



**UNIVERSIDAD
DE CÓRDOBA**

PROGRAMA DE DOCTORADO DE BIOMEDICINA

**Caracterización de la cinemática articular y
las propiedades mecánicas musculares espinales en
sujetos con dolor cervical agudo**

Characterization of the articular kinematic and spine muscle
mechanical properties in subjects with acute neck pain

DOCTORANDA:

LOURDES GARCÍA LUQUE

DIRECTOR:

FRANCISCO ALBURQUERQUE SENDÍN

Córdoba, 2021

TITULO: **CARACTERIZACIÓN DE LA CINEMÁTICA ARTICULAR Y LAS PROPIEDADES MECÁNICAS MUSCULARES ESPINALES EN SUJETOS CON DOLOR CERVICAL AGUDO**

AUTOR: *Lourdes García Luque*

© Edita: UCOPress. 2021
Campus de Rabanales
Ctra. Nacional IV, Km. 396 A
14071 Córdoba

<https://www.uco.es/ucopress/index.php/es/ucopress@uco.es>

TESIS DOCTORAL

**CARACTERIZACIÓN DE LA CINEMÁTICA ARTICULAR
Y LAS PROPIEDADES MECÁNICAS MUSCULARES ESPINALES
EN SUJETOS CON DOLOR CERVICAL AGUDO**

**CHARACTERIZATION OF THE ARTICULAR KINEMATIC AND
SPINE MUSCLE MECHANICAL PROPERTIES IN SUBJECTS WITH ACUTE
NECK PAIN**

**Tesis doctoral presentada por Lourdes García Luque, Diplomada en Fisioterapia,
para optar al grado de Doctora.**

**Tesis doctoral realizada bajo la dirección del Prof. Dr. D. Francisco Alburquerque
Sendín.**

Programa de doctorado de Biomedicina

La doctoranda:

El director de la Tesis:



TÍTULO DE LA TESIS: Caracterización de la cinemática articular y las propiedades mecánicas musculares espinales en sujetos con dolor cervical agudo.

DOCTORANDA: Lourdes García Luque

INFORME RAZONADO DEL/DE LOS DIRECTOR/ES DE LA TESIS

La alumna de Doctorado presenta la siguiente Tesis doctoral con los trabajos de investigación derivados de su actividad en el Programa de Doctorado. Como puede apreciarse, la evolución y el desarrollo de los trabajos es elevada y se ha acompañado de una intensa actividad investigadora desarrollada por la alumna en el equipo de trabajo, alcanzando los requerimientos necesarios de una Tesis doctoral.

De dichos trabajos se han derivado una serie de publicaciones de alta calidad, entre las que se encuentra un artículo del que la alumna es Primera autora (*equal contribution*), publicado en la revista *Diagnostics*, que se encuadra en el primer cuartil (Q1) de la categoría Medicine, General & Internal (Posición en la categoría: 39/165; Factor de impacto: 3,110), dentro del índice Journal Citation Reports, publicado anualmente por la Web of Science:

Título: Paravertebral Muscle Mechanical Properties and Spinal Range of Motion in Patients with Acute Neck or Low Back Pain: A Case-Control Study.

Autores: Sandra Alcaraz-Clariana. Lourdes García-Luque (equal contribution), Juan Luis Garrido-Castro, César Fernández-de-las-Peñas, Cristina Carmona-Pérez, Daiana Priscila Rodrigues-de-Souza, Francisco Albuquerque-Sendín.

Revista, volumen, número, páginas: *Diagnostics*. 11(2):352.

doi: 10.3390/diagnostics11020352.

Además, la alumna ha publicado 5 comunicaciones en congresos internacionales, fruto del trabajo de investigación desarrollado en el marco de la Tesis doctoral.

Por todo ello, se autoriza la presentación de la tesis doctoral.

Córdoba, 5 de Junio de 2021

Firma del director

ALBURQUERQUE
SENDIN FRANCISCO
- 70864306H

Firmado digitalmente por
ALBURQUERQUE SENDIN
FRANCISCO - 70864306H
Fecha: 2021.06.05 19:51:09
+02'00'

Fdo.: Francisco Albuquerque Sendín

*“Una vez se ha empezado a conocer, es imposible no caer rendido ante la idea de ver
las cosas tal y como son”*

(Platón)

A mi familia y amigos

AGRADECIMIENTOS:

En primer lugar quiero agradecer a la Universidad de Córdoba por abrirme sus puertas y brindarme la oportunidad de iniciar el camino de la investigación. A los miembros del Departamento de Enfermería, Farmacología y Fisioterapia, por acogerme y en tan poco tiempo hacerme sentir en casa.

A la la Consejería de Salud de la Junta de Andalucía, España, por la financiación a través de las becas PIN-0324-2017, así como al Instituto de Salud de Carlos III, a través de la beca DTS18/00046.

Cualquier investigación parte del trabajo y esfuerzo previo que corresponde a otras personas. En este caso mi agradecimiento es para el equipo de Reumatología del Hospital Universitario Reina Sofía de Córdoba, por proporcionar los medios técnicos y permitirme beber de su experiencia y dinámica de trabajo. Especialmente, al Prof. Dr. Eduardo Collantes Estévez, Dr. Juan Luis Garrido Castro y a D^a Cristina González Navas, sin los cuales este proyecto jamás hubiese sido posible.

A mi director de tesis, el Prof. Dr. D. Francisco Alburquerque, por sus consejos, su guía y su infinita paciencia. Porque realmente encarna el verdadero sentido de ser profesor, debo y quiero agradecerle su dedicación, su disponibilidad absoluta, y el cariño con el que me ha acompañado en las diferentes etapas de esta carrera de fondo. Soy consciente de cada uno de los desvelos que le he provocado, y de como él, con generosidad, ha tratado de facilitarme el aprendizaje. A la Dra. D^a Daiana P. Rodríguez, por su amabilidad y por ayudar a mantener el equilibrio en los momentos más difíciles.

A mi compañera, D^a Cristina Carmona, que siempre tiene una palabra de aliento y consigue transmitir una actitud positiva, esa que tanta falta nos hacía sobre todo en esta recta final. No puedo dejar pasar la oportunidad de agradecer especialmente a D^a Sandra Alcaraz, quien sin duda ha sido imprescindible en todo este proceso, es difícil expresar lo agradecida que estoy a la vida por hacer que nuestros caminos se cruzaran, has sido compañera, amiga, paño de lágrimas, hermana mayor y un poco madre. Gracias por no permitirme abandonar y por pasar días y madrugadas trabajando junto a mí, este trabajo es también un poquito tuyo.

Al equipo Physiobalance, no solo porque profesionalmente demuestran cada día lo que es sentir pasión por la Fisioterapia, sino por formar una pequeña familia con la que siempre se puede contar.

A mis amigos y amigas, que me han dado aliento, han creído en mí y me han apoyado de todos los modos posibles, sois parte de mi corazón.

Por último a mi familia, a mis hermanos y a mis padres por darme una infancia feliz, por educarme en el esfuerzo como único medio para conseguir mis objetivos, por sostenerme en los momentos difíciles y por ayudarme de un modo callado, ofreciéndome su amor incondicional. Soy lo que soy gracias a vosotros.

INDICE

RESUMEN.....	1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	11
1.1 DEFINICIÓN DE CERVICALGIA.....	11
1.2 INCIDENCIA Y PREVALENCIA DE LA CERVICALGIA	12
1.3 CLASIFICACIÓN DE LA CERVICALGIA	13
1.4 ETIOLOGIA DE LA CERVICALGIA.....	15
1.5 CUADRO CLÍNICO DE LA CERVICALGIA	18
1.6 FACTORES DE RIESGO DE LA CERVICALGIA	20
1.7 EVALUACIÓN DE LA MOVILIDAD CON METROLOGÍA CONVENCIONAL.....	23
1.8 ANÁLISIS DE MOVIMIENTO MEDIANTE SENSORES DE MOVIMIENTO INERCIAL	26
1.9 PROPIEDADES MECÁNICAS MUSCULARES	28
1.9.1 ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS MUSCULARES MEDIANTE MYOTONPRO®	30
1.10 TEST Y CUESTIONARIOS AUTORREPORTADOS.....	32
1.10.1 MCGILL PAIN QUESTIONNAIRE	33
1.10.2 VISUAL ANALOGUE SCALE	35
1.10.3 OSWESTRY DISABILITY INDEX.....	37
1.10.4 NECK DISABILITY INDEX	39
1.10.5 FEAR AVOIDANCE BELIEFS QUESTIONNARE	41
1.10.6 SHORT VERSION OF TAMPA SCALE FOR KINESIOPHOBIA	43
1.10.7 SHORT FORM HEALTH SURVEY 36 Y 12.....	45
CAPÍTULO II: JUSTIFICACIÓN.....	49
2.1 OBJETIVOS	52
2.2 HIPÓTESIS DEL PLAN DE INVESTIGACIÓN	53
CAPÍTULO III: PROPIEDADES MECÁNICAS MUSCULARES Y RANGO DE MOVIMIENTO EN CERVICALGICOS Y LUMBÁLGICOS AGUDOS.....	55

3.1. INTRODUCTION.....	61
3.2. METHODS	63
3.2.1. STUDY DESIGN.....	63
3.2.2. PARTICIPANTS.....	63
3.2.3. SAMPLE SIZE.....	63
3.2.4. ASSESSMENTS AND PROCEDURES.....	64
3.2.5. STATISTICAL ANALYSIS.....	68
3.3. RESULTS	71
3.3.1. DIFFERENCES IN MMPS AND ROMS AMONG GROUPS	71
3.3.2. RECEIVER OPERATING CHARACTERISTICS (ROC) CURVES BASED ON MMPS AND ROMS AND MULTINOMIAL REGRESSION	73
3.3.3. INTRA-GROUP ASSOCIATIONS AMONG OUTCOMES, SOCIODEMOGRAPHIC, AND CLINICAL VARIABLES	76
3.4. DISCUSSION	83
3.4.1. DIFFERENCES IN MMPS AND ROMS BETWEEN SPINAL PAIN AND CONTROLS.....	84
3.4.2. CAPACITY OF MMPS AND ROMS TO DISCRIMINATE BETWEEN SPINAL PAIN AND CONTROL INDIVIDUALS	86
3.4.3. ASSOCIATIONS BETWEEN MMPS, ROMS WITH SOCIODEMOGRAPHIC AND CLINICAL FEATURES	87
3.4.4. STRENGTHS AND LIMITATIONS	88
3.5. CONCLUSIONS.....	89

CAPÍTULO IV: INFLUENCIA DEL DOLOR, EL MOVIMIENTO SECUENCIADO, EL REPOSO DE CORTA DURACIÓN Y LA EDAD EN LAS MMPS CERVICALES 101

4.1. INTRODUCCIÓN	103
4.1.1. RELACIÓN ENTRE LAS MMPS y LA EDAD	105
4.1.2. RELACIÓN ENTRE LAS MMPS Y EL MOVIMIENTO.....	106
4.2. METODOLOGIA	109
4.2.1. CONSIDERACIONES ÉTICAS DE LA INVESTIGACIÓN	109
4.2.2. DISEÑO DE ESTUDIO.....	110
4.2.3. SUJETOS DE ESTUDIO.....	110

4.2.4. DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA DE LA MIOTONOMETRÍA.....	111
4.2.5. TAMAÑO MUESTRAL.....	113
4.2.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	114
4.3. RESULTADOS.....	115
4.4. DISCUSIÓN.....	131
4.5. FORTALEZAS Y LIMITACIONES.....	135
4.6. CONCLUSIONES.....	135
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	139
ANEXOS.....	153
ANEXO 1: MCGILL PAIN QUESTIONNAIRE.....	155
ANEXO 2. OSWESTRY DISABILITY INDEX.....	157
ANEXO 3. NECK DISABILITY INDEX.....	161
ANEXO 4. FEAR AVOIDANCE BELIEFS QUESTIONNARE.....	163
ANEXO 5. SHORT VERSION OF TAMPA SCALE FOR KINESIOPHOBIA.....	165
ANEXO 6: CUESTIONARIO DE SALUD SF-12.....	167
ANEXO 7. CONSENTIMIENTO INFORMADO.....	169
ANEXO 8. REVOCACION DEL CONSENTIMIENTO.....	171
ANEXO 9. DATOS IDENTIFICATIVOS.....	173
ANEXO 10. METROLOGÍA.....	175
ANEXO 11. EVALUACIÓN DE LA MOVILIDAD CON SENSORES DE MOVIMIENTO INERCIAL.....	185
PUBLICACIONES DERIVADAS DEL DESARROLLO DE LA TESIS DOCTORAL .	193
OTRA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA RELACIONADA CON EL DESARROLLO DE LA TESIS DOCTORAL.....	197

LISTA DE ABREVIATURAS

ABREVIATURA	TÉRMINO
ASAS	Assessment of SpondyloArthritis international Society
BASMI	Indice Bath de Metrología de la Espondilitis Anquilosante
CIE	Clasificación Internacional de Enfermedades
CR	Cervical Rotation
EMG	Electromiografía
FABQ	Fear Avoidance Beliefs Questionnaire
FABQ-PA	Fear Avoidance Beliefs Questionnaire Physical Activity
FABQ-W	Fear Avoidance Beliefs Questionnaire Work
IASP	International Associations for the Study of Pain
IC	Intervalo de Confianza
ICC	Coeficiente de Correlación Intraclase
IMC	Indice de Masa Corporal
IMU	Inertial Motion Unit
IMD	Inter Maleolar Distance
LE	Lumbar Extend
LF	Lumbar Flexión
LR	Lumbar Rotation
LLF	Lumbar Lateral Flexion
MCS	Mental Component Summary
MCID	Minimal Clinically Important Difference
MDC	Minimun Detectable Change
MMP	Muscle Mechanical Property
MPQ	Spanish Version of McGill Pain Questionnaire
NDI	Neck Disability Index
ODI	Oswestry Disability Index
OTW	Occipital To Wall
PCS	Physical Component Summary
ROC	Receiver Operating Curve
ROM	Range Of Motion
SF-12	Short Form Health Survey 12
SWE	Ultrasound Shear Wave Elastography

TE	Thoracic expansión
TSK	Tampa Scale For Kinesiophobia
TSK-11SV	Tampa Scale For Kinesiophobia 11 Spanish Version
TTW	Tragus To Wall
VAS	Visual Analogic Scale

RESUMEN

INTRODUCCIÓN. El dolor cervical (*Neck Pain*, NP) es un importante problema de salud pública en España. Caracterizado por ser un trastorno músculo esquelético que presenta una alta prevalencia, supone, en términos económicos, una alta proporción de costes directos e indirectos de salud. Cursa o se asocia con dolor, limitación del Rango de Movimiento (*Range of Motion*, ROM), alteraciones de control motor adaptativas al dolor, como el incremento de activación de la musculatura superficial y modificaciones en las Propiedades Mecánicas Musculares (*Muscle Mechanical Property*, MMP).

El diagnóstico más frecuente del NP es aquel que lo cataloga como inespecífico, dado su origen multifactorial, y debido a que, dentro del marco biopsicosocial, hay múltiples factores de riesgo que pueden contribuir a su desarrollo, como son los aspectos mecánicos y biológicos, las características psicosociales, la actividad física, la catastrofización, las creencias y las expectativas del sujeto. Además, la coexistencia de diferentes características del NP con otras patologías, insta a mejorar la comprensión de los predictores y el curso clínico, lo que permitirá mejorar el diagnóstico y aproximar la evidencia científica a la práctica clínica diaria.

La investigación sobre la evaluación de las características cinemáticas y mecánicas de los tejidos blandos es un tema que cada vez cobra más importancia, con el objetivo de establecer el nivel de afectación de los sujetos con NP. Para evaluar estas características de movilidad existen diversas herramientas metroológicas, escalas de valoración e índices, si bien, en cierta medida, presentan problemas de variabilidad y falta de precisión. Por ello, la evaluación cinemática obtenida mediante los datos de movilidad aportados por metrología convencional se ha visto potenciada por medio de tecnologías alternativas, como los Sensores de Movimiento Inercial, denominados en la comunidad internacional por su acrónimo inglés (*Inertial Motion Unit*, IMU), una herramienta tecnológica que ya ha sido validada en otras patologías. Además, se ha probado que la presencia de dolor puede alterar la estructura muscular, y asociarse a cambios en las MMPs. En la actualidad se dispone de dispositivos útiles para evaluar estas alteraciones, como el miotonómetro de mano, diseñado como un medio para cuantificar objetivamente las MMPs, que destaca por su alta fiabilidad, replicabilidad y accesibilidad en el entorno clínico. De la literatura disponible sobre el comportamiento de las MMPs cervicales puede extraerse que las diferentes patologías presentan características propias y que tanto el dolor como el envejecimiento e incluso el movimiento o el reposo tendrían la capacidad de modificarlas.

Los datos recogidos a través de las diferentes herramientas diagnósticas aportan información del grado de afectación en cuanto a dolor, movilidad, características biomecánicas y

a los factores psicosociales. Sin embargo, aún existen déficits de conocimiento en determinadas poblaciones, ya que un problema clásico, en la literatura científica disponible, es que se centra mayoritariamente en estudio del NP crónico, por lo que se desconoce si dichas variables presentan un comportamiento diferencial en los sujetos con NP agudo, cual es la magnitud de las diferencias con respecto a los sujetos sanos y, dado el caso, si dicho comportamiento ocurre de un modo similar en sujetos que presenten dolor en otros segmentos espinales, como los que sufren dolor lumbar agudo. Todo ello podría influir en el desarrollo de estrategias de prevención y tratamiento más integrales.

OBJETIVOS. Así, el objetivo principal del presente estudio fue analizar las particularidades de los sujetos con NP agudo y caracterizarlos en términos de; MMPs, movilidad, intensidad y cualidades del dolor, discapacidad, calidad de vida y kinesiofobia. Secundariamente, se trató de identificar las diferencias existentes frente a los sanos o a sujetos que sufren dolor lumbar agudo. Por último, la investigación evaluó las posibles variaciones en las MMPs del tejido muscular cervical, en función del movimiento, la edad y el estado clínico de los sujetos

HIPÓTESIS. La hipótesis principal fue: “los sujetos con NP agudo presentan características propias en términos de movilidad, intensidad y características de dolor, discapacidad, calidad de vida, kinesiofobia y propiedades mecánicas tisulares”. De igual forma, existirán diferencias entre las características de sujetos sanos y de los sujetos con NP agudo.

Finalmente, se hipotetizó que las MMPs de la musculatura cervical se verían modificadas en función de la realización de movimiento secuenciado previo a la medición, y de la edad, en los sujetos con NP agudo.

METODOLOGÍA. En función de los objetivos a los que se pretendía responder se realizaron dos diseños de estudio diferentes.

En primer lugar, para los objetivos primario y secundario se diseñó un estudio observacional transversal de casos y controles, con 3 grupos; sujetos que padecían NP agudo, sujetos con lumbalgia aguda y controles sanos. De todos ellos se recogieron a través de cuestionarios autorreportados las variables clínicas; dolor, discapacidad, miedo al movimiento, kinesiofobia, calidad de vida, además las MMPs se evaluaron por miotonometría y el ROM, mediante IMUs. Se calcularon las diferencias entre grupos y los modelos explicativos para discriminar los grupos en función de las MMPs y el ROM, utilizando pruebas *t* de Student y un análisis de varianza (ANOVA) de una vía para el análisis de los datos.

