83,124). En ese momento, se realizó la medición de los UDPs condicionados (con la presión del manguito) en las tres ubicaciones marcadas de la misma manera que los UDPs no condicionados. El valor final de la MCD surgió de la diferencia entre las puntuaciones de los UDPs condicionados y no condicionados.

3.7.4. Sumación temporal del dolor a la presión

La valoración de la sumación temporal (ST) comenzó un minuto después del final de la evaluación de la MCD. La secuencia de estímulos mecánicos de presión consistió en 10 presiones consecutivas con el algómetro a la intensidad del UDP no condicionado (con un intervalo de 1 segundo entre ellas) (98). Como en las anteriores variables, el proceso se llevó a cabo en cada una de las tres localizaciones marcadas. Se pidió a los sujetos que calificaran el dolor del primer y del décimo estímulo en la Escala Verbal Numérica de 11 puntos (0 = sin dolor, 10 = máximo dolor tolerable) (124). El valor final de la ST fue el resultado de la diferencia entre la 10ª y la 1ª puntuaciones de calificación del dolor (125).

3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos fueron analizados por un investigador independiente cegado utilizando el paquete de software IBM-SPSS (versión 26.0). El umbral de significación se estableció en 0,05 y los límites del intervalo de confianza en el 95%. Los cambios en las medidas de resultado se analizaron según el principio de intención de tratar.

En primer lugar, se realizó un análisis descriptivo de las características de la muestra en el que se incluyeron el tamaño muestral (n), media ($\bar{x}$), mediana (Me), desviación estándar (s) y recorrido intercuartílico (IQR) para las variables cuantitativas o el porcentaje (%) correspondiente para las variables cualitativas. Estos mismos estadísticos descriptivos se emplearon en el resto del análisis.

La elección de las pruebas estadísticas estuvo condicionada por principios de aplicación como el criterio de normalidad, el cual se comprobó en las variables de estudio mediante la prueba de Shapiro-Wilk para cada uno de los grupos de intervención y la prueba de Kolmogorov-Smirnov para la muestra general.

A continuación, se examinaron las diferencias basales en las variables sociodemográficas y de resultado entre los grupos de intervención con el fin de observar posibles desequilibrios derivados de la asignación de grupo. Para realizar este análisis con variables cualitativas se empleó el estadístico Chi-cuadrado, que comprobó las diferencias entre las frecuencias observadas y las que se esperarían obtener si las variables fueran independientes. Además, se analizaron los residuales estandarizados para estudiar las causas de la significación en aquellos contrastes en los que fue necesario. En cuanto a las variables cuantitativas, el Análisis de la Varianza (ANOVA) comparó la varianza dentro de los grupos (intra) con la varianza entre los grupos (inter) cuando las variables seguían una distribución normal. Por el contrario, si presentaban una distribución no normal, el test de Kruskal-Wallis fue la herramienta utilizada para comparar la distribución de los datos entre los diferentes grupos de tratamiento.

Una vez realizados los análisis preliminares, se realizó el estudio relacionado con la hipótesis de trabajo establecida en capítulos anteriores.

En aquellos casos en los que las variables siguieron una distribución normal se realizó un test ANOVA de un factor para contrastar las diferencias en las variables de resultado entre los tres grupos de intervención, llevando a cabo pruebas post-hoc en los contrastes significativos mediante la corrección de Bonferroni. En cambio, en las variables que no siguieron una distribución normal se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis, con el test U de Mann-Whitney por pares con la corrección de Bonferroni como análisis post hoc.

Para las comparaciones intra-grupo entre los dos momentos de medición (pre y post-intervención) se emplearon las técnicas asociadas para datos apareados. De esta manera, los análisis se realizaron mediante la prueba t de Student para muestras dependientes en el caso de las variables normales y a través del test de Wilcoxon si no seguían una distribución normal.

Posteriormente, se realizó un análisis adicional para estudiar la influencia de las variables sociodemográficas sobre las variables de resultado. En el caso de las variables sociodemográficas cualitativas, se emplearon pruebas de contraste de hipótesis para datos independientes (ANOVA de un factor o prueba t de Student para muestras independientes en función del número de categorías de la variable, o su correspondiente prueba no paramétrica). Con las variables sociodemográficas cuantitativas se realizaron análisis de correlación con las variables de

resultado mediante el coeficiente de Pearson (distribución normal) o Spearman (distribución no normal). También se realizaron planteamientos más complejos incluyendo dichas variables en el modelo lineal general. En todo caso, las comparaciones múltiples que resultaron estadísticamente significativas se corrigieron mediante el método de Bonferroni.

Cabe destacar que algunos estudios comparan la utilización del p-valor con el tamaño del efecto, como por ejemplo el de Sullivan y Feinn (126). Por tanto, con el propósito de ayudar a determinar si los resultados fueron relevantes desde el punto de vista clínico, se calculó también el tamaño del efecto para los contrastes utilizando la d de Cohen (127).

4 – RESULTADOS

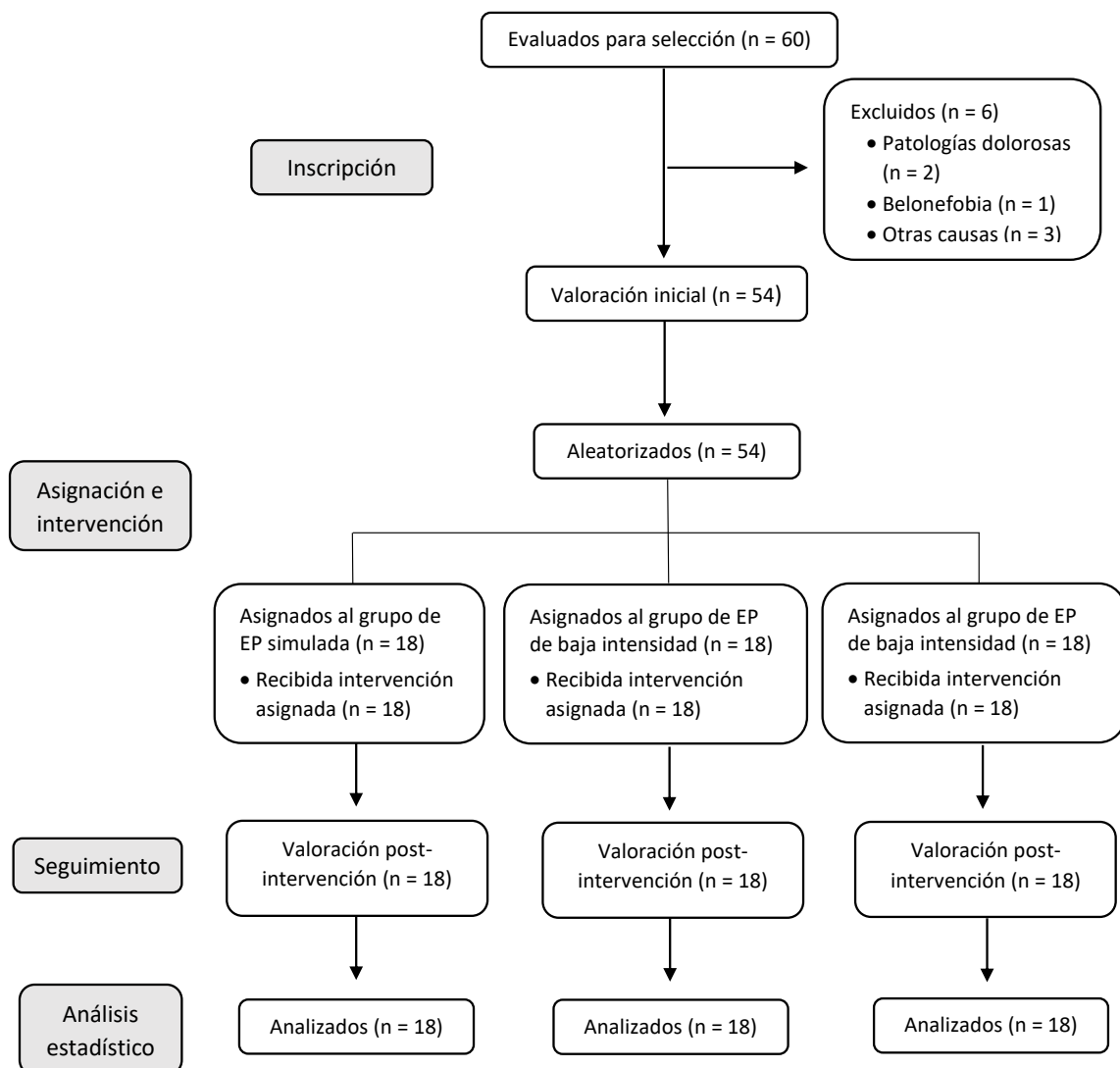
4. RESULTADOS

4.1. POBLACIÓN

Un total de 54 sujetos fueron incluidos en el estudio, donde se dividieron en tres grupos de intervención formados por 18 participantes cada uno.

Tal y como se puede observar en la Figura 11, todos los sujetos completaron el estudio, recibiendo tanto la intervención como las evaluaciones pre y post-intervención, por lo que no hubo pérdidas durante el procedimiento. Además, ningún participante reportó efectos adversos durante o después de la aplicación de la intervención.

Figura 11. Diagrama de flujo de participantes.



La muestra estuvo constituida por 34 hombres (63%) y 20 mujeres (37%), con una edad media de 22,96 años y un IMC de 22,23 kg/m². Los datos detallados y divididos por sexo se encuentran

expuestos en la Tabla 1. Podemos apreciar que la edad media fue similar para ambos sexos, aunque ligeramente inferior en el caso de las mujeres. También se puede destacar que los hombres presentaron un mayor nivel de actividad física.

Tabla 1. Estadística descriptiva de las variables sociodemográficas cuantitativas según el sexo.

	Sexo								Total			
	Masculino (n = 34)				Femenino (n = 20)							
	$\bar{x}$	s	Me	IQR	$\bar{x}$	s	Me	IQR	$\bar{x}$	s	Me	IQR
Edad (años)	24,00	4,00	24,00	6,00	22,00	3,00	23,00	5,00	22,96	3,63	24,00	6,00
Peso (kg)	73,42	7,09	74,00	10,13	56,54	5,35	58,00	8,10	67,17	10,45	67,75	16
Estatura (m)	1,78	0,50	1,78	0,07	1,65	0,06	1,65	0,10	1,73	0,08	1,75	0,10
IPAQ-SF (MET- min- semana)	2911	2882	2151	1955	2254	2330	1640	2103	2668	2687	1905	2398
IMC (kg/m²)	23,12	2,10	22,69	2,99	20,70	1,47	20,12	1,84	22,23	2,21	21,85	3,13

Nota: n, tamaño muestral; $\bar{x}$, media aritmética; s, desviación estándar; Me, mediana; IQR, recorrido intercuartílico; IPAQ-SF, nivel de actividad física medido a través del *International Physical Activity Questionnaire – Short Form*; IMC, Índice de Masa Corporal.

A continuación, se analizaron las variables sociodemográficas en función del grupo de intervención, al igual que las posibles diferencias entre ellos al inicio del estudio, con el fin de conocer si la asignación a los grupos experimentales se realizó de manera uniforme.

4.2. VARIABLES SOCIODEMOGRÁFICAS CUALITATIVAS

Las características sociodemográficas de la muestra presentan que un 63% de los participantes eran hombres, frente al 37% que eran mujeres. De ellos, solo un 14,8% (8 personas) declararon ser fumadores. Asimismo, el 22,2% presentaron un nivel de actividad bajo, mientras que el 77,8% restante se dividió de forma uniforme entre los niveles medio y alto.

Tras la asignación de grupo, 13 hombres (72,2%) y 5 mujeres (27,8%) recibieron la EP de alta intensidad, mientras que 9 hombres (50%) y 9 mujeres (50%) fueron incluidos en el grupo de EP de baja intensidad. Por último, el grupo de EP simulada estuvo constituido por 12 hombres (66,7%) y 6 mujeres (33,3%).

En lo relativo al consumo de tabaco, tres fumadores fueron asignados tanto al grupo de EP de alta intensidad como de EP simulada, correspondiendo con el 16,67% de los sujetos de cada grupo. En el grupo de EP de baja intensidad solo fueron 2 los participantes fumadores (11,11%).

Por lo que concierne al nivel de actividad física, el grupo de EP simulada estuvo formado por 9 sujetos con nivel alto (50%), 6 con medio (33,3%) y 3 con bajo (16,7%). Por su parte, el grupo de EP de baja intensidad se compuso de 8 participantes con alto nivel de actividad física (44,4%), 6 con nivel medio (33,3%) y 4 con nivel bajo (22,2%). Por último, el grupo con menor número de sujetos con alto nivel de actividad física fue el de EP de alta intensidad con solo 4 sujetos (22,2%). En este último grupo también se incluyeron 9 individuos con nivel medio (50%) y 5 con nivel bajo de actividad (27,8%).

En la Tabla 2 se encuentran sintetizadas las variables cualitativas. Además, se muestran también las comparativas basales entre grupos, donde podemos comprobar que ninguno de los casos fue estadísticamente significativo. Por tanto, podemos afirmar que dichas variables no estuvieron relacionadas y que, al no haber encontrado diferencias entre los grupos, estos quedaron distribuidos de forma uniforme.

Tabla 2. Estadística descriptiva de las variables cualitativas por grupo de intervención.

		Grupo de intervención									Total	
		EP simulada			EP baja intensidad			EP alta intensidad				
		<i>n</i>	%fila	%col	<i>n</i>	%fila	%col	<i>n</i>	%fila	%col	<i>n</i>	%col
Sexo $\chi^2 = 2,065$ $pval = 0,356$	Masc.	12	35,3%	66,7%	9	26,5%	50,0%	13	38,2%	72,2%	34	63,0%
	Fem.	6	30,0%	33,3%	9	45,0%	50,0%	5	25,0%	27,8%	20	37,0%
Fumador $\chi^2 = 0,293$ $pval = 0,864$	Sí	3	37,5%	16,7%	2	25,0%	11,1%	3	37,5%	16,7%	8	14,8%
	No	15	32,6%	83,3%	16	34,8%	88,9%	15	32,6%	83,3%	46	85,2%
Nivel actividad física $\chi^2 = 3,357$ $pval = 0,500$	Alto	9	42,9%	50,0%	8	38,1%	44,4%	4	19,0%	22,2%	21	38,9%
	Mod.	6	28,6%	33,3%	6	28,6%	33,3%	9	42,9%	50,0%	21	38,9%
	Bajo	3	25,0%	16,7%	4	33,3%	22,2%	5	41,7%	27,8%	12	22,2%

Nota: *n*, tamaño muestral; %fila, porcentaje dependiente de la variable de fila; %col, porcentaje dependiente de la variable de columna; X^2 , estadístico chi-cuadrado; *pval*, p-valor; Masc., masculino; Fem., femenino; Mod., moderado.

4.3. VARIABLES SOCIODEMOGRÁFICAS CUANTITATIVAS

Las variables sociodemográficas cuantitativas han sido descritas anteriormente en la Tabla 1 según el sexo. En este apartado estudiaremos estas mismas variables, pero en función del grupo de intervención, tal y como se recoge en la Tabla 3. Además, en la Tabla 4 se muestran las posibles diferencias entre las distintas intervenciones.

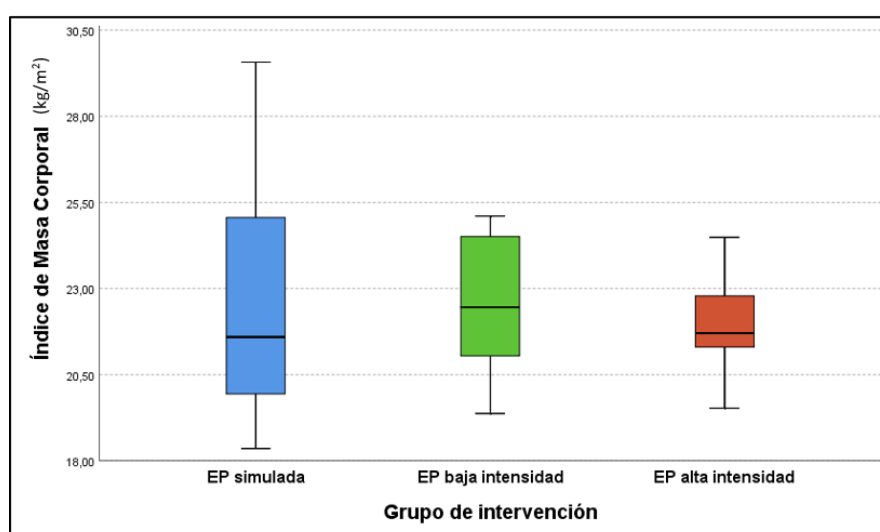
Tabla 3. Estadística descriptiva de las variables cuantitativas por grupo de intervención.

	Grupo de intervención											
	EP simulada				EP baja intensidad				EP alta intensidad			
	$\bar{x}$	s	Me	IQR	$\bar{x}$	s	Me	IQR	$\bar{x}$	s	Me	IQR
Edad (años)	23,50	3,09	24,00	4,00	23,33	4,47	24,00	6,00	22,06	3,19	21,50	3,19
Peso (kg)	67,93	11,38	70,50	17,50	66,66	11,19	67	17,25	66,92	9,22	67,35	13,0
Estatura (m)	1,74	0,07	1,75	0,08	1,76	0,09	1,71	0,12	1,74	0,95	1,77	0,17
IPAQ-SF (MET-min-semana)	3249	3446	2410	2775	2709	2572	1991	2159	2045	1804	1650	1946
IMC (kg/m ²)	22,31	3,07	21,60	5,32	22,46	1,92	22,46	3,73	21,91	1,43	21,71	1,59

Nota: $\bar{x}$, media aritmética; s , desviación estándar; Me , mediana; IQR , recorrido intercuartílico; IPAQ-SF, nivel de actividad física medido a través del *International Physical Activity Questionnaire – Short Form*; IMC, Índice de Masa Corporal.

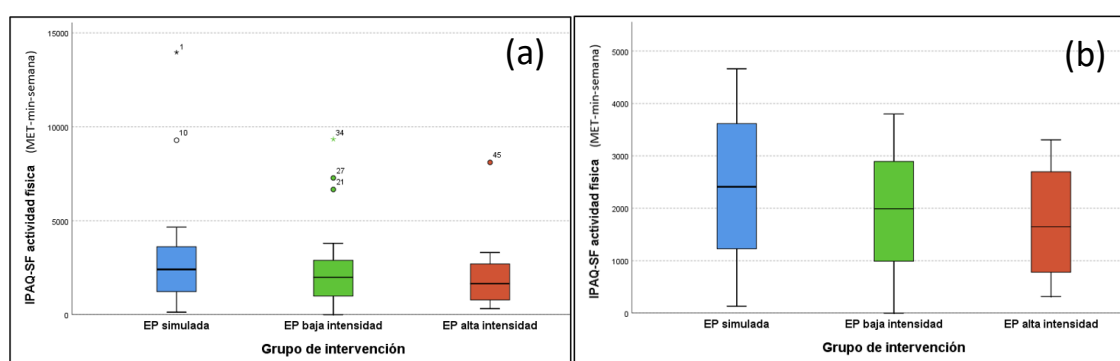
El recorrido intercuartílico (IQR) nos permite estudiar la dispersión del 50% central de los datos. Una variable interesante por su dispersión es la edad, ya que fue muy parecida en los grupos de EP simulada y de alta intensidad. Por su parte, la dispersión del IMC se puede observar gráficamente en los diagramas de cajas de la Figura 12. En ellos se puede percibir que el grupo EP de baja intensidad tuvo una mediana ligeramente mayor y que el grupo de EP simulada mostró una mayor dispersión. Sin embargo, la dispersión fue mucho menor en los sujetos a los que se les aplicó el tratamiento de EP de alta intensidad.

Figura 12. Diagrama de cajas para el IMC según grupo de intervención.



Otra de las variables cuyo estudio resulta interesante es el nivel de actividad física cuantitativo (medido a través del IPAQ-SF), ya que presentó una gran dispersión y un número sustancial de valores atípicos que distorsionan las medidas de tendencia central presentadas en la Tabla 1 y la Tabla 4. Como se puede observar en la Figura 13, la presencia de *outliers* modificó la dispersión de los datos, aunque de forma general se puede afirmar que el grupo que recibió la intervención simulada tuvo un nivel de actividad física más disperso que los dos grupos restantes.

Figura 13. Diagrama de cajas para el nivel de actividad física (IPAQ-SF) según grupo de intervención. (a) Con outliers. (b) Sin ellos.



Nota: IPAQ-SF, nivel de actividad física medido a través del *International Physical Activity Questionnaire – Short Form*.

La Tabla 4 recoge las pruebas de normalidad y los contrastes estadísticos para estudiar la posible relación entre las variables. En base a ella, podemos concluir que no se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes grupos de intervención en las variables sociodemográficas cuantitativas previas a la intervención. Por tanto, al igual que en el caso de

las variables cualitativas, podemos afirmar que la asignación a los grupos se ha realizado de manera homogénea al no haber encontrado diferencias entre los grupos.

Tabla 4. Estudio de la normalidad y comparación entre grupos de intervención para las variables sociodemográficas cuantitativas.

	Normalidad						Contraste	
	EP simulada		EP baja intensidad		EP alta intensidad			
	Estad.	p-valor	Estad.	p-valor	Estad.	p-valor	Estad.	p-valor
Edad	0,91	0,08	0,89	0,04	0,89	0,05	2,72	0,26
Peso	0,96	0,59	0,97	0,84	0,97	0,84	0,60	0,55
Estatura	0,96	0,61	0,98	0,97	0,92	0,12	0,30	0,75
IPAQ-SF	0,76	< 0,01	0,83	< 0,01	0,76	< 0,01	1,23	0,54
IMC	0,91	0,09	0,93	0,20	0,94	0,25	0,85	0,43

Nota: IPAQ-SF, nivel de actividad física medido a través del *International Physical Activity Questionnaire – Short Form*; IMC, Índice de Masa Corporal.

Dentro de las variables sociodemográficas cuantitativas medidas, dos no han sido recogidas en las tablas anteriores ya que solo podían ser estudiadas para un grupo concreto de la muestra. Es el caso del número de cigarrillos consumidos al día y los días transcurridos desde la última menstruación, con las que únicamente se ha realizado el análisis de las diferencias basales entre los grupos.

El número de cigarrillos por día solo podía ser estudiado para el 14,8% de la población, la cual es fumadora. No se puede afirmar que esta variable siguiese una distribución normal y, al igual que en los casos anteriores, tampoco se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre las diferentes intervenciones aplicadas ($H = 1,890$; $p - \text{valor} = 0,389$).

Por su parte, los días transcurridos desde la última menstruación solo podían ser medidos en las mujeres, es decir, en el 37% de la muestra. En los tres grupos de intervención la variable siguió una distribución normal. Utilizando el test ANOVA no se puede afirmar que existiesen diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los tres tratamientos aplicados ($F = 0,662$; $p - \text{valor} = 0,529$).

4.4. VARIABLES DE RESULTADO BASALES

Se consideraron variables de resultado aquellas relacionadas con la valoración del UDP, la MCD y la ST antes de la intervención en cualquiera de las tres localizaciones de medición (tendón del epicóndilo, corredera bicipital y músculo tibial anterior).

Igual que en los casos anteriores, estas mediciones previas a la intervención no deberían presentar diferencias entre los grupos experimentales, lo cual indicaría que la distribución de la muestra se ha realizado de manera uniforme y, en el caso de que existiesen diferencias a posteriori, se deberían al grupo al que han sido asignados. Para comprobar esta hipótesis se realizaron análisis análogos a los realizados en el caso de las variables sociodemográficas cuantitativas para cada una de las medidas recogidas.

4.4.1. Umbral de dolor a la presión

La muestra registró el mayor UDP en el tibial anterior con $3,82 \pm 1,88$ kg/cm², seguido por el tendón del epicóndilo ($2,62 \pm 0,97$ kg/cm²) y, por último, la corredera bicipital ($1,88 \pm 0,81$ kg/cm²). En la Tabla 5 se pueden observar las diferencias en los estadísticos descriptivos según el grupo de intervención. La diferencia más evidente se percibió en el UDP en el tibial anterior, en el cual el grupo de EP de baja intensidad presentó un UDP notablemente más bajo que los otros grupos, con $2,96 \pm 1,07$ kg/cm². Además, se puede observar que en los tres puntos de medición el grupo de intervención con EP de baja intensidad obtuvo valores inferiores a los mostrados por los dos grupos restantes.

Tabla 5. Medidas de tendencia central de las tres mediciones del UDP pre-intervención por grupo experimental.

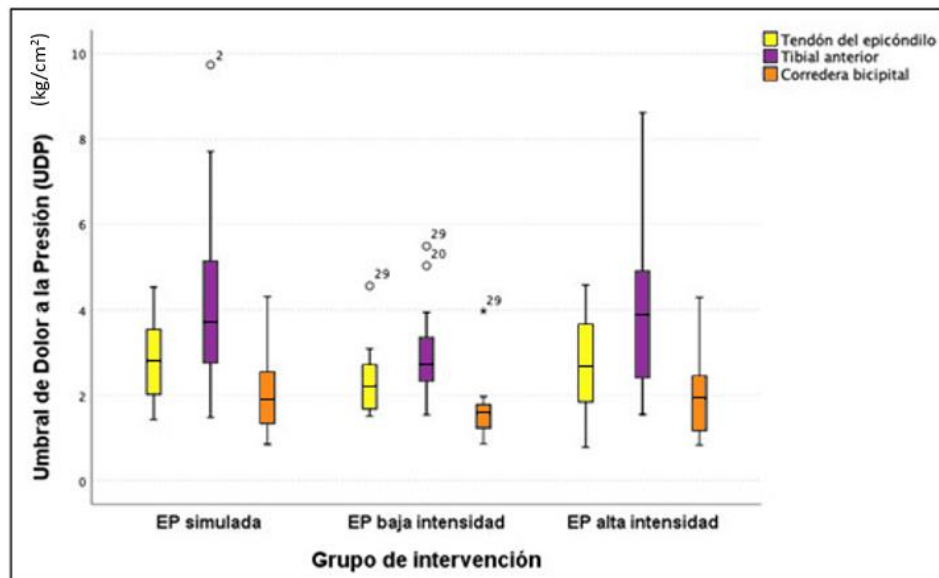
UDP pre-intervención (kg/cm ²)	Grupo de intervención											
	EP simulada				EP baja intensidad				EP alta intensidad			
	$\bar{x}$	<i>s</i>	<i>Me</i>	<i>IQR</i>	$\bar{x}$	<i>s</i>	<i>Me</i>	<i>IQR</i>	$\bar{x}$	<i>s</i>	<i>Me</i>	<i>IQR</i>
Tendón epicóndilo	2,81	0,96	2,81	1,58	2,32	0,77	2,23	1,05	2,74	1,12	2,69	1,95
Tibial anterior	4,35	2,20	3,72	2,81	2,96	1,07	2,73	1,20	4,14	1,96	3,89	2,78
Corredera bicipital	2,04	0,86	1,92	1,27	1,62	0,66	1,59	0,57	1,97	0,88	1,93	1,28

Nota: $\bar{x}$, media aritmética; *s*, desviación estándar; *Me*, mediana; *IQR*, recorrido intercuartílico.

Sin embargo, en la Figura 14 se puede advertir que los datos con menor dispersión en los tres grupos fueron los correspondientes a la corredera bicipital, que además presentó valores

inferiores para el UDP en todas las intervenciones. También se puede observar que los valores más bajos fueron medidos en los pacientes que recibieron EP de baja intensidad, aunque fue el grupo que tuvo un mayor número de valores atípicos por encima del percentil 90.

Figura 14. Diagramas de cajas para el UDP según grupo de intervención y localización de medición.



A pesar de las diferencias que se han observado anteriormente, en la Tabla 6 se pueden encontrar los resultados del estudio de normalidad en cada una de las localizaciones de medición, los cuales muestran que ninguna de las tres variables siguió una distribución normal en todos los grupos. También se exponen los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis, a través de los cuales podemos afirmar que no se encontraron diferencias entre los diferentes grupos de intervención en ninguno de los tres puntos de medición del UDP. Este hecho nos indica que todos los grupos partían con características similares.

Tabla 6. Estudio de la normalidad y comparación entre grupos de intervención para las medidas del UDP pre-intervención.

UDP pre-intervención	Normalidad						Contraste	
	EP simulada		EP baja intensidad		EP alta intensidad			
	Estad.	p-valor	Estad.	p-valor	Estad.	p-valor	Estad.	p-valor
Tendón epicóndilo	0,96	0,58	0,86	0,01	0,97	0,73	2,41	0,30
Tibial anterior	0,89	0,05	0,92	0,14	0,93	0,22	5,06	0,08
Corredera bicipital	0,94	0,25	0,71	< 0,01	0,92	0,12	3,43	0,18

4.4.2. Modulación condicionada del dolor

El valor promedio más alto en la MCD se obtuvo en la medición en la corredera bicipital ($0,22 \pm 0,30$ kg/cm²), mientras que el más bajo se registró en el tendón del epicóndilo ($0,11 \pm 0,69$ kg/cm²); en el tibial anterior el valor medio fue de $0,21 \pm 0,30$ kg/cm².

Al realizar el análisis de los datos en cada uno de los grupos de intervención, se observó que el grupo de EP de baja intensidad presentó valores medios inferiores al resto de los grupos en los tres puntos de medición. Sin embargo, es interesante destacar que los valores de la MCD en el tibial anterior para la EP simulada y la EP de alta intensidad fueron inferiores a los de la EP de baja intensidad. Todos los resultados obtenidos de forma descriptiva se pueden encontrar en la Tabla 7.

