



**UNIVERSIDAD
DE ALMERÍA**

**ENFOQUE BIOPSIKOSOCIAL EN EL ENTRENAMIENTO
NEUROMUSCULAR Y EDUCACIÓN EN NEUROCIENCIA DEL
DOLOR COMO TRATAMIENTO PARA EL DOLOR LUMBAR
CRÓNICO: PROPUESTA DE INTERVENCIÓN**

BIOPSYCHOSOCIAL APPROACH TO NEUROMUSCULAR TRAINING
AND PAIN NEUROSCIENCE EDUCATION AS A TREATMENT FOR
CHRONIC LOW BACK PAIN: A PROPOSAL FOR INTERVENTION

ISMAEL GARCÍA VIDAL

Tutora: GLORIA PERAZZOLI

Facultad de Educación

Ciencias de la Actividad Física y el Deporte

Convocatoria junio 2022

Resumen:

Introducción: El dolor lumbar crónico no específico es uno de los problemas más comunes e importantes en la sociedad y es una de las principales causas de discapacidad en todo el mundo. Hasta la fecha, el tratamiento para el dolor lumbar crónico no específico ha estado basado en un modelo de tratamiento biomédico que trata de explicar la experiencia de los pacientes con el dolor desde una perspectiva tisular. Es necesario plantear un abordaje basado en un modelo biopsicosocial que ayude a comprender el procesamiento del dolor y que tenga en cuenta las relaciones entre el componente biológico, el estado psicológico y el contexto sociocultural. Las personas con dolor lumbar crónico no específico suelen tener inestabilidad funcional, función neuromuscular defectuosa y control motor alterado, por lo tanto, se sugiere que el entrenamiento neuromuscular es necesario para mejorar la percepción del dolor en estos pacientes.

Metodología: Para la realización de este trabajo se ha llevado a cabo una revisión en diferentes bases de datos con los siguientes criterios de inclusión: artículos publicados en español o inglés, estudios llevados a cabo en pacientes diagnosticados de dolor lumbar crónico con una duración igual o superior a tres meses, participantes mayores de 18 años, intervención realizada basada en la educación en neurociencia del dolor en combinación con ejercicio y artículos con fecha de publicación posterior a 2010.

Propuesta de intervención: Este trabajo presenta una propuesta de intervención enfocada en la creación de un protocolo de actuación basado en el modelo biopsicosocial cuyo objetivo es determinar la efectividad del uso de educación en neurociencia del dolor combinado con entrenamiento neuromuscular como tratamiento para pacientes con dolor lumbar crónico no específico.

Conclusión: Una intervención multimodal entre la educación en neurociencia del dolor y el entrenamiento para el tratamiento del dolor lumbar crónico parece ser más efectiva, reduciendo la intensidad del dolor, la discapacidad, la kinesiofobia y el catastrofismo a corto y medio plazo. Se necesita un mayor desarrollo de un verdadero modelo biopsicosocial, en el que los tres campos estén más integrados de lo que se ha presentado.

Palabras clave: dolor, crónico, dolor lumbar crónico, educación en neurociencia del dolor, entrenamiento, ejercicio, modelo biopsicosocial

Abstract:

Introduction: Chronic non-specific low back pain is one of the most common and important problems in society, being one of the main causes of disability worldwide. To date, treatment for chronic non-specific low back pain has been based on a biomedical treatment model that attempt to explain patients' experience of pain from a tissue perspective. People with chronic non-specific low back pain typically have functional instability, impaired neuromuscular function, and impaired motor control, suggesting neuromuscular training to improve pain perception in these patients. Therefore, an approach based on a biopsychosocial model must be proposed that helps to understand the processing of pain and that considers the relationships between the biological component, the psychological state and the sociocultural context.

Methodology: For the realization of this work, a review has been carried out in different databases analyzing articles published in Spanish or English, which were carried out in patients diagnosed with chronic low back pain with a duration equal to or greater than three months, participants older than 18 years and an intervention based on pain neuroscience education in combination with exercise. All of them with a publication date after 2010.

Intervention proposal: This work presents an intervention proposal focused on the creation of a protocol based on the biopsychosocial model whose objective is to determine the effectiveness of the use of pain neuroscience education combined with neuromuscular training as a treatment for patients with chronic non-specific low back pain.

Conclusion: A multimodal intervention between pain neuroscience education and training for the treatment of chronic non-specific low back pain seems to be more effective, reducing pain intensity, disability, kinesiophobia and catastrophism in the short and medium term. Further development of a true biopsychosocial model is needed, in which an integration of the three fields, biological, psychological and sociocultural, is carried out.

Keywords: pain, chronic, chronic low back pain, pain neuroscience education, training, exercise, biopsychosocial model

Índice de contenidos:

1. Introducción	1
1.1 <i>Dolor lumbar</i>	1
1.2 <i>Modelos de tratamiento</i>	3
1.3 <i>Educación en neurociencia del dolor</i>	5
1.4 <i>Entrenamiento neuromuscular</i>	6
2. Metodología	7
2.1 <i>Diseño</i>	7
2.2 <i>Fuentes de datos</i>	7
2.3 <i>Criterios de inclusión y exclusión</i>	7
2.4 <i>Estrategia de búsqueda</i>	7
3. Propuesta de intervención	8
3.1 <i>Fase 1: Educación en neurociencia del dolor</i>	10
3.2 <i>Fase 2: Entrenamiento neuromuscular de control motor</i>	10
3.2.1 <i>Subfase 1: Conciencia y control motor</i>	12
3.2.2 <i>Subfase 2: Ejercicios dinámicos</i>	13
3.2.3 <i>Subfase 3: Ejercicios funcionales. Fuerza y potencia.</i>	14
4. Resultados	15
4.1 <i>Recopilación y gestión de datos</i>	16
4.2 <i>Análisis estadístico</i>	16
5. Discusión	17
6. Conclusiones	19
7. Bibliografía	20

1. Introducción

1.1 Dolor lumbar

El dolor lumbar es uno de los problemas más comunes e importantes en la sociedad industrial y actualmente es la principal causa de discapacidad en todo el mundo (Vos et al., 2017). Es uno de los trastornos musculoesqueléticos más comunes, que afectan del 70% al 85% de todos los adultos en algún momento de su vida (Roussel et al., 2013). Además, es gravemente incapacitante y se caracteriza por un tremendo impacto socioeconómico y personal, con bajas por enfermedad a largo plazo, baja calidad de vida y altos costes socioeconómico (Malfliet et al., 2017).

La clasificación del dolor lumbar abarca tres fuentes distintas: lumbosacro axial, radicular y dolor referido. El dolor lumbosacro axial se refiere al dolor en la zona lumbar o a la región de unión vertebral y columna sacra L1-5 y S1. El dolor radicular (Fig 1) se produce por inflamación o compresión de un nervio espinal, en el caso del dolor radicular de la pierna, puede producirse en el nervio o por irritación de un ganglio de la raíz dorsal. El dolor referido se percibe en regiones inervadas diferentes al sitio de estimulación nociva, además se propaga a una región alejada de su origen, pero a lo largo de una trayectoria no dermatomal (Urits et al., 2019). Se denomina dolor lumbar agudo cuando persiste por más de 6 semanas, subagudo entre 6 semanas y 3 meses y crónico cuando perdura por más de 3 meses (van Tulder et al., 2002). En la mayoría de casos de dolor lumbar crónico no presenta una etiología clara, y por tanto, es utilizado el término ‘no específico’ (Cortell-Tormo et al., 2018).