En segundo lugar, para la evaluación de las variaciones en las MMPs cervicales en función del movimiento, edad y estado clínico, se diseñó un estudio longitudinal de casos y

controles, por tanto de dos grupos, con sujetos con NP agudo y sujetos sanos. En él se evaluaron las MMPs a través de miotonometría de mano. Para determinar la interacción de los factores de estudio sobre las MMPs se emplearon análisis de varianza (ANOVA) de tres vías.

En ambos casos el nivel de confianza se fijó al 95% y, el nivel de significación estadística común para las pruebas fue de $p < 0,05$.

RESULTADOS. En el primer diseño de estudio se observó que el Frequency cervical era mayor en los sujetos con NP agudo que en los controles sanos ($p=0,048$), mientras que el Decrement era mayor en ambos grupos de dolor espinal con respecto a los sanos ($p=0,001$). Además, la variable Decrement fue capaz de discriminar a los sujetos con dolor lumbar de los controles. En lo referente al ROM, los sujetos con NP agudo mostraron una flexión cervical reducida en comparación con los grupos que sufrían dolor lumbar agudo y control (diferencia de medias $5,8^\circ$, $IC_{95\%} = 11,0-0,7$ y $5,7^\circ$, $IC_{95\%} = 10,9-0,06$ respectivamente). Igualmente ocurrió con la rotación cervical (*Cervical Rotation*, CR), pero esta vez, solo en comparación con los controles (diferencia de medias $12,1^\circ$, $IC_{95\%} = 25,0-0,3$). Además, la flexión lumbar (*Lumbar Flexión*, LF) se mostró reducida en los sujetos con dolor lumbar agudo en comparación con los que tenían NP agudo ($8,1^\circ$, $IC_{95\%} = 15,3-0,9$), en todos los casos $p < 0,05$. Por último, no se halló relación entre el ROM y la discapacidad, el dolor o las conductas de miedo o evitación del movimiento que presentaron los sujetos.

Por otro lado, cuando se analizó la influencia del movimiento, la edad y el estado clínico de los sujetos en las MMPs del tejido muscular cervical, no se encontraron interacciones triples para la ninguna de las variables MMPs, salvo el Frequency, que disminuyó $0,553$ Hz entre la medida basal 1 y la medida post-reposo 3, en los sujetos con NP jóvenes ($p=0,039$). Además, el análisis de la interacción del factor edad y estado clínico mostró que las MMPs de los sujetos con NP no diferían en función de la edad, sin embargo, sí se observó un aumento del Stiffness en los sujetos sanos ($p=0,003$). En cuanto al momento de la evaluación, solo se hallaron dos interacciones, la primera con respecto a la edad, donde se halló una disminución del Stiffness de $8,398$ N/m tras el reposo en los sujetos jóvenes, y la segunda para la afectación clínica, donde se encontró que, en los sujetos con NP, tras el reposo se producía un descenso de $0,54$ \emptyset en el Decrement y un aumento del Creep de $0,06$ De, ambos con $p < 0,05$. Por último, en la evaluación individual de los factores principales se hallaron diferencias para los factores edad y estado clínico, no así para el momento de evaluación. Así, los sujetos mayores presentaron un Frequency, Stiffness y Decrement mayor que los jóvenes y una Relaxation menor. De igual modo, los sujetos con NP mostraron más Frequency, Stiffness y Decrement que los sanos, así como un Relaxation menor ($p < 0,05$).

DISCUSIÓN. Los resultados de nuestro estudio son comparables a los obtenidos por otros autores que analizaron las MMPs, y encontraron valores alterados de estas variables en diferentes afecciones que cursan con dolor e incluso en enfermedades reumáticas. Sin embargo, las diferencias obtenidas, aun manteniendo la misma tendencia, fueron menores que las reportadas en otras poblaciones patológicas, hecho que puede atribuirse al estadio agudo que era objeto de estudio. Sorprendentemente, las medidas de ROM cervical en los sujetos con NP agudos fueron similares a las registradas en los sujetos sanos de los estudios de otros autores, pero menores que los controles o los lumbálgicos de nuestro estudio, lo que probablemente se deba a mecanismos compensatorios. Hasta donde se ha podido conocer, este es el primer estudio que aborda la capacidad discriminatoria de las MMPs entre sujetos con NP agudo, lumbalgia aguda y sujetos sanos, por lo que la comparación directa con investigaciones anteriores no ha sido posible.

En los sujetos con NP agudo se identificó una relación de la edad en las MMPs, donde a mayor edad, mayor tono y rigidez, y menor elasticidad, además de presentar una reducción del ROM asociada a la edad. Este efecto de la edad, que ya había sido reportado con anterioridad, ofrece como novedad la objetivación de la existencia de interacciones con el momento en que se evalúa, de modo que ofrece la posibilidad de discriminar el momento más idóneo para realizar la evaluación de estas MMPs en función de la edad y el estado clínico que presente el sujeto.

CONCLUSIONES. Existen diferencias en función de la afectación clínica en las características de MMPs de la musculatura cervical. Concretamente, la presencia de dolor lumbar agudo y NP agudo pueden aumentar el tono y disminuir la elasticidad tisular.

La elasticidad de los tejidos y el ROM en flexión permiten discriminar a los sujetos con dolor espinal agudo, lumbar y/o cervical, de los sanos.

Las alteraciones del ROM y de las MMPs se asocian a la edad y/o a la presencia de dolor agudo, pero no a alteraciones en la intensidad y calidad del dolor, ni a la discapacidad.

Finalmente, el movimiento secuenciado empleado en el análisis metrológico convencional modifica el Frequency en los sujetos jóvenes con NP, por lo que el momento elegido para realizar la evaluación de la situación basal de las MMPs debería ser previo al registro del ROM.

ABSTRACT

INTRODUCTION. Neck pain (NP) is a significant public health problem in Spain. Characterized by being a musculoskeletal disorder that has a high prevalence, it supposes, in economic terms, a high proportion of direct and indirect health costs. In addition, it is associated with or associated with pain, limitation of Range of Motion (ROM), pain-adaptive motor control alterations, such as increased activation of superficial musculature, and modifications in Muscle Mechanical Property (MMP).

The most frequent diagnosis of neck pain is classified as nonspecific, based on its multifactorial origin, and within the biopsychosocial framework, because of multiple risk factors that contribute to its development, such as mechanical and biological aspects (e.g., psychosocial characteristics, physical activity, catastrophizing, beliefs and expectations of the subject). Furthermore, the coexistence of different characteristics of neck pain with other pathologies calls for a better understanding of the predictors and the clinical course, which will improve the diagnosis and bring scientific evidence closer to daily clinical practice.

Research on evaluating the kinematic and mechanical characteristics of soft tissues is an increasingly vital topic to establish the level of involvement in patients with neck pain. To evaluate these mobility characteristics, various metrological tools, assessment scales, and indices are available, although, to a certain extent, they present problems of variability and lack of precision. For this reason, the kinematic evaluation obtained through the mobility data provided by conventional metrology has been enhanced utilizing alternative technologies, such as Inertial Motion Sensors (IMU). This technological tool has already been validated in other pathologies. In addition, it has been proven that the presence of pain can alter muscle structure and be associated with changes in MMPs. Currently, valuable devices are available to evaluate these alterations, such as the handheld myotonometer, designed to objectively quantify MMPs, which stands out for its high reliability, replicability, and accessibility in the clinical setting. From the available literature on the behaviour of cervical MMPs, it can be extracted that the different pathologies have their characteristics and that both pain and aging; and even movement or rest would have the ability to modify them.

The data from this battery of diagnostic tools provide information on the degree of affectation in pain, mobility, biomechanical characteristics, and psychosocial factors. Nevertheless, there are still knowledge deficits in specific populations since a classic problem in the available scientific literature. Most researchers focus mainly on the study of the patient with chronic neck pain, so it is unknown if these variables present a differential behaviour in subjects

with acute neck pain and what is the magnitude of the differences compared to healthy subjects, and, if applicable, if this behaviour occurs similarly in subjects who present pain in other spinal segments, such as those suffering from acute lumbar. All of this could influence the development of more comprehensive prevention and treatment strategies.

OBJETIVES. The main objective of this study was to analyse the particularities of acute cervicgia, characterizing them in terms of tissue mechanical properties, mobility, intensity and qualities of pain, disability, quality of life, and kinesiophobia. Also, as a secondary objective, an attempt was made to identify the differences between healthy subjects or subjects suffering from acute low back pain. Finally, the research tried to evaluate the possible variations in the MMPs of neck muscle tissue, depending on the movement, age, and clinical status of the subjects.

METHODOLOGY. Depending on the objectives to which it was intended to respond, two different study designs were carried out.

First, for the primary and secondary objectives, a cross-sectional observational study of cases and controls was designed, with three groups; subjects suffering from acute neck pain (Neck Pain, NP), subjects with acute low back pain, and healthy controls, for which the clinical variables were collected through self-reported questionnaires; pain, disability, fear of movement, kinesiophobia, quality of life, in addition, the MMPs were evaluated by myotonometry and ROM, by IMUs. Differences between groups and explanatory models were calculated to discriminate groups based on MMPs and ROM, using Student's t-tests and one-way analysis of variance (ANOVA) for data analysis.

Second, for the evaluation of the variations in cervical MMPs, as a function of movement, age, and clinical status, a longitudinal study of cases and controls of two groups, subjects with acute NP and healthy subjects, was designed. In it, the MMPs were evaluated through hand myotonometry. To determine the interaction of the study factors on the MMPs, a three-way analysis of variance (ANOVA) was used. In both cases, the confidence level was set at 95%, and the common statistical significance level for the tests was $p < 0.05$.

RESULTS. In the first study design, it was observed that the cervical frequency was higher in the subjects with acute NP than in the healthy controls ($p = 0.048$), while the Decrement was higher in both groups with spinal pain in comparison with the healthy group ($p = 0.001$). Furthermore, the variable Decrement was able to discriminate the subjects with low back pain from the controls. Regarding ROM, the subjects with acute NP showed reduced cervical flexion compared to the groups suffering from acute low back pain and control (mean difference 5.8° , 95% CI = 11.0-0.7 and 5, 7th, 95% CI = 10.9-0.06 respectively). The same occurred with cervical rotation (CR), but this time, only in comparison with controls (mean difference 12.1° , 95% CI =

25.0–0.3). Furthermore, lumbar flexion (LF) was reduced in subjects with acute low back pain compared to those with acute NP (8.1 °, 95% CI = 15.3–0.9), in all subjects ($p < 0.05$). Finally, no relationship was found between ROM and disability, pain, or fear behaviours, or avoidance of movement that the subjects presented.

Besides, when the influence of movement, age, and clinical status of the subjects on the MMPs of cervical muscle tissue was analysed, no triple interactions were found for any of the MMPs variables, except for Frequency decreased by 0.553 Hz. Between baseline measurement one and post-rest measurement 3, in young NP subjects ($p = 0.039$). Furthermore, the analysis of the interaction of the age factor and clinical status showed that the MMPs of the subjects with NP did not differ as a function of age; however, an increase in Stiffness was observed in healthy subjects ($p = 0.003$). Regarding the time of evaluation, only two interactions were found, the first for age, where a decrease in Stiffness of 8,398 N / m was found after resting in young subjects, and the second for clinical involvement, where it was found that, in subjects with NP, after rest, there was a 0.54 Ø decrease in Decrement and an increase in Creep of 0.06 De, both with $p < 0.05$. Finally, in the individual evaluation of the main factors, differences were found for the factors age and clinical status, but not for evaluation. Thus, the older subjects presented a higher Frequency, Stiffness, and Decrement than the younger ones and a lower Relaxation. Similarly, subjects with NP showed more Frequency, Stiffness, and Decrement than healthy subjects and a lower Relaxation ($p < 0.05$).

DISCUSSION. The results presented in this study are comparable to those obtained by other authors who analysed the MMPs and found altered values of these variables in different conditions that present with pain and even in rheumatic diseases. However, the differences obtained, even maintaining the same trend, were smaller than those reported in other pathological populations, which can be attributed to the acute stage that was the object of study. Surprisingly, cervical ROM measurements in subjects with acute NP were similar to those recorded in healthy subjects in other authors' studies but lower than controls or low back pain in our study, probably due to compensatory mechanisms. As far as has been known, this is the first study to address the discriminatory capacity of MMPs between subjects with acute NP, acute low back pain, and healthy subjects, so direct comparison with previous research has not been possible.

The results presented in this study are comparable to those obtained in the case of subjects with acute NP, an age relationship was identified in the MMPs, where the older, the greater the tone and stiffness, and the less elasticity, in addition to presenting a reduction in ROM associated with age. This effect of age, being reported previously, offers a novelty the objectification of interactions with the moment in which it is evaluated. This result offers the

possibility of discriminating the most opportune moment to evaluate these MMPs depending on the age and clinical status of the subject.

CONCLUSIONS. There are differences depending on the clinical involvement in the characteristics of MMPs of the cervical musculature. Specifically, the presence of acute low back pain and acute NP can increase tone and decrease tissue elasticity.

The elasticity of the tissues and the ROM in flexion allows discriminating the subjects with acute spinal, lumbar and / or NP from the healthy ones.

ROM and MMP alterations are associated with age and/or the presence of acute pain but not with alterations in the intensity and quality of pain or with disability.

Finally, the sequenced movement used in the conventional metrological analysis modifies the Frequency in young subjects with NP, so the moment chosen to evaluate the baseline situation of the MMPs should be before the ROM recording.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1 DEFINICIÓN DE CERVICALGIA

La Organización Mundial de la Salud, en su “Clasificación Internacional de Enfermedades CIE-11” de 2019, define el dolor de la columna cervical como: aquella afección que suele caracterizarse por dolor o molestia en la región del cuello y que puede deberse a diversos problemas vertebrales, pudiendo ser una característica de prácticamente todos los trastornos y enfermedades de la región supraescapular. Tiene asignado el código ME84.0, con el propósito de facilitar un registro sistematizado internacional común (1).

El dolor cervical se caracteriza por ser un trastorno músculo esquelético que cursa o se asocia con dolor, limitación del ROM (2) y alteraciones de control motor adaptativas al dolor, como el incremento de activación de la musculatura superficial (3,4) y modificaciones en las MMPs (3,5).

1.2 INCIDENCIA Y PREVALENCIA DE LA CERVICALGIA

El dolor cervical, cuya prevalencia históricamente ha seguido una tendencia al alza, implica un alto coste tanto a nivel económico como sanitario en España y supone un problema de salud pública (6,7). A nivel mundial, en 2010 el NP constituía el cuarto factor con mayor contribución a la discapacidad global, medida en base a los años de vida vividos con discapacidad, donde presentaba una prevalencia estimada del 4,9%. Desde otra perspectiva, si se refiere a la discapacidad en términos de carga global, cuya medida se calcula en base a los años de vida ajustados por discapacidad (8), el NP se sitúa en el puesto 21 entre las diferentes causas que la producen. Además, entre 2010 y 2019 la prevalencia del NP se ha incrementado un 3,1% y su incidencia un 1,8% (9).

Al poner el foco en la incidencia de esta patología en nuestro país, los datos del Instituto Nacional de Estadística en su Encuesta Nacional de Salud 2011-2012 reflejan que, el número de personas que padecieron dolor de espalda crónico en el segmento cervical fue de 6.953 personas en cifras absolutas, de los cuales 4.805 fueron mujeres (10). Podemos observar que, en España también se da una tendencia al alza del NP, de hecho, en la última Encuesta Nacional de Salud disponible, de 2017, cifra la incidencia del dolor de espalda crónico, concretamente del segmento cervical, en un 21,5% para las mujeres y 9,7% para los hombres (11). Sin embargo, la evidencia sobre la prevalencia de los trastornos de NP, así como de la asociación de NP y dolor lumbar es contradictoria. Según un estudio en la población española, aumentó desde el 1993 hasta el 2001, manteniéndose estable hasta el 2006 y sufriendo un aparente descenso tras esta fecha. Este descenso sería atribuible, según teorizan algunos autores, a las discrepancias entre los diferentes períodos para estimar la prevalencia, unido a la efectividad de los programas de promoción de salud y/o a los cambios de mentalidad en la población (12). En lo referente a la prevalencia en entornos clínicos afines a la fisioterapia, como en el campo de la medicina integrativa y la quiropráctica, el NP fue la segunda razón más común de consulta solamente precedida por el dolor lumbar (13).

1.3 CLASIFICACIÓN DE LA CERVICALGIA

Los trastornos de columna se han categorizado de múltiples formas: en función de su patogenia, su etiología o a la duración del dolor. Así, según la patogenia, el NP se puede clasificar en cuatro grupos (14):

1. Trastornos de la columna con patología grave o sistémica: Incluye aquellos trastornos causados por anomalías congénitas y/o del desarrollo, tumores, infecciones, así como trastornos inflamatorios sistémicos y traumatismos severos. Estas condiciones graves sólo reflejan entorno al 1-2% de las algias espinales.
2. Dolor de columna asociado a déficit neurológico sustancial: Suponen entre el 5 y el 9% de las algias espinales.
3. Dolor espinal o dolor mecánico inespecífico: Es el subgrupo más amplio constituyendo el 90% de las experiencias de dolor espinal.
4. Dolor espinal derivado de patología no espinal: Diversas patologías pueden provocar dolor espinal de tipo referido, desde estructuras viscerales como los riñones o el estómago, hasta infecciones en tejidos no vertebrales como una endocarditis bacteriana. Lamentablemente, no hay datos suficientes sobre la prevalencia de este supuesto.

En segundo lugar, de acuerdo con la Asociación Internacional para el Estudio del Dolor conocida por su denominación original en inglés (*International Associations for the Study of Pain*, IASP) en su revisión de 2011, el NP puede ser clasificado en función del territorio donde el sujeto experimente el dolor, dividiéndose así en síndromes de dolor radicular, dolor espinal cervical o una combinación de ambos. A su vez, subdivide la experiencia dolorosa en base al origen atribuible del dolor en 17 posibles causas, con opciones tan diversas como fracturas o infecciones, hasta trastornos metabólicos óseos (15). Es más, según la IASP para cada una de estas causas de dolor se aporta una definición, con características clínicas y diagnósticas específicas de cada patología (15). Debido a lo extenso de la etiología del NP, esta clasificación se describe con mayor detalle en el apartado *1.4 Etiología de la cervicalgia*.

Por último, atendiendo al tiempo de presentación del dolor, CIE-11 establece el dolor agudo como aquel que presenta una duración menor a 3 meses, mientras el dolor crónico es aquel que persiste por encima de ese periodo. No obstante, en la literatura un gran número de trabajos categorizan el dolor como agudo, subagudo o crónico en base a tiempos de corte diferentes, los cuales varían desde unos días a pocas semanas. Estas diferencias se deben principalmente a las discrepancias existentes entre la definición de un "episodio" o un diagnóstico específico de NP.

En esta línea, existen estudios que utilizan la franja de cuatro semanas para determinar un dolor como agudo (16–19), mientras otros autores hacen uso de un periodo menos restrictivo de hasta 6 semanas (12,20–23). Finalmente, hay publicaciones que consideran los periodos de dolor inferiores a tres meses como criterio de inclusión para catalogarlos como agudos (24–27), siguiendo los términos indicados por la CIE-11.

1.4 ETIOLOGIA DE LA CERVICALGIA

Dado su origen multifactorial el diagnóstico más frecuente del NP es aquel que lo cataloga como inespecífico (28). Además, dentro del marco biopsicosocial hay múltiples factores que pueden contribuir a su desarrollo, como son; los aspectos mecánicos y biológicos, las características psicosociales, la actividad física, la catastrofización, las creencias y las expectativas del sujeto (28–30). En un esfuerzo por unificar las características clínicas y diagnósticas del NP, la IASP atribuyó, como se expone en la Tabla 1, el origen del dolor espinal, enfocado en el segmento cervical y de los síndromes de dolor radicular cervical, a las siguientes 17 causas.