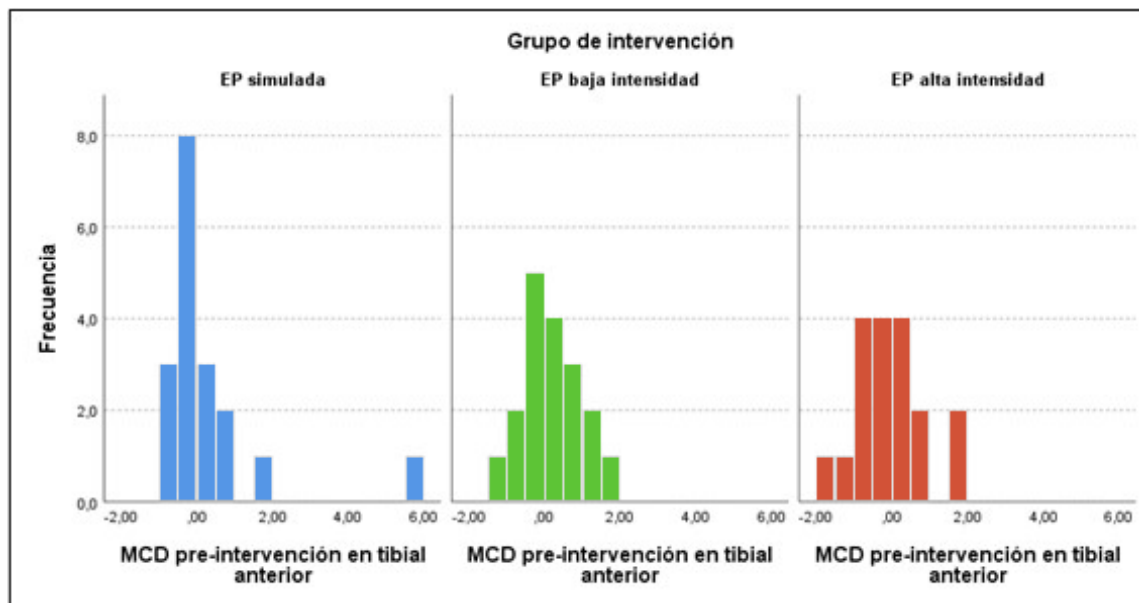
Tabla 7. Medidas de tendencia central de las tres mediciones de la MCD pre-intervención por grupo experimental.

MCD pre-intervención (kg/cm ²)	Grupo de intervención											
	EP simulada				EP baja intensidad				EP alta intensidad			
	$\bar{x}$	s	Me	IQR	$\bar{x}$	s	Me	IQR	$\bar{x}$	s	Me	IQR
Tendón epicóndilo	0,26	0,92	0,12	1,05	0,03	0,51	0,02	0,70	0,03	0,60	0,03	0,72
Tibial anterior	0,32	1,44	-0,18	0,91	0,13	0,72	0,04	0,99	0,01	0,94	-0,13	1,09
Corredera bicipital	0,31	0,35	0,21	0,59	0,19	0,30	0,18	0,43	0,15	0,22	0,13	0,39

Nota: $\bar{x}$, media aritmética; s, desviación estándar; Me, mediana; IQR, recorrido intercuartílico.

En la Tabla 8 se encuentran los resultados obtenidos para las pruebas de normalidad de cada una de las variables basales en los grupos de intervención. Tanto las mediciones realizadas en el tendón del epicóndilo como en la corredera bicipital siguieron una distribución normal en todos los grupos. En cambio, la variable que recoge las mediciones en el tibial anterior para el grupo de EP simulada no se asemejó a una distribución normal, tal y como se puede comprobar en la Figura 15. En este mismo gráfico también es posible observar las distribuciones de los dos grupos restantes para las mediciones realizadas en el tibial anterior.

Figura 15. Histograma de la MCD medida en el tibial anterior para los tres grupos de intervención.



Teniendo en cuenta los resultados del estudio de la normalidad de estas variables, se realizó el estudio de la comparación de grupos utilizando el test ANOVA para las mediciones realizadas en el tendón del epicóndilo y en la corredera bicipital y la prueba de Kruskal-Wallis en el caso del tibial anterior. En ninguno de los tres casos podemos afirmar que existiesen diferencias significativas entre los grupos sometidos a estudio, por lo que la MCD basal se distribuyó de forma homogénea en la muestra.

Tabla 8. Estudio de la normalidad y comparación entre grupos de intervención para las medidas de la MCD pre-intervención.

MCD pre-intervención	Normalidad						Contraste	
	EP simulada		EP baja intensidad		EP alta intensidad			
	Estad.	p-valor	Estad.	p-valor	Estad.	p-valor	Estad.	p-valor
Tendón epicóndilo	0,94	0,34	0,94	0,26	0,97	0,82	0,61	0,56
Tibial anterior	0,60	< 0,01	0,94	0,31	0,96	0,55	0,33	0,85
Corredera bicipital	0,94	0,29	0,96	0,52	0,97	0,74	1,54	0,22

4.4.3. Sumación temporal

En cuanto a la ST, el valor medio más alto se alcanzó en el tibial anterior con $1,75 \pm 1,83$ puntos en la Escala Verbal Numérica del dolor, seguido por el tendón del epicóndilo con $1,23 \pm 1,76$ puntos y, por último, el más bajo se registró en la corredera bicipital con $1,04 \pm 1,33$ puntos.

Si estudiamos cada uno de los grupos, se puede observar que en todas las intervenciones las variables siguieron el mismo orden que se ha descrito de forma global. Estos valores se encuentran recogidos en la Tabla 9.

Tabla 9. Medidas de tendencia central de las tres mediciones de la ST pre-intervención por grupo experimental.

ST pre-intervención (0-10)	Grupo de intervención											
	EP simulada				EP baja intensidad				EP alta intensidad			
	$\bar{x}$	s	Me	IQR	$\bar{x}$	s	Me	IQR	$\bar{x}$	s	Me	IQR
Tendón epicóndilo	0,81	2,07	0,5	2,13	1,11	1,23	1,00	2,00	1,78	1,82	1,75	3,00
Tibial anterior	1,64	2,69	1,00	5,00	1,69	1,33	2,00	1,13	1,92	1,15	2,00	1,13
Corredera bicipital	1,00	1,53	1,00	1,63	1,17	1,15	1,00	2,13	0,97	1,36	1,00	1,63

Nota: $\bar{x}$, media aritmética; s, desviación estándar; Me, mediana; IQR, recorrido intercuartílico.

En este caso, el recorrido intercuartílico nos indica que la dispersión de los datos en la intervención de EP simulada en el tibial anterior fue muy elevada con respecto al resto de los grupos y a los otros dos puntos de medición.

Exceptuando el caso mencionado en el párrafo anterior, con la dispersión ocurre lo contrario que con los valores promedio de las variables, ya que la mayor dispersión se encontró en el tendón del epicóndilo, seguido de la correa bicipital y, por último, con los menores valores en su recorrido intercuartílico, el tibial anterior.

En el estudio de la normalidad recogido en la Tabla 10, se puede observar que la ST en el tendón del epicóndilo y en el tibial anterior siguieron una distribución normal y se empleó el test ANOVA para realizar el contraste entre los grupos de intervención. En el caso de la correa bicipital el contraste utilizado fue el test de Kruskal-Wallis, ya que no siguió una distribución normal en los grupos de EP simulada y EP de baja intensidad.

Tabla 10. Estudio de la normalidad y comparación entre grupos de intervención para las medidas de la ST pre-intervención.

ST pre-intervención	Normalidad						Contraste	
	EP simulada		EP baja intensidad		EP alta intensidad			
	Estad.	p-valor	Estad.	p-valor	Estad.	p-valor	Estad.	p-valor
Tendón epicóndilo	0,95	0,48	0,95	0,38	0,97	0,77	1,47	0,24
Tibial anterior	0,94	0,29	0,94	0,25	0,91	0,08	0,11	0,89
Corredera bicipital	0,87	0,02	0,90	0,05	0,94	0,32	0,41	0,82

En ninguno de los tres casos se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de tratamiento, es decir, igual que en los casos anteriores, la ST en la muestra tomada se considera distribuida de manera uniforme en función de la intervención.

4.5. ANÁLISIS UNIVARIANTE DE LAS MEDICIONES

Una vez estudiado que, previo a la aplicación de la intervención, los pacientes fueron distribuidos de forma homogénea entre los tres grupos experimentales, fue posible analizar los efectos de la corriente galvánica en los UDP, la MCD y la ST en cada uno de los puntos de medición. Por tanto, en este apartado se analizaron las mediciones posteriores a la intervención y su relación con las valoraciones previas, siendo especialmente relevante estas últimas (diferencias pre-post).

4.5.1. Tendón extensor común del epicóndilo

Para cada una de las variables medidas en el tendón común del epicóndilo, se estudiaron los resultados de las valoraciones recibidas dentro de los grupos. Posteriormente, se analizaron las diferencias intra-grupo e inter-grupo.

4.5.1.1. Umbral de dolor a la presión

Las mediciones del UDP realizadas en el tendón del epicóndilo tuvieron un valor medio de $2,62 \pm 0,97$ kg/cm² en las valoraciones previas y $2,58 \pm 0,97$ kg/cm² en las posteriores a la intervención. La diferencia entre ambas mediciones obtuvo una media de $-0,04 \pm 0,65$ kg/cm².

En la Tabla 11 se exponen las medias para cada uno de los grupos de intervención antes y después de la aplicación del tratamiento, así como para la diferencia entre ambas mediciones. Cabe destacar que los valores del UDP post-intervención en los grupos que recibieron corriente galvánica fueron mayores y tuvieron una menor dispersión que antes de realizar la intervención. En cambio, los valores negativos en la media y la mediana de las mediciones de la EP simulada indican que en un gran número de casos las valoraciones posteriores a la intervención presentaron un menor UDP que las previas.

Tabla 11. Medidas de tendencia central y estudio de la normalidad del UDP pre y post-intervención del tendón del epicóndilo por grupo experimental.

UDP epicóndilo (kg/cm ²)		EP simulada			EP baja intensidad			EP alta intensidad		
		Pre	Post	Dif	Pre	Post	Dif	Pre	Post	Dif
Medidas de tendencia central	$\bar{x}$	2,81	2,53	- 0,28	2,32	2,42	0,10	2,74	2,80	0,06
	<i>s</i>	0,96	1,05	0,62	0,77	0,75	0,64	1,11	1,08	0,66
	<i>Me</i>	2,81	2,40	- 0,20	2,23	2,30	0,13	2,69	2,44	0,13
	<i>IQR</i>	1,58	1,39	0,68	1,05	1,20	1,07	1,95	1,35	0,97
Normalidad (pval)		0,58	0,73	0,26	0,01	0,09	0,83	0,73	0,08	0,73

Nota: $\bar{x}$, media aritmética; *s*, desviación estándar; *Me*, mediana; *IQR*, recorrido intercuartílico; Dif, diferencia entre las medidas pre y post intervención.

El estudio de la normalidad presenta que los datos previos a la intervención no siguieron una distribución normal para todos los grupos, como se había analizado en el apartado anterior. Sin embargo, tanto las valoraciones posteriores a la intervención como las diferencias, sí que se

encontraron normalmente distribuidas, por lo que se realizó el test de ANOVA para establecer si existían diferencias entre los grupos tras la aplicación de la intervención.

En base a los resultados de los contrastes, no podemos afirmar que existan diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de intervención en las valoraciones del UDP en el tendón común del epicóndilo después de la aplicación de la intervención ($p - valor = 0,482$). Del mismo modo, el estudio de las diferencias nos sugiere que las valoraciones medias del UDP pre y post-intervención no fueron diferentes en función del tratamiento que reciben ($p - valor = 0,161$).

Además, se pudo observar que no existió tamaño del efecto al comparar los grupos de EP simulada y EP de baja intensidad ($d_{post_{1-2}} = 0,12$) y que el tamaño del efecto fue pequeño en las dos comparaciones restantes ($d_{post_{1-3}} = 0,25$; $d_{post_{2-3}} = 0,41$). En el caso de la diferencia entre las mediciones sí se observaron resultados relevantes. Entre la intervención 1 (EP simulada) y la intervención 2 (EP de baja intensidad) y entre los tratamientos 1 y 3 (EP de alta intensidad) el tamaño del efecto fue moderado ($d_{dif_{1-2}} = 0,60$; $d_{dif_{1-3}} = 0,52$), mientras que no se puede afirmar que haya tamaño del efecto entre las intervenciones 2 y 3 ($d_{dif_{2-3}} = 0,06$).

4.5.1.2. Modulación condicionada del dolor

En el caso de la MCD, las valoraciones realizadas en el tendón común del epicóndilo previas a la intervención tuvieron un promedio de $0,11 \pm 0,69 \text{ kg/cm}^2$, y en las posteriores a la intervención de $0,19 \pm 0,55 \text{ kg/cm}^2$, siendo la diferencia de $0,08 \pm 0,73 \text{ kg/cm}^2$.

Las medidas de tendencia central para cada uno de los grupos en las mediciones previa y posterior a la intervención se encuentran en la Tabla 12, junto con los valores medios para la diferencia entre ellas. Cabe destacar que en los grupos de EP simulada y de baja intensidad los valores obtenidos en la segunda medición fueron superiores, mientras que en el grupo que recibió EP de alta intensidad estos valores fueron menores. También es importante señalar que la dispersión en las mediciones posteriores a la intervención fue menor que en la evaluación inicial. Observando las medidas calculadas para la diferencia entre las mediciones, se puede comprobar que existió una menor dispersión en el grupo de EP de alta intensidad respecto a los dos grupos restantes.

Tabla 12. Medidas de tendencia central y estudio de la normalidad de la MCD pre y post-intervención del tendón del epicóndilo por grupo experimental.

MCD epicóndilo (kg/cm ²)		EP simulada			EP baja intensidad			EP alta intensidad		
		Pre	Post	Dif	Pre	Post	Dif	Pre	Post	Dif
Medidas de tendencia central	$\bar{x}$	0,25	0,35	0,10	0,03	0,22	0,19	0,03	-0,01	-0,04
	<i>s</i>	0,92	0,59	0,79	0,51	0,58	0,75	0,60	0,44	0,68
	<i>Me</i>	0,12	0,20	0,06	0,02	0,08	0,19	0,03	-0,02	-0,06
	<i>IQR</i>	1,05	0,65	1,17	0,70	0,60	1,15	0,72	0,71	0,67
Normalidad (pval)		0,34	0,36	0,95	0,26	0,01	0,88	0,82	0,63	0,41

Nota: $\bar{x}$, media aritmética; *s*, desviación estándar; *Me*, mediana; *IQR*, recorrido intercuartílico; Dif, diferencia entre las medidas pre y post intervención.

El estudio de la normalidad muestra que, aunque los datos previos al tratamiento sí presentaban una distribución muestral normal en todos los grupos, las valoraciones posteriores no lo hicieron. Por tanto, se emplearon test no paramétricos para su comparación. En el caso de la diferencia entre medidas fue posible utilizar el test de ANOVA ya que sí seguía una distribución normal.

No se puede afirmar que existiesen diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de intervención en las medidas de la MCD posteriores a la aplicación del tratamiento ($p - \text{valor} = 0,133$). La comparación de los grupos en la variable que recoge las diferencias de medias no difiere a los casos anteriores, ya que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de intervención ($p - \text{valor} = 0,638$).

En las mediciones posteriores a la intervención, el tamaño del efecto para la comparación entre las dos modalidades de EP no llegó a ser relevante ($d_{post_{2-3}} = 0,001$) y las comparaciones de la intervención simulada con cada uno de los protocolos que incluyeron corriente galvánica aportaron un tamaño del efecto bajo ($d_{post_{1-2}} = 0,38$; $d_{post_{1-3}} = 0,43$). A diferencia del UDP, en las diferencias entre las mediciones de la MCD los tamaños del efecto entre los tres grupos presentaron valores bajos ($d_{dif_{1-2}} = 0,12$; $d_{dif_{1-3}} = 0,19$; $d_{dif_{2-3}} = 0,33$).

4.5.1.3. Sumación temporal

En el estudio de la ST, las mediciones sobre el tendón común del epicóndilo tuvieron un valor medio de $1,23 \pm 1,76$ puntos en las valoraciones previas a la intervención y $0,95 \pm 1,80$ puntos en las posteriores a la misma. Por tanto, de forma general la ST aumentó $0,28 \pm 1,72$ puntos.

Las valoraciones de la ST para cada uno de los grupos se recopilan en la Tabla 13. Es posible observar que en el grupo de EP simulada los valores previos a la intervención fueron menores que los posteriores. Por el contrario, en los grupos que recibieron corriente galvánica las mediciones pre-intervención fueron mayores que las post-intervención. Además, la dispersión de las valoraciones del grupo al que se aplica la primera intervención fue mayor antes de la intervención que después de la misma, mientras en los dos grupos restantes se mantuvo constante.

Tabla 13. Medidas de tendencia central y estudio de la normalidad de la ST pre y post-intervención del tendón del epicóndilo por grupo experimental.

ST epicóndilo (0-10)		EP simulada			EP baja intensidad			EP alta intensidad		
		Pre	Post	Dif	Pre	Post	Dif	Pre	Post	Dif
Medidas de tendencia central	$\bar{x}$	0,81	1,11	0,30	1,11	1,08	-0,03	1,78	0,67	-1,11
	<i>s</i>	2,07	2,17	1,57	1,23	1,37	1,67	1,82	1,83	1,68
	<i>Me</i>	0,50	0,25	0,25	1,00	1,00	0,00	1,75	1,25	-1,75
	<i>IQR</i>	2,13	1,63	2,25	2,00	2,00	2,38	3,00	3,00	2,63
Normalidad (pval)		0,48	<0,01	0,45	0,38	0,34	0,08	0,77	0,03	0,02

Nota: $\bar{x}$, media aritmética; *s*, desviación estándar; *Me*, mediana; *IQR*, recorrido intercuartílico; Dif, diferencia entre las medidas pre y post intervención.

En el caso de la ST, aunque las mediciones previas de todos los grupos siguieron una distribución normal, en las valoraciones posteriores y en las diferencias entre los dos momentos no fue así, por lo que se emplearon test no paramétricos para su análisis.

Como ya se había afirmado previamente, en las valoraciones previas a la intervención no se detectaron diferencias estadísticamente significativas, del mismo modo que en las mediciones posteriores a la aplicación de la técnica ($p - \text{valor} = 0,74$). A diferencia de los casos anteriores, sí se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre los resultados obtenidos en alguno de los grupos experimentales en la resta entre los resultados de la ST posterior a la intervención y la ST previa ($p - \text{valor} = 0,039$). Las comparaciones múltiples realizadas para el análisis de la significación, presentaron que las diferencias estadísticamente significativas se encontraban entre los grupos de EP simulada y EP de alta intensidad ($p - \text{valor} = 0,047$), favoreciendo al segundo.

Los tamaños del efecto para la ST de las intervenciones 1 y 2 respecto al grupo de EP de alta intensidad fueron bajos ($d_{post_{1-3}} = 0,22$; $d_{post_{2-3}} = 0,26$), mientras que entre los dos primeros grupos no hubo tamaño del efecto para la ST ($d_{post_{1-2}} = 0,02$). El análisis de los tamaños del efecto para las diferencias entre las mediciones resultó relevante. Por una parte, el tamaño del efecto entre el grupo de EP simulada y el grupo que recibió EP de baja intensidad fue bajo ($d_{dif_{1-2}} = 0,21$). Al mismo tiempo, para la comparación entre el primer grupo y el de EP de alta intensidad fue alto ($d_{dif_{1-3}} = 0,87$), lo cual ratifica los resultados de las pruebas tradicionales que mostraban las mayores diferencias entre estos dos grupos. Por último, el tamaño del efecto entre los dos grupos de EP tuvo un valor medio ($d_{dif_{2-3}} = 0,65$) y pone de manifiesto diferencias que no habían sido reveladas en los contrastes anteriores.

4.5.1.4. Comparación pre y post-intervención

Una vez analizadas las diferencias entre los grupos de intervención, es interesante estudiar las posibles diferencias entre las mediciones previas y las posteriores a la aplicación de la intervención. Para el UDP y la ST se aplicó el test de Wilcoxon para datos apareados, ya que alguna de las variables no seguía una distribución normal, pero para la MCD se empleó el test t para muestras apareadas.

Para la muestra general, no se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre las dos mediciones para ninguna de las variables ($p - valor_{UDP} = 0,69$; $p - valor_{MCD} = 0,41$; $p - valor_{ST} = 0,17$).

De la misma manera, se estudiaron dichas diferencias en cada uno de los grupos de intervención aplicando los contrastes pertinentes en función de las pruebas de normalidad recogidas en la Tabla 11, la Tabla 12 y la Tabla 13. Estos análisis se encuentran recogidos en la Tabla 14, donde se puede advertir que solo la ST en el grupo de EP de alta intensidad presentó diferencias estadísticamente significativas, produciéndose una disminución de los valores tras la aplicación de la intervención.

Tabla 14. Pruebas de contraste para la comparación entre las medidas pre y post-intervención en el tendón del epicóndilo para cada grupo experimental.

Tendón epicóndilo	EP simulada			EP de baja intensidad			EP de alta intensidad		
	Estad.	p-valor	d_1	Estad.	p-valor	d_2	Estad.	p-valor	d_3
UDP	1,91	0,07	0,28	-0,68	0,50	0,13	-0,37	0,71	0,05
MCD	-0,54	0,60	0,13	-1,07	0,29	0,35	0,27	0,79	0,08
ST	-0,60	0,55	0,14	0,071	0,94	0,02	-2,45	0,014	0,61

Nota: d , tamaño del efecto a través de la d de Cohen.

Además de las diferencias encontradas entre ambas mediciones de la ST en el grupo de EP de alta intensidad, cuyo tamaño del efecto es medio, también se determinaron tamaños del efecto bajos en el UDP del grupo de EP simulada y en la MCD del grupo EP de baja intensidad.

4.5.2. Músculo tibial anterior

Igual que en el caso anterior, para cada una de las variables medidas en el músculo tibial anterior se estudiaron los resultados de las mediciones recibidas dentro de los grupos y posteriormente se analizaron las diferencias intra-grupo e inter-grupo.

4.5.2.1. Umbral de dolor a la presión

De manera general, las mediciones del UDP previas a la intervención realizadas en el músculo tibial anterior tuvieron un valor medio de $3,82 \pm 1,88$ kg/cm² y las posteriores de $3,78 \pm 1,90$ kg/cm². La media de la diferencia entre ambas mediciones fue de $-0,04 \pm 0,83$ kg/cm².

En la Tabla 15 se exponen las medias para cada uno de los grupos de intervención antes y después de la aplicación de la intervención, así como para la diferencia entre ambas mediciones. Es posible observar que el grupo de EP de baja intensidad presentó los valores más bajos de UDP en los dos momentos de medición, y que, además, se trata del único grupo experimental que obtuvo valores más altos en las mediciones posteriores que en las anteriores a la intervención. Este mismo grupo también destaca en el estudio de la dispersión, ya que no solo recibe valores menores, sino que se encuentran menos dispersos que en el resto de los grupos sometidos a estudio.

Tabla 15. Medidas de tendencia central y estudio de la normalidad del UDP pre y post-intervención del tibial anterior por grupo experimental.

UDP tibial anterior (kg/cm ²)		EP simulada			EP baja intensidad			EP alta intensidad		
		Pre	Post	Dif	Pre	Post	Dif	Pre	Post	Dif
Medidas de tendencia central	$\bar{x}$	4,35	4,22	- 0,13	2,96	3,04	0,08	4,14	4,07	- 0,07
	<i>s</i>	2,20	2,20	0,74	1,07	0,84	0,93	1,96	2,19	0,85
	<i>Me</i>	3,72	3,33	- 0,18	2,73	2,97	- 0,13	3,89	3,42	- 0,33
	<i>IQR</i>	2,81	2,11	1,16	1,20	1,27	0,97	2,78	2,80	1,37
Normalidad (pval)		0,05	< 0,01	0,69	0,14	0,85	0,31	0,22	< 0,01	0,34

Nota: $\bar{x}$, media aritmética; *s*, desviación estándar; *Me*, mediana; *IQR*, recorrido intercuartílico; Dif, diferencia entre las medidas pre y post intervención.

El estudio de la normalidad presenta que, excepto en el caso de la diferencia pre-post, las mediciones deben ser estudiadas con test no paramétricos, ya que no todos los grupos siguieron una distribución normal. Para el análisis de las diferencias de medias se realizó un Análisis de la Varianza.

Al igual que ocurría en las mediciones previas a la intervención anteriormente descritas, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes grupos de intervención para las mediciones del UDP posteriores al tratamiento ($p - \text{valor} = 0,214$). Del mismo modo, el estudio de las diferencias entre los dos momentos de evaluación tampoco indicó variaciones significativas en función de la intervención recibida ($p - \text{valor} = 0,512$).

Estudiando la relevancia clínica de los resultados según los grupos experimentales, se pudo observar que entre el grupo 1 (EP simulada) y el grupo 2 (EP de baja intensidad) y entre el grupo 2 y el grupo 3 (EP de alta intensidad) existió un tamaño del efecto medio en las mediciones posteriores al tratamiento ($d_{post_{1-2}} = 0,71$; $d_{post_{2-3}} = 0,62$), mientras que entre el grupo 1 y el 3 no se encontraron diferencias clínicas ($d_{post_{1-3}} = 0,06$). En cuanto a las diferencias entre las medidas, tampoco existió tamaño del efecto en la comparación del grupo de EP de alta intensidad con el de EP simulada ($d_{dif_{1-3}} = 0,09$) y EP de baja intensidad ($d_{dif_{2-3}} = 0,16$), y en la comparación entre estos dos últimos grupos el tamaño del efecto fue bajo ($d_{dif_{1-2}} = 0,25$).

4.5.2.2. Modulación condicionada del dolor

En el caso de la MCD, las valoraciones realizadas en el músculo tibial anterior tuvieron un promedio en las mediciones previas a la intervención de $0,15 \pm 1,06$ kg/cm² y en las

posteriores de $0,09 \pm 0,76 \text{ kg/cm}^2$, mientras que para la diferencia entre ambas el valor promedio fue de $-0,06 \pm 1,26 \text{ kg/cm}^2$.

Las medidas de tendencia central para cada uno de los grupos en las mediciones previa y posterior a la intervención se encuentran en la Tabla 16 junto con los valores medios para la diferencia entre ellas. Se puede observar que en el grupo de EP simulada existió una gran diferencia entre el valor de la media y de la mediana en las mediciones previas, y, por el contrario, estuvieron muy próximas en las posteriores a la intervención. En el grupo de EP de alta intensidad también se encontró una gran variación entre las valoraciones previas y las posteriores al abordaje con la técnica. En cuanto a los individuos que recibieron EP de baja intensidad, podemos destacar que mostraron valores más altos en las mediciones posteriores al tratamiento, a diferencia de los otros dos grupos.

Tabla 16. Medidas de tendencia central y estudio de la normalidad de la MCD pre y post-intervención del tibial anterior por grupo experimental.

MCD tibial anterior (kg/cm ²)		EP simulada			EP baja intensidad			EP alta intensidad		
		Pre	Post	Dif	Pre	Post	Dif	Pre	Post	Dif
Medidas de tendencia central	$\bar{x}$	0,32	0,08	- 0,24	0,13	0,36	0,23	0,01	- 0,16	- 0,17
	<i>s</i>	1,44	0,64	1,72	0,72	0,69	0,84	0,94	0,87	1,07
	<i>Me</i>	- 0,18	0,08	0,13	0,04	0,15	0,35	- 0,13	- 0,02	0,04
	<i>IQR</i>	0,91	0,64	0,83	0,99	1,00	1,21	1,09	0,72	1,45
Normalidad (pval)		< 0,01	0,75	< 0,01	0,31	0,41	0,77	0,55	0,01	0,05

Nota: $\bar{x}$, media aritmética; *s*, desviación estándar; *Me*, mediana; *IQR*, recorrido intercuartílico; Dif, diferencia entre las medidas pre y post intervención.

El estudio de normalidad indica que ninguna de las variables siguió una distribución normal en todos los grupos, por lo que se empleó el test de Kruskal-Wallis para realizar los análisis pertinentes.

En base a ellos, no podemos afirmar que existiesen diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en ninguna de las dos mediciones, ni en la diferencia entre ellas ($p - \text{valor}_{pre} = 0,85$; $p - \text{valor}_{post} = 0,13$; $p - \text{valor}_{dif} = 0,58$).

En las mediciones post-intervención, se observó un tamaño del efecto bajo cuando se compararon el grupo de EP simulada con los dos que recibieron corriente galvánica ($d_{post_{1-2}} = 0,43$; $d_{post_{1-3}} = 0,31$). Entre estos dos últimos, el tamaño del efecto fue moderado ($d_{post_{2-3}} =$

0,67). El estudio de la relevancia clínica de las diferencias entre los dos momentos temporales reveló una ausencia de tamaño del efecto entre el grupo 1 y 3 ($d_{dif_{1-3}} = 0,05$) y un tamaño del efecto bajo en las comparaciones restantes ($d_{dif_{1-2}} = 0,35$; $d_{dif_{2-3}} = 0,41$).

4.5.2.3. Sumación temporal

Los valores promedio para las mediciones de la ST en el músculo tibial anterior previas a la intervención fueron de $1,75 \pm 1,82$ puntos, mientras que en la valoración posterior se encontraron ligeramente por debajo con $1,06 \pm 1,74$ puntos, aunque en ambos casos los valores estuvieron comprendidos entre -2 y 7 puntos. La diferencia entre las mediciones obtuvo a nivel general un valor medio de $-0,69 \pm 1,38$ puntos.

Las medidas para las valoraciones de la ST en el tibial anterior se encuentran expuestas en la Tabla 17 separadas por grupos de intervención. Como ya se había podido observar a nivel general, las mediciones posteriores obtuvieron valores menores que las previas a la intervención en los tres grupos, aunque el grupo de EP simulada presentó algunos valores más próximos a los basales, provocando que la diferencia entre puntos temporales fuese menor. También podemos notificar que, en las mediciones pre-intervención, el grupo más disperso fue el de EP simulada, mientras que en las posteriores es el que recibe EP de baja intensidad quien tuvo un mayor recorrido intercuartílico. Por otra parte, el grupo EP de alta intensidad presentó una mayor dispersión en los datos centrales para las diferencias entre las mediciones.

Tabla 17. Medidas de tendencia central y estudio de la normalidad de la ST pre y post-intervención del tibial anterior por grupo experimental.

ST tibial anterior (0-10)		EP simulada			EP baja intensidad			EP alta intensidad		
		Pre	Post	Dif	Pre	Post	Dif	Pre	Post	Dif
Medidas de tendencia central	$\bar{x}$	1,64	1,25	- 0,39	1,69	0,94	- 0,75	1,92	1,00	- 0,92
	s	2,69	2,09	1,30	1,33	1,65	1,40	1,15	1,51	1,47
	Me	1,00	1,00	0,00	2,00	1,00	- 0,75	2,00	1,50	- 1,00
	IQR	5,00	2,25	1,88	1,13	2,88	1,38	1,13	2,25	2,00
Normalidad (pval)		0,29	0,12	0,61	0,25	0,24	0,23	0,08	0,04	0,50

Nota: $\bar{x}$, media aritmética; s , desviación estándar; Me , mediana; IQR , recorrido intercuartílico; Dif, diferencia entre las medidas pre y post intervención.