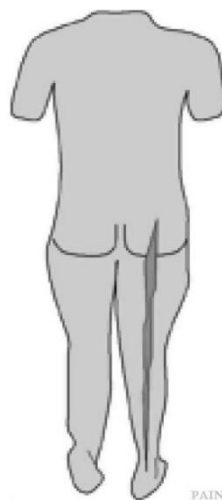


Fig 1. Una ilustración del trayecto del dolor lumbar radicular viajando a través del miembro inferior. Basado en (Bogduk, 2009).

El dolor lumbar crónico no específico provoca anomalías del procesamiento nociceptivo como las alteraciones de la actividad y morfología cerebral y la hiperexcitabilidad del sistema nervioso central (Malfliet et al., 2017). Esta hiperexcitabilidad central podría explicar la hiperalgesia mecánica, la alodinia y el dolor referido que se observan con frecuencia en síndromes de dolor crónico (Roussel et al., 2013). Estos cambios pueden permanecer mucho tiempo después de que la entrada nociceptiva haya desaparecido. Este proceso y el estado de hiperexcitabilidad de la neurona espinal se conocen como sensibilización central. La sensibilización central abarca el procesamiento sensorial alterado en el cerebro, el mal funcionamiento de los mecanismos inhibidores descendentes del dolor, aumento de la actividad de las vías facilitadoras del dolor y a largo plazo potenciación de las sinapsis neuronales en la corteza cingulada anterior (Van Oosterwijck et al., 2013). Por lo tanto, se podría decir que cuando el sistema nervioso central está sensibilizado, el mínimo (o ningún) daño tisular es necesario para inducir dolor. Esto puede explicar la discrepancia entre la ausencia de daño tisular en los resultados de las pruebas por imágenes y la aparición de dolor persistente (Roussel et al., 2013).

Es necesaria una distinción entre el concepto de nocicepción y dolor. La nocicepción implica la estimulación de los nervios que transmiten información al cerebro sobre posibles daños en los tejidos. Por el contrario, el dolor es la percepción subjetiva que resulta de la transmisión y modulación de la información sensorial (Gatchel et al., 2007).

Según Nijs y colaboradores en 2014 (Nijs et al., 2014) se demuestra una pérdida del volumen de materia gris en pacientes con dolor lumbar crónico en comparación con pacientes sanos, más específicamente en la corteza prefrontal dorsolateral, tálamo, tronco encefálico y corteza somatosensorial, que se correlacionó fuertemente con la duración e intensidad del dolor. Además, se demostró que muchos de los cambios en la materia gris observados en pacientes con dolor disminuyeron con el cese del dolor. Esto sugiere, que las anomalías de la materia gris encontradas en las personas con dolor lumbar crónico no reflejan daño cerebral, sino más bien una consecuencia reversible del dolor crónico, que se normaliza cuando el dolor se trata adecuadamente. Así pues, resulta necesario un abordaje independiente a la patología primaria, ya que las consecuencias del dolor persistente (o patología secundaria), incluido el miedo al movimiento, la catastrofización del dolor, la ansiedad y la sensibilización del sistema nervioso parecen ser los principales contribuyentes al dolor y la discapacidad en estas condiciones (Booth et al., 2017).

1.2 Modelos de tratamiento

El modelo biomédico tradicional de la medicina deportiva sugiere que todo proceso patológico (enfermedad o lesión) puede ser explicado por una desviación subyacente de las funciones normales. El modelo sugiere que la patología y los síntomas están correlacionados de tal manera que una mayor expresión de síntomas en el paciente indicaría una mayor patología subyacente.

Este modelo propone que una simple corrección de la patología con un tratamiento, dará como resultado la eliminación de los síntomas y la posterior restauración de las funciones normales del paciente (Puentedura & Louw, 2012). Además, trata de explicar la experiencia de los pacientes con el dolor desde una perspectiva tisular, ya sea contrastando tejidos sanos (anatomía) y lesionados (anatomía patológica) o destacando una desviación mecánica de patrones normales de movimiento (biomecánica) o un estado de enfermedad como cambios degenerativos (anatomía patológica).

Aunque estos modelos pueden tener valor clínico en fases más agudas de una lesión o cirugía, carecen de la capacidad de explicar problemas complejos asociados con dolor, incluyendo sensibilización central y periférica, facilitación e inhibición y neuroplasticidad, todos los cuales están implicados en situaciones más complejas y en estados de dolor persistente (Louw et al., 2016).

Este enfoque tradicional adoptó un punto de vista dualista que conceptualizaba la mente y el cuerpo de manera independiente. La incompatibilidad de este modelo dual contribuyó a un reconocimiento creciente de los factores psicosociales, como el estrés emocional, ya que estos podrían influir en la notificación de síntomas, trastornos médicos y la respuesta al tratamiento. Posteriormente la medicina del comportamiento y la psicología de la salud obtuvieron un crecimiento notable y como consecuencia de este reconocimiento se desarrolló el modelo biopsicosocial.

Para comprender completamente la percepción de una persona y su respuesta al dolor, es necesario tener en cuenta las relaciones entre el componente biológico, el estado psicológico y el contexto sociocultural (Gatchel et al., 2007).

En los últimos años se ha producido un cambio en la información al paciente, se ha evidenciado un descenso en la utilización del modelo biomédico en el tratamiento de pacientes con dolor crónico y ha aumentado la evidencia científica en torno a un modelo biopsicosocial como educación para pacientes con dolor crónico.

El modelo biopsicosocial es más comprensivo (Fig 2) , ya que pone al paciente en el centro del modelo y abarca más allá de los factores biológicos (anatomía, fisiología y fisiopatología) en el funcionamiento humano, abordando lo psicológico (pensamientos, emociones y comportamientos) y factores sociales (trabajo, estatus, cultura, religión) que pueden desempeñar un papel importante en el funcionamiento del proceso lesional de una persona (Puentedura & Louw, 2012).

El conocimiento de la anatomía es esencial para los terapeutas encargados del tratamiento de pacientes con dolor y tiene un valor significativo en el desarrollo de un conocimiento fundamental del cuerpo humano. Además, también tiene el potencial de explicar el dolor a los pacientes en las etapas agudas de una lesión. En los estados de dolor agudo, el conocimiento de la anatomía puede ayudar a un paciente a comprender por qué puede estar experimentando dolor, pero este componente en solitario tiene una capacidad limitada para explicar el dolor persistente (Gatchel et al., 2007).

Este modelo incluye una mayor comprensión de cómo procesa el sistema nervioso las lesiones, enfermedades, dolor, amenazas y emociones (Puentedura & Louw, 2012). Más importante aún, intenta quitar el foco de los problemas asociados con las estructuras anatómicas, ya que eso podría generar más hipervigilancia y miedo al movimiento (Louw et al., 2016).