Tabla 1: Causas de dolor cervical según la IASP,

ORIGEN DEL DOLOR CERVICAL	CARACTERÍSTICAS CLÍNICAS	CARACTERÍSTICAS DIAGNÓSTICAS
FRACTURAS	Dolor espinal cervical con o sin dolor referido.	Evidencia radiográfica u otra prueba de imagen de fractura en uno de los elementos de la columna vertebral cervical.
INFECCIÓN	Dolor espinal cervical con o sin dolor referido asociado con pirexia u otros signos clínicos de infección.	Diagnóstico presuntivo: recuento elevado de la serie blanca, unido a pruebas de imagen que evidencian un foco de infección vertebral o en los tejidos anexos. Diagnóstico de certeza: confirmación histológica o bacteriológica mediante biopsia.
NEOPLASIAS	Dolor espinal cervical con o sin dolor referido.	Diagnóstico presuntivo: evidencia por imagen de neoplasia que afecta directa o indirectamente a tejidos inervados por nervios cervicales. Diagnóstico de certeza: biopsia histológica.
TRASTORNOS ÓSEOS METABÓLICOS	Dolor espinal cervical con o sin dolor referido.	Evidencia por imagen de enfermedad ósea metabólica que afecta a la columna cervical, confirmado por serología o histología mediante biopsia.
ARTRITIS	Dolor espinal cervical con o sin dolor referido.	Imagen u otra evidencia de artritis con afectación de las articulaciones en la columna cervical.
ANORMALIDAD CONGÉNITA VERTEBRAL	Dolor espinal cervical con o sin dolor referido.	Evidencia por imagen de anomalía congénita vertebral que afecta a la columna cervical.
ORIGEN DESCONOCIDO	Dolor espinal cervical con o sin dolor referido.	Dolor cervical con causa desconocida o no atribuible a otra patología.
ESGUINCE CERVICAL	Dolor agravado con el movimiento cervical acompañado de espasmo y puntos gatillo de la musculatura occipital o cervical. Dolor espinal cervical con o sin dolor referido con antecedentes de aceleración/desaceleración de cabeza y cuello.	Presencia de las características clínicas citadas.
TORTICOLIS	Dolor espinal cervical con o sin dolor referido en un sujeto que mantiene una postura de rotación de cabeza y cuello.	Postura de CR con o sin rotación compensatoria de cabeza, de causa neurológica, muscular, articular o hernia discal.
DOLOR CERVICAL DISCOGÉNICO	Dolor espinal cervical con o sin dolor referido.	Evidencia de la causalidad discal del dolor por medio de; alivio sintomático tras anestesia discal selectiva, exacerbación sintomática tras discografía de provocación no atribuible a otros territorios.
DOLOR CERVICAL ARTICULACIÓN CIGOAPOFISARIA	Dolor espinal cervical con o sin dolor referido.	Diagnóstico presuntivo: en base a la historia del sujeto o al examen clínico convencional. Diagnóstico de certeza: deben cumplirse todos los criterios: 1. Evidencia radiológica 2. Artrografía selectiva 3. Alivio sintomático post-anestesia selectiva 4. Validación por prueba control de respuesta positiva post-anestesia.

ESGUINCE CERVICAL MUSCULAR	Dolor espinal cervical con o sin dolor referido asociado con sensibilidad del músculo afecto, agravada por el estiramiento pasivo y la contracción resistida.	Deben cumplirse todos los criterios: 1. Afectación muscular específica. 2. Antecedente tensional. 3. Músculo sensible a la palpación. 4. Agravación del dolor por test clínicos o reducción del dolor con anestesia selectiva.
SÍNDROME DEL PUNTO GATILLO	Dolor espinal cervical con o sin dolor referido asociado con puntos gatillo en uno o más músculos cervicales.	Deben cumplirse todos los criterios: 1. Punto gatillo muscular: consistente en un nódulo fusiforme o banda orientada en la dirección de las fibras musculares, que sea palpable, sensible y firme. 2. El músculo deberá ser específico. 3. La palpación del punto gatillo reproduce el dolor o el dolor referido. 4. La eliminación del punto gatillo reduce el dolor del sujeto.
ESGUINCE DEL LIGAMENTO ALAR	Dolor cervical superior, suboccipital y/o dolor de cabeza, agravado por la rotación contralateral del atlas, asociado a hipermovilidad en rotación contralateral del atlas.	El dolor es agravado por la rotación contralateral del ligamento putativamente afecto del atlas. Hipermovilidad evidente en un TAC funcional articular. Ambos mecanismos asociados en el contexto de un mecanismo lesional ligamentario.
DISFUNCIÓN CERVICAL SEGMENTARIA	Dolor cervical con o sin dolor referido que puede ser agravado por estrés selectivo del segmento espinal.	Deben cumplirse los siguientes criterios: 1. El segmento afectado debe ser específico. 2. El dolor es agravado por test clínicos que estresen selectivamente el segmento afecto. 3. Estresar segmentos adyacentes no reproduce el dolor del sujeto.
DOLOR RADICULAR ATRIBUIBLE AL PROLAPSO DEL DISCO CERVICAL.		
AVULSIÓN TRAUMÁTICA DE LAS RAÍCES NERVIOSAS		

1.5 CUADRO CLÍNICO DE LA CERVICALGIA

El síntoma principal del NP es la aparición de dolor (1). Este dolor conlleva adaptaciones a nivel tanto de control motor muscular (2–4) como de la esfera psicosocial (3), que pueden ir asociadas a una disminución del ROM (2). Las modificaciones en la actividad de la musculatura relacionada con el segmento cervical que sufren los sujetos con NP son el resultado de una combinación de la alteración electrofisiológica muscular y de los cambios en sus MMPs (3). Tal y como se observó en estudios previos, realizados sobre las características metabólicas y morfológicas de las fibras musculares por medio de biopsia, los sujetos que padecen NP presentan mayor Stiffness en la musculatura cervical y una transformación de la proporción de fibras fásicas y tónicas presentes en la musculatura afectada (5,31,32).

En lo referente al control motor, la presencia de NP se asocia a una inhibición concomitante de la musculatura profunda, al mismo tiempo que se produce una mayor activación de la musculatura superficial. Por otro lado, se demostró que estos sujetos también sufrían una reducción en su capacidad post-activación de relajar la musculatura cervical anterior (33). La persistencia de estas estrategias de control alteradas e inducidas por el aporte nociceptivo, como se demostró por medio de paradigmas experimentales, contribuye a la sobrecarga de la musculatura superficial y/o al desuso de la profunda. Consecuentemente, el NP origina adaptaciones mecánicas musculares capaces y suficientes para producir cambios a largo plazo (3).

Conviene remarcar que las manifestaciones clínicas del NP no son necesariamente un reflejo fiel de la gravedad o la causa de las mismas, lo que se debe probablemente a la complejidad de las estructuras óseas, nerviosas y musculares causantes e involucradas en la generación del dolor axial, y también al hecho de que el dolor experimentado presenta una gran variabilidad interindividual como respuesta a estímulos aparentemente similares. La diferencia en la percepción de la experiencia dolorosa se justifica en la dualidad de sus componentes, el sensitivo y el afectivo (34), como refleja la IASP al definir el dolor como aquella “*experiencia sensorial y emocional desagradable asociada con daño tisular real o potencial, o descrita en los términos de dicho daño*” (35).

Afortunadamente, la mayor parte de los episodios de NP son benignos y las personas que los padecen se recuperan antes de las 6 semanas. Sin embargo, un porcentaje de entre el 10 y 15% de ellos se convierte en crónicos. Gran parte del problema que impide la recuperación completa de quienes sufren NP reside en que, aunque existe un amplio abanico de mecanismos fisiológicos propuestos como base del dolor, persiste aún hoy en día, la falta de concreción sobre

de la fisiopatología de las algias vertebrales de origen mecánico. Como se conoce, y según ponen de manifiesto diversos autores, la causa más común de NP continúa siendo la idiopática (36,37).

1.6 FACTORES DE RIESGO DE LA CERVICALGIA

Es sabido que existen múltiples factores, extrínsecos e intrínsecos, que pueden contribuir al desarrollo del NP e influir en la transición de dolor agudo a crónico (14,29). Parece apropiado realizar una división didáctica de estos agentes ordenándolos en aspectos mecánicos y biológicos (edad, sexo, antecedentes, relación peso/talla), y otros componentes relacionados con las características psicosociales (actividad física, creencias, expectativas y satisfacción laboral).

Entre los factores de riesgo que predisponen a sufrir dolor espinal, el principal es haber sufrido un episodio previo en los últimos 12 meses (14). Asimismo, entre las características biológicas destaca el hecho de que pertenecer al sexo femenino incrementa el riesgo de padecer NP (6,12). Igualmente, la edad aumenta la prevalencia de dolor (12). Además, el aumento del Índice de Masa Corporal (IMC) por encima de los valores de normo-peso es capaz de influir en el ROM de la columna cervical, causando una disminución en la amplitud de movimiento (38).

En cuanto a los aspectos psicosociales, se conoce que forman parte del desarrollo, evolución y recuperación de ciertas patologías, y que concretamente en los casos de dolor espinal, tanto cervical como lumbar, están asociados con peores estados de salud autorreportados (12). En general, la angustia psicológica y la mala gestión o afrontamiento del dolor impiden la recuperación, ya que los sujetos que presentan un daño agudo, y en respuesta al dolor asociado a ese daño, desarrollan cambios conductuales (14). En condiciones normales, en el periodo de recuperación temprana, los sujetos tienden a suprimir la estimulación e implicación de la estructura lesionada en la actividad física, con el objetivo de permitir la reparación del tejido. Sin embargo, se ha probado que en aquellos sujetos que presentan dolor crónico, estos comportamientos de evitación persisten incluso después de que el proceso de curación de los tejidos haya concluido, lo que podría ser un factor determinante del desarrollo de la cronicidad. (39). Por el contrario, hay evidencia de que la actividad física puede mejorar el pronóstico (14).

Para examinar en detalle los factores que influyen en el desarrollo de NP se abordará el Modelo del miedo/evitación del dolor. Desarrollado originalmente por Lethem *et al* en 1983, en el que se explica la contribución de los diferentes factores cognitivos, afectivos y conductuales en la etiología del dolor y en la evolución del dolor agudo a crónico. Se conoce que la experiencia dolorosa abarca no solo la sensación de dolor, sino también la reacción emocional del sujeto frente a ese dolor. La característica más importante de esta reacción emocional es el modo en que el sujeto se enfrenta al miedo de padecer dolor, para lo que existen dos estrategias de afrontamiento. La primera será la confrontación, que habitualmente concluye en una reducción o abolición total

del dolor, y la segunda será la evitación, que normalmente deriva en el mantenimiento o incluso la exacerbación del mismo, por lo que puede desembocar en un estado fóbico. La respuesta adaptativa al dolor es aquella que logra el equilibrio entre la sensación y la experiencia dolorosa. Por el contrario, una respuesta no adaptativa es aquella que, motivada por el miedo a sufrir nuevamente dolor, cursa con la evitación cognitiva de cualquier experiencia dolorosa y con la evitación conductual de cualquier actividad potencialmente dolorosa. De modo que, acarrea una merma de las capacidades físicas y sociales del sujeto, además de generar consecuencias psicológicas (40). Recapitulando, el Modelo de miedo/evitación del dolor propone que las creencias o miedo a sufrir dolor derivan en conductas de evitación, alteración de los patrones de movimiento y en una reducción de la actividad física, que contribuye paradójicamente, tanto a la protección muscular, como a la persistencia del dolor y discapacidad (41–46).

Según este modelo, la perpetuación de las conductas de evitación puede degenerar en estados fóbicos, acuñándose en 1990, el término kinesiofobia o fobia al movimiento, definido como “*un miedo, excesivo, irracional y debilitante al movimiento físico y a la actividad resultado del sentimiento de vulnerabilidad o miedo a la lesión o recaída*” (47), constructo que comúnmente ha sido medido en sujetos con dolor espinal por medio de cuestionarios para medir el miedo al movimiento y las creencias de evitación/miedo al dolor (46,48,49). Desafortunadamente, la literatura disponible basada en las creencias de evitación/miedo al dolor en afecciones cervicales es escasa. Autores como George y Tryker asociaron su existencia con el dolor y la discapacidad, demostrando que con independencia de cuál sea la región anatómica patológica, aquellos sujetos que presentan unas creencias elevadas o un mayor miedo al dolor obtienen mayor puntuación de dolor en la Escala Analógica Visual, también nombrada por su traducción inglesa (*Visual Analogic Scale*, VAS). Además, también se asociaron con una menor puntuación de función, en comparación con los sujetos que no tenían elevadas esas creencias de evitación del dolor (50), aunque esta asociación en los sujetos con NP parece ser más débil que la de los sujetos que padecen dolor lumbar (50,51). Es más, estas asociaciones no quedan restringidas solo a la percepción del dolor, sino que repercuten en otras esferas de la vida de los individuos como la laboral, asociando creencias elevadas de evitación/miedo con una mayor probabilidad de desarrollar algún tipo de discapacidad y de experimentar malos resultados al tratamiento de fisioterapia (50,52).

La pertinencia del estudio de las variables psicológicas en los trastornos cervicales se basa en el hecho de que, los estudios publicados hasta ahora han evidenciado que las variables psicológicas podrían llegar a ser incluso más importantes que los hallazgos del examen físico, a la hora de predecir la perpetuación del dolor y la discapacidad en sujetos con NP. Autores como Nederhand *et al* han demostrado que la combinación de los resultados obtenidos de las medidas

de discapacidad cervical, evaluada mediante el *Neck Disability Index* (NDI), junto con los resultados del test de kinesiofobia, concretamente los obtenidos por la *Tampa Scale For Kinesiophobia* (TSK) y *The Pain Cognition List Experimental version* (PCL-E), son capaces de predecir un 54% de la probabilidad de sufrir discapacidad crónica en la población con NP (53).

Por último, entre los factores que pueden predisponer al desarrollo del NP, no debe dejar de considerarse la implicación de la alteración de otras estructuras diferentes al cuello, sustentada en el concepto de interdependencia regional (54), el cual alude a la relación clínica existente entre las regiones corporales y a como la alteración biomecánica de un segmento diferente al afecto puede constituir un factor pronóstico en el desarrollo e instauración de patología a distancia. Este hecho es especialmente interesante en los trastornos espinales, dado que en la mayoría de los casos no puede identificarse un tejido o segmento anatomopatológico origen del dolor. Respecto a la interpretación global de la idea de interdependencia entre regiones corporales, una revisión sistemática actual de 2019, observó una reducción de movilidad torácica en la población con NP (55). Otro ejemplo, que resulta más sorprendente, de esta relación intersegmentaria es el encontrado entre la restricción en la movilidad de cadera y la alteración de la columna cervical (56).

1.7 EVALUACIÓN DE LA MOVILIDAD CON METROLOGÍA CONVENCIONAL

De acuerdo con la Guía para la práctica del fisioterapeuta, creada por la *American Physical Therapy Association*, los fisioterapeutas, durante el proceso de evaluación deben incluir medidas de integridad estructural y pruebas de movilidad. Las herramientas empleadas en dichas pruebas deben permitir detectar la falta de participación de un segmento concreto en la generación del movimiento, y capacitar al clínico para formular hipótesis de diagnóstico. Además, deben ser capaces de medir cambios en la movilidad normal e identificar limitaciones en las Actividades Funcionales de la Vida Diaria. Como resultado, la compilación de los datos obtenidos permitirá seleccionar las intervenciones de fisioterapia adecuadas a cada sujeto y situación clínica (57,58). Por lo tanto, disponer de instrumentos de medición confiables y válidos es esencial para monitorear de modo objetivo y preciso la progresión y los resultados de la enfermedad (59).

Es sabido que las patologías cervicales y traumáticas tienen muy a menudo un efecto sobre el ROM cervical primario (60). La investigación sobre la evaluación del ROM y de las características mecánicas de los tejidos musculares está cobrando cada vez más importancia, con el objetivo de establecer el nivel de afectación en sujetos con NP. Se ha publicado una considerable cantidad de evidencia sobre el ROM de la columna vertebral, definiéndose como el arco a través del cual se produce el movimiento activo y pasivo, en una articulación o una serie de articulaciones, y el ángulo que se crea durante este movimiento. Al evaluarlo se debe considerar no solo la artrocinética, sino también la longitud del tejido músculo-tendinoso y las MMPs. Convencionalmente, este examen del ROM se puede realizar mediante observación visual o mediante el uso de una serie de instrumentos de medición que incluyen: análisis de movimiento, goniometría, medidas lineales e inclinómetros (61).

La generalización de la investigación publicada acerca de este tema es controvertida, dado que el método o instrumento utilizado por el clínico para la evaluación puede variar, a menudo condicionado por la accesibilidad del instrumento, el coste, los dogmas educacionales del evaluador e incluso al movimiento específico a evaluar (59). De forma histórica, la goniometría es un método ampliamente utilizado debido a su portabilidad y bajo coste, sin embargo, una de sus limitaciones es que requiere el empleo de ambas manos y la correcta localización anatómica, lo que dificulta la estabilización de la posición del sujeto e incrementa el riesgo de error de lectura o el de un posicionamiento incorrecto. Además de no permitir, en el caso de la medición del ROM espinal, diferenciar entre la contribución lumbar y pélvica a la movilidad espinal (59).

Para la realización del presente estudio se optó por la aplicación secuenciada de la metrología convencional que habitualmente se utiliza en el ámbito clínico, empleándose de manera preparatoria al posterior análisis de movimiento con IMUs e incluso para el análisis de las MMPs que podrían sufrir alteración al realizar dicha movilidad. Las herramientas metrológicas empleadas están sobradamente descritas y estandarizadas en la literatura. Como el Índice Bath de Metrología de la Espondilitis Anquilosante (BASMI) (62), el cual incluye; la Prueba de mSchöber; Distancia de Trago a Pared, nombrada por su término original en Inglés (*Tragus To Wall*, TTW); Distancia Inter-Maleolar, conocida también por su traducción como (*Inter Maleolar Distance*, IMD); CR y Flexión Lateral Lumbar (*Lateral Lumbar Flexion*, LLF) (63). La mayor ventaja del conjunto de estas mediciones, englobado en el BASMI, es su excelente precisión y reproductibilidad, presentando una baja variabilidad con Coeficientes de Correlación Intraclass (ICC) intraobservador e interobservador de 0,97 (64). Además de estas medidas y siguiendo los criterios de la *Assessment of SpondyloArthritis international Society* (ASAS) (65), se empleó la medida de Expansión torácica (*Thoracic Expansion*, TE), la distancia Occipucio-Pared, habitualmente denominada por sus siglas en Inglés (*Occipital To Wall*, OTW) y la Distancia Dedos Suelo.

Gracias a estudios previos de la cinemática de la columna cervical se estipulan los rangos de movimiento considerados normales para cada una de las medidas a evaluar. Así, la amplitud del ROM cervical normal se estableció en: Flexión 73⁰, Extensión 77⁰, Flexión Lateral 54⁰, y CR 77⁰ para los sujetos con un rango de edad comprendido entre los 30 y 39 años (60,66). Adicionalmente, a la hora de fijar la normalidad debe considerarse que dicho ROM primario desciende significativamente con la edad, disminuyendo una media de 4⁰ por década (60,67).