Al igual que las mediciones anteriores a la intervención, las diferencias entre los dos momentos de evaluación siguieron una distribución normal, por lo que se utilizaron técnicas paramétricas

para estudiar la relación entre los grupos. Mientras, en el grupo EP de alta intensidad las mediciones posteriores al tratamiento no siguieron una distribución normal en todos los grupos, de modo que se empleó el test de Kruskal-Wallis para la realización de su estudio.

Los resultados de estas pruebas nos indican que no podemos afirmar que las distribuciones de la ST en los grupos de estudio difieran entre ellas en las mediciones posteriores a la intervención ($p - valor = 0,96$). Del mismo modo, tampoco se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos experimentales en el análisis de las diferencias entre los dos puntos temporales ($p - valor = 0,51$).

Para la variable de ST posterior a la intervención, tampoco se encontraron indicios de relevancia clínica ($d_{post_{1-2}} = 0,16$; $d_{post_{1-3}} = 0,14$; $d_{post_{2-3}} = 0,04$). Sin embargo, en la diferencia entre la medición anterior y posterior a la intervención sí se detectó un tamaño del efecto bajo entre el grupo de EP simulada y los dos grupos con corriente galvánica ($d_{dif_{1-2}} = 0,27$; $d_{dif_{1-3}} = 0,38$; $d_{dif_{2-3}} = 0,12$).

4.5.2.4. Comparación pre y post-intervención

Igual que en el caso anterior, una vez estudiadas las diferencias entre los grupos de intervención, se analizaron las posibles diferencias entre las mediciones previas y las posteriores a la intervención. Debido a que ninguna de las tres variables de resultado siguió una distribución normal en todos los grupos, estos análisis se realizaron mediante el test de Wilcoxon para datos apareados.

A nivel general, no se detectaron diferencias entre las mediciones previas y posteriores al tratamiento en el caso del UDP ($p - valor = 0,47$) y la MCD ($p - valor = 0,35$). Sin embargo, a diferencia de los resultados obtenidos en el tendón común del epicóndilo, en el músculo tibial anterior sí se encontraron diferencias altamente significativas entre las valoraciones previas y las posteriores de la ST ($p - valor = 0,001$).

Tras presentar que, en algunos de los casos, existieron diferencias significativas entre los grupos de intervención, se estudiaron las posibles diferencias entre las mediciones previas y posteriores al tratamiento en cada uno de los grupos experimentales. En función de las pruebas de normalidad recogidas en la Tabla 15, la Tabla 16 y la Tabla 17 se aplicaron pruebas paramétricas o no paramétricas.

No se pudieron detectar diferencias estadísticamente significativas en el UDP y la MCD, pero en sí se encontró una disminución significativa de la ST en las mediciones posteriores respecto a las

previas a la intervención en los dos grupos que recibieron EP con corriente (tanto baja como alta intensidad). En la Tabla 18 se muestran los resultados de las comparaciones realizadas.

Tabla 18. Pruebas de contraste para la comparación entre las medidas pre y post-intervención en el tibial anterior para cada grupo experimental.

Tibial anterior	EP simulada			EP baja intensidad			EP alta intensidad		
	Estad.	p-valor	d_1	Estad.	p-valor	d_2	Estad.	p-valor	d_3
UDP	- 0,85	0,40	0,06	-0,35	0,73	0,08	- 0,41	0,68	0,03
MCD	- 0,78	0,43	0,22	-1,14	0,27	0,32	- 0,20	0,85	0,19
ST	1,27	0,22	0,16	2,28	0,04	0,50	- 2,33	0,02	0,68

Nota: d , tamaño del efecto a través de la d de Cohen.

Además, es posible afirmar que no existió relevancia clínica en las diferencias de las mediciones del UDP ni en la MCD en el grupo que recibió EP de alta intensidad. El resto de los grupos de intervención presentaron un tamaño del efecto bajo para la MCD. En el caso de la ST, las diferencias entre las mediciones en el grupo de EP simulada no fueron relevantes en el ámbito clínico, mientras que en los dos grupos restantes el tamaño del efecto fue medio.

4.5.3. Corredera bicipital

Siguiendo la estructura de las dos localizaciones de medición anteriores, se analizaron cada una de las tres variables de resultado en los dos momentos de medición, así como la diferencias entre ellos.

4.5.3.1. Umbral de dolor a la presión

Las mediciones del UDP previas a la intervención realizadas en la corredera bicipital tuvieron un valor medio de $1,88 \pm 0,81$ kg/cm² y las posteriores de $2,15 \pm 0,90$ kg/cm². La diferencia entre ambas mediciones obtuvo una media de $0,28 \pm 0,44$ kg/cm².

En la Tabla 19 se muestran las medias para cada uno de los grupos de intervención antes y después de la aplicación de la intervención, al igual que para la diferencia entre ambas valoraciones. En este tercer punto de medición es importante destacar que, a diferencia de los otros dos, los valores de las mediciones posteriores fueron mayores que las mediciones previas al tratamiento, por lo que los valores de las diferencias fueron positivas en la mayor parte de los casos. En cuanto a la dispersión de los datos, se puede observar que las mediciones posteriores a la intervención del grupo EP de baja intensidad fueron mayores que en las mediciones previas y que la diferencia entre ambas se mostró más dispersa que en el resto de los casos.

Tabla 19. Medidas de tendencia central y estudio de la normalidad del UDP pre y post-intervención de la corredera bicipital por grupo experimental.

UDP corredera bicipital (kg/cm ²)		EP simulada			EP baja intensidad			EP alta intensidad		
		Pre	Post	Dif	Pre	Post	Dif	Pre	Post	Dif
Medidas de tendencia central	$\bar{x}$	2,04	2,11	0,07	1,62	2,01	0,39	1,97	2,33	0,36
	s	0,86	0,67	0,32	0,66	0,67	0,53	0,88	1,08	0,40
	Me	1,92	1,95	0,04	1,59	1,95	0,34	1,93	2,21	0,32
	IQR	1,27	0,96	0,34	0,57	0,96	0,76	1,28	0,82	0,40
Normalidad (pval)		0,25	0,25	0,85	< 0,01	0,21	0,84	0,12	< 0,01	< 0,01

Nota: $\bar{x}$, media aritmética; s , desviación estándar; Me , mediana; IQR , recorrido intercuartílico; Dif, diferencia entre las medidas pre y post intervención.

En el estudio de la normalidad se puede observar que las mediciones posteriores a la intervención y la diferencia entre las mediciones no siguieron una distribución normal en el grupo de EP de alta intensidad, por lo tanto, se empleó el test de Kruskal-Wallis para la comparación entre grupos, igual que se había realizado en las mediciones previas al tratamiento.

No podemos afirmar que hubiera diferencias estadísticamente significativas ($p - valor = 0,624$) entre los grupos de intervención en las valoraciones del UDP post-intervención en la corredera bicipital. Sin embargo, en el estudio de las diferencias sí fue posible encontrar diferencias estadísticamente significativas ($p - valor = 0,041$). Al realizar el estudio de las comparaciones múltiples posteriores, se detectaron diferencias estadísticamente significativas a favor de los dos grupos a los que se le aplicó corriente galvánica con respecto al grupo de EP simulada ($p - valor_{1-2} = 0,031$; $p - valor_{1-3} = 0,027$).

En el estudio de la relevancia clínica, las comparaciones para las valoraciones posteriores a la intervención presentaron un tamaño del efecto pequeño entre los individuos que recibieron EP de alta intensidad y los dos grupos restantes ($d_{post_{1-3}} = 0,25$; $d_{post_{2-3}} = 0,36$), mientras que las diferencias entre el grupo de EP simulada y el de EP de baja intensidad no fueron relevantes ($d_{post_{1-2}} = 0,15$). Por su parte, los tamaños del efecto para las diferencias corroboraron los resultados encontrados a través de los métodos clásicos. La relevancia clínica de las diferencias entre el grupo de EP simulada y los dos que recibieron la técnica real fue media ($d_{dif_{1-2}} = 0,74$) o alta ($d_{dif_{1-3}} = 0,80$), en tanto que el tamaño del efecto para las diferencias entre los dos protocolos de EP no tuvo relevancia ($d_{dif_{2-3}} = 0,07$).

4.5.3.2. Modulación condicionada del dolor

Las valoraciones de la MCD en la corredera bicipital tuvieron un promedio en las mediciones previas a la intervención de $0,22 \pm 0,30 \text{ kg/cm}^2$ y en las posteriores de $0,12 \pm 0,31 \text{ kg/cm}^2$, mientras que para la diferencia entre ellas el valor promedio se encontró en $-0,10 \pm 0,44 \text{ kg/cm}^2$.

Las medidas de tendencia central para cada uno de los grupos en las mediciones previa y posterior al tratamiento se encuentran en la Tabla 20 junto con los valores medios para la diferencia entre ellas. En este caso cabe destacar que las valoraciones de MCD posteriores a la intervención fueron inferiores a las previas en el grupo de EP simulada. En cambio, en los dos grupos a los que se les aplicó corriente galvánica las diferencias fueron muy pequeñas y es posible pensar que las valoraciones fueron próximas. El 50% central de los datos se encontró más concentrado en las mediciones posteriores de los tres grupos que en las previas a la intervención.

Tabla 20. Medidas de tendencia central y estudio de la normalidad de la MCD pre y post-intervención de la corredera bicipital por grupo experimental.

MCD corredera bicipital (kg/cm^2)		EP simulada			EP baja intensidad			EP alta intensidad		
		Pre	Post	Dif	Pre	Post	Dif	Pre	Post	Dif
Medidas de tendencia central	$\bar{x}$	0,31	0,00	- 0,31	0,19	0,20	0,01	0,15	0,16	0,01
	s	0,35	0,26	0,42	0,30	0,33	0,46	0,22	0,30	0,37
	Me	0,21	0,00	- 0,31	0,18	0,18	0,04	0,13	0,01	- 0,04
	IQR	0,59	0,29	0,61	0,43	0,36	0,46	0,39	0,38	0,51
Normalidad (pval)		0,29	0,88	0,05	0,52	0,36	0,90	0,74	0,01	0,55

Nota: $\bar{x}$, media aritmética; s , desviación estándar; Me , mediana; IQR , recorrido intercuartílico; Dif, diferencia entre las medidas pre y post intervención.

Aunque las mediciones previas siguieron una distribución normal, no fue así en las mediciones posteriores ni en la diferencia entre ellas, por lo que se emplearon técnicas no paramétricas para el estudio de la comparación entre grupos de la MCD.

En base a dichos análisis, no se puede afirmar que existan diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de intervención en las valoraciones de la MCD post-intervención ($p - \text{valor} = 0,081$). No obstante, la comparación en función de los grupos experimentales para la variable que recoge las diferencias de las mediciones sí presentó diferencias

estadísticamente significativas entre los grupos de intervención ($p - valor = 0,048$). Realizando las comparaciones múltiples posteriores fue posible detectar que las diferencias se encontraban entre el grupo de EP sin corriente y los dos grupos que recibieron la técnica de EP con corriente ($p - valor_{1-2} = 0,043$; $p - valor_{1-3} = 0,025$), al igual que ocurría en el UDP.

Los tamaños del efecto para la comparación entre el grupo que recibió la intervención simulada y los dos grupos de EP fueron medios ($d_{post_{1-2}} = 0,66$; $d_{post_{1-3}} = 0,56$) en la valoración de la MCD posterior a la intervención. Para la diferencia entre los dos grupos que recibieron EP con parámetros distintos no se detectó relevancia clínica ($d_{post_{2-3}} = 0,13$). Por otra parte, al igual que para las mediciones posteriores, los tamaños del efecto para la comparación entre el grupo de EP simulada y los dos grupos restantes en la diferencia de la MCD entre los dos puntos temporales fueron medios o altos ($d_{dif_{1-2}} = 0,72$; $d_{dif_{1-3}} = 0,82$) y no existió tamaño del efecto entre los grupos que recibieron corriente ($d_{dif_{2-3}} = 0,13$). Estos últimos hallazgos corroboraron los análisis previos.

4.5.3.3. Sumación temporal

En el estudio de la ST de forma general, las valoraciones previas sobre la corredera bicipital tuvieron un valor medio de $1,05 \pm 1,33$ puntos y $1,03 \pm 1,47$ puntos en las posteriores a la intervención. La diferencia entre las mediciones presentó un promedio de $-0,02 \pm 1,19$ puntos.

Las medidas en los tres grupos de intervención para las valoraciones de la ST se encuentran expuestas en la Tabla 21. Podemos observar que las mediciones posteriores tuvieron menor media que las previas a la intervención en los grupos de EP simulada y EP de baja intensidad. También es posible destacar que los valores más bajos de las mediciones posteriores se notificaron en el grupo EP de baja intensidad, mientras que los más altos se registraron en el grupo de EP simulada.

Tabla 21. Medidas de tendencia central y estudio de la normalidad de la ST pre y post-intervención de la corredera bicipital por grupo experimental.

ST corredera bicipital (0-10)		EP simulada			EP baja intensidad			EP alta intensidad		
		Pre	Post	Dif	Pre	Post	Dif	Pre	Post	Dif
Medidas de tendencia central	$\bar{x}$	1,00	1,25	0,25	1,17	0,81	- 0,36	0,97	1,03	0,06
	s	1,53	1,86	0,83	1,15	1,35	1,38	1,36	1,17	1,27
	Me	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	- 0,25
	IQR	1,63	2,00	0,63	2,13	2,00	2,25	1,63	2,00	2,00
Normalidad (pval)		0,02	< 0,01	0,01	0,05	0,59	0,07	0,32	0,06	0,46

Nota: $\bar{x}$, media aritmética; s , desviación estándar; Me , mediana; IQR , recorrido intercuartílico; Dif, diferencia entre las medidas pre y post intervención.

En el estudio de la normalidad de las variables, tanto las medidas posteriores como la diferencia entre las evaluaciones no siguieron una distribución normal en todos los grupos, y en consecuencia, se emplearon técnicas no paramétricas para la realización de los análisis inter-grupales.

Al igual que se observó en el caso de las mediciones previas a la intervención, no podemos afirmar que las distribuciones de la ST en los grupos de estudio difieran entre ellas en las mediciones posteriores a la intervención ($p - valor = 0,93$). Del mismo modo, tampoco se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en el estudio de las diferencias entre las mediciones ($p - valor = 0,53$).

Por otro lado, no existió relevancia clínica para las diferencias en las mediciones posteriores a la intervención entre el grupo de EP de alta intensidad y los dos grupos restantes ($d_{post_{1-3}} = 0,14$; $d_{post_{2-3}} = 0,18$), mientras que para la relación entre los grupos de EP simulada y EP de baja intensidad el tamaño del efecto fue bajo ($d_{post_{1-2}} = 0,27$). En lo referente a las diferencias entre los dos puntos temporales, se observó una mayor relevancia clínica en las comparaciones inter-grupales, donde el tamaño del efecto entre el grupo 2 y el 1 y el 3 fue medio ($d_{dif_{1-2}} = 0,54$; $d_{dif_{2-3}} = 0,31$), a la vez que para la comparación de los dos grupos restantes no se considera relevante, aunque estuvo próximo al punto de corte ($d_{dif_{1-3}} = 0,18$).

4.5.3.4. Comparación pre y post-intervención

Una vez estudiadas las diferencias entre los grupos de intervención, se estudiaron las posibles diferencias entre las mediciones previas y las posteriores a aplicar el tratamiento. Debido a que la MCD siguió una distribución normal, se utilizó la prueba t para datos apareados para su estudio, mientras que para el UDP y la ST se empleó el test de Wilcoxon para datos apareados.

De manera general no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones anteriores y posteriores a la intervención en la MCD y la ST medidas en la corredera bicipital ($p - valor_{MCD} = 0,112$; $p - valor_{ST} = 0,95$). En el caso del UDP, sí se detectaron diferencias altamente significativas entre las dos mediciones realizadas ($p - valor_{UDP} < 0,001$).

A continuación, se estudió si dentro de cada uno de los grupos existían diferencias entre las mediciones realizadas antes y después de la aplicación del tratamiento, ya que en algunos casos se notificaron diferencias significativas entre los grupos experimentales. Se aplicaron pruebas paramétricas o no paramétricas en función de las pruebas de normalidad recogidas en la Tabla 19, la Tabla 20 y la Tabla 21.

Para el UDP, en los grupos que recibieron corriente galvánica sí se puede afirmar que existieron diferencias altamente significativas entre las mediciones anteriores y posteriores al tratamiento, tal y como se puede observar en la Tabla 22, produciéndose un aumento del UDP. En la valoración de la MCD se observó una disminución altamente significativa en el grupo de EP simulada. En el caso de la ST, no se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre los dos momentos de medición en ninguno de los tres grupos experimentales.

Tabla 22. Pruebas de contraste para la comparación entre las medidas pre y post-intervención en la corredera bicipital para cada grupo experimental.

Corredera bicipital	EP simulada			EP baja intensidad			EP alta intensidad		
	Estad.	p-valor	d_1	Estad.	p-valor	d_2	Estad.	p-valor	d_3
UDP	- 0,98	0,34	0,08	- 2,78	0,006	0,59	- 3,34	0,001	0,37
MCD	3,16	0,006	1,00	- 0,06	0,95	0,02	- 0,02	0,98	0,05
ST	- 1,14	0,25	0,15	1,11	0,28	0,29	- 0,19	0,85	0,04

Nota: d , tamaño del efecto a través de la d de Cohen.

Analizando la relevancia clínica en las valoraciones intra-grupales en la corredera bicipital, se observó que el tamaño del efecto de la variación del UDP en el grupo de EP de baja intensidad

fue alto y en el de EP de alta intensidad fue medio. En cuanto a la MCD, los tamaños del efecto de los grupos que recibieron corriente no fueron importantes, mientras que las diferencias entre los dos momentos de medición en el grupo de EP simulada tuvieron una alta relevancia clínica. En la ST el único grupo en el que se encontró relevancia clínica fue el de EP de baja intensidad, el cual presentó un tamaño del efecto bajo.

4.6. ANÁLISIS CON VARIABLES SOCIODEMOGRÁFICAS

A pesar de no ser el objetivo principal de la investigación, se realizaron una serie de análisis adicionales con el fin de conocer la influencia de las variables sociodemográficas en los resultados del estudio. La mayoría de los análisis se llevaron a cabo con las variables de resultado extraídas de las diferencias entre ambos puntos temporales de medición (pre y post-intervención), ya que su propósito era determinar el cambio producido con la intervención. En primer lugar, se utilizaron contrastes para evaluar las diferencias en dichas variables de resultado en función de las variables sociodemográficas cualitativas. Posteriormente, se estudiaron las posibles correlaciones entre las variables de resultado y las sociodemográficas cuantitativas. Por último, se incluyeron en el modelo lineal general las variables sociodemográficas para observar relaciones potenciales entre ellas y con las variables de resultado que puedan influir en las diferencias entre grupos.

4.6.1. Contrastes entre variables de resultado y sociodemográficas cualitativas

En función de las variables sociodemográficas cualitativas (sexo, consumo de tabaco y nivel de actividad física categorizado), se analizaron las posibles diferencias en las variables de resultado, en concreto, en aquellas que reflejaban la diferencia entre los dos momentos de medición. En el caso del sexo y el consumo de tabaco se empleó la prueba t para muestras independientes (o el test de U de Mann-Withney como alternativa no paramétrica) al presentar dos grupos o categorías. El nivel de actividad física se componía de tres grupos por lo que se utilizó el Análisis de la Varianza (si cumplía criterios de normalidad y homocedasticidad) o el test de Kruskal-Wallis. Se realizaron tanto para la muestra como para cada uno de los grupos.

De forma general, en la muestra no se encontraron diferencias entre los grupos según el sexo o el nivel de actividad física para ninguna de las variables de resultado. Sin embargo, sí se hallaron diferencias estadísticamente significativas en las diferencias del UDP medidas en el tibial anterior ($p - \text{valor} = 0,029$), a favor del grupo de los fumadores ($n = 8$) respecto a los no fumadores.

A continuación, se realizaron los mismos contrastes para cada uno de los grupos. En base a los resultados de dichas pruebas, podemos destacar las diferencias estadísticamente significativas encontradas en el grupo de EP de baja intensidad para las diferencias en el UDP del tendón del epicóndilo ($p - valor = 0,049$) cuando el factor de agrupación fue el consumo de tabaco, favoreciendo a los individuos fumadores ($n = 2$). En el grupo de EP de alta intensidad también se detectaron diferencias estadísticamente significativas en la MCD en el tibial anterior ($p - valor = 0,036$) en función del nivel de actividad física, hallándose dichas diferencias a favor del nivel moderado frente al bajo, aunque en el análisis post-hoc el contraste se quedó al límite de la significación ($p - valor = 0,051$). Por otro lado, no se encontraron diferencias significativas en el grupo de EP simulada en función de las variables sociodemográficas cualitativas.

4.6.2. Correlaciones entre variables de resultado y sociodemográficas cuantitativas

Mediante análisis de correlación, se estudiaron las posibles relaciones entre las variables sociodemográficas cuantitativas continuas presentes en toda la muestra (peso, estatura, IMC, edad, nivel de actividad física a través de IPAQ-SF) y las variables de resultado que expresaban la diferencia entre la medida previa y posterior a la intervención. Se realizaron comparaciones por pares y, en el caso de que ambas variables siguieran una distribución normal, se utilizó el coeficiente de Pearson para su análisis. En caso contrario, se empleó el coeficiente de Spearman. La mayoría de las tablas de correlación se encuentran recogidas en el Apéndice I para facilitar la lectura del documento, con la excepción de las Tablas 23, 24 y 25 cuyos resultados tienen especial interés para el apartado de Resultados.

Observando las correlaciones de las diferencias del UDP con las variables sociodemográficas cuantitativas en la muestra, podemos afirmar que en la mayor parte de los casos las relaciones fueron directas en las tres localizaciones de medición. Solo hubo tres relaciones inversas y ninguna de ellas fue estadísticamente significativa. Por el contrario, sí fue posible detectar correlaciones significativas directas entre las mediciones realizadas en el tendón común del epicóndilo y la edad ($r = 0,270$), al igual que entre el UDP del tibial anterior y el IMC ($r = 0,315$).

En el caso de las diferencias en la MCD entre las medidas pre y post-intervención, prácticamente todas las correlaciones con las variables sociodemográficas cuantitativas resultaron inversas, pero ninguna de ellas alcanzó el nivel de significación. Este hecho se mantuvo en las tres localizaciones de medición. Además, tenemos que destacar que los valores para los estadísticos de correlación estuvieron bastante próximos a 0.

Las correlaciones de las variables sociodemográficas con las diferencias en las mediciones de la ST, a diferencia del caso anterior, mostraron mayoritariamente relaciones directas en el tendón

del epicóndilo y en el tibial anterior, mientras que en la corredera bicipital predominaron las relaciones inversas. En ninguna de las tres localizaciones se encontraron correlaciones estadísticamente significativas y los valores estadísticos de correlación se aproximaron a 0, al igual que en la MCD.

Tras el análisis de las correlaciones en la muestra completa, se estudiaron en cada uno de los grupos experimentales las posibles relaciones entre las variables sociodemográficas cuantitativas y las diferencias entre las medidas pre y post-intervención.

En dichas pruebas, el grupo de EP simulada fue el que más diferencias significativas obtuvo. Se establecieron correlaciones significativas inversas entre la diferencia en la MCD en la corredera bicipital y tres variables sociodemográficas: el peso ($\rho = -0,517$), la estatura ($\rho = -0,472$) y la edad ($\rho = -0,654$). También se encontraron diferencias significativas directas con las diferencias del UDP tanto en el tendón del epicóndilo como en el tibial anterior. La primera de ellas se relacionó con el peso, la estatura y la edad ($r = 0,519$; $r = 0,710$; $r = 0,569$), mientras que la diferencia del UDP en el tibial anterior se correlacionó con el peso y el IMC ($r = 0,690$ y $r = 0,596$). Por otra parte, en el grupo de EP de alta intensidad se hallaron correlaciones significativas inversas entre la diferencia del UDP en la corredera bicipital y la estatura ($\rho = -0,476$) y entre la diferencia de la ST en el tibial anterior y el IMC ($r = -0,529$). Al contrario que en los otros dos grupos, no se encontraron correlaciones significativas en el grupo de EP de baja intensidad.

Debido al posible valor predictivo de la MCD sobre los efectos de ciertas terapias, se realizaron análisis adicionales de correlación entre la MCD basal (como si se tratase de una variable sociodemográfica) y las diferencias pre y post-intervención de las variables de resultado para cada una de las localizaciones de medición. De forma general, se observaron correlaciones directas entre la MCD pre-intervención en el tendón del epicóndilo y en el tibial anterior y sus correspondientes diferencias en el UDP de manera altamente significativa, mientras que en la corredera bicipital dichas variables también se relacionaron de manera directa y significativa. En cuanto a la MCD, la relación entre la medida pre-intervención y la diferencia entre ambos puntos temporales se estableció de forma inversa y altamente significativa en todas las localizaciones de evaluación. Por último, las correlaciones con la ST no resultaron significativas y fueron las que más se aproximaron a 0 en los estadísticos de correlación.

Tabla 23. Coeficientes de correlación entre las diferencias en las variables de resultado y su correspondiente MCD pre-intervención para la muestra completa.

	Diferencias pre-post intervención		
	UDP	MCD	ST
MCD pre-intervención tendón del epicóndilo	$r = 0,414^{**}$	$r = - 0,703^{**}$	$\rho = 0,087$
MCD pre-intervención tibial anterior	$\rho = 0,506^{**}$	$\rho = - 0,621^{**}$	$\rho = 0,166$
MCD pre-intervención corredera bicipital	$r = 0,294^*$	$r = - 0,716^{**}$	$\rho = 0,042$

Nota: r , coeficiente de correlación de Pearson; ρ , coeficiente de correlación de Spearman. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$.

Cuando se realizaron los mismos análisis en cada uno de los grupos, en los individuos que recibieron EP de baja intensidad se mantuvieron las mismas tendencias anteriormente descritas en todas las localizaciones, con relaciones altamente significativas para el UDP (directas) y el MCD (inversas). En cambio, en el grupo de EP de alta intensidad solo permanecieron las correlaciones significativas al comparar la MCD basal con la correspondiente diferencia entre las medidas pre y post-intervención de esta misma variable. En cuanto al grupo de EP simulada, se estableció una relación significativa directa entre la MCD pre-intervención del tendón del epicóndilo y la diferencia en el UDP en el mismo punto, mientras que también se observaron correlaciones altamente significativas e inversas entre la MCD basal en el tendón del epicóndilo y la corredera bicipital y su correspondiente diferencia entre medidas de la MCD.

4.6.3. Estudio de las diferencias entre grupos incluyendo las variables sociodemográficas

Se consideró de especial interés estudiar si las variables sociodemográficas o su interacción con el grupo de intervención influyeron en el comportamiento de las variables sometidas a estudio. Para realizar estos análisis se utilizó una generalización de los modelos empleados anteriormente.

4.6.3.1. Umbral de dolor a la presión

Al incluir las variables sociodemográficas en el modelo, se detectaron diferencias estadísticamente significativas en la diferencia del UDP en el tendón del epicóndilo para la edad ($p - \text{valor} = 0,013$) y la estatura ($p - \text{valor} = 0,017$), pero no para el grupo de intervención ni en la interacción.

En el siguiente punto de medición, el músculo tibial anterior, podemos destacar el papel de los fumadores dentro del modelo, debido a que se hallaron diferencias significativas para la variable de consumo de tabaco ($p - \text{valor} = 0,022$). Sin embargo, no se encontró efecto para la variable grupo ni para la interacción entre ambas. En la Figura 16 y la Figura 17 es posible observar que los sujetos fumadores obtuvieron mayores cambios del UDP en el tibial anterior en todos los grupos, siendo más evidente en el de EP de baja intensidad.

Figura 16. Diferencias entre las mediciones previas y posteriores del UDP en el tibial anterior para cada grupo de intervención según el consumo de tabaco.

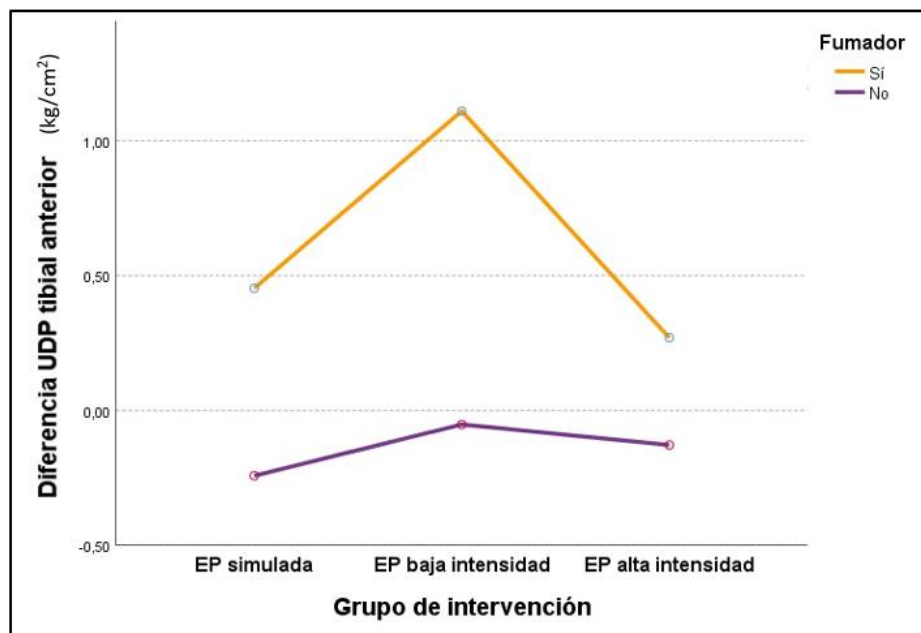
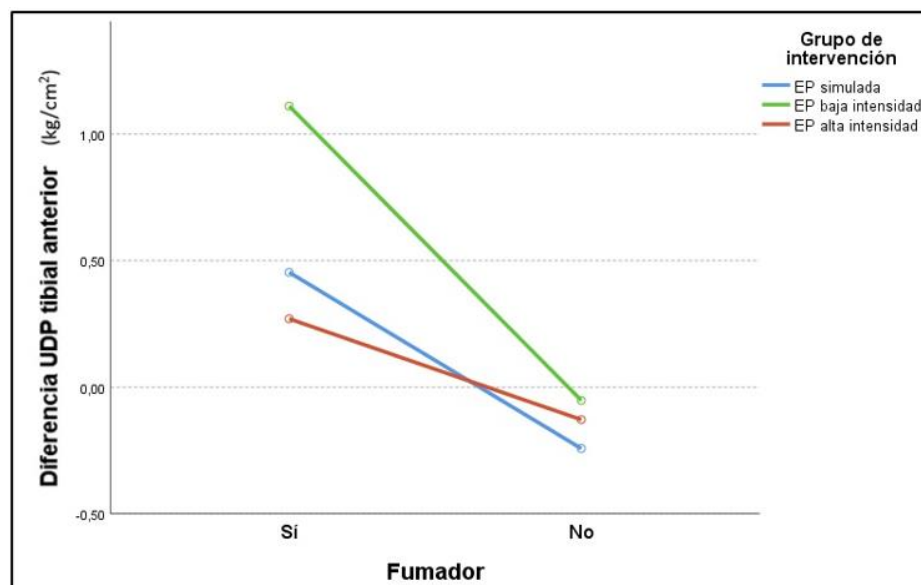


Figura 17. Diferencias entre las mediciones previas y posteriores del UDP en el tibial anterior para fumadores y no fumadores según el grupo de intervención.