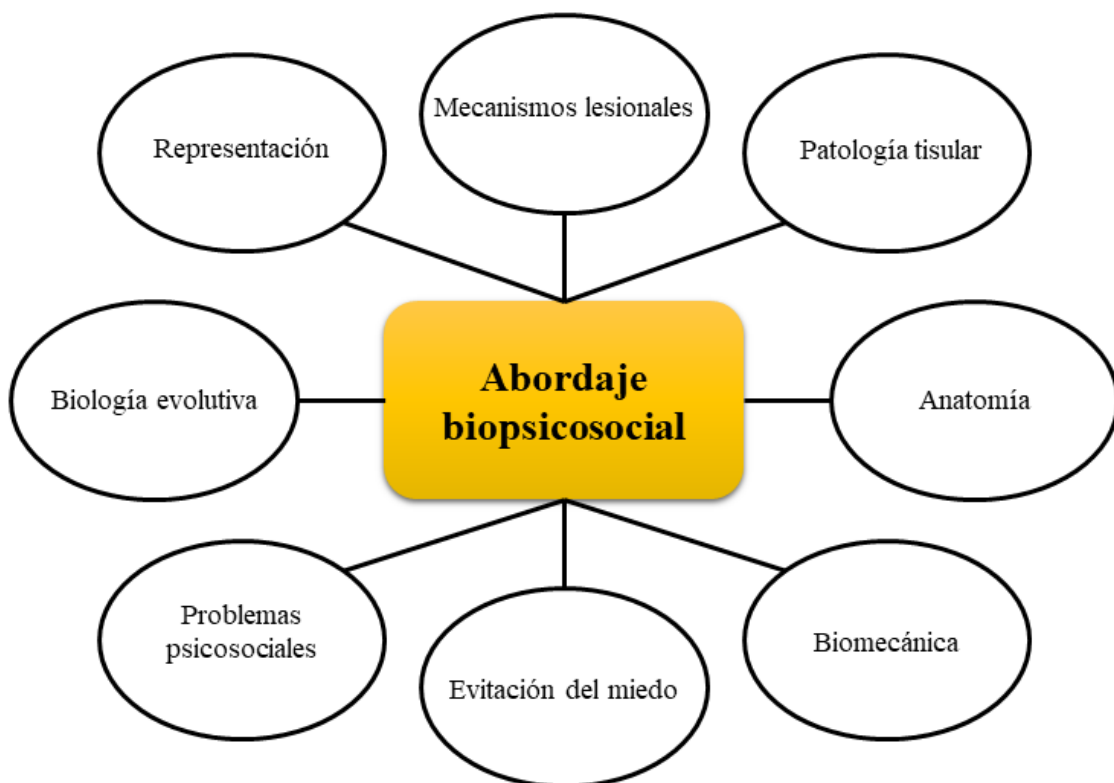


Fig 2. Modelo conceptual de un abordaje biopsicosocial (Adaptada de Puentedura & Louw, 2012).

1.3 Educación en neurociencia del dolor

Las conceptualizaciones modernas del dolor consideran al dolor un protector en lugar de un marcador del estado del tejido, esto es una mejor suposición en comparación a que se asuma que ese tejido está en peligro y requiere de una acción protectora. A medida que el dolor persiste, el sistema de transmisión de peligro (vías nociceptivas) y los mecanismos que subsisten al dolor en sí mismos se vuelven más sensibles (G. L. Moseley & Butler, 2015).

Dado que la sensibilización central es un fenómeno frecuente en pacientes con dolor crónico, se necesita un nuevo enfoque de la educación, uno que se dirija a la neurociencia del dolor en lugar de centrarse en el dolor nociceptivo (Larsen et al., 2020).

La educación en neurociencia del dolor (END) tiene como objetivo la reconceptualización del dolor, explicando que es un proceso neurológico y que, en lugar del daño tisular local, la hipersensibilidad del sistema nervioso central puede ser la causa del problema. Además, reduce la ansiedad y el miedo al movimiento de los pacientes, ya que les permite comprender la controversia que rodea su dolor, incluida la falta de biomarcadores objetivos o hallazgos en pruebas por imagen (Malfliet et al., 2017).

El campo de la neurociencia ha contribuido a un mejor entendimiento de los mecanismos básicos en el procesamiento del dolor. Explicar el dolor mediante una serie de intervenciones educativas puede cambiar la comprensión de una persona sobre los procesos biológicos que se cree que sustentan el dolor como un mecanismo para reducir el dolor en sí (G. L. Moseley & Butler, 2015).

Existen estudios como el de Nijs y colaboradores (Nijs et al., 2014) donde se demuestra que los pacientes con dolor lumbar crónico muestran cambios en las disfunciones periféricas y alteraciones en la estructura y función cerebral, por lo tanto, los tratamientos para el dolor lumbar crónico deben abordar tanto las disfunciones periféricas de los músculos espinales y las articulaciones, como también el cerebro, lo que significa que la END debería ser seguida de un tratamiento específico de la disfunción del movimiento.

1.4 Entrenamiento neuromuscular

Según el estudio de Ramón-Martín y Rodríguez-Nogueira (Ramón-Martín & Rodríguez-Nogueira, 2021), existe evidencia de que el ejercicio en sí mismo es beneficioso para el tratamiento del dolor crónico, ya que mejora todos los factores que están relacionados con el mismo. Además, la actividad física aumenta la capacidad, funcionalidad, funciones psicológicas y calidad de vida del paciente.

Estas mejoras se consiguen mediante el entrenamiento de fuerza, sin embargo, es sabido que las personas con dolor lumbar crónico suelen tener inestabilidad funcional, función neuromuscular defectuosa y control motor alterado, por lo tanto, se sugiere que el entrenamiento neuromuscular es importante y necesario para mejorar la eficacia de los programas de entrenamiento para estos pacientes (Nijs et al., 2014).

Existen algunas diferencias entre el entrenamiento de fuerza y el entrenamiento neuromuscular. El objetivo de los programas de entrenamiento neuromuscular consiste en mejorar el control motor de forma multiarticular y lograr una estabilidad funcional compensatoria adecuada para las acciones de la vida diaria, mientras que el entrenamiento tradicional de fuerza se suele centrar más en el entrenamiento de estructuras específicas y aisladas, es decir, disminuyendo la acción de las estructuras adyacentes.

El control motor (también llamado control neuromuscular) es la capacidad de producir movimiento controlado a través de la actividad muscular coordinada, y la estabilidad funcional (también llamada estabilidad dinámica) es la capacidad de la articulación para permanecer estable durante la actividad física (Ageberg et al., 2010).

Debido a la importancia de adoptar un modelo biopsicosocial en el tratamiento de pacientes con dolor lumbar crónico y los beneficios de la END, el objetivo de este estudio es analizar los efectos de un programa de entrenamiento neuromuscular y educación en neurociencia del dolor dentro de un enfoque biopsicosocial respecto al dolor lumbar crónico.

2. Metodología

2.1 Diseño

En este estudio se presenta una propuesta de intervención enfocada en la creación de un protocolo de actuación basado en el modelo biopsicosocial.