Como se expuso previamente, la interdependencia regional es un factor no desdeñable en el desarrollo de la patología. Por tanto, deben valorarse la movilidad de otros segmentos espinales e incluso segmentos a distancia para mejorar la comprensión del NP. Continuando con el análisis cráneo-caudal de la movilidad vertebral segmentaria, se ha obtenido con electrogoniómetro valores considerados de referencia en las mediciones de movilidad lumbar en sujetos asintomáticos, en concreto con una edad media de 40,2 años e IMC de 25 Kg/cm², características que son similares a las de la población analizada en el presente de estudio. Los valores medios del ROM activo tomados como referencia fueron: en la (LF) y Extensión Lumbar (LE) de 54,6⁰ y 26,6⁰ respectivamente, para el movimiento de FLL izquierda y derecha el ROM medio fue 17,5⁰ y 19,5⁰ (58). Por último el valor medio considerado normal en la Rotación fue 13⁰ (68).

A pesar de conocer los ROM medios de estos movimientos, su porcentaje de implicación en las Actividades de la Vida Diaria es inconstante. De hecho, los movimientos de flexión y extensión lumbar se involucran en un rango del 4 al 59 % de estas actividades. Del

mismo modo la FLL se emplea solo en un porcentaje de entre el 6 y el 31 % de las actividades cotidianas. En conclusión, el ROM lumbar empleado en las Actividades de la Vida Diaria supone alrededor del 16 % de la flexión/extensión total y tan solo un 6 % de la FLL disponible. Por consiguiente, solo un pequeño porcentaje del ROM total debe ser indispensable para realizar la mayoría estas actividades diarias (58), argumento por el cual, algunos autores fijan a la baja los valores calificados como “normales”, para considerar o no la presencia de una movilidad patológica. En el parámetro de FLL el valor considerado normal es 10 cm (69).

1.8 ANÁLISIS DE MOVIMIENTO MEDIANTE SENSORES DE MOVIMIENTO INERCIAL

El análisis de movimiento con herramientas tecnológicas avanzadas desempeña un papel importante en los procesos diagnósticos, preventivos y rehabilitadores. El sistema de análisis de laboratorio con cámara 3D es el método más común, basado en el rastreo de marcadores reflectantes dispuestos sobre el sujeto de estudio. A pesar de ser un método bien establecido su uso está limitado por su elevado coste y por la necesidad de un espacio físico para su instalación, que lo hace difícilmente portable, además de requerir personal cualificado para su uso (70). Dichas limitaciones han provocado la implementación de nuevas tecnologías capaces de cuantificar de modo objetivo los cambios en la movilidad, tanto en el segmento cervical (71,72) como en segmento lumbar (25).

Una de estas nuevas alternativas tecnológicas son los IMUs, dispositivos médicos inalámbricos que presentan la ventaja de ser pequeños, fácilmente portables, baratos, precisos, fiables y fácilmente aplicables en la práctica clínica (73). Estos sensores han sido ampliamente evaluados y han demostrado ser válidos para el análisis de la movilidad cervical, lumbar y de cadera (74–77). Además, han demostrado tener la capacidad de diferenciar la cinemática lumbopélvica entre población sana y con dolor lumbar (78), y ser capaces de clasificar los subtipos de lesiones traumáticas en la columna cervical (79).

Entre las opciones disponibles, para el presente estudio se empleó el equipamiento ViMove™ (Dorsavi® Melbourne, Australia), que ha demostrado tener una buena fiabilidad tanto intraobservador como interobservador, al obtener medidas de ROM lumbar consistentes entre sí en sujetos sanos, presentando valores de ICC >0,89 y >0,86 respectivamente (80). Del mismo modo, se ha demostrado que la validez entre el sistema ViMove™ y el sistema de análisis 3D de laboratorio en la medición simple de los planos de movimiento lumbar es aceptable (81). Su funcionamiento se basa en un sistema de dos sensores y una estación base (81). Cada sensor permite a su vez conocer la orientación y el movimiento de un segmento corporal, basándose en los datos recogidos por un conjunto de tres sensores internos (82):

- Acelerómetro: 3D Bosch SMB380 (83), obtiene un registro de la velocidad y distancia recorrida por el sensor, midiendo el desplazamiento (82).
- Giroscopio: 1D Epson XV8100 (83), el cual registra el desplazamiento y velocidad angular, integrando la orientación de un objeto (82).

- Magnetómetro: que proporciona información de la orientación del sensor en relación a la dirección de la gravedad y al campo magnético terrestre, además de aislar de posibles campos magnéticos, aumentando la fiabilidad de las mediciones (82).

La posición inicial del IMU se obtiene por la combinación de la información del acelerómetro y el magnetómetro, mientras que, los cambios en la posición del IMU son recogidos por los cambios en la orientación del giroscopio. Los valores numéricos se procesan en la estación base, donde se realiza el cálculo angular 3D (83).

Clínicamente, el sistema DorsaVi[®] ofrece la posibilidad de medir la progresión de un sujeto (84), e incluso dispone de un software en tiempo real que representa mediante unas gráficas la movilidad del sujeto. Además, los datos se pueden descargar en un ordenador para su posterior análisis.

El ROM objeto de estudio en esta investigación se calcula mediante la diferencia posicional entre ambos sensores, superior e inferior, en las tres dimensiones del espacio. De este modo, los movimientos de flexión son los que se producen en el plano sagital, los movimientos de LF en el plano coronal y los movimientos de rotación son los que se producen en el plano transversal.

1.9 PROPIEDADES MECÁNICAS MUSCULARES

La presencia de dolor es una característica importante en el estudio del desarrollo de los trastornos músculo-esqueléticos, habiéndose probado que puede comprometer la función muscular y consecuentemente alterar la estructura muscular (3). Habitualmente, estas alteraciones se suelen caracterizar por dos vías; por medio de los cambios en el área de la sección transversal de un músculo, medida perpendicularmente a sus fibras, con lo que se describen las propiedades de contracción muscular, o por medio del incremento en la infiltración grasa muscular (85).

En lo referente al área de la sección transversal muscular se conoce que las alteraciones funcionales, entendidas como desuso muscular, producen un descenso en el tamaño de las fibras, es decir, una atrofia (86). Existe evidencia de esta atrofia en la musculatura paraespinal en población con dolor lumbar, que mostró un cambio significativo en la distribución de sus fibras musculares. Se observó una mayor proporción de fibras tipo IIB y fibras de transición tipo IIC, en comparación con los sujetos sanos en los que predominan las fibras tipo I. Este fenómeno también ha sido descrito en la musculatura cervical anterior en población con NP (87). Además, y con respecto a la segunda vía de caracterización de la alteración muscular, diversos estudios muestran un incremento en la infiltración grasa de la musculatura flexora y extensora cervical en los sujetos con NP, lo que implica nuevamente atrofia muscular en comparación con los sujetos sanos (88).

Estos cambios en la composición y características de la histología muscular se asocian también a cambios en las MMPs, concretamente a través de un aumento del Stiffness muscular (86). Las MMPs se han estudiado clásicamente mediante métodos subjetivos no validados, como las técnicas palpatorias (75,89,90), cuya fiabilidad ha sido considerablemente criticada, o por medio de métodos objetivos, como la Electromiografía (EMG) o la Elastografía de Ondas de Corte por Ultrasonido, comúnmente denominada por sus siglas en Inglés (*Ultrasound Shear Wave Elastography*, SWE). Sin embargo, el mayor inconveniente de estas tecnologías objetivas continúa siendo su falta de disponibilidad en los ámbitos clínicos.

Surge, por tanto, la necesidad de emplear herramientas de medición alternativas y portables, como la innovadora miotonometría de mano, diseñada para proporcionar datos cuantitativos de las MMPs (75). Herramienta que destaca por su alta fiabilidad y replicabilidad (91), además de presentar como ventaja una baja variabilidad entre medidas en comparación con la SWE, con ICC de 0,93-1,00, y de poseer capacidad discriminativa entre las diferentes

intensidades de contracción muscular (92). Incluso, Nair *et al* hizo explícita la relación entre los registros EMG de superficie con valores inferiores a 5 mV y la evaluación miotonométrica (93).

Por otro lado, la literatura disponible sobre el comportamiento de las MMPs en la musculatura cervical muestra diferentes aproximaciones a su comportamiento, dependiendo del contexto estudio. Así, la miotonometría manual no reflejó necesariamente una modificación de las MMPs en población asintomática que presentaba alteraciones posturales cervicales, por lo que puede interpretarse que la modificación de la estática por sí misma, no es responsable del aumento del Frequency y Stiffness, sino que otros factores como el dolor y la discapacidad deben influir sobre estas MMPs (94). Es más, aspectos biológicos como la edad o el sexo también parecen influir sobre ellas. De hecho, se ha demostrado que se produce una disminución de la elasticidad o aumento del Decrement y un incremento del Stiffness en la musculatura cervical las mujeres (95). A pesar de lo dicho, las diferencias en el Stiffness muscular suponen un conflicto en la literatura, probablemente debido al empleo de técnicas de valoración dispares (96).

En definitiva, se conoce que las lesiones musculares tienen propiedades mecánicas propias que podrían ayudar a la comprensión del déficit muscular asociado a la lesión (92). Estas modificaciones en las MMPs han sido documentadas con éxito no solo en la región cervical, sino que previamente han sido estudiadas en diferentes segmentos corporales, como los músculos lumbares en adultos con Espondilitis Anquilosante o en disfunciones de suelo pélvico (97).

1.9.1 ANÁLISIS DE PROPIEDADES MECÁNICAS MUSCULARES

MEDIANTE MYOTONPRO®

En el presente estudio se empleó el dispositivo MyotonPRO® para evaluar las MMPs. Este dispositivo aplica de modo perpendicular al músculo una precarga constante y controlada de 0,18 N para producir una compresión inicial del tejido subcutáneo, tras la cual impone 5 impulsos adicionales breves y de baja energía, en concreto de 15 ms de duración para los que aplica 0,40 N de fuerza mecánica, lo que induce una oscilación natural del tejido subyacente, que es recogida por un acelerómetro (96,98).

La forma que presenta la onda de oscilación es la que va a reflejar las propiedades viscoelásticas de los músculos, aportando una completa batería de parámetros métricos que incluyen:

- Frequency o Frecuencia de oscilación (Hz), es la habilidad muscular de resistir la deformación producida por una fuerza externa (96). Caracteriza el tono de un músculo en su estado pasivo o de reposo sin contracción voluntaria (99). A mayor frecuencia de oscilación, mayor es el tono o tensión muscular. Además, se conoce que aumenta con la contracción (100) y con el estiramiento (101).

$$F = \frac{l}{\Delta t}$$

Siendo l = longitud de deformación muscular y Δt = tiempo de ventana entre el primer y segundo pico de aceleración.

- Stiffness o Rigidez dinámica (N/m), es la propiedad biomecánica que caracteriza la resistencia a la deformación que presenta un músculo ante la contracción o ante una fuerza externa (96). Se calcula como el ratio entre la fuerza aplicada y la deformación muscular.

$$S = \frac{f}{\Delta t} \text{ (101).}$$

Siendo $f = ma_1$, donde f es la fuerza aplicada, m es la masa de la sonda y a_1 es el primer pico positivo de amortiguación de la aceleración (101).

- Decrement o Decremento logarítmico de la oscilación natural de un tejido, descrito en unidades arbitrarias \emptyset , define la elasticidad del músculo, pero más directamente la disipación de la energía mecánica dentro de un ciclo de oscilación, es decir, cuando el tejido recupera su forma después de deformarse. La elasticidad es la propiedad biomecánica de un músculo que caracteriza

su capacidad de recuperar su forma inicial después de una contracción o eliminación de una fuerza externa deformante, siendo inversamente proporcional al Decrement (96). De este modo, a menor valor de Decrement, mayor elasticidad (100).

$$D = \ln \left\{ \frac{a_1}{a_2} \right\},$$

Siendo a_1 el primer pico positivo de amortiguación de la aceleración y a_2 el segundo pico (101).

- Relaxation o Tensión mecánica, definida por el momento de relajación (ms), es el tiempo que emplea un músculo en recuperar su forma después de la deformación producida por una contracción voluntaria o de la eliminación de una fuerza externa (99).

- Creep o Fluencia, caracterizada por la relación entre deformación y tiempo de relajación, (número de Deborah, De), corresponde al alargamiento gradual de un tejido a lo largo del tiempo, producido al someterlo a una tensión de tracción constante (99).

1.10 TEST Y CUESTIONARIOS AUTORREPORTADOS.

Los test y cuestionarios se aplican frecuentemente en entornos clínicos, empleándose para identificar conductas de dolor y creencias sobre el dolor, la discapacidad y estado de salud en general. La evidencia contenida en la literatura médica recomienda valorar en cada sujeto estos constructos si se quiere prevenir la incapacidad crónica (102).

Los cuestionarios empleados en la presente investigación podrían clasificarse de acuerdo a sus dominios de estudio.

- Dolor: Versión española del *McGill Pain Questionnaire* (MPQ) y *Visual Analogue Scale* (VAS).
- Discapacidad: *Oswestry Disability Index* (ODI) y *Neck Disability Index* (NDI).
- Miedo al movimiento: *Fear Avoidance Beliefs Questionnaire* (FABQ) y *the Short Version of Tampa Scale For Kinesiophobia* (TSK-11SV).
- Calidad de vida: *Short Form Health Survey 12* (SF-12).

Las características propias de cada cuestionario pasan a describirse a continuación.

1.10.1 MCGILL PAIN QUESTIONNAIRE

Desarrollado por Melzack en 1975 y basado en la percepción del dolor como un proceso multidimensional, evalúa 3 categorías principales; la sensorial o discriminativa, la motivacional o afectiva y la cognitiva o evaluativa, divididas a su vez en 16 subclases. Su versión original demostró ser una herramienta útil para examinar las dimensiones del dolor, proporcionando información cualitativa. Esta primera versión presentó una consistencia interna entre los diferentes índices de calificación del dolor y los índices del cuestionario elevada, proporcionando así una herramienta válida para determinar los efectos de las diferentes manipulaciones terapéuticas (103).

La versión Española del cuestionario de dolor no se limitó a una traducción del MPQ, sino que fue elaborado íntegramente a través de la misma teoría y metodología, de modo que comprende:

1. 64 descriptores: distribuidos en 19 subclases y categorizados dentro de las tres dimensiones del dolor; sensorial, afectiva y evaluativa (104).
2. Escala visual analógica.
3. Representación corporal humana: sobre la cual se debe señalar la localización del dolor (105).

Evalúa, tanto los aspectos cuantitativos, como los cualitativos del dolor. Pueden extraerse de él, los siguientes resultados:

- Índice de valoración del dolor (PRI): puede ser total, o individual para cada una de las áreas (sensorial, emocional, valorativo o miscelánea). La puntuación se obtiene a través de la suma de las palabras señaladas por el sujeto en de cada grupo que forma una categoría.
- Número de palabras elegido (NWC): es el sumatorio del número de características del dolor seleccionadas por el paciente.
- Índice de intensidad del dolor (PPI): cada respuesta posible del ítem que evalúa ese constructo lleva asociada una puntuación numérica.
- Intensidad del dolor según VAS.

Para la interpretación y análisis de datos, si el sujeto no selecciona una respuesta para un ítem, el cálculo se realizará en base solo a los que sí hayan sido seleccionados. En el supuesto de que más de una respuesta haya sido seleccionada, se contabilizará la respuesta con un valor más alto. El cuestionario está disponible en el Anexo 1.

La validez y la fiabilidad de la Versión Española han sido evaluadas mediante el estudio de la correlación con la Versión original de Melzack, en el cual obtuvieron valores ICC entre 0,89 y 0,98, lo que demostró el alto grado de correlación entre ambas. Por otro lado, se testó la sensibilidad al cambio de la Versión Española encontrando diferencias estadísticamente significativas en las 3 dimensiones del dolor (106). Estas características psicométricas también fueron testadas en países de habla hispana diferentes a España, corroborando que la Versión Española del MPQ es una herramienta útil para evaluar el dolor, tanto en España como en países de habla latina, ya que presentó en general ICC con valores superiores a 0,90 (107).

Finalmente, la capacidad de las herramientas de medida y, en el caso que nos ocupa, la capacidad de los cuestionarios para evaluar los cambios longitudinales en el estado de salud, viene determinada por diferentes métricas, como el Cambio Mínimo Detectable, más reconocido por su siglas en Inglés (*Minimum Detectable Change*, MDC), que es aquel cambio que queda fuera del error de medición en la puntuación de un instrumento utilizado para medir un síntoma (108), o la Diferencia Mínima Clínicamente Importante, en inglés *Minimal Clinically Important Difference* (MCID), que permite conocer cuál es la menor diferencia de puntuación en el dominio de interés que los sujetos perciben como beneficiosa (109). En concreto, el rango de MCID reportado en MPQ para sujetos con patologías que implican un área de estudio similar al del NP agudo, como podría ser el síndrome post-laminectomía, oscila entre 0,3 y 1,3 puntos (110).

1.10.2 VISUAL ANALOGUE SCALE

Ideada para uso en psicología en 1921, fue aplicada por primera vez por Scott y Huskisson en 1976 (111) con el objetivo de medir la intensidad del dolor manteniendo la máxima reproductibilidad entre observadores. Es una sencilla prueba consistente en una escala que representa en un espectro continuo de 100 mm la experiencia dolorosa, donde el sujeto debe marcar la intensidad de sus síntomas, siendo sus extremos “no dolor” y “el peor dolor imaginable” (17). En el diseño del presente estudio, se empleó la VAS englobada en el MPQ (Anexo 1).

Su fiabilidad, en el caso de la población con dolor crónico (112), y su validez han sido ampliamente demostradas (113–117). La repetitividad de la prueba también se ha demostrado en grupos poblacionales con patologías de la columna cervical, obteniendo ICC con valores de 0,87 (118).

Se decidió que el mejor método a adoptar para la cuantificación del dolor en esta investigación sería su versión longitudinal, que es simple, sólida, sensible, reproducible y útil en la evaluación del dolor (17), además eludir el problema que aparece en la Escala vertical en la que, según Dixon, la percepción de los valores intermedios tienden a la búsqueda de los extremos (119).

En lo referente a la evaluación del cambio en el dolor, Todd *et al*, en una primera exploración del MCID, asoció el cambio subjetivo en el dolor de los sujetos con una diferencia media de 13 mm en la VAS (120). Aunque estableció con éxito un valor inicial, el MCID no sigue una distribución uniforme a lo largo de toda la escala, de modo que debe ser ajustado en base a la puntuación inicial del VAS. Por ello, Bird y Dickson confirmaron que, para los sujetos que presentan una puntuación inicial en el tercio inferior del VAS <34 mm, el MCID es de 13mm, mientras que para los que se encuentran en el tercio medio y parten de puntuaciones iniciales que oscilan entre 34 y 66 mm, es algo mayor, con un MCID de 17 ± 10 mm. Por último, aquellos sujetos con dolor inicial englobado en el tercio superior de la VAS mayor de 67mm, el MCID se debe incrementar hasta 28 ± 21 mm (121). En un intento de consensuar, Ostelo *et al*, junto con un comité de expertos, marcaron el MCID en 15 mm para la VAS en patología lumbar o en su defecto una diferencia del 30% en relación a la puntuación de inicio (122).