En lo referente al cambio del UDP en la corredera bicipital, también se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de intervención para la variable de consumo de tabaco ($p - \text{valor} = 0,021$), pero no para el grupo de intervención ni para la interacción. En este caso, el grupo de fumadores que recibió EP de baja intensidad presentó mayores incrementos del UDP que los sujetos no fumadores a los que se le aplicó la misma intervención. En los dos grupos restantes no hubo diferencias en base al consumo de tabaco, tal y como se puede observar en la Figura 18 y la Figura 19.

Figura 18. Diferencias entre las mediciones previas y posteriores del UDP en la corredera bicipital para cada grupo de intervención según el consumo de tabaco.

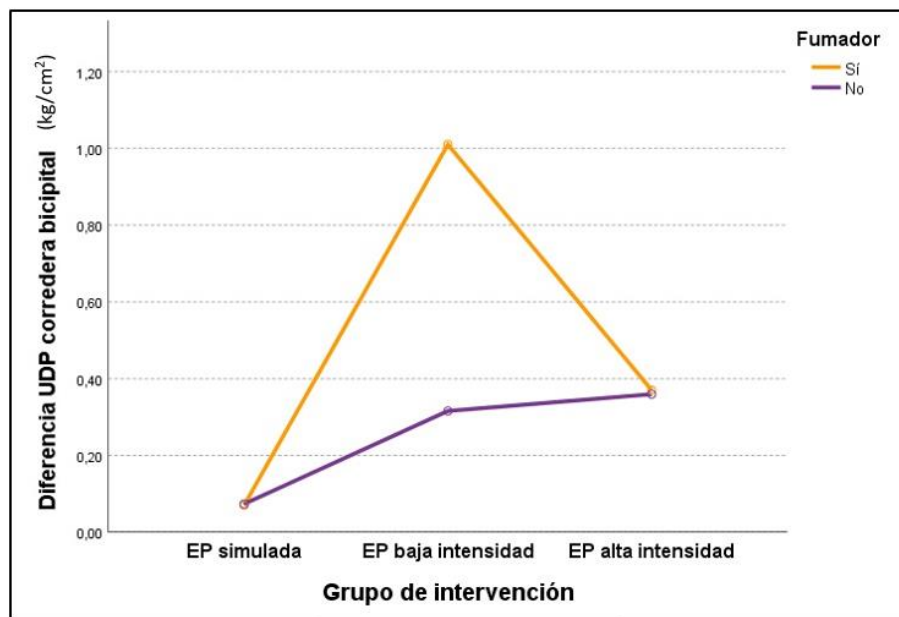
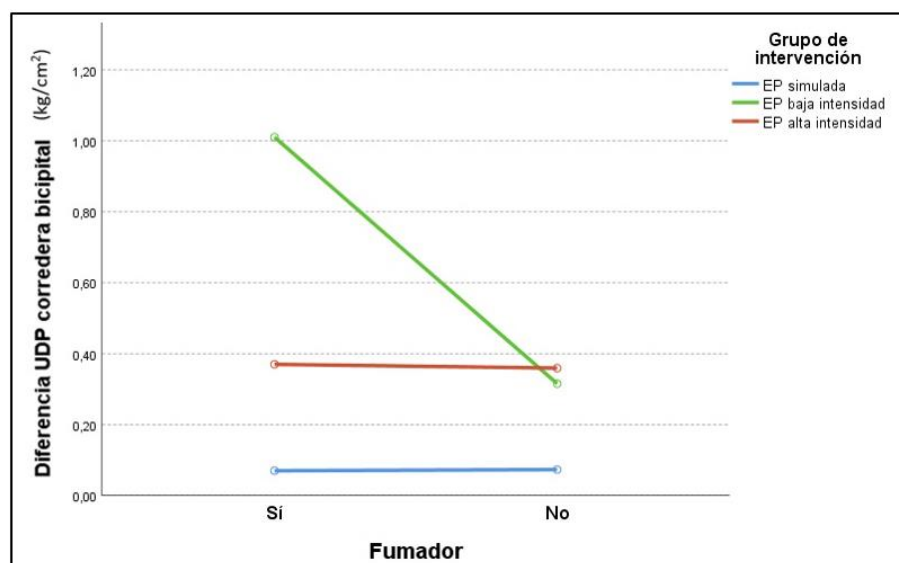


Figura 19. Diferencias entre las mediciones previas y posteriores del UDP en la corredera bicipital para fumadores y no fumadores según el grupo de intervención.



4.6.3.2. Modulación condicionada del dolor

En el caso de la MCD no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en ninguno de los tres puntos de medición y los tamaños del efecto fueron medios o bajos.

Sin embargo, se pueden observar diferentes comportamientos en el tendón del epicóndilo entre grupos de intervención en función de los niveles de actividad física que practican. La interacción entre estas dos variables tuvo una importancia clínica alta dentro del modelo ($\eta_p^2 = 0,14$), como se puede observar en la Figura 20 o en la Figura 21.

Figura 20. Diferencias entre las mediciones previas y posteriores de la MCD en el tendón epicóndilo para cada grupo de intervención según el nivel de actividad física.

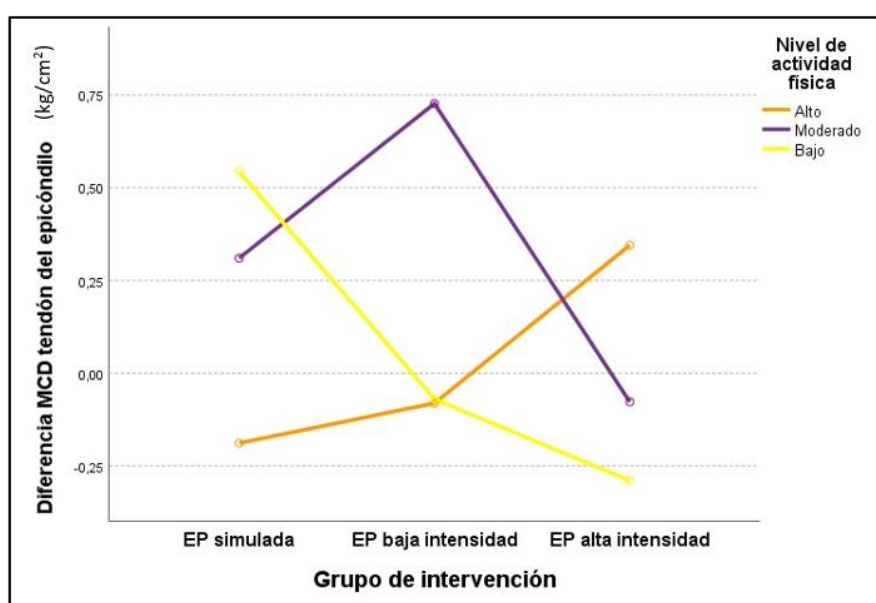
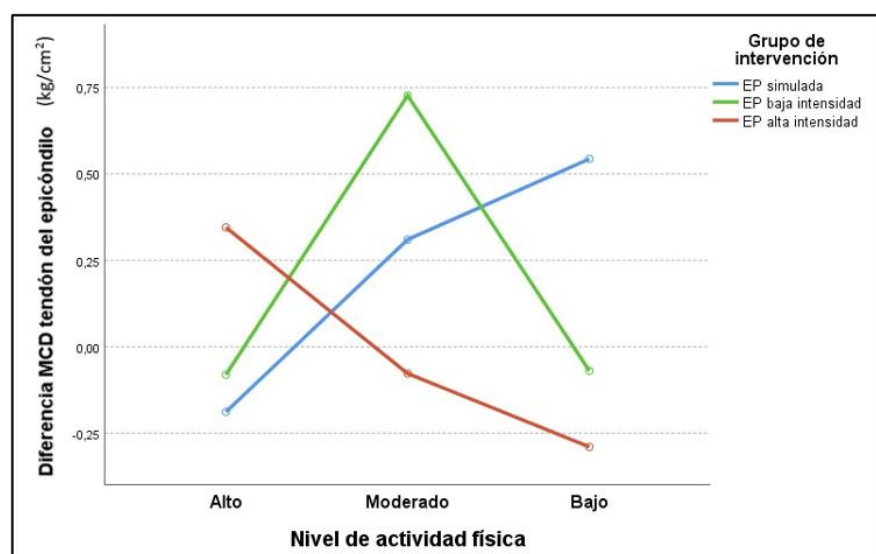


Figura 21. Diferencias entre las mediciones previas y posteriores de la MCD en el tendón del epicóndilo para cada nivel de actividad física según el grupo de intervención.



En los gráficos anteriores se puede observar que, a nivel general, un alto nivel de actividad física se relacionó con que la diferencia pre-post intervención de la MCD fuese más alta en el grupo de EP de alta intensidad, seguido por el grupo de EP de baja intensidad y terminando con aquellos que recibieron EP simulada en el tendón del epicóndilo. Este orden se respeta también en los otros dos puntos de medición. En aquellos individuos cuyo nivel de actividad física era moderado y bajo, las diferencias en la MCD en el tendón epicóndilo crecieron en el grupo de EP simulada mientras que en el grupo de EP de alta intensidad disminuyeron. En cambio, en aquellos que recibieron EP de baja intensidad, un nivel de actividad física moderado se asoció a los valores más altos, difiriendo con las tendencias de los otros dos grupos.

4.6.3.3. Sumación temporal

En el caso de la ST medida en el epicóndilo, se pudieron observar diferencias estadísticamente significativas en las diferencias inter-grupales entre los dos puntos temporales cuando se incluyó el sexo en el modelo. En este caso, las diferencias se encontraron para la variable grupo ($p - \text{valor} = 0,038$) y no para la variable sexo ni para la interacción. En la **Figura 22** y la **Figura 23** se pueden observar las diferencias entre los grupos según el sexo. En ellas se puede destacar que las diferencias pre-post intervención de la ST en los grupos que recibieron corriente galvánica tuvieron un comportamiento similar, obteniendo las mujeres una mayor disminución de la ST que los hombres. Por el contrario, en el grupo de EP simulada las mujeres percibieron un aumento de la ST que los hombres prácticamente no experimentaron.

Figura 22. Diferencias entre las mediciones previas y posteriores de la ST en el tendón del epicóndilo para cada grupo de intervención según el sexo.

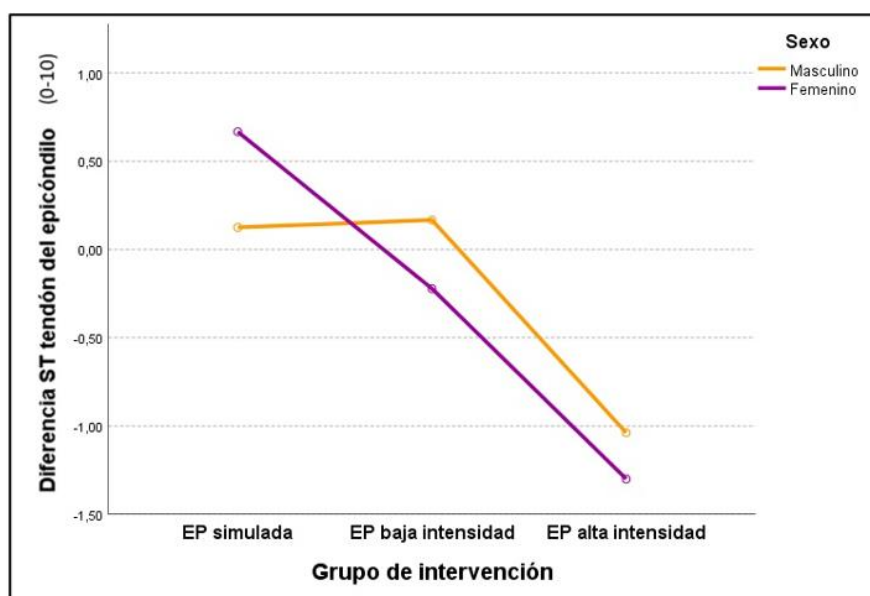
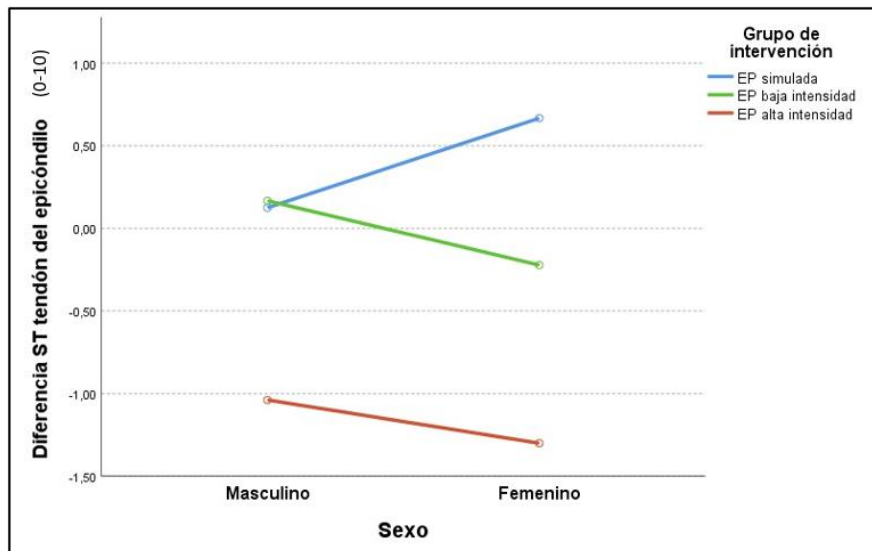


Figura 23. Diferencias entre las mediciones previas y posteriores de la ST en el tendón epicóndilo para cada sexo según el grupo de intervención.



En cuanto a las otras dos localizaciones de medición, no se encontraron influencias significativas en la diferencia en la ST en el tibial anterior, mientras que en la corredera bicipital solo se encontró un efecto estadísticamente significativo en la interacción entre el nivel de actividad física cuantitativo (IPAQ-SF) y el grupo de intervención ($p - \text{valor} = 0,041$).

4.6.3.4. Modulación condicionada del dolor basal

La MCD pre-intervención se incluyó como covariable en el modelo lineal general de la misma manera que las otras variables sociodemográficas. Los mayores efectos se encontraron en los análisis con el UDP en las tres localizaciones. En el caso del UDP en el tendón del epicóndilo, se encontraron diferencias estadísticamente significativas para la variable del grupo de intervención ($p - \text{valor} = 0,036$), para la MCD pre-intervención ($p - \text{valor} < 0,001$) y para la interacción entre ambas ($p - \text{valor} = 0,043$). Lo mismo ocurrió en el análisis con las diferencias en el UDP en la corredera bicipital, con efectos significativos por parte del grupo ($p - \text{valor} = 0,037$), de la MCD pre-intervención ($p - \text{valor} = 0,012$) y de la interacción entre ambos ($p - \text{valor} = 0,041$). En cuanto a la diferencia en las medidas del UDP en el tibial anterior, no se alcanzó la significación para la variable del grupo, pero sí para la MCD pre-intervención del tibial anterior ($p - \text{valor} < 0,001$) y para la interacción Grupo*MCDpre-intervención ($p - \text{valor} = 0,005$).

Realizando el mismo análisis con las diferencias pre y post-intervención de la MCD, se encontraron resultados similares en las tres localizaciones de medición, con efectos altamente significativos para la variable de MCD pre-intervención ($p - \text{valor} < 0,001$) pero no para el grupo

ni para la interacción. En lo relativo a las diferencias en la ST, no se encontraron diferencias significativas para dichos análisis en ninguna de las tres localizaciones.

4.7. ANÁLISIS CON EL DOLOR DURANTE LA INTERVENCIÓN

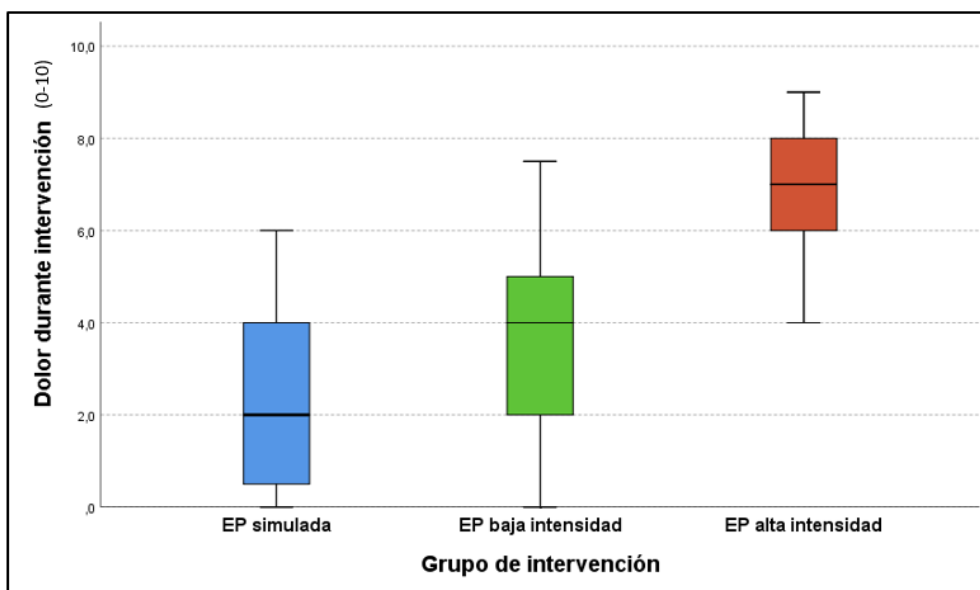
El dolor experimentado durante la intervención fue reportado por los sujetos mediante la Escala Verbal Numérica de 11 puntos (al igual que la ST). Esta variable no se puede considerar de resultado ni tampoco sociodemográfica, por lo tanto, se le ha dedicado un apartado especial en el cual se han analizado las posibles diferencias entre grupos y la influencia que pudieran ejercer sobre las variables de resultado.

4.7.1. Diferencias entre grupos de intervención

Primeramente, resulta de especial interés estudiar si el dolor durante la intervención fue igual en todos los grupos de intervención o varió en función de la intensidad de la corriente aplicada. En el primer grupo, el cual no recibió ningún tipo de corriente, la valoración media del dolor percibido fue de $2,17 \pm 1,89$ puntos. Por su parte, el segundo grupo recibió corriente de baja intensidad durante un tiempo más largo, promediando $3,89 \pm 2,26$ puntos en dichas valoraciones. Por último, el tercer grupo recibió corriente de alta intensidad durante un tiempo más corto y el dolor durante la intervención tuvo un valor medio de $6,86 \pm 1,53$ puntos.

En la Figura 24 se puede observar gráficamente los resultados del análisis de esta variable. Visualmente se puede apreciar que hubo una clara diferencia entre los grupos de intervención, ya que los valores en el grupo que recibe EP de alta intensidad fueron mayores que en los otros dos grupos. También es posible comprobar que el grupo de EP de baja intensidad fue el más disperso con un rango de 7,5 puntos, aunque el 50% central de los datos se encontraron concentrados en 3,4 puntos, un valor menor que en el grupo de EP simulada. El grupo menos disperso fue el grupo de intervención EP de alta intensidad.

Figura 24. Diagrama de cajas para el dolor percibido durante la intervención en función del grupo experimental.



Realizando un análisis de comparación de medias para estudiar si las valoraciones fueron iguales en todos los grupos, es posible comprobar que existen diferencias altamente significativas ($p - valor < 0,001$). Al realizar las comparaciones múltiples es posible afirmar que existieron diferencias altamente significativas entre el grupo de EP de alta intensidad y los dos grupos restantes ($p - valor_{1-3} < 0,001$; $p - valor_{2-3} < 0,001$) y estadísticamente significativas entre los grupos de EP simulada y EP de baja intensidad ($p - valor_{1-2} = 0,029$). En el estudio de la relevancia clínica de dichas diferencias se puede observar que en todos los casos el tamaño del efecto fue alto ($d_{1-2} = 0,83$; $d_{1-3} = 2,73$; $d_{2-3} = 1,54$).

4.7.2. Correlaciones con las variables de resultado

El análisis de las correlaciones entre las variables de resultado y el dolor percibido durante la intervención se llevó a cabo con la misma metodología que con las variables sociodemográficas cuantitativas, es decir, a partir de los coeficientes de correlación de Pearson o Spearman según el cumplimiento o no de los criterios de normalidad por parte de las variables a estudiar.

En la Tabla 24 se muestran los estadísticos de los análisis de correlaciones entre el dolor durante la intervención y las diferencias de las medidas entre los dos puntos de evaluación. En dichas variables, destaca la relación directa del UDP con el dolor durante la intervención en las tres localizaciones de medición, siendo estadísticamente significativa tanto en el tibial anterior como en la corredera bicipital. La otra correlación significativa fue inversa y se estableció con la diferencia en la MCD en el tendón del epicóndilo. Ninguna de las correlaciones con la ST resultó significativa y fueron las más próximas a 0.

Tabla 24. Coeficientes de correlación entre las diferencias en las variables de resultado y el dolor percibido durante la intervención para la muestra completa.

	Diferencias pre-post intervención								
	Tendón del epicóndilo			Tibial anterior			Corredera bicipital		
	UDP	MCD	ST	UDP	MCD	ST	UDP	MCD	ST
Dolor durante intervención	$r = 0,238$	$r = -0,273^*$	$\rho = -0,159$	$r = 0,273^*$	$\rho = -0,266$	$r = -0,053$	$\rho = 0,356^*$	$r = 0,169$	$r = 0,130$

Nota: r , coeficiente de correlación de Pearson; ρ , coeficiente de correlación de Spearman. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$.

Posteriormente, se analizaron para cada uno de los grupos de estudio las correlaciones entre el dolor durante la intervención y las variables de resultado, en concreto, las diferencias entre los dos momentos de medición por ser lo más relevante. La Tabla 25 muestra que el grupo con más correlaciones significativas fue el de EP de baja intensidad, relacionándose de manera directa el dolor durante la intervención con la diferencia en el UDP en los tres puntos de medición y de forma inversa con la diferencia en la MCD en el tendón común del epicóndilo. Por otra parte, en el grupo de EP simulada se correlacionó de manera inversa con la diferencia en la MCD en el tibial anterior y en el grupo de EP de alta intensidad con la diferencia del UDP en el tendón del epicóndilo.

Tabla 25. Coeficientes de correlación para las variables de resultado y el dolor durante la intervención en cada uno de los grupos experimentales.

<i>Dolor durante intervención</i>	Tendón del epicóndilo			Tibial anterior			Corredera bicipital		
	UDP	MCD	ST	UDP	MCD	ST	UDP	MCD	ST
EP simulada	$r = 0,191$	$r = -0,211$	$r = 0,130$	$r = 0,387$	$\rho = -0,583^*$	$r = 0,147$	$r = -0,100$	$\rho = 0,008$	$\rho = 0,115$
EP baja intensidad	$r = 0,630^{**}$	$r = -0,476^*$	$r = 0,054$	$r = 0,600^{**}$	$r = -0,443$	$r = 0,093$	$r = 0,579^*$	$r = -0,042$	$r = 0,151$
EP alta intensidad	$r = -0,556^*$	$r = -0,144$	$\rho = 0,279$	$r = 0,026$	$r = -0,255$	$r = -0,001$	$\rho = -0,146$	$r = -0,224$	$r = 0,465$

Nota: r , coeficiente de correlación de Pearson; ρ , coeficiente de correlación de Spearman. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$.

4.7.3. Estudio de las diferencias entre grupos incluyendo el dolor durante la intervención

La variable de dolor a la intervención se incluyó en el modelo lineal general como covariable en el análisis de las diferencias en las variables de resultado entre los grupos de intervención, de forma análoga a los análisis realizados con las variables sociodemográficas.

El análisis que más diferencias significativas aportó fue el del UDP, encontrándolas en las tres localizaciones de medición. De esta manera, en el tendón del epicóndilo se detectaron efectos altamente significativos para el grupo de intervención ($p - valor = 0,006$) y para la interacción entre este y el dolor durante la intervención ($p - valor = 0,002$). En el caso del tibial anterior, solo alcanzó la significación la influencia ejercida por la variable de dolor durante la intervención ($p - valor = 0,027$). Por último, en las diferencias en el UDP de la corredera bicipital también se encontraron diferencias estadísticamente significativas para el grupo de intervención ($p - valor = 0,044$) y para la interacción Grupo*Dolor ($p - valor = 0,005$).

En lo referente a las diferencias de la MCD, se encontraron diferencias significativas en el tibial anterior para el dolor durante la intervención ($p - valor = 0,008$) pero no para el grupo ni para la interacción. En las otras dos localizaciones no se detectaron efectos significativos, al igual que con todas las variables de diferencia en la ST.

5 – DISCUSIÓN

5. DISCUSIÓN

5.1. MUESTRA

La muestra estuvo compuesta por individuos sanos, ya que se trata del primer estudio sobre electrólisis percutánea en este ámbito y se consideró la importancia de determinar previamente los efectos neurofisiológicos en personas sin alteraciones aparentes de la MED. Tal y como se comentará con posterioridad, a partir de este estudio se abren nuevas líneas de investigación que pueden incluir pacientes con patología. La participación de sujetos sanos se ha utilizado frecuentemente en diferentes estudios con objetivos similares (100,101,109,128–133).

Los criterios de elegibilidad se determinaron en base a otras publicaciones semejantes con el fin de que la MED se viera lo menos afectada posible. Así, se consideraron como individuos sanos aquellos que no presentasen cualquier proceso que provocase dolor ni otras enfermedades neurológicas, cardiovasculares o metabólicas (100,101). Con el mismo objetivo, se excluyeron aquellos participantes que, próximo al momento de la medición, hubiesen realizado actividad física vigorosa, ingerido cafeína o alcohol, o recibido tratamiento farmacológico o fisioterapéutico (99,100,125,134). También fueron descartados aquellos sujetos con alteraciones cutáneas, cognitivas o sensitivas por el posible sesgo en la medición de los test sensoriales cuantitativos del dolor (116,125). Además, la edad fue restringida a un máximo de 40 años debido a que se ha observado un descenso en la MED con el proceso de envejecimiento, de manera que se ha sugerido que los adultos jóvenes presentan una mayor capacidad moduladora del dolor, en concreto en la variable de MCD (89).

El tamaño muestral ($n=54$) también es similar al de otras investigaciones de este campo (98,129,130,135,136). Sin embargo, existe cierta variabilidad en este aspecto, de manera que podemos encontrar estudios con un tamaño de muestra menor (99,101,107,109,131,133,137–140), mientras que otros involucraron a más participantes (100,116,125,134). De forma general, el número de participantes que componen la muestra en este tipo de ensayos suele encajar en un rango que se extiende de 20 a 80 sujetos.

Por otra parte, el proceso de aleatorización asignó a los participantes a cada grupo de manera relativamente homogénea, ya que las comparaciones iniciales entre los grupos de intervención no determinaron ninguna diferencia estadísticamente significativa para las variables de estudio. Esto nos indica que la distribución inicial de las variables posiblemente no haya sido un factor diferencial, lo cual es importante en algunas variables sociodemográficas que pueden influir en la capacidad moduladora del dolor. Por ejemplo, se ha observado que la MED, en concreto la parte relacionada con la MCD, es menor en adultos mayores y en el sexo femenino (84,88),

mientras que parece ser mayor en individuos deportistas o en la fase ovulatoria en el caso de las mujeres (88,141). Sin embargo, se debe tener en cuenta que se ha publicado que existe cierta predisposición genética (ser portador del alelo largo 5-HTTLPR, relacionado con el transporte de la serotonina) para una mayor capacidad moduladora del dolor (88), lo cual no se ha podido monitorizar en este ensayo.

La edad media de los participantes del presente estudio fue joven (22,96 años) debido principalmente al rango limitado por los criterios de elegibilidad y a la captación de sujetos en el ámbito universitario. Este dato es similar a un gran número de estudios del campo de la MED (100,101,128,129,135) y podría favorecer la obtención de resultados debido a la mayor capacidad moduladora de los sujetos jóvenes (84).

Por otro lado, la distribución del sexo favorece ligeramente al masculino (62,96% hombres frente a 37,04% mujeres) pero no lo consideramos como una gran desproporción. Como ya se ha comentado anteriormente, lo relevante en este aspecto es que no hayan existido diferencias significativas en la distribución entre grupos, ya que los hombres presentan una mayor eficacia en la activación de la MED (84) y podría haber sesgado los resultados.

5.2. DISEÑO DEL ESTUDIO

Los grupos de intervención expuestos a comparación estuvieron compuestos por dos intervenciones de EP aplicada a diferente intensidad y tiempo y por una intervención simulada. En el presente estudio no se incluyó un grupo control sin intervención ya que el objetivo principal de la investigación no lo requería. No obstante, futuros proyectos podrían añadir un grupo control con el fin de determinar los efectos del tiempo sobre las variables de estudio.

En este caso, el propósito del estudio era conocer la influencia de la aplicación de la corriente galvánica en la MED y para ello se utilizó como grupo control una intervención simulada sin paso de corriente con el fin de disociar el efecto de la inserción de la aguja y el de la corriente continua. Esto es así porque existen estudios que avalan que la simple colocación de la aguja (sin corriente) dentro de los tejidos es capaz de generar cambios significativos en el sistema nervioso (50,99), aunque es necesaria una mayor investigación en este aspecto. De hecho, García-Bermejo et al. (50) utilizaron un diseño similar comparando los efectos de la punción con y sin corriente galvánica sobre el sistema nervioso autónomo (medido mediante variabilidad de la frecuencia cardíaca) y concluyeron que los efectos de la EP se debían tanto a la inserción de la aguja como a la aplicación de la corriente.