2.2 Fuentes de datos

La búsqueda de artículos se ha realizado utilizando las bases de datos: PubMed, Scopus, Web of Science y SPORTDiscus entre los meses de diciembre 2021 a febrero de 2022.

2.3 Criterios de inclusión y exclusión

Para seleccionar los estudios sobre la temática propuesta, se establecieron los siguientes criterios de inclusión y exclusión.

Criterios de inclusión: a) artículos publicados en español o inglés; b) estudios llevados a cabo en pacientes diagnosticados de dolor lumbar crónico con una duración igual o superior a tres meses; c) participantes mayores de 18 años; d) intervención realizada basada en la END en combinación con ejercicio; e) artículos con fecha de publicación posterior a 2010.

Criterios de exclusión: a) artículos publicados en un idioma diferente al español o inglés; b) participantes con dolor lumbar secundario, cirugías u otras patologías.

2.4 Estrategia de búsqueda

La estrategia de búsqueda se realizó teniendo en cuenta los siguientes términos (MeSH) y operadores booleanos: «low back pain» OR «back pain» AND «pain neuroscience education» AND «exercise» OR «training» para todas las bases de datos revisadas.

3. Propuesta de intervención

La propuesta de intervención consta de 2 fases (Fig 3), una primera fase de END y en la segunda fase se introducirá el entrenamiento neuromuscular.



Fig 3. Ilustración de las fases de la propuesta de intervención.

Para llevar a cabo esta intervención se contará con 40 pacientes diagnosticados de dolor lumbar crónico no específico, cuya evaluación inicial se llevará a cabo en el laboratorio del grupo de investigación Sport Research Group CTS-1024 en la Universidad de Almería. La toma de datos sociodemográficos de los pacientes incluirá sexo, edad, altura, masa corporal, IMC, tiempo transcurrido desde el diagnóstico, comorbilidades y puntuación en la escala de dolor.

Los pacientes participarán en la intervención realizada en la Universidad de Almería y durante 13 semanas recibirán 26 sesiones de END, 2 antes del comienzo del programa de entrenamiento que hacen referencia a la fase 1 y las 24 sesiones restantes se incluirán simultáneamente durante las sesiones del programa de entrenamiento (2 veces por semana), con el objetivo de adaptar la END al paciente, sus características y la resolución de sus dudas.

Con el objetivo de detectar movimientos y actividades temidas, el paciente completará 2 formularios antes de la END. Estos formularios le pedirán al paciente que enumere los movimientos o actividades con los cuales cree que empeorarán sus molestias o que estarán limitados debido a su dolor, permitiendo detectar movimientos o actividades que deben abordarse durante la terapia. La escala de The Photograph Series of Daily Activities (PHODA) y el Fear of Daily Activities Questionnaire (FDAQ) serán utilizados para obtener una jerarquía de estos movimientos y actividades (George et al., 2009; Leeuw et al., 2007).

Las sesiones de END contendrán tópicos como la naturaleza multifactorial del dolor, sensibilización central, hiperalgesia, alodinia y plasticidad del cerebro, con el objetivo de proveer a los pacientes de un mejor entendimiento de su dolor y por lo tanto adhiriendo a los pacientes al tratamiento.

Generalmente, los primeros ejercicios del entrenamiento neuromuscular deberán reproducir un movimiento similar a la actividad final deseada, pero sin desarrollar una asociación entre el miedo/dolor con el movimiento.

Los ejercicios iniciales inducirán algo de miedo o estrés para generar una experiencia de aprendizaje satisfactoria con la intención de progresar en la confianza. Es importante remarcar que los ejercicios no se utilizarán con el objetivo de “entrenar” estructuras anatómicas, sino que será el método por el cual se intentará modular la respuesta del cerebro a un estímulo como es el entrenamiento.

3.1 Fase 1: Educación en neurociencia del dolor

El contenido de las sesiones educativas estará basado en el libro Explain Pain (Butler & Moseley, 2013), que habla de las características del dolor agudo y cómo el dolor se vuelve crónico (plasticidad del sistema nervioso, modulación, modificación, sensibilización central).

Esta transferencia de conocimientos se llevará a cabo mediante ejemplos, ilustraciones y metáforas. Podría ser de ayuda determinar si los pacientes han adoptado determinadas creencias en torno al dolor. Esto se realizará mediante el uso de un cuestionario de autovaloración como la escala de catastrofización del dolor (Sullivan et al., 1995). En el tratamiento del dolor lumbar crónico, es crucial no iniciar el entrenamiento de control motor antes de que el paciente haya adoptado las creencias adaptativas de su dolor.

3.2 Fase 2: Entrenamiento neuromuscular de control motor

El programa de entrenamiento neuromuscular y control motor constará de sesiones de entrenamiento individualizadas de 1 hora, dos veces a la semana durante 12 semanas, 24 sesiones en total. Los entrenadores especialmente formados para dirigir la intervención supervisarán a los pacientes durante las sesiones de entrenamiento, incluyendo la individualización en la selección de ejercicios, la carga y las progresiones en función de la capacidad e intensidad del dolor de los pacientes.

El programa de entrenamiento estará basado en los siguientes principios:

- a) Realización de movimientos activos con sinergias de todas las articulaciones.
- b) Mejora del control motor mediante ejercicios que se realizarán principalmente en cadenas cinéticas cerradas en diferentes posiciones (decúbito supino, decúbito prono, sedestación, bipedestación) para obtener una presión articular distribuida uniformemente por coactivación muscular.
- c) Mejora de las funciones posturales contra gravedad de los músculos encargados de la estabilización y absorción de fuerzas y la generación de respuestas posturales en la zona objetivo mediante el uso de movimientos voluntarios en otras extremidades.
- d) Obtención de equilibrio de los segmentos activados en situaciones estáticas y dinámicas sin movimientos compensatorios indeseados, con el objetivo de adquirir control postural en situaciones que se asemejen a las condiciones de la vida cotidiana (Ageberg et al., 2010).

Se preparará a los pacientes para un abordaje tempo-dependiente en el que realizarán el ejercicio durante un periodo de tiempo estipulado independientemente del dolor percibido, en lugar de un abordaje síntoma-dependiente donde dejarían de realizar el ejercicio cuando los pacientes percibiesen dolor. Un abordaje síntoma-dependiente puede facilitar la producción de señales de advertencia inespecíficas, y un abordaje tempo-dependiente puede desactivar las vías facilitadoras del dolor, ya que la hiperexcitabilidad central se ve reducida y aumenta el volumen cortical prefrontal (Nijs et al., 2014).

Las primeras sesiones de entrenamiento (2 semanas) consistirán en una selección de ejercicios a modo de calentamiento que incluirá 5 minutos de auto liberación miofascial con foam roller, seguido de un circuito de ejercicios individualizados que presentará: activación de la musculatura profunda del abdomen mediante la respiración, activación de los músculos de la cadena posterior, movilización de cadera y pelvis, rotaciones torácicas y búsqueda de ampliación del rango de movimiento en miembros superiores.