Examinando la literatura presente, hasta el momento en patologías de la columna cervical pocos estudios han calculado el MCID del VAS. La mayor aproximación a las características muestrales de nuestro estudio la hemos hallado en el trabajo de validez de la VAS para columna cervical de MacDowall *et al*, en el que el MCID difiere según el modo de cálculo

empleado, desde 20,5 mm al calcularlo mediante la *Receiver Operating Curve* (ROC), pasando por los 20,0 mm obtenidos para el cambio promedio, hasta los 4,6 mm calculados mediante el Índice de Tamaño del Efecto de Cohen (118).

1.10.3 OSWESTRY DISABILITY INDEX

El desarrollo del ODI lo inició John O'Brien en 1976, diseñando un cuestionario rápido que puede realizarse en menos de 5 minutos e interpretarse en menos de 1 minuto. El cuestionario pone el centro de atención en las actividades físicas y no en las consecuencias psicológicas del dolor agudo o crónico. Consiste en 10 preguntas con 6 posibles respuestas, la primera de ellas hace referencia a la intensidad del dolor y los demás ítems incluyen diferentes Actividades Básicas de la Vida Diaria que pueden verse comprometidas por este dolor, como los cuidados personales, levantar peso, andar, estar sentado, estar de pie, dormir, viajar, mantener actividad sexual y vida social (123). Está recomendado como la principal medida auto-informada de discapacidad para sujetos con dolor lumbar (124,125). No obstante, otros autores, como Wittink *et al*, aplicaron esta escala en sujetos con dolor crónico en localizaciones distintas a la lumbar, entre las que se encontraba el segmento cervical, concluyendo que el cuestionario ODI puede ser útil en la población general con dolor (126).

Presenta altos niveles de confiabilidad test-retest, validez y capacidad de respuesta (127–129), además de mostrar, para la versión 1.0, una consistencia interna calculada mediante α Cronbach's de 0,71 (130). Flórez *et al* realizaron la adaptación transcultural a la población española en 1995, existiendo solo una versión validada en España, la versión 1.0, la cual ha demostrado su fiabilidad, validez y consistencia interna (123). Asimismo, presenta una alta fiabilidad test-retest ICC de 0,92 (131), una buena consistencia interna calculada mediante α de Cronbach's = 0,92 y una muy buena validez de constructo 87%, en sujetos con dolor lumbar agudo (132). Esta versión puede puntuarse en cada una de sus ocho secciones, aunque será más válido el uso de la versión completa del instrumento, que consta de 10 preguntas con 6 posibilidades de respuesta cada una (Anexo 2). Para cada sección de seis estados la puntuación máxima es 5, así, si se marca el primer estado se puntuará con 0 y si se marca el último estado se puntuará con 5. Los estados intermedios se puntuarán según el rango. En el caso de que haya más de una casilla marcada en cada sección, se tomará aquella con la puntuación más alta. Si todas las secciones están completas, la puntuación se calculará del siguiente modo: puntuación total, dividida entre 50 y multiplicado por 100, siendo el resultado el porcentaje de discapacidad. En el supuesto de que una sección no haya sido contestada o no sea aplicable, la puntuación se calculará del siguiente modo: puntuación total dividida entre, puntuación total posible, que corresponde al número de preguntas respondidas multiplicado por 5, que es la puntuación máxima posible para cada una de ellas. El resultado se multiplicará por 100 y se obtendrá el porcentaje de discapacidad (127).

Para considerar que se ha producido un cambio sobre el estado de los sujetos, autores como Fritz *et al* y Beurskens *et al* utilizaron el método de la curva ROC para calcular el MCID, que fue de 4 a 6 puntos (128,133). Nuevamente Ostelo *et al* y un comité de expertos consensuaron el MCID en 10 puntos para la patología lumbar o en su defecto una diferencia del 30% en relación a la puntuación de inicio (122).

1.10.4 NECK DISABILITY INDEX

El *Neck Disability Index*, índice desarrollado en 1989 por Howard Vernon como una modificación del ODI, fue publicado por primera vez en 1991 tras demostrar su validez y fiabilidad inicial (134). Es hoy día la escala más usada y la más validada para el mayor número de poblaciones que presentan dolor y disfunción cervical (135). La gran importancia de este Índice queda manifiestamente probada, al haber sido traducida a más de 20 idiomas. La primera aproximación para validar la versión Española la realizó Andrade *et al* en 2008, siendo un cuestionario auto-cumplimentado de 10 apartados (intensidad del NP, cuidados personales, levantamiento de pesos, lectura, dolor de cabeza, capacidad de concentración, capacidad de trabajo, conducción de vehículos, sueño y actividades de ocio) (Anexo 3). Para cada uno de los apartados se presentan 6 respuestas posibles que constituyen los niveles progresivos de capacidad funcional (136), puntuándose de 0 a 5. La interpretación puede realizarse de dos modos, el primero en base a los puntos totales obtenidos, que marcarán el grado de discapacidad. 0-4 = ninguna discapacidad; 5-14 = leve; 15-24 = moderada; 25-34 = severa; más de 34 = completa. El segundo modo, extrapolará los resultados a porcentajes, multiplicando por dos los puntos obtenidos, correspondiendo 50 puntos a una discapacidad del 100% (137,138). El modelo de puntuación elegido en nuestro estudio será el porcentual. En el supuesto de que un sujeto no completase una pregunta, la puntuación total se estimará sobre 45 puntos, y si son dos los ítems perdidos sobre 40 en lugar de 50. Estos resultados podrán convertirse después a porcentaje (136). Otros autores usan la media obtenida de los demás valores de puntuación y la insertan en el lugar del valor perdido. En todos los casos, si 3 o más ítems se encuentran incompletos, el cuestionario se considera inválido (135).

Sus propiedades métricas han sido ampliamente evaluadas, presentando una buena consistencia interna obtenida mediante el coeficiente α de Cronbach's de 0,89 (24) y 0,944 (136), Además, mostró una alta fiabilidad test-retest para el resultado global, con ICC de 0,98 (24,136). Paralelamente, la fiabilidad test-retest se evaluó individualmente para cada pregunta mediante el coeficiente de Correlación rho de Spearman, para el que obtuvo valores desde 0,968 a 0,753. Por último, demostró su validez a través del Coeficiente de Correlación r de Pearson, tanto entre el NDI y la VAS con valores de 0,643 (136) y 0,65 (24), como entre el NDI y la Versión Española del *Northwick Park Neck Pain Questionnaire*, con r de 0,89 (24). En definitiva, los resultados obtenidos por numerosos estudios indican que la Versión Española del NDI presenta una validez razonable, además de ser consistente, fiable y sensible al cambio (24,135,136,139).

Para considerar que se han producido cambios en el estado de discapacidad cervical entre sujetos, en la bibliografía se define que el MCID en el NDI es menor de 2 puntos sobre 50, o lo que es lo mismo, es menor del 4% (140,141). No obstante, para sujetos con unos criterios de inclusión similares a los de nuestro estudio, autores como Pool *et al* y Jorritsma *et al* determinaron un MCID de 3,5 puntos (142,143). Por último, los autores más conservadores, como Young *et al*, fijan el MCID en 7,5 puntos sobre los 50 posibles, recomendando para el uso en clínica una diferencia de 10 puntos para determinar fehacientemente que se ha producido un cambio clínicamente significativo (142,144).

1.10.5 FEAR AVOIDANCE BELIEFS QUESTIONNAIRE

El *Fear Avoidance Beliefs Questionnaire* fue desarrollado por Waddell *et al* basándose en el modelo de miedo/evitación del dolor, para cuantificar las creencias de un sujeto sobre cómo la actividad física y el trabajo pueden afectar a su dolor y al riesgo de padecer una nueva lesión. El cuestionario global, que está disponible en el Anexo 4, consta de 16 frases presentadas en dos subescalas, una relacionada con la actividad física, la *Fear Avoidance Beliefs Questionnaire Physical Activity* (FABQ-PA) y otra relacionada con la actividad laboral, la *Fear Avoidance Beliefs Questionnaire Work* (FABQ-W) (145). Para calcular la puntuación, el sujeto debe calificar cada una de las frases, en una escala Likert de 7 puntos, desde 0 que corresponderá a estar totalmente en desacuerdo, hasta 6, que corresponderá con estar totalmente de acuerdo. El rango de puntuación posible, en la escala global, es de 0 a 96 puntos, y las puntuaciones mayores indican que el sujeto presenta creencias de evitación del miedo elevadas (125). Además, los diferentes constructos pueden evaluarse individualmente mediante las dos subescalas, de la siguiente forma: para la FABQ-W, que consta de 7 items, se incluyen las preguntas 6,7,9-12,15, con un rango posible de puntuaciones de 0 a 42, y para la FABQ-PA, compuesta por 4 items, se incluyen las preguntas de la 2 a la 5, pudiéndose obtener un rango de puntuaciones de 0 a 24 puntos (137,138,145).

El Fear Avoidance Beliefs Questionnaire ha demostrado tener una fiabilidad aceptable (45,50,133,146). Específicamente, el cuestionario FABQ global mostró una excelente consistencia interna con valores α de Cronbach's de 0,93 para la puntuación total, así como rangos de α de 0,71 a 0,89 para la subescala FABQ-W y α 0,70 a 0,83 para la subescala FABQ-PA (42,147-149). Además, ha demostrado tener alta confiabilidad test-retest en ambas subescalas, obteniendo para el FABQ-W ICC de 0,91 a 0,95 y para el FABQ-PA ICC de 0,84 a 0,88 (42,148).

Al validar este instrumento se observó que las creencias explicaban una cantidad sustancial de la variación en la discapacidad y la pérdida del trabajo, incluso después de controlar la intensidad y la ubicación del dolor (147,150). Demostró tener capacidad pronóstica del desarrollo de discapacidad y del estado laboral en estudios prospectivos realizados en sujetos con dolor lumbar agudo y crónico sometidos a terapia física (125,145,148,151). Un ejemplo de ello, es el trabajo de Fritz y George, que emplearon el análisis de las características de la curva ROC para proponer una línea de corte en la puntuación para subescala FABQ-W de 29 puntos, por debajo de los cuales la probabilidad de sufrir incapacidad laboral prolongada, disminuía de modo sustancial desde el 29% al 3% (151).

Con respecto a su aplicabilidad en diferentes estados patológicos, no solo ha demostrado ser válido para el uso en sujetos que sufren dolor lumbar, si no que la subescala FABQ-PA es también útil en otras muchas regiones corporales, entre las que se incluye la columna cervical. Como demostraron George y Tryker al hallar resultados en los que la kinesiofobia se asoció a mayores puntuaciones de dolor y discapacidad (50). En contraposición, Cleland y Fritz, en un estudio de 2008, no observaron relación significativa entre la subescala FABQ-PA con las medidas concurrentes de discapacidad o dolor en sujetos con NP crónico, cuestionando su utilidad en sujetos con NP, mientras que sí encontraron correlaciones débiles, pero estadísticamente significativas para la subescala FABQ-W. Según estos autores, las diferencias encontradas en los sujetos con NP frente a las patologías que cursan con dolor lumbar pueden deberse a las diferencias en la magnitud del miedo con respecto a la experiencia dolorosa de los sujetos con NP, y a la subsecuente diferencia en las respuestas de evitación (46).

En lo concerniente a la capacidad de detectar cambios del cuestionario, Grotle *et al* identificaron el MDC en sujetos con dolor lumbar agudo y crónico en 12 puntos para la subescala FABQ-W y en 9 para la FABQ-PA (152). En último lugar, en una investigación en sujetos con dolor lumbar, Burton *et al* determinaron el MCID en más de 4 puntos, basándose en la distribución de los datos de la subescala de actividad física (153,154)

1.10.6 SHORT VERSION OF TAMPA SCALE FOR KINESIOPHOBIA

La versión abreviada de la escala TSK (48) fue creada originalmente en Inglés por Miler *et al*, en 1991 (155). Es un instrumento de medida autorreportado basado en el miedo al movimiento y a la recidiva como uno de los predictores más significativos de la perpetuación del dolor. Ha mostrado propiedades psicométricas satisfactorias, para una gran variedad de patologías músculoesqueléticas, incluyendo NP y dolor lumbar (156).

Evalúa el miedo al movimiento a través de 11 ítems, y la puntuación de cada ítem seguirá una escala de 1 a 4, siendo 1, cuando el sujeto esté totalmente en desacuerdo y 4, cuando esté completamente de acuerdo. Por lo tanto, la puntuación total varía de 11 a 44 puntos. A mayor puntuación, mayor temor presentará el sujeto a sufrir una nueva lesión debido al movimiento (157), interpretándose según la siguiente (Tabla 2).

Tabla 2: Interpretación de la puntuación en el TSK-11SV.

PUNTUACIÓN	PORCENTAJE	INTERPRETACIÓN
11-17	0-38%	Sin miedo
18-24	38-54	Miedo leve
25-31	54-70	Miedo moderado
32-38	70-86	Miedo severo
39-44	86-100%	Miedo máximo

Gomez-Perez *et al* evaluaron las propiedades psicométricas de la adaptación Española del TSK y, tras un análisis preliminar, formularon el (*Tampa Scale of Kinesiophobia 11 Spanish Version*, TSK-11VS), disponible como Anexo 5. Su consistencia interna, evaluada mediante el coeficiente α de Cronbach's, resultó ser moderada, con valores α de 0,79 en muestras que presentaban dolor crónico y buena con valores de α de 0,81 en las muestras con dolor agudo. La estabilidad de la prueba se evaluó a través del Coeficiente de Correlación r de Pearson, nuevamente en sujetos con dolor agudo, presentando una correlación estadísticamente significativa entre las puntuaciones de la primera y segunda medida con valores r de 0,55 para las muestras que aún presentaban dolor agudo y 0,40 para las muestras que se habían recuperado. Por

último su validez de constructo se analizó en muestras con dolor crónico, examinando el patrón de correlaciones presentes entre el TSK y otras medidas relacionadas con el dolor y la kinesiofobia, lo que demostró la existencia de correlaciones moderadas pero significativas y positivas con el catastrofismo, la depresión, la ansiedad y la intensidad de dolor, así como correlaciones negativas con el estado funcional. Del mismo modo, en la muestra de dolor agudo volvieron a aparecer correlaciones positivas con el catastrofismo, la depresión, la ansiedad, el miedo al movimiento medido por FAB y correlaciones negativas con el estado funcional, pero no se obtuvieron correlaciones con la intensidad del dolor (158).

El TSK demostró tener una gran capacidad a la hora de discriminar entre los sujetos estables de aquellos que mejoraban, en base a un análisis ROC que estableció el MCID en 6 puntos, con una sensibilidad del 99% y una especificidad del 100% (156). Por otro lado, Woby *et al*, en su estudio de las propiedades métricas de la Versión Inglesa Abreviada (TSK-11), determinaron mediante curva ROC que una reducción de 4 puntos era suficiente para identificar correctamente a aquellos sujetos que habían experimentado una reducción importante en su miedo al movimiento, con una sensibilidad del 66% y especificidad del 67% (48). Sin embargo, dado que Hapidou *et al* elevaron el MDC para el TSK-11 hasta los 5,6 puntos, determinando que cualquier cambio inferior a esa puntuación podría atribuirse a errores de medición (159), parece adecuado mantener en 6 puntos la línea del MCID.

1.10.7 SHORT FORM HEALTH SURVEY 36 Y 12

El cuestionario de salud SF-36 se desarrolló en los años noventa en Estados Unidos y está diseñado para evaluar ocho conceptos de salud; 1. limitaciones en las actividades físicas debido a problemas de salud; 2. limitaciones en las actividades sociales debido a problemas físicos o emocionales; 3. limitaciones en las actividades habituales debido a problemas de salud física; 4. dolor corporal; 5. salud mental general, que incluye la angustia psicológica y el bienestar; 6. limitaciones en las actividades habituales debido a problemas emocionales; 7. vitalidad, en términos de energía y fatiga; y 8. percepción general de salud (160). Es una escala genérica dirigida a evaluar la calidad de vida relacionada con la salud y a detectar los beneficios producidos por una gran amplia variedad de tratamientos, aplicable tanto en población general como sujetos que sufren diversas patologías (161–163).

Actualmente, el SF-36 es uno de los instrumentos con mayor potencial en el campo de la calidad de vida, con sus buenas propiedades psicométricas, que han sido evaluadas en más de 400 artículos (164). La adaptación del Cuestionario de la Salud SF-36 al Español demostró su fiabilidad a través de valores α de Cronbach's superiores a 0,7 en todas las dimensiones (0,71 a 0,94), excepto en la dimensión de relación social donde obtuvo un valor α de 0,45. El análisis de la reproductibilidad entre administraciones del cuestionario obtuvo valores ICC que fluctuaron de 0,58 en la escala de Rol emocional a 0,99 en la escala de Rol físico (165). En conjunto, los numerosos estudios publicados sobre las características métricas de la Versión Española del SF-36 aportan suficiente evidencia sobre su fiabilidad, validez y sensibilidad (161).

El cuestionario de salud SF-12 fue desarrollado originalmente en Estados Unidos, para proporcionar una alternativa más corta al SF-36 (166), a fin de reducir el tiempo de administración de los 5-10 min necesarios para el SF-36, a 1-2 minutos de promedio para la Versión reducida de 12 ítems, mejorando su aplicabilidad clínica (167,168). Dada la amplia batería de test que se llevan a cabo en el presente estudio, esta reducción en tiempo de evaluación hizo que se eligiese la versión abreviada. Evalúa el impacto de la salud en la vida cotidiana de la persona, y su puntuación total se adquiere por medio del sumatorio de los valores asociados a las frases marcadas por el sujeto. La puntuación total oscila entre un mínimo de 12, y un máximo que podrá alcanzar hasta 47 puntos. Las puntuaciones menores reflejan una baja calidad de vida (112).

Al confeccionar el SF-12, en los primeros 10 ítems, con el fin de seleccionar aquellos que mejor representan las medidas física y mental del SF-36, nombrados en la literatura como (*Physical Component Summary*, PCS) y (*Mental Component Summary*, MCS), se emplearon

métodos de regresión lineal múltiple, alcanzando valores R^2 de 0,911 y 0,98, respectivamente. Los dos ítems restantes fueron seleccionados para asegurar la buena representación de todas las dimensiones del SF-36 en la Versión reducida (167). La calidad métrica del cuestionario SF-12 demostró su Consistencia Interna, con α de Cronbach's que oscilan entre 0,72-0,89, y también su fiabilidad test-retest con una horquilla de valores r entre 0,73-0,86 (169). Además, el cuestionario demostró ser válido, ya que al confrontar el SF-12 con el SF-36 se encontraron correlaciones altas, entre 0,94-0,96 para la PCS y entre 0,94-0,97 para la MCS. Por último, en lo referente a su capacidad predictiva, tanto la Versión Española, disponible como Anexo 6, como la original, explicaron más del 90% de la varianza de las medidas PCS y MCS del SF-36 (166).

La investigación llevada a cabo por Singh *et al* evaluó y comparó las propiedades psicométricas del SF-12 con respecto al SF-36 en población con afectación cervical, característica que acerca sus resultados a nuestra población de estudio. En ella, encontraron asociaciones lineales tanto en el cambio medio en la puntuación con valores r en el test de Pearson de 0,92 a 0,93, como en la sensibilidad al cambio y la sensibilidad absoluta de la escala para distinguir entre diferentes niveles de severidad de la discapacidad. Demostró, por tanto, que ambas escalas para los componentes físico y mental son similares, dado que presentan correlaciones altas, con r de 0,93 a 0,96. Sin embargo, la fiabilidad calculada por el α de Cronbach's es ligeramente menor para el SF-12, donde obtuvo un valor de 0,77. No obstante, según el criterio de aceptabilidad de valores de Nunnally *et al*, en compensación por los beneficios prácticos que aporta el SF-12 aún resulta aceptable (170).