En cuanto a la consideración del grupo de EP simulada como placebo, se debe tener en cuenta que es complicado mantener el enmascaramiento de los participantes por la naturaleza de la intervención. La aplicación de la corriente galvánica a través de la aguja en ocasiones genera molestia o dolor (fundamentalmente cuando se utilizan intensidades altas), de manera que dificulta que los sujetos estén completamente cegados y aumenta la posibilidad de que alguno de ellos adivine el grupo al que había sido asignado. En todo caso, este tipo de intervención simulada se ha incluido anteriormente en otros estudios sobre EP. Un ejemplo de ello es el ensayo anteriormente mencionado en el que García-Bermejo et al. (50) estudiaron las respuestas autónomas tras aplicar EP en el tendón rotuliano. De igual manera, Fernández-Rodríguez et al. (29) utilizaron como grupo control una intervención simulada en su estudio con pacientes con dolor persistente en el talón. La simulación de estos dos ensayos se basaba en la misma intervención que en el grupo de EP a excepción del paso de la corriente a través de la aguja, al igual que lo diseñado en el presente trabajo. En otra ocasión, López-Martos et al. (31) plantearon otro tipo de intervención simulada que consistía en la simple presión con el tubo guía de la aguja sin llegar a insertarla en la piel. Sin embargo, ninguna de estas intervenciones puede cubrir el efecto placebo de forma íntegra y es tan complejo que puede considerarse que solo se ha conseguido realizando las intervenciones con aguja bajo anestesia general, como en el estudio de Mayoral et al. (142).

Además, otros ensayos han empleado como comparación la punción seca (35,36,41,42,120), pero se debe tener en cuenta que, aunque es una técnica de fisioterapia invasiva, no puede ser valorada como una intervención simulada. La explicación se fundamenta en que es un abordaje totalmente distinto, en el que la implantación de la aguja se realizó normalmente en estructuras diferentes (musculatura implicada en la patología) a las del grupo que incluía EP. Asimismo, los efectos provocados por el movimiento repetitivo de entrada y salida rápida de la aguja (como ocurre en la punción seca) posiblemente difieran de los producidos por una aguja que no se manipula una vez está localizada en el tejido diana (como en el caso de la EP).

Otros estudios han comparado la intervención de EP con diferentes abordajes como electroterapia convencional (26), fisioterapia clásica (30) o infiltración con corticoides (40). En varias ocasiones, el tratamiento era idéntico para ambos grupos de comparación con la única diferencia de que uno de ellos incluía la intervención con EP. Estos abordajes se basaban fundamentalmente en ejercicio activo (27,32,44) o incluso añadiendo terapia manual (28). No obstante, también existen estudios que se centran en una serie de casos con solo un grupo experimental (33,34,38,43,143).

En lo que concierne a la elección de los parámetros de aplicación de la EP, cabe decir que las modalidades fueron determinadas en base a la evidencia científica publicada hasta el momento, tanto para la intervención de alta intensidad y tiempos cortos (26,30,44,50,51,143,31–35,38,40,43) como para la de baja intensidad y tiempos más prolongados (27–29,36,120). Se ha sugerido que, en función de los parámetros utilizados, los efectos de la EP pueden ser distintos (11). En todos los estudios citados se utilizó exclusivamente una modalidad de aplicación, de manera que solo un grupo recibía la intervención con EP. A excepción de un estudio piloto realizado por Valera-Calero et al. (144) en pacientes con dolor anterior de rodilla, los dos únicos ensayos que utilizaron dos grupos de EP con distintos parámetros fueron llevados a cabo en roedores por Abat et al. (9) y Margalef et al. (48). Por lo tanto, el hecho de realizar una comparación entre distintas modalidades de EP en sujetos humanos es una característica destacable dentro del presente trabajo.

En este ensayo, los parámetros elegidos fueron compensados mediante la Ley de Faraday ($Q = I \cdot t$) de forma que la carga eléctrica estuviera equilibrada. No obstante, se debe tener en cuenta que la carga eléctrica real que llega a la estructura diana puede no ser igual para todos los sujetos, ya que va a estar relacionada con la bioimpedancia (resistencia al paso de la corriente) del tejido que tiene que atravesar (11).

Si nos centramos en el tiempo de seguimiento, la presente investigación profundiza en los efectos a corto plazo de la EP sobre la MED, ya que consideramos que es el periodo en el que se podrían observar mayores cambios en sujetos sanos. Los ensayos más compatibles con nuestra pregunta de investigación son aquellos que han estudiado la acción de la EP sobre la actividad autonómica (50,51) y cuya evaluación se extiende tanto antes como durante la sesión de tratamiento, por lo que el seguimiento acaba de forma inmediata a la finalización de la aplicación. También cabe destacar el ensayo de De-Miguel-Valtierra et al. (28), en el que observaron cambios en diferentes UDPs pero tras 5 sesiones de tratamiento y con varios meses de seguimiento post-intervención. En lo relativo a las publicaciones que hablan de la acción de otras terapias sobre la MED, numerosas investigaciones utilizan un protocolo similar al utilizado en este trabajo, observando los efectos inmediatos (o pocos minutos después) de una sola sesión de tratamiento (100,101,107,125,128,129,134,135,139). Sin embargo, también existen ensayos en los que la evaluación final se realiza tras varias sesiones de tratamiento, por lo que el tiempo de seguimiento se alarga y se analizan los efectos producidos a medio y largo plazo (99,109,116,131,145).

En lo referente a las variables de resultado, fueron elegidas en base a las publicaciones científicas cuyos objetivos se asemejaban a los de la presente investigación (97,98,100,101,116,125,129,135,139,145). En cambio, ningún estudio sobre EP ha utilizado como variables principales aquellas relacionadas con la valoración de la MED. No obstante, De-Miguel-Valtierra et al. (28) incluyeron como variables secundarias cuatro mediciones bilaterales con UDPs (articulación cigoapofisaria C5-C6, músculo deltoides, segundo metacarpiano y músculo tibial anterior) en su ensayo sobre EP en dolor subacromial, que nos servirán de comparación en los siguientes subapartados. De la misma manera, otros ensayos incluyeron la medición de UDPs aislados que también se tendrán en cuenta, como por ejemplo la medición del UDP en el epicóndilo que realizaron Rodríguez-Huguet et al. (120), el UDP en la inserción del elevador de la escápula en sujetos con latigazo cervical del estudio de García-Naranjo et al. (30) y las tres evaluaciones de UDPs sobre diferentes zonas del músculo supraespinoso incluidas en el ensayo de Rodríguez-Huguet et al. (36). Respecto a la MCD y la ST, se desconoce la existencia de alguna publicación sobre EP que haya utilizado estas variables de estudio.

Las localizaciones de las evaluaciones se determinaron con el propósito de evaluar la sensibilidad al dolor de forma generalizada con el menor número de puntos posibles. De esta manera, se seleccionaron tres puntos: uno en el lugar del tratamiento (tendón común del epicóndilo), otro en una zona inervada cutáneamente por las mismas raíces cervicales (corredera bicipital; ambos puntos están inervados por raíces C5-C6 pero la zona de la corredera recibe ramas del nervio axilar mientras que la zona del epicóndilo toma ramas del nervio radial) (121) y el último a distancia sin estar relacionado con los dos anteriores (músculo tibial anterior). De-Miguel-Valtierra et al. (28) utilizaron localizaciones similares para la valoración de UDPs en su ensayo sobre EP en pacientes con dolor subacromial, aunque en su caso añadieron una medición en la articulación cigoapofisaria correspondiente a su metámera. El resto de publicaciones que incorporaban la EP como intervención utilizaron para la medición del UDP una sola localización relacionada directamente con la zona de tratamiento, ya que su objetivo se centraba en evaluar la sensibilidad al dolor de forma local y no generalizada (30,36,120). Sin embargo, aquellos estudios que se centran en los efectos de otras intervenciones sobre la sensibilidad al dolor de forma generalizada sí integran esta combinación con diferentes mediciones por el cuerpo humano, compaginando valoraciones en el área de tratamiento y a distancia (100,125,130,131,134,135,139,145).

5.3. EFECTOS DE LA ELECTRÓLISIS PERCUTÁNEA SOBRE LA MODULACIÓN ENDÓGENA DEL DOLOR

El propósito del presente trabajo se fundamentaba en observar los efectos de la EP sobre la MED mediante tres variables de resultado: UDP, MCD y ST. No obstante, vale la pena recordar que, cuando se hable de las diferencias entre los dos protocolos de EP y la intervención simulada, a lo que realmente se hace referencia es a la influencia del componente eléctrico (corriente galvánica) de la técnica.

Los principales hallazgos de esta investigación se centran en que la técnica de EP es capaz de generar un incremento del UDP en un punto remoto (corredera bicipital) a la zona de intervención y un descenso de la ST de forma local (tendón del epicóndilo), obteniendo diferencias significativas con una intervención simulada con aguja. Sin embargo, la EP parece no tener efecto en la MCD. Estos resultados se discutirán con mayor exhaustividad a continuación, donde nos centraremos en aquellos contrastes con las variables que reflejan el cambio producido entre las dos evaluaciones, es decir, en las diferencias entre las medidas previas y posteriores al tratamiento.

En lo referente a la primera de las variables de resultado, nuestros resultados no reflejan diferencias significativas entre los grupos de intervención en la diferencia entre la medición del UDP pre y post-intervención en el tendón del epicóndilo ni en el tibial anterior, pero sí en la corredera bicipital. Dichas diferencias se produjeron a favor de los dos grupos que incluían EP en comparación con la inserción de la aguja sin corriente con un tamaño del efecto alto para el grupo de EP de alta intensidad y moderado para el de baja intensidad. Estos hallazgos podrían sugerir un mecanismo analgésico segmentario, ya que se produce un aumento del UDP en una zona proximal al punto de tratamiento correspondiente a la misma metámera (23). Teniendo en cuenta que no se puede conocer con exactitud el mecanismo neurofisiológico implicado, podemos enumerar posibles explicaciones a este fenómeno, tales como: a) inhibición segmentaria (basado en la teoría de la puerta de entrada, donde fibras gruesas que informan sobre tacto, presión y propiocepción inhiben a las fibras nociceptivas Aδ y C) (79); b) activación de vías descendentes (modulación del dolor a nivel de los circuitos subcorticales presentes en el tronco del encéfalo y que proyectan sus conexiones neurales hacia la médula espinal) (68,69); c) mecanismos supraespinales (centros superiores como la corteza cerebral también son capaces de modular el dolor debido a sus conexiones con las vías moduladoras descendentes) (70).

Nuestros datos difieren con los presentados por De-Miguel-Valtierra et al. (28), que es el único estudio sobre EP que incluyó entre sus evaluaciones diferentes mediciones del UDP para valorar la sensibilidad al dolor de forma generalizada. En su caso, obtuvieron un aumento similar de los UDPs en todas las localizaciones de medición (articulación cigoapofisaria C5-C6, músculo deltoides, 2º metacarpiano y músculo tibial anterior), sin diferencias entre el grupo que incluía EP y el que no. Profundizando en las principales desigualdades con nuestro ensayo, podemos encontrar las posibles explicaciones en las discrepancias en el lugar de aplicación (tendón del supraespinoso), en los participantes (pacientes con dolor de hombro) o el número de sesiones (5 sesiones en 5 semanas). Pero ante todo, la principal diferencia es el seguimiento y los momentos de evaluación, ya que De-Miguel-Valtierra et al. (28) observaron la evolución de los UDPs durante 6 meses y la primera evaluación post-intervención no se llevó a cabo hasta una semana después de la finalización del tratamiento, mientras que en nuestro estudio la valoración se realizó dos minutos después de la intervención. Por tanto, el mecanismo analgésico investigado en ambos estudios es muy distinto y la discrepancia en los resultados nos indica que los mecanismos moduladores a corto plazo pueden diferir de los implicados a medio o largo plazo.

Otros estudios sobre EP han evaluado los cambios del UDP en la zona de tratamiento y, por tanto, solo es comparable a nuestra medición en el tendón del epicóndilo, la cual nos aporta información sobre los efectos locales de la técnica. Aunque no se encontraron diferencias entre grupos, cabe destacar que nuestros datos en esta localización indican valores negativos para la media de la diferencia pre y post-intervención en el grupo de EP simulada y valores positivos para las dos modalidades de EP. Además, se observó un tamaño del efecto moderado en los contrastes de los dos grupos de electrólisis con respecto a la intervención simulada. Rodríguez-Huguet et al. (120) también aplicaron EP en el tendón común del epicóndilo sin encontrar diferencias entre grupos, pero en su caso observaron un cambio más notable en el UDP de los dos grupos que incluyeron (EP y punción seca), lo cual puede deberse de nuevo a la participación de pacientes (en vez de sujetos sanos) y a un mayor número de sesiones y seguimiento (4 sesiones en 4 semanas, con un seguimiento de 3 meses). Por su parte, Rodríguez-Huguet et al. (36) y García-Naranjo et al. (30) sí encontraron diferencias significativas en el incremento de los UDPs locales a medio y largo plazo a favor del grupo de EP en sus respectivos ensayos con pacientes con tendinopatía del supraespinoso y latigazo cervical agudo. No obstante, los objetivos de estos estudios distan de los del presente experimento y los puntos temporales de evaluación no son comparables, ya que los efectos en el UDP local no fueron evaluados inmediatamente después de la intervención.

En cuanto al resto de técnicas que utilizan agujas, nuestros resultados van en la línea de los expuestos por Tsai et al. (146), los cuales encontraron un aumento del UDP en el trapecio realizando punción seca en el músculo extensor radial largo del carpo homolateral. Se ha propuesto que la posible vía neural para estos efectos remotos se encuentre a nivel espinal (23). A su vez, Tobbackx et al. (99) observaron cambios en el UDP tanto en el cuello como en la pierna con una sola sesión de acupuntura en pacientes con latigazo cervical, aunque en este caso debemos tener en cuenta que el número de agujas y puntos de aplicación utilizados era mayor. Sin embargo, también existen artículos como el de Leite et al. (116) en el que se expone que 10 sesiones de electro-acupuntura en pacientes con dolor lumbar crónico no modificaron el UDP ni en la zona local de dolor ni a distancia.

En lo referente a la valoración de la MCD, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el tendón común del epicóndilo ni en el músculo tibial anterior, al igual que ocurría con el UDP. Podemos destacar que en ambas localizaciones el grupo de EP de alta intensidad adquirió valores negativos para la media de la diferencia entre las evaluaciones pre y post-intervención, lo cual podría indicar una activación de las vías facilitadoras del dolor (aquellas que amplifican la información nociceptiva), pero los valores fueron lo suficiente bajos como para que no sean clínicamente relevantes. Por otro lado, la significación estadística vuelve a encontrarse en la diferencia pre y post-intervención en la corredera bicipital entre el grupo de EP simulada y los dos grupos de EP de alta y baja intensidad (con tamaños del efecto alto y moderado respectivamente). En este caso, las diferencias se obtuvieron mayoritariamente por el descenso de la MCD post-intervención en el grupo de EP simulada, ya que en los otros dos grupos los cambios entre las dos mediciones fueron prácticamente nulos. Esta disminución de la MCD podría indicar una sensibilización periférica post-punción, pero no se ha encontrado en otros procedimientos que utilicen solo agujas (sin corriente) como la acupuntura (99,147), por lo que sería recomendable realizar más investigaciones que profundicen en este hecho.

Nuestros resultados indican que una sola sesión de EP no tiene efectos inmediatos sobre la MCD en ninguna de las tres localizaciones, a pesar de que existan diferencias con la intervención simulada en la medición de la corredera bicipital. En esta situación otros estudios han sugerido que, si se quiere aplicar este tipo de intervenciones en pacientes con dolor crónico, estas deben ir asociadas a otros tratamientos que aborden la sensibilización central y la MCD (116). Algunos ejemplos de estos abordajes son el ejercicio o la terapia manual (97,148). No obstante, el hecho de que la EP no sea capaz de mejorar la MCD a corto plazo no descarta que su mecanismo de acción esté relacionado con el fenómeno de “dolor inhibe al dolor”, el cual es la base de la MCD y supondría la activación de vías moduladoras descendentes (149,150).

Respecto a la evidencia científica actual, no se conoce por el momento ningún estudio sobre EP que haya incluido la valoración de la MCD entre sus variables de resultado, pero sí se ha investigado este fenómeno con otras técnicas con agujas. Por ejemplo, dos estudios con acupuntura no encontraron cambios en la MCD ni en sujetos sanos ni en pacientes con latigazo cervical (99,147). Lo mismo ocurre en el ensayo de Leite et al. (116) sobre electro-acupuntura en pacientes con dolor lumbar crónico. En cambio, Lv et al. (151) sí demostraron mejoras en la MCD con electro-acupuntura en pacientes con artrosis de rodilla, pero concluyeron que son necesarias al menos 2 semanas (5 sesiones por semana) para que este efecto sea clínicamente relevante. Este estudio nos podría indicar que el número y la periodización de las sesiones es importante en la activación de la MCD. En cuanto a la estimulación eléctrica intramuscular, tres publicaciones encontraron resultados favorables en la MCD en pacientes con síndrome miofascial crónico y artrosis de rodilla (108,136,152). Además, en modelo animal se ha observado la activación de centros supraespinales relacionados con las vías moduladoras descendentes mediante técnicas de acupuntura y electro-acupuntura (112,114). Sin embargo, existe gran heterogeneidad en la evidencia científica actual y la mayoría de revisiones exponen que no está claro que la estimulación de la MCD sea un mecanismo de acción de las técnicas con agujas (23,97,112), lo cual coincide con los resultados expuestos en nuestro trabajo.

Es preciso señalar que la muestra general presentó valores positivos para la MCD pre-intervención en cada una de las tres localizaciones, lo cual también se mantuvo en el análisis por grupos de intervención. Este hecho coincide con lo esperado para sujetos sanos según la literatura científica actual y es la base del fenómeno de MCD, por el cual un estímulo doloroso condicionante es capaz de reducir la intensidad de otro estímulo nocivo (83–85). En el caso de haber incluido sujetos con dolor en nuestro ensayo, este fenómeno de disminución de la sensibilidad al dolor en presencia de otro estímulo nocivo podría no haberse dado o hacerlo en menor medida, ya que las últimas publicaciones advierten que los pacientes con dolor severo y persistente podrían presentar una disfunción en las vías inhibitorias descendentes (65,69,83,84,153). No obstante, existe mucha heterogeneidad en los resultados de las diferentes investigaciones y aún no se ha catalogado un rango de valores como “normal” (85). Tanto es así que el fenómeno de MCD también puede estar ausente en sujetos sanos, tal y como ocurre en varios participantes de esta investigación.

En este punto, cabe mencionar que, a pesar de que los pacientes con dolor suelen presentar una MCD menos eficaz que los sujetos sanos (84), también tienen un mayor rango de mejora porque partirían de una situación desfavorable. En cambio, los sujetos sanos presentarían una mayor eficacia de la MCD, pero la mejora podría alcanzar un efecto “techo”. Además, algunos autores

han sugerido que la disminución de los valores de la MCD puede mejorar espontáneamente tras la resolución del dolor y no relacionarse tanto con los mecanismos analgésicos del tratamiento utilizado (84,154). Por tanto, sería interesante que se realizaran más investigaciones de este tipo incluyendo tanto a pacientes con dolor como a individuos asintomáticos.

En lo que concierne a la ST, hemos encontrado una disminución significativa en la ST del tendón del epicóndilo en el grupo de EP de alta intensidad en comparación con el de EP simulada (tamaño del efecto alto), mientras que en las otras dos localizaciones las pruebas de contraste inter-grupales no han alcanzado la significación. Este hallazgo sugiere que la aplicación de corriente galvánica produce efectos locales sobre la ST, mientras que los valores de esta variable no se ven modificados significativamente a distancia del punto de tratamiento. En este punto cabe destacar que las comparaciones entre grupos demostraron una disminución de la ST en el músculo tibial anterior en los dos grupos que recibieron EP y no en el grupo de EP simulada. Sin embargo, ya se ha comentado que las diferencias inter-grupales no fueron significativas en esta localización, a pesar de detectar un tamaño del efecto bajo en las comparaciones entre los dos grupos de electrólisis y la intervención simulada. Por tanto, no se puede afirmar que la EP tenga efectos en la ST de forma generalizada, aunque consideramos muy recomendable que se continúe investigando sobre este aspecto.

Al igual que ocurría con la MCD, no somos conscientes de ninguna publicación sobre EP que haya incluido la ST entre sus variables de resultado, si bien es cierto que sí se ha hecho en un pequeño número de estudios con otras técnicas con agujas. Los ensayos de Tobbackx et al. (99) y Leite et al. (116) no encontraron efectos sobre la ST con intervenciones de acupuntura y electro-acupuntura en pacientes con latigazo cervical y dolor lumbar crónico, respectivamente. Por otra parte, Zheng et al. (155) concluyeron que la electro-acupuntura produjo una disminución significativa de la ST en sujetos sanos, que se expresó fundamentalmente en el segmento espinal correspondiente con la zona del abordaje y que fue más potente 24 horas después de la intervención. Este estudio también incluyó un grupo con acupuntura que no presento diferencias respecto a una intervención simulada. En este caso, los resultados con electro-acupuntura son más positivos que los nuestros, ya que observaron cambios más allá de la zona de tratamiento, y nos generan la duda de si los efectos hubiesen sido mayores al día siguiente. En definitiva, podemos decir que la evidencia científica actual sobre las técnicas invasivas nos sugiere que la acupuntura no tiene efectos en la ST y en la electro-acupuntura los resultados son contradictorios.

Centrándonos en otro de los objetivos principales de esta investigación, es preciso señalar que las comparaciones entre los dos grupos de EP no encontraron diferencias significativas entre ambas modalidades de aplicación. No obstante, en algunas variables podemos observar cambios en la tendencia de los datos entre ambos grupos. Ejemplo de ello es la MCD tanto en el tendón del epicóndilo como en el músculo tibial anterior, donde podemos observar que el grupo de EP de baja intensidad tiende a obtener valores positivos mientras que el grupo de EP de alta intensidad tiende a adquirir valores negativos. Continuando con la misma línea, el grupo de EP de baja intensidad también saldría beneficiado en la ST en la corredera bicipital, ya que mayoritariamente toma valores negativos mientras que el grupo de EP de alta intensidad presenta una media de valores positivos. En cambio, el grupo de EP de alta intensidad sale favorecido en el análisis de la variable de ST en el tendón del epicóndilo puesto que presenta valores sustancialmente menores que el grupo de EP de baja intensidad y, además, es el único grupo de EP que presenta diferencias significativas en dicha variable cuando se compara con la intervención simulada.

Como ya se ha comentado anteriormente, en las bases de datos científicas más populares solo hemos encontrado una publicación que compare diferentes modalidades de EP en sujetos humanos y se trata del estudio piloto llevado a cabo por Valera-Calero et al. (144) en pacientes con dolor anterior de rodilla. Al igual que en el presente trabajo, realizaron una sola sesión de tratamiento con la misma carga eléctrica para los dos protocolos de EP (0,22 mA durante 30 s y 0,66 mA durante 10 s) aplicados en el músculo recto anterior del cuádriceps. Además, incluyeron un tercer grupo con punción seca, sin encontrar diferencias entre los tres grupos para la sensibilidad al dolor medida mediante UDP en el cuádriceps ni para el dolor percibido de rodilla. Nuestros datos siguen esta tendencia, pero se debe tener en cuenta que la diferencia entre las intensidades de sus protocolos de EP era menor y sus resultados deben ser interpretados con cautela debido al reducido tamaño de muestra.

Por otra parte, existen dos publicaciones en modelo animal que incluyen al menos dos protocolos de esta técnica. En la primera de ellas, Abat et al. (9) estudiaron los mecanismos moleculares de respuesta tisular y compararon dos intensidades distintas con los mismos tiempos de aplicación (3 y 6 mA) en el tendón rotuliano de ratas, entre otros grupos de estudio. Solo encontraron diferencias significativas a favor del grupo de 6 mA en el estudio del citocromo C, pero en el resto de mediadores moleculares la tendencia también favorecía al grupo de mayor intensidad, a pesar de no alcanzar el nivel de significación en la comparación entre grupos de EP. La otra publicación corresponde al estudio que Margalef et al. (48) llevaron a cabo en un modelo de puntos gatillo miofasciales en roedores. En este caso, incluyeron hasta tres

protocolos de EP con distintas intensidades (3, 1,5 y 0,4 mA) y diferencias muy pequeñas en los tiempos de aplicación. Concluyeron que dosis más altas de corriente galvánica eran más efectivas revirtiendo los signos de puntos gatillo, siendo el grupo de 3 mA el que mejores resultados obtuvo en la mayoría de las situaciones estudiadas. A diferencia de nuestro estudio, se debe tener en cuenta que en los dos artículos mencionados la carga eléctrica no estaba equilibrada entre los distintos protocolos, favoreciendo en este aspecto al de más intensidad de corriente. Esta puede ser una de las razones por las cuales en nuestro ensayo no se encuentran tantas diferencias entre grupos de EP y que incluso las tendencias favorezcan al grupo de baja intensidad en alguna de las variables mencionadas anteriormente, al contrario que en los estudios de Abat et al. (9) y Margalef et al. (48). Mientras, la línea de estas dos publicaciones sí se mantiene en la ST en el tendón del epicóndilo, donde el grupo de alta intensidad obtiene mejores resultados, hasta el punto de ser el único que presenta diferencias con la EP simulada. De todos modos, también se debe tener presente que las variables y los objetivos de estudio son muy distintos y que ambos ensayos están realizados en modelo animal.

Por otro lado, otras técnicas invasivas como la electro-acupuntura han comparado los efectos de intensidades altas (> 2 mA) y bajas ($< 0,5$ mA) en la MCD (151), que se aproxima más a los objetivos del presente trabajo. En dicho artículo, se encontraron diferencias significativas en la MCD a las 2 semanas a favor del grupo de alta intensidad respecto al de baja intensidad, por lo que los autores concluyeron que la intensidad era un parámetro importante para conseguir los efectos analgésicos deseados. En esta variable en concreto, nuestros análisis no detectaron diferencias significativas entre las dos modalidades de EP en ninguna de las tres localizaciones, pero cabe destacar que la tendencia para la MCD en el tendón común del epicóndilo y el músculo tibial anterior es la contraria a la del estudio de Lv et al. (151), ya que el grupo de EP de baja intensidad obtuvo valores superiores que el grupo de EP de alta intensidad (que incluso presenta valores negativos).

En otro orden de ideas, nos fijaremos en el análisis de los tamaños del efecto de forma más específica, donde podemos observar que únicamente se han detectado como significativos los tamaños altos y dos de los moderados, posiblemente debido a la alta variabilidad de las variables. Es interesante el hecho de que los tres tamaños de efecto altos se hayan encontrado entre el grupo de EP de alta intensidad y el de EP simulada (UDP y CPM en corredera bicipital y ST en tendón del epicóndilo). Por el contrario, en las dos comparaciones con diferencias significativas entre la EP de baja intensidad y la EP simulada el tamaño del efecto fue moderado. En este aspecto, la desigualdad entre grupos de EP favorece a la modalidad de alta intensidad. Sin embargo, al realizar las comparativas entre las dos modalidades de EP se encontró un

tamaño del efecto moderado en dos comparativas, pero en una de ellas las diferencias beneficiaron al grupo de EP de baja intensidad (ST en la correa bicipital) y en la otra al de EP de alta intensidad (ST en el tendón del epicóndilo). En el resto de comparativas entre ambos, el tamaño del efecto resultó bajo o inexistente, por lo que los resultados no fueron suficientes para concluir que existan diferencias entre las dos modalidades estudiadas.

También cabe mencionar de nuevo el efecto moderado observado en el UDP en el tendón del epicóndilo al comparar ambos grupos de electrólisis con la intervención simulada, donde los sujetos que recibieron EP real tendieron a subir su UDP y los de la EP simulada a bajarlo. En todo caso, el análisis de relevancia clínica más allá de los valores numéricos del tamaño del efecto siempre es complejo debido a la subjetividad del proceso, pero se complica aún más en el presente estudio al tratarse de variables de resultado que no reflejan directamente la mejoría sintomatológica de los pacientes.

A modo de recapitulación, podemos decir que los resultados recogidos en este trabajo sugieren que la corriente galvánica de alta intensidad es capaz de disminuir la ST de forma local y que las dos modalidades de EP utilizadas aumentan el UDP en una zona remota al punto de tratamiento, pero correspondiente al mismo nivel medular. También existe una tendencia (no estadísticamente significativa) de dicha técnica a aumentar el UDP en la zona de abordaje y a disminuir la ST a distancia en una zona no relacionada con el punto de intervención. Todos estos contrastes se realizaron en comparación a una intervención simulada con aguja. Por el contrario, no se han encontrado cambios en la MCD con la aplicación de corriente galvánica. En base a nuestros resultados, podemos afirmar que la EP tiene efectos sobre la MED y, aunque las vías neurales implicadas no estén completamente claras, parecer más factible que el mecanismo de analgesia sea espinal, tal y como ya ha sido propuesto con la punción seca por ejemplo (23). Sin embargo, la falta de homogeneidad en los resultados nos advierte de la necesidad de continuar con esta línea de investigación, tanto en sujetos sanos como en pacientes con dolor. Por último, cabe destacar que esta reflexión final guarda relación con las últimas revisiones publicadas sobre los efectos neurofisiológicos de las técnicas invasivas, las cuales refieren que los estudios en modelo animal y un número importante de publicaciones en humanos sugieren la activación de la MED, pero acaban concluyendo que los mecanismos analgésicos subyacentes aún no pueden ser comprendidos a través de la literatura científica actual (23,24,112–114,156).

5.4. INFLUENCIA DE LAS VARIABLES SOCIODEMOGRÁFICAS EN LOS RESULTADOS

Tras realizar el análisis principal y clásico con las variables de resultado, se llevó a cabo un análisis secundario con el fin de observar la posible influencia de las variables sociodemográficas sobre

los resultados expuestos. Mayoritariamente se destacaron los análisis realizados en las variables que expresaban el cambio producido con la intervención, es decir, las extraídas de las diferencias entre ambos puntos temporales de medición (pre y post-intervención). Se materializaron a través de pruebas de contraste de hipótesis, test de correlación y la inclusión de las variables sociodemográficas en el modelo lineal general. La discusión de los resultados se ve limitada por la falta de publicaciones científicas de la técnica de EP y otros abordajes invasivos sobre este tema.