Cada ejercicio se realizará durante un número específico de repeticiones o tiempo de trabajo adaptado a las características del paciente y su dolor, durante 3-4 series con un corto periodo de tiempo de descanso entre ejercicio y serie.

La carga para cada ejercicio se determinará de acuerdo con la calificación del esfuerzo percibido en los músculos activos mediante el uso de la escala OMNI. El valor máximo 10 (extremadamente difícil) indica que el sujeto percibirá la serie realizada con un esfuerzo máximo, mientras que el valor 0 (extremadamente fácil) indica ningún esfuerzo en absoluto (Robertson et al., 2003). Se reajustará la carga cuando el paciente no pueda mantener la intensidad requerida.

El material utilizado variará en función del objetivo de la tarea y de las características del paciente. La realización adecuada de un ejercicio sin compensaciones indeseadas de otras estructuras marcará la posibilidad de progresión. La progresión se realizará cambiando diferentes variables del mismo ejercicio o patrón para volver a perturbar al sistema y forzarlo a buscar la mejor solución para estabilizarse bajo el principio de la autoorganización, que según Martín, es la exposición del sistema a multitud de cambios que puedan llevarlo a encontrar la solución, en un primer momento utilizando tareas que modifiquen las condiciones iniciales y progresivamente conducir al sujeto a formas más avanzadas del comportamiento (Martín, 2005).

El programa de entrenamiento se divide en 3 subfases (Tabla 1):

Tabla 1. Ejemplo de la progresión de las subfases en la fase de entrenamiento neuromuscular.

Subfase 1	Subfase 2	Subfase 3
Conciencia y control motor	Ejercicios dinámicos	Ejercicios funcionales
Respiración consciente en diferentes posiciones (supino, cuadrupedia, bipedestación, etc.) y activación consciente de la musculatura del core a través del bracing estático, puente de glúteo, plancha frontal.	Asociación/disociación del core en componentes rotacionales del movimiento y estabilidad en inclinación/rotación en diferentes planos (Dynamic deadbug, press Pallof en diferentes posiciones, mountain climbers, planchas y bird-dog en plano sagital, frontal y transversal).	Integración de la estabilidad del core con otras estructuras y fuerza y potencia de rotación (Sentadilla, zancadas, peso muerto a una pierna, alcances en el plano sagital, empujes y rotación en landmine, chop lifts en polea y lanzamiento de balón medicinal en plano sagital, frontal y transversal).

3.2.1 Subfase 1: Conciencia y control motor

Se empezará el entrenamiento con ejercicios que supongan mínimos esfuerzos por parte del paciente, ya que será más fácil que se produzcan pequeños cambios en la eficiencia muscular. Esta subfase del programa de entrenamiento incluye el reentrenamiento de los músculos profundos del abdomen que rodean la región lumbo-pélvica (multífido, transverso del abdomen, psoas diafragma y músculos del suelo pélvico) a través de la respiración en diferentes posiciones, con el objetivo de generar conciencia en los pacientes, ya que en pacientes con dolor lumbar existe una incapacidad de disociar estructuras (región lumbo-pélvica y columna) y un fallo en la activación de la musculatura encargada de generar estabilidad. En esta fase, además de la comunicación entre terapeuta y paciente, es esencial la interpretación de las señales de dolor.

Muchos pacientes con dolor lumbar crónico tienen la impresión de que sus músculos están dañados o sufriendo, pero según el estudio de Malfliet y colaboradores, donde demuestran que la evidencia indica que estos músculos muestran alteraciones en su función y que pueden o no estar relacionadas con la señal de dolor (Malfliet et al., 2017). Por lo tanto, se podría decir que el músculo raramente es la causa real del dolor y que el paciente debe ser consciente de que, durante la contracción muscular, el dolor percibido no está relacionado con el músculo en sí, sino más bien con una respuesta del cerebro y un procesamiento nociceptivo central.

La progresión de los ejercicios deberá desarrollarse hacia los movimientos y acciones temidas por el paciente (ejemplo: inclinarse hacia delante). Precisamente este tipo de ejercicios y acciones son las que deben realizarse en el entrenamiento, de esta manera podemos asegurar que el programa de entrenamiento será individualizado. En esta subfase se propondrá un segundo circuito de activación y movilidad que presentará: activación de la musculatura profunda del abdomen mediante contracción isométrica, activación de los músculos de la cadena anterior y posterior, movilización de columna, control motor de la triple flexo-extensión de tobillo, rodilla y cadera, rotación e inclinación torácica y búsqueda de ampliación del rango de movimiento en miembros superiores e inferiores. Los pacientes no avanzarán a una siguiente subfase hasta que los entrenadores confirmen que los pacientes tienen un control motor fluido y capacidad de aplicación de fuerza adecuada para pasar a la segunda fase.

3.2.2 Subfase 2: Ejercicios dinámicos

El propósito de esta fase es conseguir una asociación/disociación del core en componentes rotacionales del movimiento y una estabilidad bajo demandas de inclinación/rotación en diferentes planos. Esto implica aumentar la complejidad de los ejercicios progresando a través de una variedad de tareas funcionales y ejercicios dirigidos a la coordinación de movimientos entre el tronco y las extremidades, el mantenimiento de una estabilidad del tronco óptima y la mejora de patrones de movimiento y postura.

En esta fase, tras repetir el mismo calentamiento, se propondrán tareas más abiertas que en la fase anterior, buscando un entorno que proporcione más perturbaciones al sistema con la intención de buscar la autoorganización de los pacientes y modificar sus creencias y comportamientos con relación al dolor, ya que manipulando el entorno se desestabilizan las conductas existentes y ayuda a que emerjan nuevas (Martín, 2005).

3.2.3 Subfase 3: Ejercicios funcionales. Fuerza y potencia.

El objetivo de la subfase 3 es integrar la estabilidad del core a otras estructuras involucrando otros patrones básicos como la triple flexo-extensión de tobillo, rodilla y cadera, la bisagra de cadera con disociación lumbo-pélvica, tracciones y empujes, y además, es interesante empezar a trabajar la fuerza y la potencia en las rotaciones.

En esta subfase, se repetirá el calentamiento y se diseñará un circuito de 3-4 series de aplicación de fuerza y control motor teniendo en cuenta las necesidades del paciente, sus eslabones débiles y las tareas que cumplen esas demandas.

Ejemplo de la selección de ejercicios de esta subfase (Sentadillas, zancadas, peso muerto a una pierna, alcances en el plano sagital, empujes y rotación en landmine, chop lifts en polea y lanzamiento de balón medicinal en plano sagital, frontal y transversal).

La progresión de los ejercicios podrá realizarse modificando diferentes variables (carga, rango de movimiento o posiciones de apoyo) y se aplicará dicha progresión si los entrenadores consideran que los pacientes realizan los ejercicios con el control motor adecuado o si los pacientes perciben que el ejercicio requiere muy poco esfuerzo.

La intensidad del dolor durante y después del entrenamiento será monitorizada. Si la intensidad del dolor se dispara durante la sesión, se planteará una regresión del ejercicio o se reducirá la intensidad y volumen de los ejercicios hasta que el paciente considere los síntomas “como de costumbre”. Los ejercicios de la fase 3 se pueden introducir utilizando imaginiería motora, preparando así al cerebro para esa tarea.