Similar al comportamiento encontrado en el resto de cuestionarios, el MCID del cuestionario SF-12 difiere en función del método de cálculo empleado. Al poner el foco en población con NP y NP irradiado, los valores de MCID presentan rangos muy amplios, que varían desde 7 a 12,2 puntos para PCS y desde 0 hasta 7,2 para MCS, donde los menores MCID son los obtenidos mediante la curva ROC. Dada esta amplia variabilidad, la *North American Spine Society* acotó ese rango a 8,1 puntos para PSC y 4,7 en el MCS (171), si bien es cierto que las características muestrales difieren de las de nuestro estudio, por lo que estos valores MCID no son completamente extrapolables (172).

CAPÍTULO II: JUSTIFICACIÓN

CAPÍTULO II: JUSTIFICACIÓN

La importancia del estudio de las características del NP no sólo radica en el hecho de que esta patología presente una alta prevalencia e incidencia, a nivel global y nacional, sino en lo que su manejo implica en términos económicos. Supone una alta proporción de los costes directos de salud, un aumento de las visitas a los centros asistenciales, además de estar relacionado con una reducción en la productividad de la población que la sufre (13). El NP provoca un coste económico indirecto incluso mayor que el directo, produciendo así, un gran perjuicio al tejido social y empresarial general. Un ejemplo de ello es la estimación de gasto por NP en Estados Unidos, que llegó a cifrar en 85,9 mil millones de dólares los gastos directos asociados a su manejo sanitario, lo que representa un 9% del coste total nacional en salud (14). En lo concerniente a la Fisioterapia, hasta la fecha, ha habido escaso acuerdo acerca del impacto económico que supone el tratamiento fisioterápico en los problemas espinales, aunque es cierto que algunos autores han demostrado cómo el empleo de estos métodos de tratamiento se traduce en una reducción de los costes médicos asistenciales, y atribuyen esta disminución a menores gastos de hospitalización (173).

A pesar de la evidente carga que los trastornos de columna suponen para toda la sociedad, sigue siendo una de las afecciones más difíciles de resolver. Uno de los principales hándicaps para lograr reducir el impacto que provocan estos trastornos y, de forma específica, los que atañen al segmento cervical, es, precisamente, la dificultad para definir cuáles son los factores que originan su desarrollo. Además, la coexistencia de algunas de sus características con otros síndromes y patologías, como la lumbalgia, dificulta la realización de un diagnóstico específico del NP, lo que insta a mejorar la comprensión de sus predictores y curso clínico. Esto permitirá mejorar el diagnóstico y aproximar la evidencia científica a la práctica clínica diaria (8,13,15,173–175).

Aunque los esfuerzos de la investigación sobre el control motor y la movilidad cervical en los sujetos con NP han sido intensos, habiendo logrado identificar su alteración, la evidencia disponible se basa, en su mayoría, en estudios de robustez limitada, por lo que las relaciones causales continúan sin ser claras (176). Dado que el dolor espinal inespecífico engloba a una altísima proporción de los dolores espinales, cercana al 90%, y a que puede ser generado prácticamente por cualquier estructura espinal, la tendencia ha sido definir los síndromes dolorosos en base a los tejidos específicos, estructuras o patologías que teóricamente eran el

origen del dolor. Sin embargo, estas aproximaciones aún no han sido ampliamente aceptadas y muchos de los métodos empleados para generar los diagnósticos no se han validado (14).

Un enfoque importante de la investigación del NP ha sido, precisamente, el estudio de la biomecánica espinal, con el supuesto de que una mejor comprensión de la respuesta espinal frente a las lesiones y patologías conducirá a mejores protocolos de prevención y de tratamiento. El estudio de la movilidad espinal merece investigación adicional debido a que, como señalamos previamente, las herramientas empleadas de forma clásica en las mediciones pueden presentar problemas de confiabilidad. Es cierto que existen herramientas diagnósticas, como podrían ser las pruebas de imagen, que atajarían en gran medida dichos problemas. Sin embargo, ha aumentado la evidencia de que, en ausencia de señales de alerta, el uso de estas pruebas podría afectar negativamente a los sujetos e incluso aumentar o prolongar su discapacidad, al reforzar la percepción de padecer una lesión grave (14). Al no haber pruebas suficientes para apoyar el uso rutinario del diagnóstico por imágenes, parece lógico pensar que los problemas de medición podrían tratar de resolverse por otras alternativas disponibles, como puede ser el uso de los IMUs, dada su versatilidad, coste y aplicabilidad en entornos clínicos.

Independientemente del método empleado en la medición del ROM. Una considerable cantidad de literatura científica demuestra que los sujetos con NP presentan alteración en la movilidad espinal. No obstante, aún no hay consenso sobre qué variables del movimiento cervical deben tomarse como base (79), inconveniente al que se suma que prácticamente la totalidad de los estudios publicados se centran en un tipo de concreto de NP, como es el NP crónico (174). En este sentido, la investigación que se propone en el presente estudio realiza una amplia batería de evaluaciones metrológicas para diferentes segmentos corporales y, además, centra la atención en la etapa inicial del desarrollo del NP, lo que es importante para ayudar a establecer el nivel de afectación del sujeto. En este sentido, gracias al análisis en la fase aguda, se podría realizar una detección precoz de aquellos sujetos con mayor riesgo potencial de padecer algún tipo de discapacidad, lo que a su vez permitirá implementar intervenciones específicas tempranas, que logran reducir los costos y la probabilidad de discapacidad crónica (151). De este modo, de acuerdo con lo que indicó Humbría-Mendiola *et al*, es más provechoso dedicar recursos al tratamiento correcto en los estadios tempranos que en momentos más avanzados del desarrollo del NP, dado que, los casos con incapacidad crónica requieren abordajes mucho más costosos y con menos éxito (102).

Nuevamente, y aunque se han hecho progresos considerables en el conocimiento sobre el NP, la revisión de la literatura refleja que esta afección parece tener también asociada una cierta alteración en las MMPs. Desafortunadamente, un gran porcentaje de la modificación que ocurre en estas propiedades mecánicas aún no ha sido explicada, lo que sugiere que existen factores, aún

desconocidos, que podrían contribuir a la aparición de estas modificaciones (95). Así, conocer cuáles son las diferencias entre las MMPs cervicales, de sintomáticos y asintomáticos continúa, hoy en día, siendo crucial para entender el desarrollo de la disfunción músculo-esquelética que genera el NP (5). Con objeto de conocer las alteraciones producidas en las MMPs, otros autores propusieron el uso de la herramienta empleada en el diseño del presente estudio, la miotonometría manual, como una opción válida para detectar información relevante acerca de la alteración tisular en aquellas patologías en las que se produce un cambio en el Stiffness muscular (101). Es importante recalcar que la caracterización de dichas MMPs en los procesos que cursan con NP no debería quedar supeditada solo al segmento cervical, dado que existe una interrelación biomecánica probada entre los diferentes segmentos espinales y a que, gracias a estas relaciones, se podría explicar qué disfunciones mecánicas de otras regiones de la columna tendrían la capacidad de producir cambios en la cinética cervical.

Suscribiendo los vacíos de conocimiento que ya señalaron otros autores, es necesario contar con más estudios sobre la disfunción cervical (55), especialmente en fase aguda, que permitan identificar y caracterizar a aquellos subgrupos poblacionales susceptibles de presentar mayor riesgo de sufrir NP o la combinación de NP y dolor lumbar (12), así como, analizar la movilidad y las MMPs de los diferentes segmentos corporales, y no solo los cervicales, que pudiesen estar contribuyendo al desarrollo de NP. Estas investigaciones permitirán, entre otros aspectos; comprender mejor los predictores e identificar los factores de riesgo, que son potencialmente modificables y que predisponen al desarrollo del NP, así como conocer el curso clínico en sus diferentes contextos y formas. Esta información dotará de conocimiento para mejorar su prevención y manejo eficaz (8), y permitirá reducir la carga que el NP supone para la sociedad (177).

Por último, con respecto a los constructos psicológicos, a las medidas de salud general y a las medidas específicas en relación al NP, todos ellos han demostrado su capacidad para actuar como mediadores de la discapacidad en los trastornos espinales. Sin embargo, dado el limitado número de estudios sobre estos factores, los resultados deben interpretarse con cautela, y se prevé la necesidad de realizar más estudios específicos en los diferentes subgrupos de dolor espinal (178), como el cervical. Por ello, con el objetivo de ampliar el conocimiento disponible sobre el NP, el presente estudio incluyó la evaluación del dolor, discapacidad, miedo y calidad de vida de los sujetos de estudio, lo que podría conducir al desarrollo de tratamientos más integrales en el marco biopsicosocial.

2.1 OBJETIVOS

Así, el objetivo principal del presente estudio fue analizar las particularidades de sujetos con NP agudo, caracterizándolos en términos de movilidad, propiedades mecánicas tisulares, intensidad y cualidades del dolor, discapacidad, calidad de vida y kinesiofobia.

Sobre la base de esta caracterización se desglosan los objetivos secundarios:

1. Identificar las diferencias en las propiedades cinemáticas, mecánicas tisulares, de intensidad y características del dolor, discapacidad, calidad de vida y kinesiofobia entre sujetos con NP agudo y sujetos sanos.
2. Identificar las diferencias en las propiedades cinemáticas, mecánicas tisulares, de intensidad y características del dolor, discapacidad, calidad de vida y kinesiofobia entre sujetos con NP agudo y sujetos con dolor lumbar agudo.
3. Caracterizar las posibles variaciones en las propiedades mecánicas musculares cervicales en función del movimiento y la edad, en sujetos con NP agudo.

Parte del objetivo principal, así como los objetivos secundarios 1º y 2º fueron abordados en el artículo *Paravertebral Muscle Mechanical Properties and Spinal Range of Motion in Patients with Acute Neck or Low Back Pain: A Case-Control Study*, publicado en la revista *Diagnostics*, en el año 2021 (<https://doi.org/10.3390/diagnostics11020352>) y recogido en el Capítulo III: *Propiedades mecánicas musculares y rango de movimiento en cervicálgicos y lumbálgicos agudos*, del presente texto. El objetivo 3º se aborda en el Capítulo IV: *Influencia del dolor cervical, el movimiento secuenciado, el reposo de corta duración y la edad en las MMPs cervicales*.

2.2 HIPÓTESIS DEL PLAN DE INVESTIGACIÓN

En función de los objetivos previstos, se plantean las siguientes hipótesis de estudio:

- Primera: Los sujetos con NP agudo presentan características propias en términos de movilidad, propiedades mecánicas tisulares, intensidad y características de dolor, discapacidad, calidad de vida y kinesiofobia.
- Segunda: Los sujetos con NP agudo presentarán un comportamiento diferencial con respecto a los sujetos sanos en términos de movilidad, propiedades mecánicas tisulares, intensidad y características de dolor, discapacidad, calidad de vida y kinesiofobia.
- Tercera: Los sujetos con NP agudo y los sujetos con dolor lumbar agudo presentan características comunes entre sí, en términos de movilidad, propiedades mecánicas tisulares, intensidad y características de dolor, discapacidad, calidad de vida y kinesiofobia, siendo además diferenciables con respecto a los sanos.
- Cuarta: Las propiedades mecánicas tisulares de la musculatura cervical se verán modificadas en función de la realización de movimiento espinal secuenciado previo a la medición miotonométrica y de la edad, en los sujetos con NP agudo.

**CAPÍTULO III: PROPIEDADES MECÁNICAS
MUSCULARES Y RANGO DE MOVIMIENTO
EN CERVICÁLGICOS Y LUMBÁLGICOS
AGUDOS**

La correcta identificación de los sujetos, en función de las diferencias del ROM, las MMPs, de intensidad y características del dolor, discapacidad, calidad de vida y kinesiofobia entre sujetos con NP agudo o lumbálgicos agudos y sujetos sanos, además de establecer las relaciones entre las MMPs, el ROM, los datos sociodemográficos y clínicos, fueron los objetivos abordados en el artículo *“Paravertebral Muscle Mechanical Properties and Spinal Range of Motion in Patients with Acute Neck or Low Back Pain: A Case-Control Study”*.

La información ampliada acerca de las consideraciones éticas, así como la documentación referente al consentimiento informado, revocación del consentimiento, los modelos de recogida de datos y la descripción metodológica detallada en mayor profundidad, puede encontrarse en el CAPÍTULO IV. *Influencia del dolor cervical, el movimiento secuenciado, el reposo de corta duración y la edad en las MMPs cervicales*, así como en los anexos correspondientes.

Article

Paravertebral Muscle Mechanical Properties and Spinal Range of Motion in Patients with Acute Neck or Low Back Pain: A Case-Control Study

Sandra Alcaraz-Clariana ^{1,†}, Lourdes García-Luque ^{1,†}, Juan Luis Garrido-Castro ^{2,3}, César Fernández-de-las-Peñas ^{4,5}, Cristina Carmona-Pérez ⁶, Daiana Priscila Rodrigues-de-Souza ^{1,*} and Francisco Alburquerque-Sendín ^{1,3}

- ¹ Department of Nursing, Pharmacology and Physical Therapy, Faculty of Medicine and Nursing, University of Córdoba, 14004 Córdoba, Spain; m72alcls@uco.es (S.A.-C.); z12gahul@uco.es (L.G.-L.); falburquerque@uco.es (F.A.-S.)
 - ² Department of Computer Science and Numerical Analysis, Rabanales Campus, University of Córdoba, 14071 Córdoba, Spain; cc0juanl@uco.es
 - ³ Maimonides Biomedical Research Institute of Cordoba (IMIBIC), 14004 Córdoba, Spain
 - ⁴ Department of Physical Therapy, Occupational Therapy, Rehabilitation and Physical Medicine, Universidad Rey Juan Carlos, 28922 Alcorcón, Spain; cesar.fernandez@urjc.es
 - ⁵ Cátedra Institucional en Docencia, Clínica e Investigación en Fisioterapia: Terapia Manual, Punción Seca y Ejercicio Terapéutico, Universidad Rey Juan Carlos, 28922 Madrid, Spain
 - ⁶ Centro de Recuperación Neurológica de Córdoba (CEDANE), 14005 Córdoba, Spain; mcarperes@yahoo.es
- * Correspondence: drodriguez@uco.es; Tel.: +34-957-218-241
† These authors contributed equally to this manuscript.



Citation: Alcaraz-Clariana, S.; García-Luque, L.; Garrido-Castro, J.L.; Fernández-de-las-Peñas, C.; Carmona-Pérez, C.; Rodrigues-de-Souza, D.P.; Alburquerque-Sendín, F. Paravertebral Muscle Mechanical Properties and Spinal Range of Motion in Patients with Acute Neck or Low Back Pain: A Case-Control Study. *Diagnostics* **2021**, *11*, 352. <https://doi.org/10.3390/diagnostics11020352>

Academic Editor: Fabio Manfredini

Received: 29 December 2020

Accepted: 19 February 2021

Published: 20 February 2021

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Abstract: Our aims were to identify potential differences in muscle mechanical properties (MMPs) of cervical and lumbar tissues and in spinal range of motion (ROM) between patients with acute low back pain (LBP) or acute neck pain (NP) and healthy controls, and to identify if ROMs and MMPs are able to identify subjects among the three groups. Clinical variables (pain, disability, fear of movement, kinesiophobia, quality of life), MMPs and ROMs were obtained in 33 subjects with acute LBP, 33 with acute NP, and 33 healthy control subjects. Between-groups differences and explanatory models to discriminate groups depending on MMPs and ROMs were calculated. The results showed that cervical tone was higher in patients with acute NP than in controls, while cervical decrement was higher in both spinal pain groups. Patients with acute NP showed reduced cervical flexion when compared to acute LBP and control groups, and also cervical rotation, but just against controls. Furthermore, lumbar flexion was reduced in patients with acute LBP when compared to those with acute NP. Cervical decrement was able to discriminate spinal pain individuals from controls in a multinomial regression (R^2 : Cox–Snell estimation = 0.533; Nagelkerke estimation = 0.600). Lumbar flexion differentiated patients with acute LBP and controls, whereas cervical flexion differentiated patients with acute NP and controls. This study supports a tendency of the affectation of other spinal regions when only one is affected.

Keywords: myotonometry; kinematics; cervical spine; low back pain; neck pain

3.1. INTRODUCTION

Low back pain (LBP) is associated with substantial burden at individual level and health systems [1]. In fact, it is the main cause of years lived with disability [2]. Subjects suffering LBP show spinal reduced movement and smaller amplitude [3,4], differences in muscle size, muscle tone, stiffness, or fat infiltration [5–7], muscle weakness [8,9] or disturbed recruitment patterns [3,10]. All these features and their relations with psychosocial domains have been well studied in chronic LBP [11–13], but not enough information is available in acute LBP.

Neck pain (NP) is the fourth largest contributor to global disability worldwide [14]. Individuals with NP show limited range of motion (ROM) [15], pain adaptive motor control disturbances, such as increased activation of surface musculature [15,16], and modifications in muscle mechanical properties (MMPs) [16,17]. However, these disturbances are not completely understood [18] and most of these conditions are diagnosed and classified as unspecific [19].

According to the biopsychosocial model, both LBP and NP are influenced by multiple factors, e.g., psychological aspects like catastrophism, patient's beliefs and expectations, physical activity, environmental, genetics, morphological or mechanical [13,20], being some of them predictors of chronicity [19,21–23]. Better understanding of this predictors and their clinical course [24,25], in combination with other measures, such as MMPs and ROMs, are necessary for establishing treatment strategies in clinical practice.

Some technologies have improved the characterization of spinal disorders. With respect to muscle tissue state, few studies have focused on the MMPs of the paravertebral muscles [26]. These features have usually been assessed by using subjective methods [27], such as palpation. Myotonometry is a recent innovative technology, which provides reliable data on MMPs in clinical environments [28]. Furthermore, preliminary studies suggest that muscular injuries have their own distinctive MMPs, assessed with myotonometry, which can help to understand muscle deficits related to injury [28]. These changes in lumbar MMPs have been observed in adults with ankylosing spondylitis [29], but current evidence analyzing lumbar MMPs in individuals with LBP is restricted to chronic state [30]. In the cervical region, it has been suggested that factors such as pain and disability could be responsible for an increase in tone and stiffness in spinal pain populations [31].

The use of new technologies could be also applied for an objectification of changes in ROM, both in the lumbar [32,33] and cervical [34] regions. For instance, inertial motion units (IMUs) are small, cheap, accurate, reliable, and easy to apply in clinical practice [35]. These

sensors have been validated for cervical, lumbar and hip analyses [36,37] and have been able to differentiate the lumbo-pelvic kinematics between healthy and back pain populations [3], and to classify subtypes of traumatic injuries in the cervical spine [38]. However, few studies have focused on the relationship between the kinematics of the neck or lower back with clinical scales [39], and most of them have focused only on chronic spinal pain populations [33,38,39].

Thus, the primary objective of this study was to identify differences in MMPs of cervical and lumbar tissues, as assessed with myotonometry, and in cervical and lumbar ROMs, as assessed with IMUs, between patients with acute LBP or acute NP and healthy subjects. Second, this study tried to identify if ROMs and MMPs are able to correctly identify subjects among the three groups, and to assess the relations between MMPs, ROMs, sociodemographic and clinical data.