En primer lugar, cabe señalar que no se encontraron diferencias significativas de manera habitual en los análisis univariantes entre las variables sociodemográficas cualitativas y las de resultado. Podríamos destacar las diferencias estadísticamente significativas halladas en función del consumo de tabaco, tanto en la diferencia en el UDP del tibial anterior de toda la muestra como en la diferencia del UDP medida en el tendón del epicóndilo del grupo de EP de baja intensidad. En ambos casos resultaron favorecidos los sujetos fumadores, pero consideramos que este grupo era demasiado minoritario (8 fumadores en la muestra total) como para hacer deducciones y que sus resultados tan positivos pueden ser debido a un pequeño número de “buenos respondedores” que coincidieron en el lado de los individuos fumadores.

En lo referente a las correlaciones entre las variables de resultado y las sociodemográficas cuantitativas, en la muestra general se encontraron correlaciones estadísticamente significativas para la edad y el IMC en las diferencias del UDP en el tendón del epicóndilo y el músculo tibial anterior, respectivamente. Esto podría indicar que los individuos con mayor edad e IMC se asocian a una mayor capacidad de aumento del UDP tras cualquiera de las tres intervenciones aplicadas, tanto de manera local como a distancia. Sin embargo, los valores para ambas variables sociodemográficas se encuentran concentrados en torno a un rango de edad joven y con IMC normal, lo cual dificulta la extracción de conclusiones. Cuando se ha sugerido que, en otras variables como la MCD, se obtienen mejores valores en población joven y con alto nivel de actividad física (84,88), se han utilizado muestras con criterios de elegibilidad más amplios y, por tanto, sus resultados no pueden compararse con los expuestos en este trabajo.

Realizando este mismo análisis de correlación para en cada uno de los grupos de estudio, podemos señalar que el grupo con mayores correlaciones significativas fue el de EP simulada. Debido a que fue el único grupo en el que se observó una disminución de la MCD en la corredera bicipital en anteriores análisis, es posible destacar la relación inversa de esta variable con la edad, el peso y la estatura. También se establecieron correlaciones significativas inversas en el grupo de EP de alta intensidad entre la diferencia del UDP en la corredera bicipital y la estatura

y entre la diferencia de la ST en el tibial anterior y el IMC. En este caso, podríamos hipotetizar que tener un IMC más alto podría asociarse con una mayor disminución de la ST en el tibial anterior observada en este grupo, pero a su vez, una menor estatura se relacionaría con un mayor UDP en la corredera. Por tanto, consideramos los resultados un tanto contradictorios e insuficientes para sacar conclusiones sobre la influencia de dichas variables en la MED activada por la EP. Además, al incluirlas como covariables en el modelo lineal general para observar si seguían influyendo en las diferencias entre grupos, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas para ninguna de ellas, por lo que estos resultados perderían relevancia.

Continuando en esta línea, al incluir las variables sociodemográficas en el modelo lineal general para controlar su influencia sobre las diferencias entre los grupos, en la mayoría de las ocasiones no se hallaron diferencias estadísticamente significativas y algunas de las que se encontraron no coincidieron con las pruebas de contraste y correlaciones significativas realizadas previamente. Entre aquellas que se correspondían con los análisis previos, podemos destacar los efectos significativos de las variables edad y estatura (por separado) sobre las diferencias del UDP en el epicóndilo. Lo mismo se pudo detectar con la variable de consumo de tabaco en las diferencias del UDP en el tibial anterior. Estos resultados nos indican que dichas variables sociodemográficas crean influencia en las variables de resultado expuestas, pero deben ser tomados con cautela debido a las mismas limitaciones que se han presentado en las correlaciones. Por un parte, la edad se movió en un rango muy pequeño debido a los criterios de elección, y por otra, el número de fumadores era demasiado escaso como para generar una comparación fiable con los no fumadores (de hecho, en el grupo con mejores resultados – EP de baja intensidad – solo hubo dos sujetos fumadores). Además, en ninguno de los dos casos se observaron diferencias significativas para la variable grupo ni para la interacción. En cuanto a la variable estatura, no podemos aportar una explicación a su posible influencia, pero en la práctica clínica no parece ser un factor a tener en cuenta para aplicar la técnica de EP.

Otras situaciones que merece la pena comentar, son aquellas en las que no se observó una dependencia o correlación entre variables sociodemográficas y de resultado, pero sí se observaron diferencias significativas al incluirlas como covariables, aunque se debe tener en cuenta que estos resultados nunca pueden ser del todo concluyentes. Un ejemplo es el efecto significativo del sexo en la diferencia en la ST del tendón del epicóndilo, donde las mujeres obtuvieron una mayor disminución de esta variable tras la intervención con ambos protocolos de EP. Este hecho difiere de los resultados de otras publicaciones que exponen que los hombres tienen una mayor capacidad moduladora del dolor (medida a través de otra variable, la MCD)

(84,88), lo cual sí se observa en el grupo de EP simulada. Finalmente, para la MCD no se encontraron diferencias significativas en ninguna de las localizaciones, pero destacó el análisis con el nivel de actividad física, donde, por ejemplo, un alto nivel se relacionó con mayores cambios positivos en la MCD en cualquiera de las tres localizaciones para el grupo de EP de alta intensidad. Este hallazgo podría incentivar nuevas investigaciones que estudien si estos individuos con alto nivel de actividad física presentan una mejor respuesta a este tipo de EP.

Analizando de forma específica la variable de dolor percibido durante la intervención, se establecieron correlaciones significativas directas con la diferencia en el UDP del tibial anterior y de la corredera bicipital, sugiriendo que un mayor dolor experimentado durante la técnica se relaciona con un mayor incremento del UDP en esos dos puntos. Este hecho podría encajar con el fenómeno de “dolor inhibe al dolor”, por el cual se propone que un estímulo doloroso puede desencadenar mecanismos relacionados con la MED como la activación de vías descendentes (149,150). Por el contrario, también se encontró una correlación significativa con la MCD en el tendón del epicóndilo, pero en este caso se estableció de manera inversa.

Analizando la situación entre los grupos experimentales, se encontraron diferencias significativas en la molestia percibida durante la intervención, de manera que los individuos que recibieron la EP de alta intensidad notificaron un mayor dolor, seguidos por el grupo de EP de baja intensidad y, por último, de la EP simulada. Por tanto, parece que el dolor percibido aumenta con la intensidad de la corriente galvánica aplicada. En el análisis de las correlaciones anteriores para cada uno de los grupos de estudio, es interesante destacar las correlaciones significativas directas que se establecieron en el grupo de EP de baja intensidad entre el dolor durante la intervención y las diferencias en el UDP en cualquiera de las tres localizaciones. Este hecho nos muestra que la mayoría de los individuos que experimentaron un dolor más alto al recibir este protocolo de EP consiguieron un mayor aumento en el UDP en los tres puntos de medición. De nuevo, el fenómeno subyacente puede ser la activación de las vías descendentes a través de un estímulo doloroso (100,149,150). Además, cabe señalar que esta relación no se estableció en el grupo de EP de alta intensidad, donde incluso el dolor durante la intervención se relacionó de forma significativa e inversa con la diferencia en el UDP en el epicóndilo. En este sentido, debemos mencionar el estudio de García-Muntión et al. (100), en el que encontraron mayores efectos hipoalgésicos en sujetos sanos con la aplicación de ondas de choque generando un dolor moderado en comparación con la provocación de un dolor leve o con un test de inmersión en agua fría. Por tanto, podría ser relevante investigar más profundamente el efecto del dolor percibido sobre los incrementos del UDP y observar si estos efectos hipoalgésicos se

traducen en mejores resultados clínicos en pacientes, de manera que reproducir la molestia del paciente durante el abordaje pueda ser un detalle trascendental en la técnica.

Asimismo, cuando el dolor durante la intervención se incluyó como covariable en el análisis de las diferencias de UDP entre grupos, se observaron efectos estadísticamente significativos para la variable de grupo de intervención y la interacción en el tendón del epicóndilo y la corredera bicipital, mientras que en el tibial anterior solo se observaron diferencias significativas para la variable de dolor. En este caso, podemos destacar lo ocurrido con el UDP en el tendón del epicóndilo, donde se expresó un efecto altamente significativo del grupo controlando la variable de dolor durante la intervención, que no se había detectado en los análisis clásicos. Por tanto, la molestia percibida con la técnica vuelve a parecer un factor a tener en cuenta en la aplicación de EP para generar un cambio en el UDP.

Mención aparte merece el análisis de correlación realizado con la variable de MCD pre-intervención en cada localización de medición y sus correspondientes variables de resultado. En la muestra completa se encontraron relaciones directas con la diferencia en el UDP e inversas con la diferencia en la MCD en los tres puntos de medición, resultando altamente significativas en la mayoría de los casos. En cambio, no se detectaron correlaciones significativas para la diferencia en la ST en ninguna de las localizaciones. Realizando el mismo análisis por grupos de intervención, se pudo observar que en los grupos de EP simulada y EP de alta intensidad no se mantuvo esta tendencia y las correlaciones significativas disminuyeron. Sin embargo, en el grupo de EP de baja intensidad todas las correlaciones directas con la diferencia en el UDP e inversas con la diferencia en la MCD resultaron altamente significativas.

Analizando la situación en profundidad, podríamos decir que en estos individuos tener una MCD basal mayor se asocia con una menor diferencia en la MCD, pero se debe tener en cuenta que la MCD basal forma parte de la fórmula para calcular el cambio en la MCD ($MCD_{post-intervención} - MCD_{pre-intervención}$) y es lógico pensar que, cuando la medida pre-intervención aumenta, la diferencia disminuye. Con el UDP ocurre algo similar porque la MCD pre-intervención se extrae mediante medición de UDPs pero la relación matemática no es tan directa y puede ser por esta razón por la que se aprecian diferentes tendencias entre los grupos. Aunque ya se han explicado las limitaciones, la relación directa entre la MCD basal y el cambio positivo en el UDP podrían incentivar una nueva línea de investigación en la que se examine si la MCD puede convertirse en un factor predictivo de la analgesia producida por la EP (en nuestro caso, con el protocolo de baja intensidad y tiempos largos) e incluso pronosticar el éxito clínico de la terapia. Actualmente, existen varias publicaciones que hablan del valor predictivo de la MCD

(84,85,92,157), con ensayos clínicos en los que se ha sugerido que valores más bajos en esta variable se asocian a mayor dolor después de una cirugía (158) o que la medición de la MCD podría ayudar a la correcta elección de los fármacos analgésicos inhibidores de la recaptación de serotonina-noradrenalina utilizados en dolor neuropático, ya que algunos de ellos como la duloxetina presentan una mayor eficacia en individuos con MCD poco eficiente (94).

Además, se estudió si dichas influencias se mantuvieron en el análisis de las diferencias entre grupos, donde se corroboró la influencia estadísticamente significativa de la MCD pre-intervención en la MCD de las tres localizaciones (pero no del grupo ni de la interacción), junto al efecto significativo del grupo, de la MCD basal y de la interacción entre ambas en el UDP en el tendón del epicóndilo y la corredera bicipital, y de la MCD basal y la interacción en el UDP del tibial anterior. Al igual que con el dolor durante la intervención, es interesante el hecho de que en el UDP en la zona de tratamiento (tendón del epicóndilo) no se alcancen diferencias entre grupos hasta que no se elimina el efecto de la MCD pre-intervención, lo cual nos vuelve a sugerir la importancia de esta variable sobre los efectos de la EP en la MED. Sin embargo, las diferencias entre grupos encontradas en la MCD de la corredera y en la ST del epicóndilo no se mantienen cuando se controla el efecto tanto del dolor en la intervención como de la MCD basal, lo cual sí ocurre con las diferencias en el UDP de la corredera bicipital. Por tanto, ambas variables parecen tener una influencia notable en las variables de resultado y deberían tenerse en cuenta en futuros ensayos con la técnica EP.

En resumen, podemos decir que los análisis con las variables sociodemográficas más tradicionales prácticamente no detectaron diferencias estadísticamente significativas y, en los casos en los que se hallaron, las características de la muestra impiden la extrapolación de los resultados. Sin embargo, existen resultados prometedores con las variables de dolor durante la intervención y la MCD basal, donde se ha observado cierta influencia en los cambios generados en el UDP fundamentalmente. Con el diseño metodológico utilizado no se pueden extraer más conclusiones, pero se abren nuevas perspectivas de investigación en las que se podría estudiar, por ejemplo, si generar dolor en la aplicación de la técnica o presentar una mayor MCD pre-intervención podrían relacionarse con mejores resultados en la MED o incluso en variables clínicas como el dolor al movimiento o la funcionalidad.

5.5. LIMITACIONES

Este estudio presenta una serie de limitaciones que deben tenerse en cuenta en la interpretación de los resultados y el diseño de investigaciones futuras.

En primer lugar, los participantes eran sujetos sanos y jóvenes, lo que dificulta la extrapolación de los resultados a los pacientes que vemos en nuestra actividad clínica diaria. Además, los participantes se reclutaron mediante correo electrónico y manifestaron de forma voluntaria su deseo de participar, de forma que esa voluntariedad siempre indica una posibilidad de sesgo, al contrario de otros estudios que obtienen la muestra de listados censales.

Se debe tener en consideración también el hecho de que el enmascaramiento de los grupos en fisioterapia invasiva no es total debido a las características de las intervenciones. Asimismo, añadir un grupo que no recibiera ningún tipo de intervención hubiera aportado información adicional sobre la evolución natural de las variables en el tiempo.

Otra limitación es el corto tiempo de seguimiento, que nos ayuda a conocer mejor los mecanismos de acción inmediatos de la técnica de EP pero no nos aporta información sobre el comportamiento de las variables más allá del momento próximo a la finalización de la intervención. La falta de recursos económicos y personales complicó la extensión de este tiempo de seguimiento mediante evaluaciones a medio y largo plazo.

Además, aunque las pruebas sensoriales del dolor contribuyen al conocimiento sobre los efectos neurofisiológicos de nuestras técnicas, es preciso señalar que no son capaces de discernir el mecanismo específico implicado en la analgesia. En este tipo de estudios con humanos, un mismo signo clínico puede estar causado por varios mecanismos, pudiendo coexistir mecanismos periféricos, espinales y supraespinales. De la misma manera, un conjunto de signos puede estar provocado por un único mecanismo. También en relación a estas pruebas hay que destacar que los recursos materiales disponibles solo permitieron utilizar estímulos de presión, pero sería interesante añadir otro tipo de estímulos (calor, frío o eléctrico) para conseguir una información más generalizada acerca del procesamiento del dolor.

Por último, la discusión de los resultados es compleja debido a la escasez de estudios sobre este tema con la EP como intervención. Por tanto, son necesarias nuevas investigaciones sobre los mecanismos analgésicos de esta técnica con el fin de recopilar una evidencia científica más robusta sobre el tema.

5.6. RELEVANCIA Y CONTRIBUCIÓN EN LA FISIOTERAPIA

La falta de evidencia sobre los mecanismos implicados en la reducción del dolor tras la aplicación de la electrólisis percutánea justificaba el desarrollo de este trabajo. De hecho, este estudio es el primer ensayo clínico aleatorizado en valorar la influencia de la EP en la MED. Por tanto, esta

investigación contribuirá al conocimiento de los efectos neurofisiológicos de esta técnica y, en general, de todas aquellas que utilicen la aplicación percutánea mediante agujas.

A pesar de que los resultados no son del todo concluyentes, este estudio ha encontrado evidencias de que parte de los mecanismos analgésicos de la EP podrían estar mediados por la MED. En consecuencia, el presente trabajo justifica la continuación con esta línea de investigación con el fin de esclarecer los fenómenos neurofisiológicos implicados. A partir de este momento, se podrían comenzar a tener en cuenta los cambios producidos por la EP sobre la sensibilidad al dolor dentro del marco del nuevo paradigma de neurociencia sobre los efectos neurofisiológicos de las técnicas invasivas.

Además, es de las primeras investigaciones realizadas en sujetos humanos que lleva a cabo una comparación entre dos protocolos de EP con distinta intensidad y tiempo de aplicación. En este caso, no se encontraron diferencias entre ambos grupos en las comparaciones estadísticas directas, pero en ocasiones, se pueden percibir tamaños del efecto moderados en las diferencias entre ambos protocolos o desigualdades en las tendencias que adoptan las variables (unas veces a favor de la EP de alta intensidad y otras en beneficio de la modalidad de baja intensidad). En consecuencia, sería muy interesante que otros estudios continuasen con esta vía de investigación e incluyesen al menos dos grupos diferentes de EP, con el fin de obtener más información sobre los efectos obtenidos con distintos parámetros y estandarizar protocolos de aplicación de EP.

Asimismo, este trabajo estimula nuevas líneas de investigación que involucren sujetos con dolor con el propósito de examinar posibles diferencias con los resultados obtenidos por sujetos sanos. También sería provechoso añadir más localizaciones de medición para ampliar la monitorización sobre nuestro sistema nervioso, extender el tiempo de seguimiento para observar la duración de los resultados o incluir un grupo control que supervise la evolución natural de las variables.

Finalmente, sería interesante observar las diferencias en los resultados, tanto en la MED como en variables que midan dolor y funcionalidad, de los sujetos con una mejor modulación condicionada del dolor basal con el fin de detectar posibles individuos que tengan una mayor respuesta positiva a la técnica de EP. De esta manera, se podría estimular la búsqueda de factores predictores de éxito terapéutico con la aplicación de abordajes invasivos. Con relación a este aspecto, también se podrían llevar a cabo ensayos clínicos en los que se investigue de forma más profunda la asociación entre el grado de dolor percibido durante la intervención y los resultados obtenidos.

6 – CONCLUSIONES

6. CONCLUSIONES

1. Los dos protocolos que aplicaron la técnica de electrólisis percutánea (baja y alta intensidad) en el tendón extensor común del epicóndilo generaron un aumento del umbral de dolor a la presión en la corredera bicipital en comparación con la intervención simulada. Por tanto, la corriente galvánica podría producir una hipoalgesia en una zona correspondiente a la misma metámera que el punto de aplicación de la técnica, sugiriendo un posible mecanismo analgésico segmentario.
2. Los dos protocolos que aplicaron la técnica de electrólisis percutánea (baja y alta intensidad) en el tendón extensor común del epicóndilo no tuvieron efectos inmediatos sobre la modulación condicionada del dolor en ninguna de las localizaciones de medición.
3. Los dos protocolos que aplicaron la técnica de electrólisis percutánea (baja y alta intensidad) en el tendón extensor común del epicóndilo provocaron una disminución de la sumación temporal a estímulos mecánicos en el músculo tibial anterior. Sin embargo, ambos protocolos no obtuvieron diferencias con la intervención simulada en esta variable. En consecuencia, no podemos afirmar que la corriente galvánica genere efectos a distancia del punto de aplicación, pero nuestros hallazgos justificarían futuras investigaciones sobre este campo.
4. El protocolo de electrólisis percutánea que incluía corriente galvánica a alta intensidad y tiempos cortos provocó una disminución de la sumación temporal a estímulos mecánicos en el tendón extensor común del epicóndilo en comparación con la intervención simulada. Por consiguiente, esta modalidad de aplicación parece generar efectos locales positivos sobre esta variable en el punto de intervención, lo cual tiene una gran relevancia clínica en la metodología de aplicación de esta técnica de fisioterapia invasiva.
5. En la comparación directa entre los dos protocolos que aplicaron electrólisis percutánea (baja y alta intensidad), no se observaron diferencias para ninguna de las variables de resultado, por lo que no se puede afirmar que los efectos de la electrólisis percutánea sobre la modulación endógena del dolor sean distintos en función de los parámetros de la corriente galvánica. Por tanto, la implicación clínica que podemos extraer sería que los efectos analgésicos inmediatos no parecen depender de la elección de los parámetros de aplicación de la corriente galvánica.
6. No se puede declarar que las variables sociodemográficas tradicionales influyeran de manera notable a los cambios en las variables de resultado debido esencialmente a la

escasez de diferencias estadísticamente significativas en los análisis realizados y a la dificultad en la extrapolación de los resultados por las características de la muestra.

7. La modulación condicionada del dolor basal y el dolor percibido durante la intervención pueden ser dos variables a tener en cuenta en los efectos de la electrólisis percutánea sobre la modulación endógena del dolor, especialmente en los individuos que recibieron el protocolo de baja intensidad y tiempos largos, donde los resultados en el umbral de dolor a la presión se relacionaron de manera directa con ambas variables. No obstante, el análisis de estas variables no era el objetivo principal de este estudio y con el diseño utilizado no es posible extraer más conclusiones, pero a su vez, puede ser la base para nuevas líneas de investigación.
8. En definitiva, la aplicación de corriente galvánica a través de la aguja genera una mayor activación de los fenómenos relacionados con la modulación endógena del dolor en comparación con la inserción de la aguja sin corriente. En este trabajo se han sugerido mecanismos como la inhibición segmentaria o la activación de vías moduladoras descendentes tras un estímulo doloroso, pero una de las limitaciones de este estudio es que las pruebas sensoriales del dolor no permiten conocer con exactitud el mecanismo analgésico implicado. Aun así, este es el primer estudio sobre electrólisis percutánea en el campo de la modulación del dolor y contribuirá al conocimiento de los efectos fisiológicos de las técnicas invasivas y, por consiguiente, tendrá repercusión en la aplicación clínica de dichos tratamientos por parte de los fisioterapeutas.

7 – APÉNDICE

7. APÉNDICE

7.1. APÉNDICE I. TABLAS DE CORRELACIÓN.

Apéndice I. Tabla 1. *Coeficientes de correlación entre las diferencias del UDP y las variables sociodemográficas cuantitativas para la muestra completa.*

	Peso	Estatura	IMC	Edad	IPAQ-SF
Diferencia UDP tendón epicóndilo	$r = 0,229$	$r = 0,222$	$r = 0,162$	$r = \mathbf{0,270^*}$	$\rho = 0,094$
Diferencia UDP tibial anterior	$r = 0,160$	$r = -0,046$	$r = \mathbf{0,315^*}$	$r = 0,205$	$\rho = 0,003$
Diferencia UDP corredera bicipital	$\rho = 0,04$	$\rho = -0,043$	$\rho = 0,143$	$\rho = 0,155$	$\rho = -0,037$

Nota: IMC, Índice de Masa Corporal; IPAQ-SF, nivel de actividad física medido a través del *International Physical Activity Questionnaire – Short Form*; r , coeficiente de correlación de Pearson; ρ , coeficiente de correlación de Spearman. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$.

Apéndice I. Tabla 2. *Coeficientes de correlación entre las diferencias de la MCD y las variables sociodemográficas cuantitativas para la muestra completa.*

	Peso	Estatura	IMC	Edad	IPAQ-SF
Diferencia MCD tendón epicóndilo	$r = -0,158$	$r = -0,193$	$r = -0,052$	$r = -0,061$	$\rho = -0,094$
Diferencia MCD tibial anterior	$\rho = -0,027$	$\rho = -0,047$	$\rho = -0,007$	$\rho = -0,063$	$\rho = -0,147$
Diferencia MCD corredera bicipital	$r = -0,051$	$r = 0,003$	$r = -0,083$	$r = -0,191$	$\rho = -0,019$

Nota: IMC, Índice de Masa Corporal; IPAQ-SF, nivel de actividad física medido a través del *International Physical Activity Questionnaire – Short Form*; r , coeficiente de correlación de Pearson; ρ , coeficiente de correlación de Spearman. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$.

Apéndice I. Tabla 3. Coeficientes de correlación entre las diferencias de la ST y las variables sociodemográficas cuantitativas para la muestra completa.

	Peso	Estatura	IMC	Edad	IPAQ-SF
Diferencia ST tendón epicóndilo	$\rho = 0,054$	$\rho = 0,187$	$\rho = -0,107$	$\rho = 0,010$	$\rho = 0,125$
Diferencia ST tibial anterior	$r = 0,014$	$r = 0,041$	$r = -0,013$	$r = 0,057$	$\rho = 0,057$
Diferencia ST corredera bicipital	$r = -0,100$	$r = -0,138$	$r = -0,047$	$r = 0,026$	$\rho = -0,051$

Nota: IMC, Índice de Masa Corporal; IPAQ-SF, nivel de actividad física medido a través del *International Physical Activity Questionnaire – Short Form*; r , coeficiente de correlación de Pearson; ρ , coeficiente de correlación de Spearman. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$.

Apéndice I. Tabla 4. Coeficientes de correlación entre las diferencias en las variables de resultado y las variables sociodemográficas cuantitativas para el grupo de EP simulada.

Grupo EP simulada	Peso	Estatura	IMC	Edad	IPAQ-SF
Diferencia UDP tendón epicóndilo	$r = 0,519^*$	$r = 0,710^{**}$	$r = -0,264$	$r = 0,569^*$	$\rho = 0,360$
Diferencia UDP tibial anterior	$r = 0,690^{**}$	$r = 0,468$	$r = 0,596^{**}$	$r = 0,325$	$\rho = 0,127$
Diferencia UDP corredera bicipital	$r = 0,207$	$r = 0,389$	$r = 0,038$	$r = 0,335$	$\rho = 0,022$
Diferencia MCD tendón epicóndilo	$r = -0,157$	$r = -0,347$	$r = 0,007$	$r = -0,369$	$\rho = -0,345$
Diferencia MCD tibial anterior	$\rho = -0,111$	$\rho = -0,262$	$\rho = -0,044$	$\rho = 0,061$	$\rho = -0,280$
Diferencia MCD corredera bicipital	$\rho = -0,517^*$	$\rho = -0,472^*$	$\rho = -0,386$	$\rho = -0,654^{**}$	$\rho = -0,172$
Diferencia ST tendón epicóndilo	$r = -0,211$	$r = 0,337$	$r = -0,455$	$r = -0,305$	$\rho = 0,343$
Diferencia ST tibial anterior	$r = 0,176$	$r = 0,160$	$r = 0,133$	$r \approx 0$	$\rho = 0,024$
Diferencia ST corredera bicipital	$r = 0,299$	$r = 0,155$	$r = 0,271$	$r = -0,282$	$\rho = 0,294$

Nota: IMC, Índice de Masa Corporal; IPAQ-SF, nivel de actividad física medido a través del *International Physical Activity Questionnaire – Short Form*; r , coeficiente de correlación de Pearson; ρ , coeficiente de correlación de Spearman. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$.

Apéndice I. Tabla 5. *Coeficientes de correlación entre las diferencias en las variables de resultado y las variables sociodemográficas cuantitativas para el grupo de EP de baja intensidad.*

<i>Grupo EP baja intensidad</i>	Peso	Estatura	IMC	Edad	IPAQ-SF
Diferencia UDP tendón epicóndilo	$r = 0,219$	$r = 0,162$	$r = 0,235$	$\rho = 0,179$	$\rho = - 0,032$
Diferencia UDP tibial anterior	$r = - 0,033$	$r = - 0,175$	$r = 0,165$	$\rho = 0,358$	$\rho = - 0,102$
Diferencia UDP corredera bicipital	$r = - 0,183$	$r = - 0,174$	$r = - 0,174$	$\rho = 0,347$	$\rho = - 0,136$
Diferencia MCD tendón epicóndilo	$r = - 0,140$	$r = - 0,151$	$r = - 0,063$	$\rho = 0,098$	$\rho = 0,249$
Diferencia MCD tibial anterior	$r = - 0,046$	$r = 0,032$	$r = - 0,140$	$\rho = 0,158$	$\rho = - 0,249$
Diferencia MCD corredera bicipital	$r = 0,279$	$r = 0,320$	$r = 0,203$	$\rho = - 0,078$	$\rho = - 0,137$
Diferencia ST tendón epicóndilo	$r = 0,165$	$r = 0,124$	$r = 0,162$	$\rho = - 0,031$	$\rho = - 0,055$
Diferencia ST tibial anterior	$r = 0,098$	$r = 0,052$	$r = 0,137$	$\rho = 0,104$	$\rho = - 0,170$
Diferencia ST corredera bicipital	$r = - 0,248$	$r = - 0,267$	$r = - 0,240$	$\rho = 0,052$	$\rho = 0,009$

Nota: IMC, Índice de Masa Corporal; IPAQ-SF, nivel de actividad física medido a través del *International Physical Activity Questionnaire – Short Form*; r , coeficiente de correlación de Pearson; ρ , coeficiente de correlación de Spearman. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$.

Apéndice I. Tabla 6. *Coeficientes de correlación entre las diferencias en las variables de resultado y las variables sociodemográficas cuantitativas para el grupo de EP de alta intensidad.*

<i>Grupo EP alta intensidad</i>	Peso	Estatura	IMC	Edad	IPAQ-SF
Diferencia UDP tendón epicóndilo	$r = -0,009$	$r = 0,030$	$r = -0,041$	$\rho = 0,297$	$\rho = -0,032$
Diferencia UDP tibial anterior	$r = -0,131$	$r = -0,210$	$r = 0,105$	$\rho = 0,056$	$\rho = -0,102$
Diferencia UDP corredera bicipital	$\rho = -0,236$	$\rho = -0,476^*$	$\rho = 0,099$	$\rho = -0,111$	$\rho = -0,136$
Diferencia MCD tendón epicóndilo	$r = -0,188$	$r = -0,076$	$r = -0,269$	$\rho = -0,195$	$\rho = 0,249$
Diferencia MCD tibial anterior	$r = -0,073$	$r = -0,039$	$r = -0,113$	$\rho = -0,463$	$\rho = -0,249$
Diferencia MCD corredera bicipital	$r = -0,179$	$r = -0,059$	$r = -0,276$	$\rho = -0,117$	$\rho = -0,137$
Diferencia ST tendón epicóndilo	$\rho = -0,025$	$\rho = 0,022$	$\rho = -0,249$	$\rho = 0,111$	$\rho = -0,055$
Diferencia ST tibial anterior	$r = -0,284$	$r = -0,051$	$r = -0,529^*$	$\rho = 0,157$	$\rho = -0,170$
Diferencia ST corredera bicipital	$r = -0,278$	$r = -0,241$	$r = -0,194$	$\rho = -0,179$	$\rho = 0,009$

Nota: IMC, Índice de Masa Corporal; IPAQ-SF, nivel de actividad física medido a través del *International Physical Activity Questionnaire – Short Form*; r , coeficiente de correlación de Pearson; ρ , coeficiente de correlación de Spearman. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$.