4. Resultados

Los resultados principales que se esperan obtener son cambios en la escala de dolor, síntomas, actividades de la vida diaria y calidad de vida desde la valoración inicial hasta el final de la intervención tras las 12 semanas. Para analizar los resultados de las variables de intensidad de dolor, discapacidad, catastrofización y kinesiophobia se utilizarán las siguientes herramientas:

Cuestionarios

PainDETECT, que detecta la probabilidad de que exista un componente neuropático en los trastornos de dolor crónico (Freynhagen et al., 2006); The Fear Avoidance Beliefs Questionnaire – Physical Activity (FABQ), un cuestionario de cuatro ítems en el cual una puntuación alta indica un alto grado de creencias para evitar el miedo (Waddell et al., 1993); The Pain Catastrophizing Scale, un cuestionario de 13 ítems desarrollado para analizar como la catastrofización afecta a la experiencia del dolor (Sullivan et al., 1995); El Roland Morris Disability Questionnaire (RMDQ), un cuestionario diseñado para evaluar la discapacidad (Roland & Fairbank, 2000) y El Fear of Daily Activities Questionnaire (FDAQ) para evaluar el miedo a actividades específicas (George et al., 2009).

Escalas

Se utilizará la escala de The Photograph Series of Daily Activities (PHODA), una escala donde se muestran acciones de la vida diaria desarrollada, que se utilizará para obtener una jerarquía de los movimientos temidos por el paciente (Leeuw, Goossens, et al., 2007).

La calificación de intensidad del dolor se medirá utilizando una escala numérica de dolor (NPRS) para la intensidad media del dolor diario durante la última semana antes de la visita y la intensidad máxima del dolor durante el descanso y la realización de la tarea.

Umbral de dolor

Se utilizará un algómetro de mano con una sonda de 1 cm² para registrar el umbral de dolor por presión en kPa, que se evaluará mediante algometría de presión (Marcuzzi et al., 2018). La presión se incrementará gradualmente a una velocidad de 30 kPa/s hasta que se alcance el umbral del dolor y el paciente presione un botón de parada, se harán tres repeticiones.

Pruebas de sensibilización: hiperalgesia de pinchazo, suma temporal, alodinia mecánica dinámica e hiperalgesia somática profunda.

Se aplicará un solo pinchazo con un filamento de nailon perpendicular a la piel y los pacientes calificarán la intensidad del dolor en una NPRS. La suma temporal se medirá utilizando el filamento de nailon aplicado 10 veces en un área de 1cm² con una frecuencia de 1/s. Luego, los pacientes calificarán la intensidad del último estímulo en una NPRS.

La alodinia mecánica dinámica se examinará frotando un bastoncillo de algodón cuatro veces en la piel, la longitud de cada recorrido será de 3 a 5 cm y los pacientes calificarán el dolor percibido en una NPRS.

La hiperalgesia profunda somática se medirá usando la presión de una jeringa vacía. El aire de la jeringa se comprimirá a una velocidad constante (1 ml/s) hasta que la presión provoque la percepción de dolor en el paciente y se registrará el umbral del dolor en la marca de ml de la jeringa.

4.1 Recopilación y gestión de datos

Todos los resultados obtenidos se recopilarán utilizando tests o completando cuestionarios y, posteriormente, se ingresarán en Excel versión 2016.

4.2 Análisis estadístico

Los datos almacenados en Excel se transferirán a SPSS versión 26.0 para la realización del análisis estadístico.

Se realizará un pre-análisis para los resultados principales, excluyendo a los pacientes que tuvieron una adherencia deficiente en la intervención, definida como una participación menor al 75% de las sesiones de ejercicio y END.

Las pruebas estadísticas dependerán de la distribución de los datos. Se espera que tengan una distribución normal, por lo tanto, se utilizará una comparación de medias (T-Student) entre los efectos de los resultados principales y el tiempo (línea de base y 3, 6 y 12 semanas). Se presentarán como estadísticos descriptivos la media y desviación estándar para variables cuantitativas, y la frecuencia y porcentaje para las categóricas. A pesar de la aleatorización, se minimizarán los posibles factores de confusión ajustando los valores basales y se determinarán las variables de confusión. Se mostrará el tamaño del efecto (intervalo de confianza del 95%) y el nivel de significación estadística, utilizando como nivel de significación válido $P < 0.05$.

5. Discusión

El entrenamiento como tratamiento en solitario, ha demostrado ser útil en el tratamiento del dolor crónico, aun así, está demostrado que se obtienen mejores resultados combinándolo con la END, como en el estudio de Bodes Pardo y colaboradores en 2018, donde reclutaron a 56 pacientes con dolor lumbar crónico con una duración igual o superior a 6 meses en el cual analizaron el ejercicio terapéutico en solitario y en combinación con END para la disminución del dolor lumbar crónico con seguimientos a los 1 y 3 meses tras la intervención. A los 3 meses de seguimiento, se observó un gran cambio en la intensidad del dolor: $(-2.2; -2.93 \text{ a } -1.28; P < 0.001; d = 1.37)$ para el grupo de educación y ejercicio terapéutico (Bodes Pardo et al., 2018).

En el estudio de Tsao y colaboradores de 2010, observaron un desplazamiento posterolateral en la representación cortical motora del transverso del abdomen en una población con dolor lumbar y se preguntaban si estos cambios corticales adaptativos podían volver a entrenarse y si puede esto correlacionarse con la recuperación motora a través del entrenamiento.

Reclutaron a 20 pacientes con dolor lumbar crónico no específico, que realizaron una activación voluntaria del transverso del abdomen disociando la activación de otros músculos del tronco. Los resultados demostraron la reversibilidad de los cambios adaptativos del sistema motor (incluida la corteza motora) en pacientes con dolor lumbar evidenciando, además, que dos semanas de entrenamiento de control motor del transverso del abdomen son capaces de inducir un cambio en la representación del músculo entrenado en la corteza motora anterior y medial sobre ambos hemisferios.

La reorganización de la corteza motora inducida por el entrenamiento se asoció con la recuperación de la coordinación motora (incluida la activación postural anterior). Además, la representación cortical motora del transverso del abdomen después del entrenamiento de control motor ($2,2 \pm 0,3 \text{ cm lateral}$ y $1,5 \pm 0,5 \text{ cm anterior del vértice}$) se parecía mucho a la observada en individuos sanos de un estudio anterior ($2,2 \pm 0,3 \text{ cm lateral}$ y $1,8 \pm 0,3 \text{ cm anterior del vértice}$).

Esto avala la inclusión del entrenamiento como un tratamiento que procure buscar la mejor autoorganización posible mediante tareas específicas buscando una respuesta neuromuscular no alterada. De esta manera se podrían revertir los cambios corticales provocados por el dolor lumbar crónico (Tsao et al., 2008, 2010).