3.2. METHODS

3.2.1. STUDY DESIGN

An observational, cross-sectional case-control study with consecutive sampling was conducted. Participants with acute LBP or acute NP at the moment of the evaluation were recruited through a non-probabilistic sampling from three centers, Physiobalance (a private physiotherapy center), Reina Sofía University Hospital of Córdoba (Andalusian Health Service), and the Biosanitary campus of the University of Córdoba, in Spain, from November 2018 to January 2020. For improving the comparability among groups, by each individual with acute NP included in the study, an individual with acute LBP, and a healthy subject, matched by age (± 3 years), body mass index (BMI) ($\pm 2 \text{ Kg/m}^2$) and sex (maximum difference in sex distribution among groups: 4 individuals) was also recruited. This project was approved by the Cordoba Research Ethics Committee (registration number 4017/2018). All participants signed a written informed consent.

3.2.2. PARTICIPANTS

We included two different case groups. One group formed by subjects of both sexes aged from 18 to 65 years old, who presented acute NP (<4 weeks evolution [40]), and pain ≥ 3 score assessed with a numerical pain rate scale (NPRS) [41]. A second group was composed by individuals with acute LBP who met the inclusion criteria described above. Participation in the study was proposed to those subjects who requested assistance at the study centers and met the selection criteria. The third group was the control group and included subjects of both sexes comparable in age, recruited by local advertising at the study centers, with no spinal pain symptoms in the previous 6 months. The exclusion criteria were common for all groups and included: traumatic history, spine surgery, congenital deformity, inflammatory disease, pregnancy, received physiotherapy treatment for the spine in the last 6 months.

3.2.3. SAMPLE SIZE

Sample calculation was performed by using the G*Power 3.1 software with the analysis of variance (ANOVA) one way (F-test) as a statistical test. To achieve a moderate f effect size of 0.33, which is common in clinical practice for musculoskeletal outcomes [42], for MMPs or ROM

outcomes, with an α coefficient of 0.05 and a power of 0.80, 30 individuals per group are necessary. Finally, 33 individuals per group were included, due to possible missing data.

3.2.4. ASSESSMENTS AND PROCEDURES

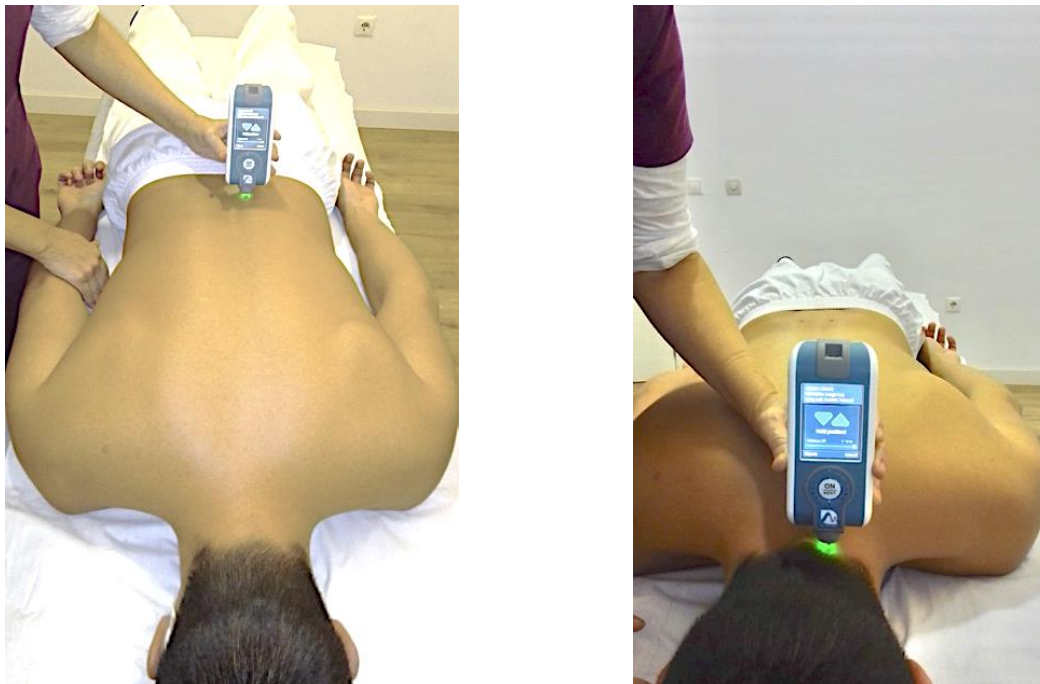
Several questionnaires commonly applied in clinical settings were used to identify pain behaviors and beliefs about pain, disability and general health (see next section). In addition, sociodemographic aspects, e.g., age, sex, weight, height, BMI were also collected. Cervical and lumbar spine ROMs and MMPs were finally assessed. The entire evaluation lasted approximately 45 min.

3.2.4.1. ASSESSMENT OF MUSCLE MECHANICAL PROPERTIES (MMPS)

A record of the MMPs using a hand myotonometry (MyotonPRO® Estonia) was made in both lumbar and cervical spines. The MyotonPRO® provides a controlled preload of 0.18N for an initial compression of the subcutaneous tissue, imposing an additional 15 ms pulse and 0.40N of mechanical force, which induces a natural damped oscillation in the targeted tissue. This response is measured by an accelerometer [43]. The MMPs recorded in this study included: *frequency*, measured in Hz, representing the muscle tone at rest (the higher frequency, the higher muscle tone); *stiffness*, measured in N/m, reflecting the capacity of the muscle to resist contraction or external pressure to deform (the greater stiffness, the greater muscle toughness); logarithmic *decrement* of oscillation amplitude, that has no unit, and is a measure of muscle elasticity (the higher decrement, the lower elasticity [44]); *creep*, that has also no unit, the material property in which progressive deformation occurs with time while a constant stress is applied; and, *relaxation*, measured in ms., describing the phenomenon of stress decrease with time, while the applied strain is constant, being the stress relaxation time the recovery time for the material to return to its normal state after deformation [45].

For data collection, subjects were placed in a prone position with both arms along the body. They were asked to hold apnea for 5 s after exhalation to reduce abdominal influence on the test. The cervical and low back regions were exposed throughout the procedure. The probe was first loaded by pushing against the skin surface to the required depth (indicated by a change in light from red to green), and the device applied impulses to induce damped oscillations within the muscle belly. During the test, the coefficient of variation (CV) of each test result was observed, and if the CV was more than 3%, the test was repeated again [44]. Lumbar measurements were carried out by placing the probe of the device perpendicular to the muscular belly of the erector spinal column, 2.5 cm from the midline of the spinous process of L5 [46] (Figure 1a). For the

cervical measurements, the semispinalis capitis muscles at C4 level were assessed [31,47] (Figure 1b). The order of assessments (right/left) was randomized by a randomization plan generator (www.randomization.com). The evaluations of the first 10 subjects of each group was repeated



after one week to assess between days, intra-rater reliability. The intraclass correlation coefficient (ICC) was >0.8 for all assessments and variables. Since no side-to-side differences in acute LBP, acute NP or control groups were observed, the mean of both sides was considered in the main analysis.

(a) (b)
Figure 1. Assessment of muscle mechanical properties (MMPs). (a) Lumbar myotonometry. Subject position and device location. (b) Cervical myotonometry. Subject position and device location.

3.2.4.2. RANGE OF MOTION (ROM) ASSESSMENT

For the analysis of the spinal mobility, IMUs (Dosarvi ViMove™[®]) were used. The evaluation was performed always after myotonometry. Using two IMUs, the range of the different movements of the lumbar and cervical spine was recorded [48]. In the lumbar spine evaluation, one of the IMUs was placed on the line that joins the posterior-superior iliac spines and, depending on the height of the subject, a template provided by the ViMove system was used to identify the location of the second sensor (Figure 2a).

The movements were first explained and demonstrated by the assessor prior to the evaluation. After asking the subject to remain in a neutral position for 5 s, the following sequence for the ROM assessment was conducted: lumbar flexion, lumbar extension, lumbar lateral-flexion (full range adding left and right lateral-flexions), and lumbar rotation (full range adding left and

right rotations). For the cervical evaluation, the sensors were placed on the occiput of the patient using a strap, and 10 cm below C7 vertebra (Figure 2b). With the same methodology as in the lumbar region, the sequence was as follows: cervical flexion, cervical extension, cervical lateral-flexion (full range), and cervical rotation (full range).

A total of 3 repetitions of each movement were executed, up to the maximum possible range without rebounding and without pain [48]. The validity and reliability of these procedures in clinical setting has been confirmed in previous studies [3].

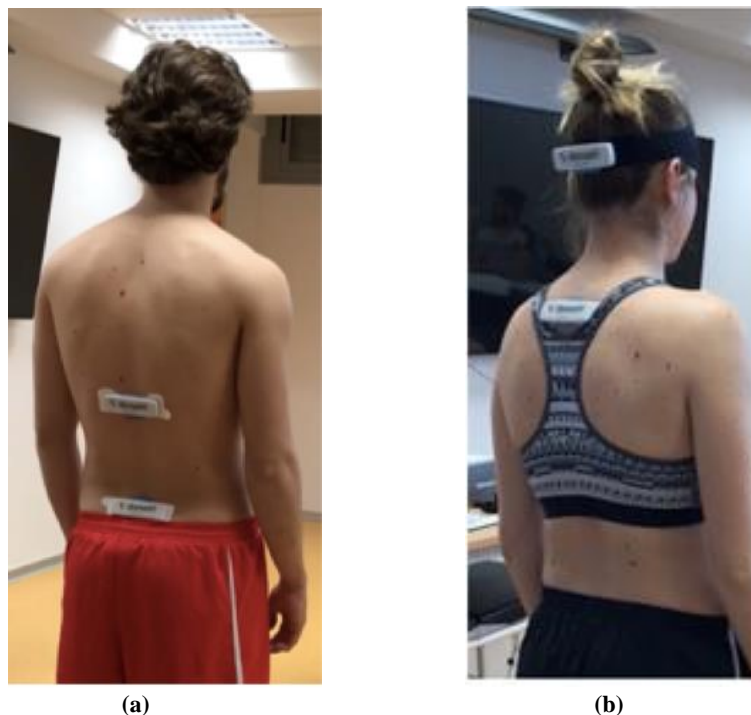


Figure 2. Range of motion (ROM) assessment with inertial motion units (IMUs). (a) Lumbar assessment. Subject position and device location. (b) Cervical assessment. Subject position and device location.

3.2.4.3. SELF-REPORTED QUESTIONNAIRES

The Spanish Version of the McGill Pain Questionnaire was used to determine the intensity and dimensions of pain. This questionnaire consists of 66 descriptors distributed in 19 subclasses each to describe pain to address a total of three dimensions (sensory, affective and evaluative) and a visual analogue scale [49,50]. The Pain Rating Index (PRI) total and for each of the dimensions (calculated by adding the score for each group of words that make up each category) and the number of words chosen (NWC) were considered in the current study. The validity and reliability of the Spanish version of the McGill Pain Questionnaire respects to the original version have been found to be high showing correlations with the original scale ranging from 0.89 to 0.98 [51].

The Oswestry Disability Index (ODI) evaluates disability due to LBP [52]. It consists of 10 questions with 6 answer possibilities, each about basic activities of daily life that can be affected by pain, scoring from 0 (no disability) to 5 (highest disability). The total score is calculated in percentage and interpreted as follows: 0–20%: minimal disability; 21–40%: moderate disability; 41–60%: severe disability; 61–80%: crippling back pain; 81–100% (these patients are either bed-bound or have an exaggeration of the symptoms) [53]. The Spanish version of ODI has demonstrated good internal consistency (Cronbach's $\alpha = 0.92$) and good construct validity in patients with acute LBP [54].

The Neck Disability Index (NDI) was applied to assess neck pain related-disability [55]. It is composed by 10 sections (intensity of pain, personal care, weight lifting, reading, headache, ability to concentrate, ability to work, driving of vehicles, sleep and leisure activities) with 6 possible answers scored from (no disability) to 5 (highest disability). The total score is expressed in percentage as follows: 0–8%: no disability; 10–28%: mild disability; 30–48%: moderate disability; 50–64%: severe disability; 70–100%: complete disability [56]. The Spanish version used in our study has demonstrated reasonable validity, consistency, reliability and sensitivity to change, with a Cronbach's alpha of 0.89 and an ICC of 0.88 [57].

The Fear-Avoidance Beliefs Questionnaire (FABQ) and the Short Version of Tampa Scale for Kinesiophobia (TSK-11SV) were used in both groups to assess pain behavior, because fear-avoidance or kinesiophobia cover different conceptual definitions. Kinesiophobia refers to fear of movement that results from a pain vulnerability, while fear-avoidance refers to the avoidance of a potential threat with physiological, cognitive, and behavioral responses, which leads to potential fear [58]. The FABQ [59,60] consists of 16 phrases related to physical activity (first 5 items), which composes the physical activity subscale (FABQ-PA), and work (last 11 items), which composes the work subscale (FABQ-W). Each question range is from 0 (totally disagree) to 6 (totally agree) [61]. The total score range is from 0 to 96, with a higher value reflecting a higher degree of fear-avoidance beliefs of pain. The Spanish version has shown high internal consistency (Cronbach's $\alpha = 0.93$) [61] and test-retest reliability (FABQ-W $r = 0.91$; FABQ-PA $r = 0.84$) [62]. The TSK-11SV [60] has shown satisfactory psychometric properties for musculoskeletal pain conditions including LBP and NP [63,64]. In this study, the Spanish version of the TSK-11SV was used consisting of 11 items related to the somatic approach and avoidance of activity. Each item is rated on a four-point scale ranging from "strongly agree" to "strongly disagree". Total score ranges from 11 to 44 with higher scores indicating more fear of movement and/or injury recurrence. The internal consistency is satisfactory for patients with acute pain (Cronbach's $\alpha = 0.81$) and the stability between measurements is moderate (Pearson's $r = 0.55$) [65].

The 12-Item Short-Form Health Survey (SF-12), divided by the physical component (PCS-12) and the mental component (MCS-12), was used to assess the health-related quality of life [66,67]. Each of the 12 items has the possibility of 3 to 5 answers, with lower values indicating poorer health-related quality of life on a scale of 0 to 100. The SF-12 has shown good internal consistency (Cronbach's α from 0.72 to 0.89) and test-retest reliability (ICC from 0.73 to 0.86) [68]. Regarding country-specific validity, high correlations (ICC = 0.94) between Spain SF-12 and SF-36 were found [66].

3.2.5. STATISTICAL ANALYSIS

Categorical variables are presented as counts and percentages. Continuous data were described by mean and standard deviation with a 95% confidence interval (95%CI). The Kolmogorov–Smirnov test showed their normal distribution (all variables: $p > 0.05$).

For the primary aim of the study, when the three groups were compared, one-way ANOVAs, with Tukey test for post hoc analyses, were conducted. When only spinal pain groups were included in the analysis, as occurred with fear of pain and kinesiophobia questionnaires, the unpaired Student t -test were applied.

To determine if each MMP of spinal musculature and each spinal ROM can classify individuals between the three groups, receiver operating characteristics (ROC) curves were developed. To interpret them, statistical significance and the area under the curve (AUC) were calculated. For the AUC, a value of 0.5 was considered fail to discriminate, 0.6–0.7 was considered poor, 0.7–0.8 was considered acceptable, 0.8–0.9 was considered excellent, and outstanding when more than 0.9 [69].

Furthermore, to determine the influence of the MMPs and the ROMs on suffering NP or LBP, with control group as the state pattern, a multi-nominal regression analysis was applied, with MMPs and ROMs as potential predictor variables, and the clinical state (LBP, NP, or control) as the dependent variable. Age, sex and BMI were also tested as predictors. The R^2 estimation was calculated with Cox–Snell and Nagelkerke tests, and odds ratios (OR) for each factor were also reported. Finally, the associations of each factor were considered as meaningful when statistically significant at $p < 0.05$ was observed. Percentages of correctly classified individuals according to the model were presented.

For the secondary objectives, to identify intra-group associations among the outcomes and other sociodemographic and clinical features, Pearson r coefficients were calculated.

Correlations were considered as negligible (0.0 to 0.19), fair (0.20 to 0.39), moderate (0.40 to 0.69), strong (0.70 to 0.89) or almost perfect (0.90 to 1.00) [70].

For all tests, the level of significance was set at 0.05, and the IBM-SPSS[®], version 25 (Armonk, NY, USA) was used for the statistical analysis.

3.3. RESULTS

3.3.1. DIFFERENCES IN MMPS AND ROMS AMONG GROUPS

Table 1 shows the scores in all outcomes of the three groups. Age, sex, BMI and MCS-12 were not different among the three groups. The PCS-12 was different between both spinal pain groups and the control group with more than 10 points higher for healthy controls. Additionally, pain intensity, assessed with NPRS, NWC, PRI-total, FABQ scores, and TSK-11SV did not show statistical differences between the subjects with spinal pain (acute LBP or acute NP).

Table 1. Sociodemographic and clinical characteristics of patients with acute low back pain, acute neck pain and healthy controls.

Variables	Low Back Pain (n = 33)	Neck Pain (n = 33)	Healthy (n = 33)	p-Value
Age (years)	41.9 ± 14.8	38.8 ± 11.1	37.0 ± 10.9	0.373
Sex (female/male)	11/22	14/19	13/20	0.742
BMI (Kg/m ²)	25.9 ± 3.9	25.2 ± 4.7	23.8 ± 3.5	0.160
PCS-12	41.6 ± 8.6	42.5 ± 9.9	54.1 ± 3.7	<0.001‡
MCS-12	50.9 ± 9.5	50.8 ± 10.4	53.1 ± 6.4	0.484
NPRS	4.7 ± 1.6	5.4 ± 1.9	-	0.100
NWC	9.3 ± 4.9	9.1 ± 4.5	-	0.855
PRI-total	17.1 ± 9.5	18.4 ± 9.0	-	0.561
NDI	-	11.0 ± 5.2	-	
ODI	21.1 ± 12.8	-	-	
FABQ	31.4 ± 13.6	36.2 ± 20.7	-	0.283
FABQ-PA	12.3 ± 6.0	12.6 ± 6.7	-	0.815
FABQ-W	11.8 ± 7.4	16.1 ± 10.7	-	0.072
TSK-11SV	22.9 ± 6.5	22.7 ± 5.9	-	0.891
Muscle Mechanical Properties (MMPs)				
Lumbar tone (Hz)	14.94 ± 2.54	14.70 ± 1.63	15.16 ± 2.22	0.697
Lumbar stiffness (N/m)	289.89 ± 76.23	279.95 ± 69.16	283.72 ± 75.37	0.847
Lumbar decrement	1.41 ± 0.37	1.28 ± 0.35	1.26 ± 0.32	0.169
Lumbar relaxation (ms)	19.45 ± 4.59	19.53 ± 4.24	19.48 ± 4.62	0.998
Lumbar creep (Deborah number)	1.21 ± 0.27	1.15 ± 0.23	1.21 ± 0.24	0.519
Cervical tone (Hz)	15.86 ± 2.09	16.52 ± 1.78	15.42 ± 2.24	0.048 §
Cervical stiffness (N/m)	275.92 ± 57.19	290.43 ± 53.97	265.14 ± 72.17	0.258
Cervical decrement	1.43 ± 0.22	1.45 ± 0.18	1.27 ± 0.23	0.001 ‡
Cervical relaxation (ms)	19.62 ± 3.87	18.10 ± 2.48	19.17 ± 4.08	0.214
Cervical creep (Deborah number)	1.17 ± 0.20	1.11 ± 0.13	1.15 ± 0.20	0.312
Spinal Mobility (Range of Motion, ROM)				
Lumbar flexion (°)	49.0 ± 14.3	57.1 ± 12.6	53.8 ± 9.4	0.031 *
Lumbar extension (°)	18.6 ± 18.2	17.2 ± 10.5	16.9 ± 11.9	0.871
Lumbar rotation (°)	27.2 ± 11.8	31.0 ± 10.0	27.9 ± 8.5	0.279
Lumbar lateral-flexion (°)	54.7 ± 13.5	55.5 ± 8.8	56.5 ± 9.8	0.807
Cervical flexion (°)	51.8 ± 8.8	46.0 ± 9.9	51.8 ± 7.4	0.010 †
Cervical extension (°)	45.4 ± 11.7	45.2 ± 16.1	50.5 ± 13.0	0.209
Cervical rotation (°)	135.3 ± 19.5	127.8 ± 25.2	139.9 ± 15.0	0.047 §
Cervical lateral-flexion (°)	73.9 ± 19.6	68.6 ± 17.2	69.6 ± 11.4	0.383

§: Statistical differences between acute NP and control groups.