Apéndice I. Tabla 7. Coeficientes de correlación entre las diferencias en las variables de resultado y su correspondiente variable MCD pre-intervención para el grupo de EP simulada.

<i>Grupo EP simulada</i>	Diferencias pre-post intervención		
	UDP	MCD	ST
MCD pre-intervención tendón del epicóndilo	$r = 0,547^*$	$r = -0,772^{**}$	$r = 0,378$
MCD pre-intervención tibial anterior	$\rho = 0,284$	$\rho = -0,383$	$\rho = 0,375$
MCD pre-intervención corredera bicipital	$r = 0,448$	$\rho = -0,753^{**}$	$\rho = -0,164$

Nota: r , coeficiente de correlación de Pearson; ρ , coeficiente de correlación de Spearman. $^*p < 0,05$; $^{**}p < 0,01$.

Apéndice I. Tabla 8. Coeficientes de correlación entre las diferencias en las variables de resultado y su correspondiente variable MCD pre-intervención para el grupo de EP de baja intensidad.

<i>Grupo EP baja intensidad</i>	Diferencias pre-post intervención		
	UDP	MCD	ST
MCD pre-intervención tendón del epicóndilo	$r = 0,812^{**}$	$r = -0,638^{**}$	$r = -0,278$
MCD pre-intervención tibial anterior	$r = 0,818^{**}$	$r = -0,619^{**}$	$r = 0,270$
MCD pre-intervención corredera bicipital	$r = 0,662^{**}$	$r = -0,706^{**}$	$r = 0,052$

Nota: r , coeficiente de correlación de Pearson; ρ , coeficiente de correlación de Spearman. $^*p < 0,05$; $^{**}p < 0,01$.

Apéndice I. Tabla 9. *Coeficientes de correlación entre las diferencias en las variables de resultado y su correspondiente variable MCD pre-intervención para el grupo de EP de alta intensidad.*

<i>Grupo EP alta intensidad</i>	Diferencias pre-post intervención		
	UDP	MCD	ST
MCD pre-intervención tendón del epicóndilo	$r = 0,163$	$r = -0,774^{**}$	$\rho = -0,122$
MCD pre-intervención tibial anterior	$r = 0,462$	$r = -0,628^{**}$	$r = -0,104$
MCD pre-intervención corredera bicipital	$\rho = -0,082$	$r = -0,559^{*}$	$r = -0,046$

Nota: r , coeficiente de correlación de Pearson; ρ , coeficiente de correlación de Spearman. $^{*}p < 0,05$; $^{**}p < 0,01$.

8 – BIBLIOGRAFÍA

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Mayoral del Moral O. Fisioterapia Invasiva Del Síndrome De Dolor Miofascial. Vol. 27, Fisioterapia. Elsevier; 2005. p. 69-75.
2. Mayoral Del Moral O, Torres Lacomba M. Fisioterapia Invasiva Y Punción Seca. Informe Sobre La Eficacia De La Punción Seca En El Tratamiento Del Síndrome De Dolor Miofascial Y Sobre Su Uso En Fisioterapia. Cuest Fisioter. 2009;38(3):206-17.
3. Valera-Garrido F, Minaya-Muñoz F. Fisioterapia Invasiva. En: Valera-Garrido F, Minaya-Muñoz F, editores. Fisioterapia invasiva. 2ª Ed. Barcelona: Elsevier; 2016. p. 1-116.
4. Resolución 05/2011. Punción Seca. [Internet]. [citado 13 de febrero de 2022]. Disponible en: https://www.consejo-fisioterapia.org/adjuntos/legislacion/legislacion_57.pdf
5. Asociación Española De Fisioterapeutas > Subgrupos > AEF-INV [Internet]. [citado 11 de febrero de 2022]. Disponible en: <http://www.aefi.net/Subgrupos/AEFINV.aspx>
6. Valera Garrido F, Minaya Muñoz F. Fisioterapia Invasiva. 2ª Ed. Barcelona: Elsevier; 2016.
7. Martín Urrialde JA. Métodos Invasivos: Electrólisis Percutánea Intratisular Y Mesoterapia. En: Seco Calvo J, editor. Métodos Específicos de Intervención en Fisioterapia. 1ª Ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2015. p. 215-23.
8. Gómez-Chiguano GF, Navarro-Santana MJ, Cleland JA, Arias-Buría JL, Fernández-de-las-Peñas C, Ortega-Santiago R, et al. Effectiveness Of Ultrasound-Guided Percutaneous Electrolysis For Musculoskeletal Pain: A Systematic Review And Meta-Analysis. Pain Med. 2021;22(5):1055-71.
9. Abat F, Valles SL, Gelber PE, Polidori F, Stitik TP, García-Herreros S, et al. Mecanismos Moleculares De Reparación Mediante La Técnica Electrólisis Percutánea Intratisular En La Tendinosis Rotuliana. Rev Esp Cir Ortop Traumatol. 2014;58(4):201-5.
10. Sánchez Ibáñez JM. Evolución Clínica En El Tratamiento De La Entesopatía Rotuliana Crónica Mediante Electro-Estimulación Percutánea Ecodirigida: Estudio De Una Serie De Casos En Población Deportiva. Universidad de León; 2013.
11. Valera-Garrido F, Minaya-Muñoz F. Electrólisis Percutánea Musculoesquelética. En: Valera-Garrido F, Minaya-Muñoz F, editores. Fisioterapia invasiva. 2ª Ed. Barcelona: Elsevier; 2016. p. 387-451.
12. Sarlandière JB. Mémoires Sur L'électro-Puncture . 1ª Ed. Paris: Chez L'auteur, Rue De Richelieu, N° 60 Et Chez Mlle Delaunay, Libraire, Rue Saint-Jacques, N° 71; 1825.
13. García Bermejo P. Efecto De La Aplicación De Electrólisis Percutánea Musculoesquelética En El Sistema Nervioso Autónomo. Universidad de Sevilla; 2017.
14. Guirro E, Guirro R. Fisioterapia Dermato-Funcional: Fundamentos, Recursos, Patologías. 3ª Ed. São Paulo: Manole; 2002.
15. Berná-Serna JD, García-Vidal JA, Escolar-Reina P, Berná-Mestre JD. Ultrasound-Guided Percutaneous Electrolysis: A New Therapeutic Option For Mammary Fistulas. Med Hypotheses. 2018;112:35-6.
16. Berna-Serna J de D, Garcia-Vidal JA, Escolar-Reina MP, Medina-Mirapeix F, Guzman-Aroca F, Pinero-Madrone A, et al. A New Treatment For Mammillary Fistulas Using Ultrasound-Guided Percutaneous Needle Electrolysis. J Clin Med. 2020;9(3).

17. Sánchez Ibáñez JM. ¿Fascitis O Fasciosis Plantar? Bases Biológicas De Su Tratamiento Mediante Electrólisis Percutánea Intratisular (EPI). *Podol Clínica*. 2004;5(1):22-9.
18. Sánchez Ibáñez JM. Tratamiento Mediante Electrólisis Percutánea (EPI) Ecoguiada De Una Tendinopatía De Aquiles En Un Futbolista Profesional. *Podol Clínica*. 2008;9(4):118-29.
19. Valera Garrido F, Polidori F, Benavent Canet J, Botet F i S, Martínez Ramírez P, Calvo S, et al. Clinical Criteria For The Application Of Percutaneous Needle Electrolysis In Tendinopathies: An Expert Consensus Cocument And Cross-Sectional Study Among Physical Therapists. *Rev Fisioter Invasiva / J Invasive Tech Phys Ther*. 2019;02(02):055-61.
20. Sánchez Sánchez JL. Estudio Comparativo De Un Tratamiento Fisioterápico Convencional Con Uno Que Incluye La Técnica De Electrolisis Percutánea Intratisular En Pacientes Con Tendinopatía Crónica Del Tendón Rotuliano. Universidad de Salamanca; 2011.
21. Margalef R, Minaya-Muñoz F, Valera-Garrido F, Bosque M, Santafé MM. Changes In PH As A Result Of Galvanic Currents Used In Percutaneous Needle Electrolysis. *Rev Fisioter Invasiva / J Invasive Tech Phys Ther*. 2020;3:2-6.
22. Margalef R, Bosque M, Minaya-Muñoz F, Valera-Garrido F, Santafe MM. Safety Analysis Of Percutaneous Needle Electrolysis: A Study Of Needle Composition, Morphology, And Electrical Resistance. *Acupunct Med*. 2021;39(5):471-7.
23. Cagnie B, Dewitte V, Barbe T, Timmermans F, Delrue N, Meeus M. Physiologic Effects Of Dry Needling. *Curr Pain Headache Rep*. 2013;17(8):348.
24. Fernández-De-Las-Peñas C, Nijs J. Trigger Point Dry Needling For The Treatment Of Myofascial Pain Syndrome: Current Perspectives Within A Pain Neuroscience Paradigm. *J Pain Res*. 2019;12:1899-911.
25. Varela-Rodríguez S, Cáceres-Pajuelo JE, Sánchez-Sánchez JL. Percutaneous Electrolysis In Patients With Musculoskeletal Disorders: A Systematic Review. *J Mol Genet Med*. 2021;15(2):476.
26. Abat F, Sanchez-Sanchez JL, Martin-Nogueras AM, Calvo-Arenillas JI, Yajeya J, Mendez-Sanchez R, et al. Randomized Controlled Trial Comparing The Effectiveness Of The Ultrasound-Guided Galvanic Electrolysis Technique (USGET) Versus Conventional Electro-Physiotherapeutic Treatment On Patellar Tendinopathy. *J Exp Orthop*. 2016;3(1):34.
27. Arias-Buría JL, Truyols-Domínguez S, Valero-Alcaide R, Salom-Moreno J, Atín-Arratibel MA, Fernández-De-Las-Peñas C. Ultrasound-Guided Percutaneous Electrolysis And Eccentric Exercises For Subacromial Pain Syndrome: A Randomized Clinical Trial. Evidence-based Complement Altern Med. 2015;2015:315219.
28. De-Miguel-Valtierra L, Salom-Moreno J, Fernández-de-las-Peñas C, Cleland JA, Arias-Buría JL. Ultrasound-Guided Application Of Percutaneous Electrolysis As An Adjunct To Exercise And Manual Therapy For Subacromial Pain Syndrome: A Randomized Clinical Trial. *J Pain*. 2018;19(10):1201-10.
29. Fernández-Rodríguez T, Fernández-Rolle Á, Truyols-Domínguez S, Benítez-Martínez JC, Casaña-Granell J. Prospective Randomized Trial Of Electrolysis For Chronic Plantar Heel Pain. *Foot ankle Int / Am Orthop Foot Ankle Soc [and] Swiss Foot Ankle Soc*. 2018;39(9):1039-1046.
30. García-Naranjo J, Barroso-Rosa S, Loro-Ferrer JF, Limiñana-Cañal JM, Suarez-Hernández

- E. A Novel Approach In The Treatment Of Acute Whiplash Syndrome: Ultrasound-Guided Needle Percutaneous Electrolysis. A Randomized Controlled Trial. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2017;103(8):1229-1234.
31. López-Martos R, González-Pérez LM, Ruiz-Canela-Méndez P, Urresti-López FJ, Gutiérrez-Perez JL, Infante-Cossio P. Randomized, Double-Blind Study Comparing Percutaneous Electrolysis And Dry Needling For The Management Of Temporomandibular Myofascial Pain. *Med Oral Patol Oral y Cir Bucal.* 2018;23(4):e454-62.
 32. Moreno C, Mattiussi G, Núñez FJ, Messina G, Rejc E. Intratissue Percutaneous Electolysis Combined With Active Physical Therapy For The Treatment Of Adductor Longus Enthesopathy-Related Groin Pain: A Randomized Trial. *J Sports Med Phys Fitness.* 2017;57(10):1318-29.
 33. Abat F, Diesel W-J, Gelber P-E, Polidori F, Monllau J-C, Sanchez-Ibanez J-M. Effectiveness Of The Intratissue Percutaneous Electrolysis (EPI®) Technique And Isoinertial Eccentric Exercise In The Treatment Of Patellar Tendinopathy At Two Years Follow-Up. *Muscles Ligaments Tendons J.* 2014;4(2):188-93.
 34. Abat F, Gelber PE, Polidori F, Monllau JC, Sanchez-Ibañez JM. Clinical Results After Ultrasound-Guided Intratissue Percutaneous Electrolysis (EPI®) And Eccentric Exercise In The Treatment Of Patellar Tendinopathy. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2015;23(4):1046-52.
 35. López-Royo MP, Ríos-Díaz J, Galán-Díaz RM, Herrero P, Gómez-Trullén EM. A Comparative Study Of Treatment Interventions For Patellar Tendinopathy: A Randomized Controlled Trial. *Arch Phys Med Rehabil.* 2021;102(5):967-75.
 36. Rodríguez-Huguet M, Góngora-Rodríguez J, Rodríguez-Huguet P, Ibañez-Vera AJ, Rodríguez-Almagro D, Martín-Valero R, et al. Effectiveness Of Percutaneous Electrolysis In Supraspinatus Tendinopathy: A Single-Blinded Randomized Controlled Trial. *J Clin Med.* 2020;9(6):1837.
 37. Kazemi A, R-Moreno MD. Results Of The Electrolysis Percutaneous Intratissue In The Shoulder Pain: Infrapinatus, A Randomized Controlled Trial. *Rev Cuba Ortop y Traumatol.* 2016;30(1):76-87.
 38. Valera-Garrido F, Minaya-Muñoz F, Medina-Mirapeix F. Ultrasound-Guided Percutaneous Needle Electrolysis In Chronic Lateral Epicondylitis: Short-Term And Long-Term Results. *Acupunct Med.* 2014;32(6):446-54.
 39. Minaya Muñoz F, Valera Garrido F, Sánchez Ibáñez JM, Medina i Mirapeix F. Estudio De Coste-Efectividad De La Electrólisis Percutánea Intratisular (EPI®) En Las Epicondilalgias. *Fisioterapia.* 2012;34(5):208-15.
 40. Iborra-Marcos Á, Ramos-Álvarez JJ, Rodríguez-Fabián G, Del Castillo-González F, López-Román A, Polo-Portes C, et al. Intratissue Percutaneous Electrolysis Vs Corticosteroid Infiltration For The Treatment Of Plantar Fasciosis. *Foot Ankle Int.* 2018;39(6):704-11.
 41. Al-Boloushi Z, Gómez-Trullén EM, Arian M, Fernández D, Herrero P, Bellosta-López P. Comparing Two Dry Needling Interventions For Plantar Heel Pain: A Randomised Controlled Trial. *BMJ Open.* 2020;10(8):e038033.
 42. Fernández D, Al-Boloushi Z, Bellosta-López P, Herrero P, Gómez M, Calvo S. Cost-Effectiveness Of Two Dry Needling Interventions For Plantar Heel Pain: A Secondary Analysis Of An RCT. *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18(4):1-9.

43. Moreno C, Mattiussi G, Nunez FJ. Therapeutic Results After Ultrasound-Guided Intratissue Percutaneous Electrolysis (EPI®) In The Treatment Of Rectus Abdominis-Related Groin Pain In Professional Footballers: A Pilot Study. *J Sports Med Phys Fitness*. 2016;56(10):1171-8.
44. De-La-Cruz-Torres B, Barrera-García-Martín I, Valera-Garrido F, Minaya-Munõz F, Romero-Morales C. Ultrasound-Guided Percutaneous Needle Electrolysis In Dancers With Chronic Soleus Injury: A Randomized Clinical Trial. *Evidence-based Complement Altern Med*. 2020;2020.
45. Sánchez-Sánchez JL, Calderón-Díez L, Herrero-Turrión J, Méndez-Sánchez R, Arias-Buría JL, Fernández-de-las-Peñas C. Changes In Gene Expression Associated With Collagen Regeneration And Remodeling Of Extracellular Matrix After Percutaneous Electrolysis On Collagenase-Induced Achilles Tendinopathy In An Experimental Animal Model: A Pilot Study. *J Clin Med*. 2020;9(10):3316.
46. Margalef R, Minaya-Muñoz F, Valera-Garrido F, Santafe M. Vasodilation Secondary To Exposure To Galvanic Currents. *Rev Fisioter Invasiva / J Invasive Tech Phys Ther*. 2019;02(02):107-107.
47. Abat F, Valles S-L, Gelber P-E, Polidori F, Jorda A, García-Herreros S, et al. An Experimental Study Of Muscular Injury Repair In A Mouse Model Of Notexin-Induced Lesion With EPI® Technique. *BMC Sports Sci Med Rehabil*. 2015;7(1).
48. Margalef R, Bosque M, Monclús P, Flores P, Minaya-Muñoz F, Valera-Garrido F, et al. Percutaneous Application Of Galvanic Current In Rodents Reverses Signs Of Myofascial Trigger Points. *Evidence-based Complement Altern Med*. 2020;2020.
49. Margalef R, Valera-Garrido F, Minaya-Muñoz F, Bosque M, Ortiz N, Santafe MM. Percutaneous Needle Electrolysis Reverses Neurographic Signs Of Nerve Entrapment By Induced Fibrosis In Mice. *Evidence-based Complement Altern Med*. 2020;2020.
50. García-Bermejo P, De-La-Cruz-Torres B, Naranjo-Orellana J, Albornoz-Cabello M. Autonomic Responses To Ultrasound-Guided Percutaneous Needle Electrolysis: Effect Of Needle Puncture Or Electrical Current? *J Altern Complement Med*. 2018;24(1):69-75.
51. De-La-Cruz-Torres B, Albornoz-Cabello M, García-Bermejo P, Naranjo-Orellana J. Autonomic Responses To Ultrasoundguided Percutaneous Needle Electrolysis Of The Patellar Tendon In Healthy Male Footballers. *Acupunct Med*. 2016;34(4):275-9.
52. García-Bermejo P, De-la-Cruz-Torres B, Naranjo-Orellana J, Albornoz-Cabello M. Autonomic Activity In Women During Percutaneous Needle Electrolysis. *Eur J Integr Med*. 2017;11:53-8.
53. Raja SN, Carr DB, Cohen M, Finnerup NB, Flor H, Gibson S, et al. The Revised International Association For The Study Of Pain Definition Of Pain: Concepts, Challenges, And Compromises. *Pain*. 2020;161(9):1976-82.
54. Pain Terms: A List With Definitions And Notes On Usage. Recommended By The IASP Subcommittee On Taxonomy. *Pain*. 1979;6(3):249.
55. Tracey WD. Nociception. Vol. 27, *Current Biology*. Cell Press; 2017. p. R129-33.
56. Dinakar P, Stillman AM. Pathogenesis Of Pain. Vol. 23, *Seminars in Pediatric Neurology*. W.B. Saunders; 2016. p. 201-8.
57. Sneddon LU. Comparative Physiology Of Nociception And Pain. Vol. 33, *Physiology*.

- American Physiological Society; 2018. p. 63-73.
58. Moseley GL, Vlaeyen JWS. Beyond Nociception: The Imprecision Hypothesis Of Chronic Pain. *Pain*. 2015;156(1):35-8.
 59. Turner JA, Arendt-Nielsen L. Four Decades Later: What's New, What's Not In Our Understanding Of Pain. Vol. 161, *Pain*. NLM (Medline); 2020. p. 1943-4.
 60. Goldberg DS, McGee SJ. Pain As A Global Public Health Priority. *BMC Public Health*. 2011;11.
 61. Velly AM, Mohit S. Epidemiology Of Pain And Relation To Psychiatric Disorders. Vol. 87, *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*. Elsevier Inc.; 2018. p. 159-67.
 62. Henschke N, Kamper SJ, Maher CG. The Epidemiology And Economic Consequences Of Pain. En: *Mayo Clinic Proceedings*. Elsevier Ltd; 2015. p. 139-47.
 63. Moana-Filho EJ, Babiloni AH, Theis-Mahon NR. Endogenous Pain Modulation In Chronic Orofacial Pain: A Systematic Review And Meta-Analysis. Vol. 159, *Pain*. Lippincott Williams and Wilkins; 2018. p. 1441-55.
 64. Damien J, Colloca L, Bellei-Rodriguez CÉ, Marchand S. Pain Modulation: From Conditioned Pain Modulation To Placebo And Nocebo Effects In Experimental And Clinical Pain. En: *International Review of Neurobiology*. Academic Press Inc.; 2018. p. 255-96.
 65. Yarnitsky D. Role Of Endogenous Pain Modulation In Chronic Pain Mechanisms And Treatment. Vol. 156, *Pain*. Lippincott Williams and Wilkins; 2015. p. S24-31.
 66. Bannister K, Dickenson AH. The Plasticity Of Descending Controls In Pain: Translational Probing. *J Physiol*. 2017;595(13):4159-66.
 67. Lockwood S, Dickenson AH. What Goes Up Must Come Down: Insights From Studies On Descending Controls Acting On Spinal Pain Processing. Vol. 127, *Journal of Neural Transmission*. Springer; 2020. p. 541-9.
 68. Chen QL, Heinricher MM. Descending Control Mechanisms And Chronic Pain. Vol. 21, *Current Rheumatology Reports*. Current Medicine Group LLC 1; 2019.
 69. Ossipov MH, Morimura K, Porreca F. Descending Pain Modulation And Chronification Of Pain. Vol. 8, *Current Opinion in Supportive and Palliative Care*. Lippincott Williams and Wilkins; 2014. p. 143-51.
 70. Wen S, Muñoz J, Mancilla M, Bornhardt T, Riveros A, Iturriaga V. Mechanisms Of Central Pain Modulation: Literature Review. *Int J Morphol*. 2020;38(6):1803-9.
 71. Staud R. Abnormal Endogenous Pain Modulation Is A Shared Characteristic Of Many Chronic Pain Conditions. Vol. 12, *Expert Review of Neurotherapeutics*. Expert Rev Neurother; 2012. p. 577-85.
 72. Zhuo M. Descending Facilitation: From Basic Science To The Treatment Of Chronic Pain. Vol. 13, *Molecular Pain*. SAGE Publications Inc.; 2017.
 73. Graven-Nielsen T, Arendt-Nielsen L. Assessment Of Mechanisms In Localized And Widespread Musculoskeletal Pain. Vol. 6, *Nature Reviews Rheumatology*. Nat Rev Rheumatol; 2010. p. 599-606.
 74. Yamamotová A. Endogenous Antinociceptive System And Potential Ways To Influence It.

- Vol. 68, Physiological Research. Czech Academy of Sciences; 2019. p. S195-205.
75. Bourne S, Machado AG, Nagel SJ. Basic Anatomy And Physiology Of Pain Pathways. Vol. 25, Neurosurgery Clinics of North America. W.B. Saunders; 2014. p. 629-38.
 76. Heinricher MM. Pain Modulation And The Transition From Acute To Chronic Pain. En: Advances in Experimental Medicine and Biology. Springer New York LLC; 2016. p. 105-15.
 77. Serrano Atero MS, Peramo F, Cañas A, García Saura P, Serrano Álvarez C, Caballero J. Modulación Descendente De La Información Nociceptiva (I). Rev Soc Esp Dolor. 2002;382-90.
 78. Benedetti F. Placebo And Endogenous Mechanisms Of Analgesia. Handb Exp Pharmacol. 2007;(177):393-413.
 79. Melzack R, Wall PD. Pain Mechanisms: A New Theory. Science. 1965;150(3699):971-9.
 80. Kirkpatrick DR, McEntire DM, Hambsch ZJ, Kerfeld MJ, Smith TA, Reisbig MD, et al. Therapeutic Basis Of Clinical Pain Modulation. Clin Transl Sci. 2015;8(6):848-56.
 81. Georgopoulos V, Akin-Akinyosoye K, Zhang W, McWilliams DF, Hendrick P, Walsh DA. Quantitative Sensory Testing And Predicting Outcomes For Musculoskeletal Pain, Disability, And Negative Affect: A Systematic Review And Meta-Analysis. Pain. 2019;160(9):1920-32.
 82. Avellanal M, Riquelme I, Díaz-Regañón G. Quantitative Sensory Testing In Pain Assesment And Treatment. Brief Review And Algorithmic Management Proposal. Rev Esp Anestesiol Reanim. 2020;67(4):187-94.
 83. Nir RR, Yarnitsky D. Conditioned Pain Modulation. Vol. 9, Current Opinion in Supportive and Palliative Care. Lippincott Williams and Wilkins; 2015. p. 131-7.
 84. Petersen KK, McPhee ME, Hoegh MS, Graven-Nielsen T. Assessment Of Conditioned Pain Modulation In Healthy Participants And Patients With Chronic Pain: Manifestations And Implications For Pain Progression. Vol. 13, Current Opinion in Supportive and Palliative Care. Lippincott Williams and Wilkins; 2019. p. 99-106.
 85. Kennedy DL, Kemp HI, Ridout D, Yarnitsky D, Rice ASC. Reliability Of Conditioned Pain Modulation: A Systematic Review. Vol. 157, Pain. Lippincott Williams and Wilkins; 2016. p. 2410-9.
 86. Schliessbach J, Lütolf C, Streitberger K, Scaramozzino P, Arendt-Nielsen L, Curatolo M. Reference Values Of Conditioned Pain Modulation. Scand J Pain. 2019;19(2):279-86.
 87. Yarnitsky D, Bouhassira D, Drewes AM, Fillingim RB, Granot M, Hansson P, et al. Recommendations On Practice Of Conditioned Pain Modulation (CPM) Testing. Eur J Pain. 2015;19(6):805-6.
 88. Hermans L, Van Oosterwijck J, Goubert D, Goudman L, Crombez G, Calders P, et al. Inventory Of Personal Factors Influencing Conditioned Pain Modulation In Healthy People: A Systematic Literature Review. Pain Pract. 2016;16(6):758-69.
 89. Hackett J, Naugle KE, Naugle KM. The Decline Of Endogenous Pain Modulation With Aging: A Meta-Analysis Of Temporal Summation And Conditioned Pain Modulation. J pain. 2020;21(5-6):514-28.
 90. Mücke M, Cuhls H, Radbruch L, Baron R, Maier C, Tölle T, et al. Quantitative Sensorische Testung (QST). Schmerz. 2016;1-8.

91. Roldan CJ, Abdi S. Quantitative Sensory Testing In Pain Management. Vol. 5, Pain management. Pain Manag; 2015. p. 483-91.
92. Treede RD. The Role Of Quantitative Sensory Testing In The Prediction Of Chronic Pain. Vol. 160, Pain. NLM (Medline); 2019. p. S66-9.
93. Gerhardt A, Eich W, Treede RD, Tesarz J. Conditioned Pain Modulation In Patients With Nonspecific Chronic Back Pain With Chronic Local Pain, Chronic Widespread Pain, And Fibromyalgia. Pain. 2017;158(3):430-9.
94. Yarnitsky D, Granot M, Nahman-Averbuch H, Khamaisi M, Granovsky Y. Conditioned Pain Modulation Predicts Duloxetine Efficacy In Painful Diabetic Neuropathy. Pain. 2012;153(6):1193-8.
95. Baron R, Maier C, Attal N, Binder A, Bouhassira Di, Cruccu G, et al. Peripheral Neuropathic Pain: A Mechanism-Related Organizing Principle Based On Sensory Profiles. Pain. 2017;158(2):261-72.
96. Hansson P, Backonja M, Bouhassira D. Usefulness And Limitations Of Quantitative Sensory Testing: Clinical And Research Application In Neuropathic Pain States. Vol. 129, Pain. Pain; 2007. p. 256-9.
97. Arribas-Romano A, Fernández-Carnero J, Molina-Rueda F, Angulo-Díaz-Parreño S, Navarro-Santana MJ. Efficacy Of Physical Therapy On Nociceptive Pain Processing Alterations In Patients With Chronic Musculoskeletal Pain: A Systematic Review And Meta-Analysis. Vol. 21, Pain Medicine (United States). Oxford University Press; 2020. p. 2502-17.
98. Meeus M, Hermans L, Ickmans K, Struyf F, Van Cauwenbergh D, Bronckaerts L, et al. Endogenous Pain Modulation In Response To Exercise In Patients With Rheumatoid Arthritis, Patients With Chronic Fatigue Syndrome And Comorbid Fibromyalgia, And Healthy Controls: A Double-Blind Randomized Controlled Trial. Pain Pract. 2015;15(2):98-106.
99. Tobbackx Y, Meeus M, Wauters L, De Vilder P, Roose J, Verhaeghe T, et al. Does Acupuncture Activate Endogenous Analgesia In Chronic Whiplash-Associated Disorders? A Randomized Crossover Trial. Eur J Pain (United Kingdom). 2013;17(2):279-89.
100. García-Muntión A, Godefroy L, Robert H, Muñoz-García D, Calvo-Lobo C, López-de-Uralde-Villanueva I. Study Of The Mechanisms Of Action Of The Hypoalgesic Effect Of Pressure Under Shock Waves Application: A Randomised Controlled Trial. Complement Ther Med. 2019;42:332-9.
101. Touche R La, Pérez JJF, García SM, Cuenca-Martínez F, López-De-Uralde-Villanueva I, Suso-Martí L. Hypoalgesic Effects Of Aerobic And Isometric Motor Imagery And Action Observation Exercises On Asymptomatic Participants: A Randomized Controlled Pilot Trial. Pain Med (United States). 2020;21(10):2186-99.
102. Vigotsky AD, Bruhns RP. The Role Of Descending Modulation In Manual Therapy And Its Analgesic Implications: A Narrative Review. Vol. 2015, Pain Research and Treatment. Hindawi Limited; 2015.
103. Bialosky JE, Bishop MD, Price DD, Robinson ME, George SZ. The Mechanisms Of Manual Therapy In The Treatment Of Musculoskeletal Pain: A Comprehensive Model. Man Ther. 2009;14(5):531-8.
104. Sluka KA, Frey-Law L, Hoeger Bement M. Exercise-Induced Pain And Analgesia?