La investigación de Nijs y colaboradores señaló que tanto la educación en neurociencia del dolor como el entrenamiento para reducir el dolor y mejorar el control motor espinal son tratamientos efectivos para las personas con dolor lumbar crónico, además, los estudios que combinaron entrenamiento con END sugieren un fuerte efecto sinérgico. Un ejemplo de esto es el estudio desarrollado por Moseley en 2002, donde combina la END con entrenamiento y terapia manual en pacientes con dolor lumbar crónico con el objetivo de reducir la discapacidad causada por el dolor lumbar.

Los resultados obtenidos en este estudio derivan de los datos de 49 pacientes, de los cuales un 86% mostraron un efecto significativo del tratamiento. El programa de entrenamiento y END redujo el dolor y la discapacidad en una media de 1,5/10 puntos en una escala de calificación numérica y 3,9 puntos en el cuestionario de discapacidad de Roland Morris de 18 puntos. El número necesario para obtener un cambio clínicamente significativo fue de 3 (3 – 8) para el dolor y 2 (2 – 5) para la discapacidad manteniendo el efecto del tratamiento durante un año de seguimiento (L. Moseley, 2002; Nijs et al., 2014).

Aunque existe poca evidencia acerca de que los efectos de la END se mantenga a largo plazo, existen estudios de valoraciones a corto plazo, como el de Ryan y colaboradores en 2010 en el que reclutaron 38 pacientes con dolor lumbar crónico y evaluaron la efectividad de la END en solitario y combinada con entrenamiento en relación al dolor y a las funciones de los pacientes. Los resultados obtenidos en el cuestionario de percepción de dolor ($F [2,49] = 3.975, p < 0.05$) y en el de autoeficacia del dolor ($F[2,51] = 4.011, p < 0.05$) son más favorables para el grupo de educación pero solo a corto plazo, igualando los valores con el grupo de entrenamiento después del transcurso de 3 meses (Ryan et al., 2010).

Por lo tanto, la END podría definirse como la parte cognitiva del tratamiento, reconceptualizando creencias y expectativas erróneas, que funcionaría en un corto período de tiempo, pasando después a una parte más conductual, de exposición gradual al movimiento, donde el paciente experimentaría acciones o movimientos que, sin un cambio previo de creencias, podrían percibirse como dolorosas (Ramós-Martín & Rodríguez-Nogueira, 2021).

6. Conclusiones

Las conclusiones principales de este trabajo son las siguientes:

- Una intervención multimodal entre la END y el entrenamiento para el tratamiento del dolor lumbar crónico parece ser más efectiva, reduciendo la intensidad del dolor, la discapacidad, la kinesiofobia y el catastrofismo a corto y medio plazo que cualquiera de ellas por separado.
- Los médicos, fisioterapeutas y entrenadores deben educar a la persona sobre la neurobiología y neurofisiología de su dolor, cómo funciona y cómo se procesa.
- Se deben evitar modelos de tratamiento anatómicos que puedan inducir miedo y ansiedad, y evitar el uso de palabras nocebo como “débil”, "inestable", "roto" y "herniado".
- El entrenamiento como tratamiento debe centrarse en los problemas del procesamiento nociceptivo en combinación con el re-entendimiento de los “outputs”, dado el movimiento y las estrategias de actividad maladaptativa que los pacientes presentan.
- La comunicación entre paciente y terapeuta es crucial, ya que durante las sesiones de entrenamiento y END, se genera un vínculo de confianza que mitiga ciertos temores del paciente.
- Se necesita un mayor desarrollo de un verdadero modelo biopsicosocial, en el que los tres campos estén más integrados de lo que se ha presentado.

7. Bibliografía

- Ageberg, E., Link, A., & Roos, E. M. (2010). Feasibility of neuromuscular training in patients with severe hip or knee OA: The individualized goal-based NEMEX-TJR training program. *BMC Musculoskeletal Disorders*, *11*(1), 126. <https://doi.org/10.1186/1471-2474-11-126>
- Bodes Pardo, G., Lluch Girbés, E., Roussel, N. A., Gallego Izquierdo, T., Jiménez Penick, V., & Pecos Martín, D. (2018). Pain Neurophysiology Education and Therapeutic Exercise for Patients With Chronic Low Back Pain: A Single-Blind Randomized Controlled Trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *99*(2), 338-347. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2017.10.016>
- Bogduk, N. (2009). On the definitions and physiology of back pain, referred pain, and radicular pain. *Pain*, *147*(1), 17-19. <https://doi.org/10.1016/j.pain.2009.08.020>
- Booth, J., Moseley, G. L., Schiltewolf, M., Cashin, A., Davies, M., & Hübscher, M. (2017). Exercise for chronic musculoskeletal pain: A biopsychosocial approach. *Musculoskeletal Care*, *15*(4), 413-421. <https://doi.org/10.1002/msc.1191>
- Butler, D. S., & Moseley, G. L. (2013). *Explain Pain 2nd Edn*. Noigroup Publications.
- Cortell-Tormo, J. M., Sánchez, P. T., Chulvi-Medrano, I., Tortosa-Martínez, J., Manchado-López, C., Llana-Belloch, S., & Pérez-Soriano, P. (2018). Effects of functional resistance training on fitness and quality of Life in females with chronic nonspecific low-back pain. *Back Pain*, *11*. <https://doi.org/10.3233/BMR-169684>
- Freyenhagen, R., Baron, R., Gockel, U., & Tölle, T. R. (2006). pain *DETECT*: A new screening questionnaire to identify neuropathic components in patients with back pain. *Current Medical Research and Opinion*, *22*(10), 1911-1920. <https://doi.org/10.1185/030079906X132488>
- Gatchel, R. J., Peng, Y. B., Peters, M. L., Fuchs, P. N., & Turk, D. C. (2007). The biopsychosocial approach to chronic pain: Scientific advances and future

- directions. *Psychological Bulletin*, 133(4), 581-624.
<https://doi.org/10.1037/0033-2909.133.4.581>
- George, S. Z., Valencia, C., Zeppieri, G., & Robinson, M. E. (2009). Development of a Self-Report Measure of Fearful Activities for Patients With Low Back Pain: The Fear of Daily Activities Questionnaire. *Physical Therapy*, 89(9), 969-979.
<https://doi.org/10.2522/ptj.20090032>
- Krismer, M., & van Tulder, M. (2007). Low back pain (non-specific). *Best Practice & Research Clinical Rheumatology*, 21(1), 77-91.
<https://doi.org/10.1016/j.berh.2006.08.004>
- Larsen, J. B., Skou, S. T., Arendt-Nielsen, L., Simonsen, O., & Madeleine, P. (2020). Neuromuscular exercise and pain neuroscience education compared with pain neuroscience education alone in patients with chronic pain after primary total knee arthroplasty: Study protocol for the NEPNEP randomized controlled trial. *Trials*, 21(1), 218. <https://doi.org/10.1186/s13063-020-4126-5>
- Leeuw, M., Goossens, M. E. J. B., van Breukelen, G. J. P., Boersma, K., & Vlaeyen, J. W. S. (2007). Measuring perceived harmfulness of physical activities in patients with chronic low back pain: The Photograph Series of Daily Activities--short electronic version. *The Journal of Pain*, 8(11), 840-849.
<https://doi.org/10.1016/j.jpain.2007.05.013>
- Louw, A., Zimney, K., Puentedura, E. J., & Diener, I. (2016). The efficacy of pain neuroscience education on musculoskeletal pain: A systematic review of the literature. *Physiotherapy Theory and Practice*, 32(5), 332-355.
<https://doi.org/10.1080/09593985.2016.1194646>
- Malfliet, A., Kregel, J., Meeus, M., Cagnie, B., Roussel, N., Dolphens, M., Danneels, L., & Nijs, J. (2017). Applying contemporary neuroscience in exercise interventions