- Underlying Mechanisms And Clinical Translation. Vol. 159, Pain. NLM (Medline); 2018. p. S91-7.
105. Da Silva Santos R, Galdino G. Endogenous Systems Involved In Exercise-Induced Analgesia. Vol. 69, Journal of Physiology and Pharmacology. Polish Physiological Society; 2018.
 106. Corrêa JB, Costa LOP, Oliveira NTB, Lima WP, Sluka KA, Liebano RE. Effects Of The Carrier Frequency Of Interferential Current On Pain Modulation And Central Hypersensitivity In People With Chronic Nonspecific Low Back Pain: A Randomized Placebo-Controlled Trial. Eur J Pain (United Kingdom). 2016;20(10):1653-66.
 107. Dailey DL, Rakel BA, Vance CGT, Liebano RE, Amrit AS, Bush HM, et al. Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation Reduces Pain, Fatigue And Hyperalgesia While Restoring Central Inhibition In Primary Fibromyalgia. Pain. 2013;154(11):2554-62.
 108. da Graca-Tarragó M, Deitos A, Patrícia Brietzke A, Torres ILS, Cadore Stefani L, Fregni F, et al. Electrical Intramuscular Stimulation In Osteoarthritis Enhances The Inhibitory Systems In Pain Processing At Cortical And Cortical Spinal System. Pain Med. 2016;17(5):877-91.
 109. Flood A, Waddington G, Cathcart S. High-Definition Transcranial Direct Current Stimulation Enhances Conditioned Pain Modulation In Healthy Volunteers: A Randomized Trial. J Pain. 2016;17(5):600-5.
 110. Coutaux A. Non-Pharmacological Treatments For Pain Relief: TENS And Acupuncture. Vol. 84, Joint Bone Spine. Elsevier Masson SAS; 2017. p. 657-61.
 111. Chou LW, Kao MJ, Lin JG. Probable Mechanisms Of Needling Therapies For Myofascial Pain Control. Evidence-based Complement Altern Med. 2012;2012.
 112. Kong JT, Schnyer RN, Johnson KA, Mackey S. Understanding Central Mechanisms Of Acupuncture Analgesia Using Dynamic Quantitative Sensory Testing: A Review. Vol. 2013, Evidence-based Complementary and Alternative Medicine. Evid Based Complement Alternat Med; 2013.
 113. Lv Q, Wu F, Gan X, Yang X, Zhou L, Chen J, et al. The Involvement Of Descending Pain Inhibitory System In Electroacupuncture-Induced Analgesia. Vol. 13, Frontiers in Integrative Neuroscience. Frontiers Media S.A.; 2019.
 114. Zhang R, Lao L, Ren K, Berman BM. Mechanisms Of Acupuncture-Electroacupuncture On Persistent Pain. Vol. 120, Anesthesiology. Anesthesiology; 2014. p. 482-503.
 115. Li Y, Yang M, Wu F, Cheng K, Chen H, Shen X, et al. Mechanism Of Electroacupuncture On Inflammatory Pain: Neural-Immune- Endocrine Interactions. Vol. 39, Journal of Traditional Chinese Medicine. Journal of Traditional Chinese Medicine; 2019. p. 740-9.
 116. Leite PMS, Mendonça ARC, Maciel LYS, Poderoso-Neto ML, Araujo CCA, Góis HCJ, et al. Does Electroacupuncture Treatment Reduce Pain And Change Quantitative Sensory Testing Responses In Patients With Chronic Nonspecific Low Back Pain? A Randomized Controlled Clinical Trial. Evid Based Complement Alternat Med. 2018;2018.
 117. World Medical Association Declaration Of Helsinki: Ethical Principles For Medical Research Involving Human Subjects. JAMA. 2013;310(20):2191-4.
 118. Cobos-Carbó A, Augustovski F. Declaración CONSORT 2010: Actualización De La Lista De Comprobación Para Informar Ensayos Clínicos Aleatorizados De Grupos Paralelos. Med

Clin (Barc). 2011;137(5):213-5.

119. Faul F, Erdfelder E, Buchner A, Lang AG. Statistical Power Analyses Using G*Power 3.1: Tests For Correlation And Regression Analyses. *Behav Res Methods*. 2009;41(4):1149-60.
120. Rodríguez-Huguet M, Góngora-Rodríguez J, Lomas-Vega R, Martín-Valero R, Díaz-Fernández Á, Obrero-Gaitán E, et al. Percutaneous Electrolysis In The Treatment Of Lateral Epicondylalgia: A Single-Blind Randomized Controlled Trial. *J Clin Med*. 2020;9(7):2068.
121. Anatomía: Inervación Cutánea Del Miembro Superior [Internet]. [citado 12 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.elsevier.com/es-es/connect/medicina/anatomia-inervacion-cutanea-del-miembro-superior>
122. Roman-Viñas B, Serra-Majem L, Hagströmer M, Ribas-Barba L, Sjöström M, Segura-Cardona R. International Physical Activity Questionnaire: Reliability And Validity In A Spanish Population. *Eur J Sport Sci*. 2010;10(5):297-304.
123. Mantilla Toloza SC, Gómez-Conesa A. El Cuestionario Internacional De Actividad Física. Un Instrumento Adecuado En El Seguimiento De La Actividad Física Poblacional. Vol. 10, *Revista Iberoamericana de Fisioterapia y Kinesiología*. Ediciones Doyma, S.L.; 2007. p. 48-52.
124. 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*. 2011;63(SUPPL. 11).
125. Aspinall SL, Jacques A, Leboeuf-Yde C, Etherington SJ, Walker BF. No Difference In Pressure Pain Threshold And Temporal Summation After Lumbar Spinal Manipulation Compared To Sham: A Randomised Controlled Trial In Adults With Low Back Pain. *Musculoskelet Sci Pract*. 2019;43:18-25.
126. Sullivan GM, Feinn R. Using Effect Size-Or Why The P Value Is Not Enough. *J Grad Med Educ*. 2012;4(3):279-82.
127. Cohen J. *Statistical Power Analysis For The Behavioral Sciences*. Academic Press; 2013. 459 p.
128. Eitner L, Özgül ÖS, Enax-Krumova EK, Vollert J, Maier C, Höffken O. Conditioned Pain Modulation Using Painful Cutaneous Electrical Stimulation Or Simply Habituation? *Eur J Pain*. 2018;22(7):1281-90.
129. Liebano RE, Vance CG, Rakel BA, Lee JE, Cooper NA, Marchand S, et al. Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation And Conditioned Pain Modulation Influence The Perception Of Pain In Humans. *Eur J Pain (United Kingdom)*. 2013;17(10):1539-46.
130. Morales Tejera D, Fernandez-Carnero J, Suso-Martí L, Cano-de-la-Cuerda R, Lerín-Calvo A, Remón-Ramiro L, et al. Comparative Study Of Observed Actions, Motor Imagery And Control Therapeutic Exercise On The Conditioned Pain Modulation In The Cervical Spine: A Randomized Controlled Trial. *Somatosens Mot Res*. 2020;37(3):138-48.
131. Gomołka S, Vaegter HB, Nijs J, Meeus M, Gajsar H, Hasenbring MI, et al. Assessing Endogenous Pain Inhibition: Test-Retest Reliability Of Exercise-Induced Hypoalgesia In Local And Remote Body Parts After Aerobic Cycling. *Pain Med*. 2019;20(11):2272-82.

132. Nie H, Madeleine P, Arendt-Nielsen L, Graven-Nielsen T. Temporal Summation Of Pressure Pain During Muscle Hyperalgesia Evoked By Nerve Growth Factor And Eccentric Contractions. *Eur J Pain*. 2009;13(7):704-10.
133. Vo L, Drummond PD. High Frequency Electrical Stimulation Concurrently Induces Central Sensitization And Ipsilateral Inhibitory Pain Modulation. *Eur J Pain*. 2013;17(3):357-68.
134. Muhsen A, Moss P, Gibson W, Walker B, Angela Jacques MB, Schug S, et al. The Association Between Conditioned Pain Modulation And Manipulation-Induced Analgesia In People With Lateral Epicondylalgia. *Clin J Pain*. 2019;35(5):435-42.
135. Fernández-Carnero J, Sierra-Silvestre E, Beltran-Alacreu H, Gil-Martínez A, La Touche R. Neural Tension Technique Improves Immediate Conditioned Pain Modulation In Patients With Chronic Neck Pain: A Randomized Clinical Trial. *Pain Med*. 2019;20(6):1227-35.
136. da Graca-Tarragó M, Lech M, Angoleri LDM, Santos DS, Deitos A, Brietzke AP, et al. Intramuscular Electrical Stimulus Potentiates Motor Cortex Modulation Effects On Pain And Descending Inhibitory Systems In Knee Osteoarthritis: A Randomized, Factorial, Sham-Controlled Study. *J Pain Res*. 2019;12:209-21.
137. Meyer-Frießem CH, Wiegand T, Eitner L, Maier C, Mainka T, Vollert J, et al. Effects Of Spinal Cord And Peripheral Nerve Stimulation Reflected In Sensory Profiles And Endogenous Pain Modulation. *Clin J Pain*. 2019;35(2):111-20.
138. Staffe AT, Bech MW, Clemmensen SLK, Nielsen HT, Larsen DB, Petersen KK. Total Sleep Deprivation Increases Pain Sensitivity, Impairs Conditioned Pain Modulation And Facilitates Temporal Summation Of Pain In Healthy Participants. *PLoS One*. 2019;14(12):e0225849.
139. Courtney CA, Steffen AD, Fernández-De-Las-Peñas C, Kim J, Chmell SJ. Joint Mobilization Enhances Mechanisms Of Conditioned Pain Modulation In Individuals With Osteoarthritis Of The Knee. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2016;46(3):168-76.
140. Lemley KJ, Hunter SK, Bement MKH. Conditioned Pain Modulation Predicts Exercise-Induced Hypoalgesia In Healthy Adults. *Med Sci Sports Exerc*. 2015;47(1):176-84.
141. McDougall J, Jutzeler CR, Scott A, Crocker PRE, Kramer JLK. Conditioned Pain Modulation In Elite Athletes: A Systematic Review And Meta-Analysis. *Scand J pain*. 2020;20(3):429-38.
142. Mayoral O, Salvat I, Martín MT, Martín S, Santiago J, Cotarelo J, et al. Efficacy Of Myofascial Trigger Point Dry Needling In The Prevention Of Pain After Total Knee Arthroplasty: A Randomized, Double-Blinded, Placebo-Controlled Trial. *Evidence-Based Complement Altern Med*. 2013;2013.
143. Minaya Muñoz F, Valera Garrido F, Sánchez Ibáñez JM, Medina i Mirapeix F. The Clinical And Cost-Effectiveness Of Percutaneous Electrolysis Intratissue (EPI[®]) In Lateral Epicondylalgia. *Fisioterapia*. 2012;34(5):208-15.
144. Valera-Calero JA, Sánchez-Mayoral-Martín A, Varol U. Short-Term Effectiveness Of High-And Low-Intensity Percutaneous Electrolysis In Patients With Patellofemoral Pain Syndrome: A Pilot Study. Vol. 12, *World journal of orthopedics*. 2021. p. 781-90.
145. Heredia-Rizo AM, Petersen KK, Madeleine P, Arendt-Nielsen L. Clinical Outcomes And Central Pain Mechanisms Are Improved After Upper Trapezius Eccentric Training In Female Computer Users With Chronic Neck/Shoulder Pain. *Clin J Pain*. 2019;35(1):65-76.

146. Tsai C-T, Hsieh L-F, Kuan T-S, Kao M-J, Chou L-W, Hong C-Z. Remote Effects Of Dry Needling On The Irritability Of The Myofascial Trigger Point In The Upper Trapezius Muscle. *Am J Phys Med Rehabil*. 2010;89(2):133-40.
147. Schliessbach J, van der Klift E, Siegenthaler A, Arendt-Nielsen L, Curatolo M, Streitberger K. Does Acupuncture Needling Induce Analgesic Effects Comparable To Diffuse Noxious Inhibitory Controls? *Evid Based Complement Alternat Med*. 2012;2012:785613.
148. Vaegter HB, Fehrmann E, Gajjar H, Kreddig N. Endogenous Modulation Of Pain: The Role Of Exercise, Stress, And Cognitions In Humans. *Clin J Pain*. 2020;36(3):150-61.
149. Moont R, Pud D, Sprecher E, Sharvit G, Yarnitsky D. «Pain Inhibits Pain» Mechanisms: Is Pain Modulation Simply Due To Distraction? *Pain*. 2010;150(1):113-20.
150. Tobaldini G, Sardi NF, Guilhen VA, Fischer L. Pain Inhibits Pain: An Ascending-Descending Pain Modulation Pathway Linking Mesolimbic And Classical Descending Mechanisms. *Mol Neurobiol*. 2019;56(2):1000-13.
151. Lv ZT, Shen LL, Zhu B, Zhang ZQ, Ma CY, Huang GF, et al. Effects Of Intensity Of Electroacupuncture On Chronic Pain In Patients With Knee Osteoarthritis: A Randomized Controlled Trial. *Arthritis Res Ther*. 2019;21(1).
152. Botelho L, Angoleri L, Zortea M, Deitos A, Brietzke A, Torres ILS, et al. Insights About The Neuroplasticity State On The Effect Of Intramuscular Electrical Stimulation In Pain And Disability Associated With Chronic Myofascial Pain Syndrome (MPS): A Double-Blind, Randomized, Sham-Controlled Trial. *Front Hum Neurosci*. 2018;12:388.
153. Lewis GN, Rice DA, McNair PJ. Conditioned Pain Modulation In Populations With Chronic Pain: A Systematic Review And Meta-Analysis. *J pain*. 2012;13(10):936-44.
154. Goubert D, Danneels L, Cagnie B, Van Oosterwijck J, Kolba K, Noyez H, et al. Effect Of Pain Induction Or Pain Reduction On Conditioned Pain Modulation In Adults: A Systematic Review. *Pain Pract*. 2015;15(8):765-77.
155. Zheng Z, Feng SJQ, Costa C da, Li CG, Lu D, Xue CC. Acupuncture Analgesia For Temporal Summation Of Experimental Pain: A Randomised Controlled Study. *Eur J Pain*. 2010;14(7):725-31.
156. Butts R, Dunning J, Perreault T, Mourad F, Grubb M. Peripheral And Spinal Mechanisms Of Pain And Dry Needling Mediated Analgesia: A Clinical Resource Guide For Health Care Professionals. *Am J Phys Med Rehabil*. 2016;4.
157. Yarnitsky D. Conditioned Pain Modulation (The Diffuse Noxious Inhibitory Control-Like Effect): Its Relevance For Acute And Chronic Pain States. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2010;23(5):611-5.
158. Yarnitsky D, Crispel Y, Eisenberg E, Granovsky Y, Ben-Nun A, Sprecher E, et al. Prediction Of Chronic Post-Operative Pain: Pre-Operative DNIC Testing Identifies Patients At Risk. *Pain*. 2008;138(1):22-8.

9 – ANEXO

9. ANEXO

ANEXO I. Informe favorable del Comité de Bioética de la Universidad de Salamanca.



COMITÉ DE BIOÉTICA (CBE)

Edificio I+D+i
C/ Espejo 2, 37007 Salamanca
Tel . (34) 923 29 44 00 ext 1181
e-mail: cbioetica@usal.es

El Comité de Bioética de la Universidad de Salamanca, en su reunión ordinaria celebrada el día 24 de marzo de 2021 ha considerado las circunstancias que concurren en el proyecto de investigación titulado **"Influencia de la Electrólisis Percutánea en la Modulación Endógena del Dolor"**, que tiene como investigador/a principal al Dr/a. José Luis Sánchez Sánchez

A la vista de la documentación presentada, este Comité ha acordado **informar favorablemente** el proyecto de investigación con nº de registro **550**, ya que cumple los requisitos éticos requeridos para su ejecución.

Y para que así conste lo firmo en Salamanca a 25 de marzo de 2021

MUÑOZ DE LA
PASCUA LUIS JOSE
- DNI 31238752Z

Firmado digitalmente por
MUÑOZ DE LA PASCUA LUIS
JOSE - DNI 31238752Z
Fecha: 2021.03.25 10:25:20
+01'00'

Firmado por CALVO ANDRES JOSE
JULIAN - 07793011J el día
25/03/2021 con un certificado
emitido por AC FNMT Usuarios

Fdo.: Luis Muñoz de la Pascua
Secretario del CBE

Fdo.: José Julián Calvo Andrés
Presidente del CBE



Impreso CBE-A1

HOJA DE INFORMACIÓN AL PARTICIPANTE Y CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN EN PERSONAS CON PLENA CAPACIDAD

Título: Influencia de la electrólisis percutánea en la modulación endógena del dolor.

I.P.: José Luis Sánchez Sánchez.

Introducción

Se le ha invitado a participar en un estudio de investigación. Por favor, tómese el tiempo que necesite para leer la siguiente información y consultar lo que desee. Pregúntele al/la investigador/a de este estudio si hay algo que no le queda claro o si desea obtener más información.

El presente estudio profundiza en los posibles efectos de la electrólisis percutánea en la modulación endógena del dolor. Dicha técnica se engloba dentro de la fisioterapia invasiva y consiste en la aplicación de una corriente galvánica a través de una aguja de acupuntura insertada de forma ecoguiada en el lugar de la lesión, con el objetivo de reactivar el proceso inflamatorio local y la reparación del tejido blando afectado.

La evidencia científica actual nos indica que la electrólisis percutánea se ha mostrado efectiva en el abordaje de pacientes con diversos trastornos musculoesqueléticos. Sin embargo, aún se desconocen la mayoría de los mecanismos que subyacen a estos resultados clínicos. Por tanto, esta investigación se centra en buscar posibles explicaciones relacionadas con los cambios que se producen en el procesamiento del dolor cuando se aplica esta técnica.

Objetivo del estudio

El objetivo general del estudio es analizar los cambios producidos por la electrólisis percutánea en la modulación endógena del dolor en sujetos sanos. Las variables elegidas para recoger información sobre dicha modulación son la sumación temporal, el umbral de dolor a la presión y la modulación condicionada del dolor.

Este proyecto ha sido informado favorablemente por el Comité de Bioética de la Universidad de Salamanca y sigue las recomendaciones éticas de la declaración de Helsinki.

Procedimientos

Los participantes serán divididos en tres grupos de forma aleatoria y con asignación oculta. En todos los grupos la intervención consiste en la introducción de una aguja de acupuntura en el tendón común del epicóndilo del codo derecho durante 90 segundos. Dos de los grupos recibirán además el paso de la corriente galvánica a través de la aguja (electrólisis percutánea), mientras que en el otro grupo simplemente se mantendrá la aguja sin corriente (para que sirva de comparación).

Antes y después de la intervención, se evaluarán las variables relacionadas con el procesamiento del dolor a través de distintos procedimientos realizados con un algómetro o dolorímetro de presión, que se utiliza para la medición del umbral del dolor. Las valoraciones se realizarán en el hombro, en el codo y en la pierna derechas. Como se ha comentado anteriormente, con estas mediciones obtendremos información sobre la sumación temporal, el umbral de dolor a la presión y la modulación condicionada del dolor.

Ver 12/20

1

Durante la realización del estudio Ud. tendrá que colaborar activamente en el proceso de valoración de estas variables indicando el momento en el que los estímulos de presión aplicados por el examinador se vuelven dolorosos. El investigador le explicará con detalle los procedimientos y Ud. podrá preguntar las dudas e incluso realizar un ensayo para familiarizarse con el método.

Principio de no maleficencia: Riesgos y molestias

La participación en este estudio no supone ningún riesgo más que los derivados de la introducción de la aguja de acupuntura (inflamación de la zona de punción, pequeños hematomas...). Estos efectos secundarios son poco frecuentes, y en caso de aparecer, no suelen durar más de 1 o 2 días.

Además, Ud. también podrá experimentar cierta molestia durante la inserción de la aguja y/o con la aplicación de la corriente galvánica a través de la misma, pero en todo momento será soportable. Por otra parte, en el momento de la evaluación, se aplicarán estímulos de presión que llegarán hasta la primera barrera del dolor pero nunca se sobrepasará y, por lo tanto, solo sentirá una molestia momentánea.

Cesión de datos o muestras

En caso de que sus datos sean cedidos a otros grupos de investigación, se realizará siempre según la legislación vigente, con sus datos codificados, y para realizar exclusivamente estudios relacionados con los objetivos de este trabajo, y con previa autorización del Comité de Bioética de la Universidad de Salamanca. En caso de que los objetivos del trabajo de investigación propuesto por otros grupos de investigación sean diferentes a los del presente proyecto, se le solicitará un nuevo consentimiento.

Principio de autonomía y beneficios de su participación: Participación y retirada voluntarias

Usted puede decidir libremente si desea o no tomar parte en este estudio, la participación es totalmente voluntaria. Si decide participar, sigue teniendo la posibilidad de retirarse en cualquier momento y sin tener que dar explicaciones, y sin penalización alguna ni consecuencias negativas para Ud. Su decisión de retirarse no le afectará para nada. Si decide participar, debe comprometerse a realizar lo mejor posible lo que le indique el equipo investigador.

Aunque Ud. no se beneficie directamente de su participación en este estudio, estará colaborando en el desarrollo del conocimiento científico en fisioterapia y, en concreto, en la técnica de electrólisis percutánea y en el abordaje de los trastornos musculoesqueléticos.

Derecho a la información

- ☐ Sí deseo obtener los resultados de la investigación que sean relevantes para mí.
☐ No deseo recibir información.

La información se le hará llegar por correo electrónico a la dirección que deje aquí reflejada:

_____.

Confidencialidad y medidas de seguridad

Toda la información utilizada durante este estudio se tratará de manera estrictamente confidencial de acuerdo con la política de privacidad (ver hoja adjunta).

Se ha establecido un sistema de anonimización efectivo que no permite la identificación posterior de los participantes. En ningún caso se juntarán los consentimientos otorgados, donde sí se identifica a los participantes, con los cuestionarios o el resto de información utilizada en el estudio. En el uso que se realice de los resultados del estudio, con fines de docencia, investigación y/o publicación, se respetará siempre la debida anonimización de los datos de carácter personal, de modo que los participantes de la investigación no resultarán identificados o identificables.

Si los resultados del estudio fueran susceptibles de publicación en revistas científicas, en ningún momento se proporcionarán datos personales de los/las participantes en esta investigación.



Es importante que no comente las características de los procedimientos o los objetivos de este estudio hasta que haya concluido toda la investigación.

Datos de contacto del equipo investigador:

Nombre: José Luis Sánchez Sánchez

Teléfono: 923-294-590

Nombre: Sergio Varela Rodríguez

Teléfono: 650-300-373

Nombre: Juan Luis Sánchez González

Teléfono: 923-294-500



POLÍTICA DE PRIVACIDAD

¿Quién trata sus datos?

El responsable del tratamiento de sus datos es:

Universidad de Salamanca
C.I.F. Q3718001E
C/ Patio de las Escuelas Menores, nº 1
C.P. 37008, Salamanca

¿Cómo puede contactar con nuestro delegado de protección de datos?

El delegado de protección de datos es la persona encargada de supervisar que cumplimos las normas sobre protección de datos y ayudarte. Si tienes alguna duda o consulta sobre cómo tratamos los datos puedes contactar con el delegado de protección de datos en: dpd@usal.es

¿Para qué tratamos sus datos? ¿Por qué y con qué base legal tratamos tus datos?

Trataremos sus datos con el fin de gestionar su participación en el Proyecto de Investigación. Sus datos serán tratados en virtud de:

Su consentimiento (artículo 6.1.a) RGPD), para participar en el Proyecto, y la publicación de los resultados, en su caso, con relación a las referencias biográficas cuya publicación pudiera ser necesaria en el Proyecto.

Cumplimiento de una misión realizada en interés público o en el ejercicio de poderes públicos conferidos al responsable del tratamiento (art. 6.1.e) RGPD) conforme a las competencias atribuidas a la Universidad en virtud de los artículos 1 y 39 y siguientes de Ley Orgánica 6/2001, de 21 de diciembre, de Universidades.

¿Con quién compartimos sus datos?

▪ Únicamente se comunicarán los datos sin necesidad de otorgar consentimiento a requerimiento de autoridades.

En estos casos, la Universidad antes de poner los datos a disposición de terceros se asegura de que estas autoridades solicitan y acceden a los datos de acuerdo con las Leyes.

¿Cuánto tiempo conservaremos los datos?

▪ Los datos se utilizarán durante toda la investigación hasta, en su caso, la emisión de un informe o la publicación de los resultados de la misma.

▪ La información se conservará debidamente bloqueada por los periodos adicionales necesarios para la prescripción de eventuales responsabilidades legales.

▪ La información con valor histórico se conservará de forma indefinida previa aprobación de la Comisión de Expurgo en virtud de lo regulado en la Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español y la normativa específica aplicable en su caso

¿Cómo protegemos la información?

Como Administración pública, aplicamos las medidas técnicas y organizativas que nos dicta el Esquema Nacional de Seguridad. Este contempla una serie de recomendaciones para tratar de garantizar la seguridad de los sistemas de información y así evitar el robo, alteración o accesos no autorizados a datos.

En caso de subcontratación de servicios, exigiremos y velaremos para que el encargado del tratamiento aplique medidas análogas a las del Esquema Nacional de Seguridad.



¿Qué derechos tiene?

Para poder mantener en todo momento el control sobre sus datos tienes derecho a acceder a su información personal, así como a solicitar la rectificación de los datos inexactos o, en su caso, solicitar su cancelación o supresión. En determinadas circunstancias, y por motivos relacionados con su situación particular, podrá oponerse al tratamiento de sus datos. De igual forma, puede ejercer el derecho de limitación del tratamiento de su información personal, solicitándonos su conservación y también la portabilidad de sus datos.

El ejercicio de derechos es personal y por ello necesitamos identificarle de modo inequívoco. Puedes ejercer tus derechos de dos modos:

- Mediante el envío de un mensaje de correo electrónico.

Para ello, utilice esta dirección: dpd@usal.es. Únicamente atenderemos las solicitudes que se realicen desde cuentas de correo electrónicos proporcionadas por la Universidad de Salamanca o que consten en nuestras bases de datos previa identificación de su titular.

- Mediante la presentación de un escrito en nuestro Registro o por correo postal dirigido a:

Secretaría General
Universidad de Salamanca.
C.I.F. Q3718001E
C/ Patio de las Escuelas Menores, nº 1
C.P. 37008, Salamanca

Debe aportar la siguiente documentación acreditativa:

- Acreditación de la identidad del interesado mediante cualquier documento válido, como DNI o pasaporte.
- Nombre y apellidos del interesado o, cuando corresponda, de la persona que le represente, así como el documento acreditativo de tal representación.
- Petición en que se concreta la solicitud.
- Dirección a efectos de notificaciones, fecha y firma del solicitante.
- Documentos acreditativos de la petición que formulas, si corresponde.
- En caso de la rectificación o cancelación, indicación del dato a rectificar o cancelar y la causa que lo justifica.

¿Quién garantiza sus derechos? ¿Ante quién puede reclamar?

En caso de que desee presentar una reclamación u obtener información adicional sobre la regulación del tratamiento de datos personales en España, la autoridad competente es la Agencia Española de Protección de Datos (Jorge Juan, 6 28001-Madrid).



CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PERSONAS CON PLENA CAPACIDAD

Título: Influencia de la electrólisis percutánea en la modulación endógena del dolor.

Yo (Nombre, Apellidos y DNI) _____

He podido hacer preguntas sobre el estudio.

He recibido suficiente información sobre el estudio.

He leído la hoja de información que se me ha entregado.

Estoy informado del modo en que serán tratados mis datos.

He hablado con el/la Investigador/a _____

Comprendo que mi participación es voluntaria.

Comprendo que puedo retirarme del estudio:

1º Cuando quiera.

2º Sin tener que dar explicaciones.

3º Sin que tenga ninguna repercusión negativa.

Acepto voluntariamente participar en el Proyecto y autorizo el uso de toda la información obtenida.

Entiendo que recibiré una copia firmada de este consentimiento informado.

Firma del/la participante

Fecha

Nombre y firma del/la investigador/a

Fecha



REVOCACIÓN DEL CONSENTIMIENTO

Revoco el consentimiento prestado en fecha _____ para participar en el proyecto titulado
“ _____ ” y, para que así conste, firmo la
presente revocación.

En _____, a _____ de _____ de 20____.

Firma del/la participante

Fecha

Nombre y firma del/la investigador/a

Fecha

ANEXO III. Hoja de recogida de datos.

HOJA DE RECOGIDA DE DATOS

VARIABLES SOCIODEMOGRÁFICAS	
Identificador:	Fecha de nacimiento:
Sexo:	Talla (m):
Peso (Kg):	Índice de Masa Corporal (kg/m ²):
Fumador (sí/no):	Nº de cigarrillos por día:
Días desde la última menstruación:	EVA dolor durante intervención:

UMBRAL DE DOLOR A LA PRESIÓN PRE-INTERVENCIÓN				
Localización	1ª	2ª	3ª(*)	Media final
<i>Tendón del epicóndilo</i>				
<i>Tibial anterior</i>				
<i>Corredora bicipital</i>				

UMBRAL DE DOLOR A LA PRESIÓN POST-INTERVENCIÓN				
Localización	1ª	2ª	3ª(*)	Media final
<i>Tendón del epicóndilo</i>				
<i>Tibial anterior</i>				
<i>Corredora bicipital</i>				

MODULACIÓN CONDICIONADA DEL DOLOR PRE-INTERVENCIÓN					
Localización	1ª	2ª	3ª(*)	Media	Final
<i>Tendón del epicóndilo</i>					
<i>Tibial anterior</i>					
<i>Corredora bicipital</i>					

MODULACIÓN CONDICIONADA DEL DOLOR POST-INTERVENCIÓN					
Localización	1ª	2ª	3ª(*)	Media	Final
<i>Tendón del epicóndilo</i>					
<i>Tibial anterior</i>					
<i>Corredora bicipital</i>					

SUMACIÓN TEMPORAL PRE-INTERVENCIÓN			
Localización	1º	10º	Final
<i>Tendón del epicóndilo</i>			
<i>Tibial anterior</i>			
<i>Corredora bicipital</i>			

SUMACIÓN TEMPORAL POST-INTERVENCIÓN			
Localización	1º	10º	Final
<i>Tendón del epicóndilo</i>			
<i>Tibial anterior</i>			
<i>Corredora bicipital</i>			

CUESTIONARIO INTERNACIONAL DE ACTIVIDAD FÍSICA (IPAQ)

Nos interesa conocer el tipo de actividad física que usted realiza en su vida cotidiana. Las preguntas se referirán al tiempo que destinó a estar activo/a en los últimos 7 días. Por favor responda a cada pregunta aún si no se considera una persona activa. Piense acerca de las actividades que realiza en su trabajo, como parte de sus tareas en el hogar o en el jardín, moviéndose de un lugar a otro, o en su tiempo libre para la recreación, el ejercicio o el deporte.

- Actividades físicas **intensas** implican un esfuerzo físico intenso y le hacen respirar mucho más intensamente que lo normal.
- Actividades físicas **moderadas** requieren un esfuerzo físico moderado y le hacen respirar algo más intensamente que lo normal.

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