- for chronic spinal pain: Treatment protocol. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 21(5), 378-387. <https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2017.06.019>
- Marcuzzi, A., Wrigley, P. J., Dean, C. M., Graham, P. L., & Hush, J. M. (2018). From acute to persistent low back pain: A longitudinal investigation of somatosensory changes using quantitative sensory testing—an exploratory study. *PAIN Reports*, 3(2), e641. <https://doi.org/10.1097/PR9.0000000000000641>
- Martín, C. T. (2005). *LA TEORÍA DE LOS SISTEMAS DINÁMICOS Y EL ENTRENAMIENTO DEPORTIVO*. 455.
- Moseley, G. L. (2003). Joining Forces – Combining Cognition-Targeted Motor Control Training with Group or Individual Pain Physiology Education: A Successful Treatment For Chronic Low Back Pain. *Journal of Manual & Manipulative Therapy*, 11(2), 88-94. <https://doi.org/10.1179/106698103790826383>
- Moseley, G. L. (2015). *15 Years of Explaining Pain—The Past, Present and Future*. 27.
- Moseley, G. L., & Butler, D. S. (2015). Fifteen Years of Explaining Pain: The Past, Present, and Future. *The Journal of Pain*, 16(9), 807-813. <https://doi.org/10.1016/j.jpain.2015.05.005>
- Moseley, L. (2002). Combined physiotherapy and education is efficacious for chronic low back pain. *Australian Journal of Physiotherapy*, 48(4), 297-302. [https://doi.org/10.1016/S0004-9514\(14\)60169-0](https://doi.org/10.1016/S0004-9514(14)60169-0)
- Nijs, J., Meeus, M., Cagnie, B., Roussel, N. A., Dolphens, M., Van Oosterwijck, J., & Danneels, L. (2014). A Modern Neuroscience Approach to Chronic Spinal Pain: Combining Pain Neuroscience Education With Cognition-Targeted Motor Control Training. *Physical Therapy*, 94(5), 730-738. <https://doi.org/10.2522/ptj.20130258>

- Puentedura, E. J., & Louw, A. (2012). A neuroscience approach to managing athletes with low back pain. *Physical Therapy in Sport*, 13(3), 123-133. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2011.12.001>
- Ramós-Martín, G. J., & Rodríguez-Nogueira, Ó. (2021). Efectividad de la educación en neurociencia del dolor aislada o combinada con ejercicio terapéutico en pacientes con dolor lumbar crónico: Una revisión sistemática. *Fisioterapia*, 43(5), 282-294. <https://doi.org/10.1016/j.ft.2021.01.008>
- Robertson, R. J., Goss, F. L., Rutkowski, J., Lenz, B., Dixon, C., Timmer, J., Frazee, K., Dube, J., & Andreacci, J. (2003). Concurrent validation of the OMNI perceived exertion scale for resistance exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(2), 333-341. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000048831.15016.2A>
- Roland, M., & Fairbank, J. (2000). The Roland–Morris Disability Questionnaire and the Oswestry Disability Questionnaire: *Spine*, 25(24), 3115-3124. <https://doi.org/10.1097/00007632-200012150-00006>
- Roussel, N. A., Nijs, J., Meeus, M., Mylius, V., Fayt, C., & Oostendorp, R. (2013). Central Sensitization and Altered Central Pain Processing in Chronic Low Back Pain: Fact or Myth? *The Clinical Journal of Pain*, 29(7), 625-638. <https://doi.org/10.1097/AJP.0b013e31826f9a71>
- Ryan, C. G., Gray, H. G., Newton, M., & Granat, M. H. (2010). Pain biology education and exercise classes compared to pain biology education alone for individuals with chronic low back pain: A pilot randomised controlled trial. *Manual Therapy*, 15(4), 382-387. <https://doi.org/10.1016/j.math.2010.03.003>
- Sullivan, M. J. L., Bishop, S. R., & Pivik, J. (1995). *The Pain Catastrophizing Scale: Development and Validation*.

- Tsao, H., Galea, M. P., & Hodges, P. W. (2008). Reorganization of the motor cortex is associated with postural control deficits in recurrent low back pain. *Brain*, *131*(8), 2161-2171. <https://doi.org/10.1093/brain/awn154>
- Tsao, H., Galea, M. P., & Hodges, P. W. (2010). Driving plasticity in the motor cortex in recurrent low back pain. *European Journal of Pain*, *14*(8), 832-839. <https://doi.org/10.1016/j.ejpain.2010.01.001>
- Urits, I., Burshtein, A., Sharma, M., Testa, L., Gold, P. A., Orhurhu, V., Viswanath, O., Jones, M. R., Sidransky, M. A., Spektor, B., & Kaye, A. D. (2019). Low Back Pain, a Comprehensive Review: Pathophysiology, Diagnosis, and Treatment. *Current Pain and Headache Reports*, *23*(3), 23. <https://doi.org/10.1007/s11916-019-0757-1>
- Van Oosterwijck, J., Nijs, J., Meeus, M., & Paul, L. (2013). Evidence for central sensitization in chronic whiplash: A systematic literature review: Systematic review: Central sensitization in chronic WAD. *European Journal of Pain*, *17*(3), 299-312. <https://doi.org/10.1002/j.1532-2149.2012.00193.x>
- van Tulder, M., Koes, B., & Bombardier, C. (2002). Low back pain. *Best Practice & Research Clinical Rheumatology*, *16*(5), 761-775. <https://doi.org/10.1053/berh.2002.0267>
- Vos, T., Abajobir, A. A., Abate, K. H., Abbafati, C., Abbas, K. M., Abd-Allah, F., Abdulkader, R. S., Abdulle, A. M., Abebo, T. A., Abera, S. F., Aboyans, V., Abu-Raddad, L. J., Ackerman, I. N., Adamu, A. A., Adetokunboh, O., Afarideh, M., Afshin, A., Agarwal, S. K., Aggarwal, R., ... Murray, C. J. L. (2017). Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 328 diseases and injuries for 195 countries, 1990–2016: A systematic analysis for

the Global Burden of Disease Study 2016. *The Lancet*, 390(10100), 1211-1259.

[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32154-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32154-2)

Waddell, G., Newton, M., Henderson, I., Somerville, D., & Main, C. J. (1993). A Fear-Avoidance Beliefs Questionnaire (FABQ) and the role of fear-avoidance beliefs in chronic low back pain and disability. *Pain*, 52(2), 157-168.

[https://doi.org/10.1016/0304-3959\(93\)90127-B](https://doi.org/10.1016/0304-3959(93)90127-B)