‡: Statistical differences between both acute LBP and acute NP groups against the control group.

*: Statistical differences between acute LBP and acute NP groups.

†: Statistical differences between acute NP and both LBP and control groups.

Abbreviations: BMI: body mass index; NWC: Number of words chosen; NPRS: Numerical pain rating scale; PCS-12: Physical Component Summary of 12-item Short-Form Health Survey; MCS-12: Mental Component Summary of 12-item Short-Form Health Survey; ODI: Oswestry Disability Index; FABQ: Fear-Avoidance Beliefs Questionnaire; FABQ-PA: Physical Activity Subscale of Fear-Avoidance Questionnaire; FABQ-W: Work Subscale of Fear-Avoidance Questionnaire ; TSK-11SV: Short Version of Tampa Scale for Kinesiophobia; PRI: Pain Rating Index.

The MMPs showed significant differences among groups for cervical tone and cervical decrement: cervical tone was significantly higher ($p = 0.048$) in the acute NP group (1.1 Hz, 95%CI 2.3–0.1) than in the control group, but not significantly different than the LBP group (0.6 Hz, 95%CI –0.6–1.9). Cervical decrement was significantly higher ($p = 0.001$) in both acute NP and acute LBP groups than in healthy controls (mean differences 0.19, 95%CI 0.06–0.31 and 0.17, 95%CI 0.29–0.04, respectively). No other significant differences among groups in the remaining MMPs outcomes were observed (Table 1).

Within cervical ROMs, cervical flexion was significantly reduced ($p = 0.010$) in the acute NP group compared to both acute LBP (5.8°, 95%CI 11.0–0.7) and control (5.7°, 95%CI 10.9–0.6) groups; whereas cervical rotation was significantly ($p = 0.047$) reduced in the acute NP group as compared to controls (12.1°, 95%CI 25.0–0.3). No differences in cervical lateral-flexion ROM was found (Table 1). Furthermore, lumbar ROM only showed significant differences for lumbar flexion ($p = 0.024$), showing significant reduced mobility in the acute LBP group as compared to the acute NP group (8.1°, 95%CI 15.3–0.9). There were no significant differences among the groups for lumbar lateral-flexion and rotation (Table 1).

3.3.2. RECEIVER OPERATING CHARACTERISTICS (ROC) CURVES BASED ON MMPS AND ROMS AND MULTINOMIAL REGRESSION

To subclassify individuals with acute LBP and healthy controls, cervical decrement and lumbar flexion achieved statistical significance with an AUC of 0.709 (95%CI 0.584–0.835, $p = 0.003$), Figure 3a) and 0.660 (95%CI 0.524–0.791, $p = 0.047$, Figure 3b), respectively. To classify individuals with acute NP vs. controls, cervical tone, cervical decrement and cervical flexion showed statistical significance with an AUC of 0.663 (95%CI 0.527–0.798, $p = 0.024$), 0.764 (95%CI 0.648–0.879, $p < 0.001$, Figure 4a), and 0.691 (95%CI 0.560–0.821, $p = 0.008$, Figure 4b), respectively.

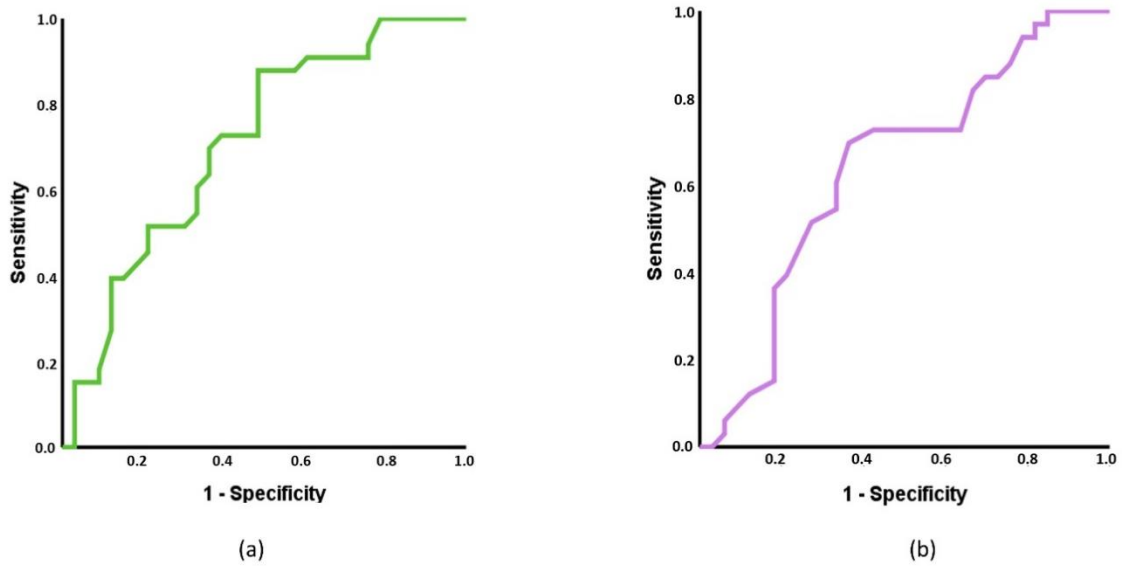


Figure 3. Receiver operating characteristic (ROC) curve of the cervical decrement (a) and lumbar flexion (b), to discriminate between individuals with acute low back pain and controls. (a) Area under the curve (AUC): for cervical decrement = 0.709 (95% confidence interval (CI) = 0.584–0.835). (b) AUC: lumbar flexion = 0.660 (95%CI = 0.524–0.791).

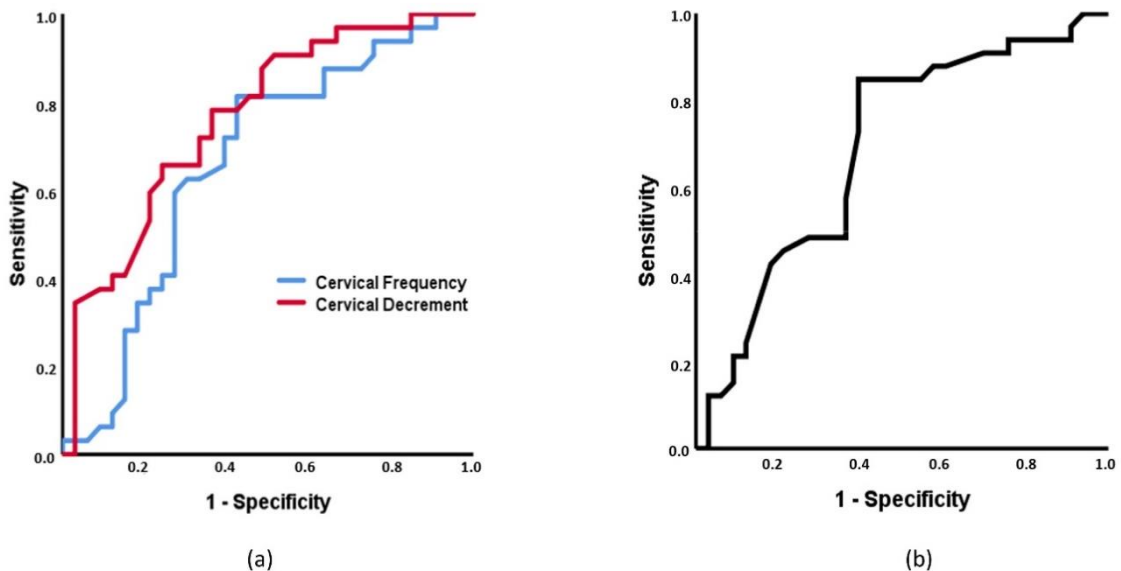


Figure 4. Receiver operating characteristic (ROC) curve of the cervical tone and decrement (a) and cervical flexion (b), to discriminate between individuals with acute neck pain and controls. (a) Area under the curve (AUC): for cervical tone = 0.663 (95%CI = 0.527–0.798); for cervical decrement = 0.764 (95%CI = 0.648–0.879). (b) AUC: cervical flexion = 0.691 (95%CI = 0.560–0.821).

When sociodemographic, MMPs, and ROM were included in a multinomial regression for predict patients with NP or acute LBP with respect to healthy controls as reference state, a statistically significant model with moderate to high R^2 (Cox–Snell estimation: 0.533; Nagelkerke estimation: 0.600) was identified ($p = 0.001$). The variables involved in the model for LBP patients were cervical lateral-flexion (OR 1.087, 95%CI 1.001–1.177, $p = 0.049$), cervical decrement (OR 7.153, 95%CI 2.872–11.028, $p = 0.02$), and lumbar tone (OR 0.509, 95%CI 0.253–0.992, $p = 0.048$). Thus, individuals with acute LBP were more likely to exhibit higher cervical lateral-flexion and cervical decrement and lower lumbar tone. The variables involved in the model for acute NP individuals were lumbar (OR 1.087, 95%CI 1.003–1.175, $p = 0.048$) and cervical (OR 0.897, 95%CI 0.811–0.992, $p = 0.033$) flexion and cervical decrement (OR 8.002, 95%CI 3.330–14.476, $p = 0.01$), that is, patients with acute NP were more likely to exhibit reduced lumbar and cervical flexion ROM and higher cervical decrement. No other factor was associated to the individual pain state. The model was able to correctly identify 67.3% of the patients with better results for acute NP and healthy controls (71.9%) than for identifying acute LBP (57.6%) (Table 2).

Table 2. Identification of clinical state according to multinomial regression model.

State	Group	Estimated State			Percentage of Correct Estimation
		Low Back Pain	Neck Pain	Control	
Real state	Low Back Pain	19	6	8	57.6%
	Neck Pain	7	23	2	71.9%
	Control	5	4	24	72.7%
	Global percentage	31.6%	33.7%	34.7%	67.3%

3.3.3. INTRA-GROUP ASSOCIATIONS AMONG OUTCOMES, SOCIODEMOGRAPHIC, AND CLINICAL VARIABLES

In the acute LBP group, age showed a defined pattern, being negatively correlated with lumbar flexion ($r = -0.547, p = 0.001$) and lateral-flexion ($r = -0.397, p = 0.022$) ROM and with all cervical spine ROMs (flexion: $r = -0.545, p = 0.001$; extension: $r = -0.460, p = 0.007$; rotation: $r = -0.352, p = 0.045$; lateral-flexion: $r = -0.533, p = 0.001$) and positively correlated with muscle tone (lumbar: $r = 0.554, p = 0.001$; cervical: $r = 0.342, p = 0.048$) and decrement ($r = 0.565, p = 0.001$; cervical: $r = 0.687, p < 0.001$), and stiffness of lumbar muscles ($r = 0.555, p = 0.001$). In addition, age was negatively correlated with relaxation of lumbar muscles ($r = -0.455, p = 0.008$). The BMI was negative and moderately correlated with cervical extension ($r = -0.421, p = 0.015$) and lateral-flexion ($r = -0.400, p = 0.025$) ROM and with several cervical MMPs such as tone ($r = 0.416, p = 0.016$), stiffness ($r = 0.436, p = 0.011$), relaxation ($r = 0.468, p = 0.006$) or creep ($r = 0.455, p = 0.008$). Pain intensity (NPRS) showed positive associations with lumbar tone ($r = 0.471, p = 0.006$) and stiffness ($r = 0.365, p = 0.037$) and also with cervical decrement ($r = 0.423, p = 0.014$). The SF-12 domains, ODI or kinesiophobia questionnaires were not significantly correlated with MMPs or ROMs. Finally, lumbar flexion was negative and moderately associated with the FABQ total score ($r = -0.401, p = 0.020$).

Table 3. Correlations between sociodemographic and clinical characteristics within the acute low back pain group.

For the relationships between ROM and MMPs, only lumbar flexion and cervical rotation showed correlations with MMPs. Thus, lumbar flexion was negatively correlated with	Lumbar tone	Lumbar stiffness	Lumbar decrement	Lumbar relaxation	Lumbar creep	Cervical tone	Cervical stiffness	Cervical decrement	Cervical relaxation	Cervical creep	Lumbar flexion	Lumbar extension	Lumbar rotation	Lumbar lateral-flexion	Cervical flexion	Cervical extension	Cervical rotation	Cervical lateral-flexion
Age	0.554	0.555	0.565	-0.455	NS	0.342	NS	0.687	NS	NS	-0.547	NS	NS	-0.397	-0.545	-0.460	-0.352	-0.533
BMI	NS	NS	NS	NS	NS	-0.416	-0.436	NS	0.468	0.455	NS	NS	NS	NS	NS	-0.421	NS	-0.400
Lumbar flexion	-0.372	-0.359	NS	NS	NS	NS	NS	-0.399	NS	NS								
Lumbar extension	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS								
Lumbar rotation	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS								
Lumbar lateral-flexion	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS								
Cervical flexion	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS								
Cervical extension	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS								
Cervical rotation	-0.529	-0.534	-0.386	0.405	0.352	NS	NS	NS	NS	NS								
Cervical lateral-flexion	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS								

Abbreviations: BMI: body mass index; NS: Not significant (p -value > 0.05)

In the acute NP group, age also showed negative and moderate correlations with lumbar flexion ($r = -0.459, p = 0.007$) and lateral-flexion ($r = -0.401, p = 0.020$) and cervical extension ($r = -0.512, p = 0.002$), lateral-flexion ($r = -0.674, p < 0.001$) and rotation ($r = -0.483, p = 0.004$). Furthermore, age was also positively correlated with lumbar ($r = 0.458, p = 0.008$) and cervical ($r = 0.541, p = 0.001$) decrement. In addition, BMI was negative and moderately correlated with lumbar flexion ($r = -0.388, p = 0.026$) and lateral-flexion ($r = -0.423, p = 0.014$), and with cervical flexion ($r = -0.403, p = 0.020$) and extension ($r = -0.513, p = 0.002$). The BMI showed fair correlations with lumbar relaxation ($r = 0.351, p = 0.047$) and lumbar ($r = 0.379, p = 0.033$) and cervical ($r = 0.349, p = 0.049$) creep. Pain intensity (NPRS) was negatively correlated with cervical rotation ($r = -0.433, p = 0.012$) and NWC and sensory PRI were negatively correlated with cervical decrement ($r = -0.375, p = 0.034$) and cervical flexion ($r = -0.402, p = 0.021$), respectively. The SF-12 did not show any correlation with any MMP or ROM. The NDI was negatively correlated with cervical lateral-flexion ($r = -0.413, p = 0.017$) and rotation ($r = -0.504, p = 0.003$) and with lumbar extension ($r = -0.376, p = 0.031$). No significant correlation with MMPs was observed. Fear to movement and kinesiophobia did not exhibit correlations with MMPs or ROM, with the exceptions of FABQ-PA, that showed a positive and moderate correlation with cervical decrement ($r = 0.401, p = 0.026$) and with the FABQ-W, that was associated with lumbar stiffness ($r = -0.367, p = 0.042$) and relaxation ($r = 0.416, p = 0.020$).

For the relationships between ROMs and MMPs, cervical flexion was negatively correlated with lumbar creep ($r = -0.409, p = 0.020$), while cervical lateral-flexion was negatively associated with lumbar ($r = -0.522, p = 0.002$) and cervical ($r = -0.364, p = 0.041$) decrement. For lumbar movements, only lumbar lateral-flexion showed significant correlation with lumbar decrement ($r = -0.545, p = 0.001$) and creep ($r = -0.348, p = 0.049$, Table 4).

Finally, in the control group, age was highly correlated with all lumbar MMPs (tone: $r = 0.644, p < 0.001$; stiffness: $r = 0.598, p < 0.001$; decrement: $r = 0.653, p < 0.001$; relaxation: $r = -0.629, p < 0.001$; creep: $r = -0.410, p = 0.021$) and with cervical decrement ($r = 0.529, p = 0.002$). Furthermore, age was also negatively associated with lumbar flexion ($r = -0.376, p = 0.031$) and extension ($r = -0.650, p < 0.001$) and with cervical extension ($r = -0.354, p = 0.043$). The BMI was negatively correlated with lumbar flexion ($r = -0.367, p = 0.035$) and lateral-flexion ($r = -0.459, p = 0.007$), and cervical extension ($r = -0.502, p = 0.003$). Furthermore, the BMI showed positive and moderate correlations with cervical relaxation ($r = 0.494, p = 0.003$) and creep ($r = 0.510, p = 0.002$). As occurred with the spinal pain groups, the SF-12 showed no relation with any MMPs or ROM outcome.

With respect to MMPs and ROM, the relationships showed a consistent pattern, where lumbar flexion (tone: $r = -0.411$; $p = 0.017$; stiffness: $r = -0.341$, $p = 0.048$; decrement: $r = -0.384$, $p = 0.027$; relaxation: $r = 0.413$, $p = 0.017$; creep: $r = 0.341$, $p = 0.048$) and extension (tone: $r = -0.354$; $p = 0.040$; stiffness: $r = -0.381$, $p = 0.029$; decrement: $r = -0.490$, $p = 0.004$; relaxation: $r = 0.629$, $p < 0.001$; creep: $r = 0.570$, $p = 0.001$) were associated to all lumbar MMPs and also to cervical decrement ($r = -0.401$; $p = 0.021$). Furthermore, cervical extension was fairly associated with cervical creep ($r = -0.352$, $p = 0.045$), and cervical lateral-flexion with lumbar decrement ($r = -0.464$, $p = 0.007$, Table 5).

Table 4. Correlations between sociodemographic and clinical characteristics within the acute neck pain group.

Variables	Lumbar tone	Lumbar stiffness	Lumbar decrement	Lumbar relaxation	Lumbar creep	Cervical tone	Cervical stiffness	Cervical decrement	Cervical relaxation	Cervical creep	Lumbar flexion	Lumbar extension	Lumbar rotation	Lumbar lateral-flexion	Cervical flexion	Cervical extension	Cervical rotation	Cervical lateral-flexion
Age	NS	NS	0.458	NS	NS	NS	NS	0.541	NS	NS	-0.459	NS	NS	-0.401	NS	-0.512	-0.483	-0.674
BMI	NS	NS	NS	0.351	0.379	NS	NS	NS	NS	0.341	-0.388	NS	NS	-0.423	-0.403	-0.513	NS	NS
Lumbar flexion	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS								
Lumbar extension	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS								
Lumbar rotation	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS								
Lumbar lateral-flexion	NS	NS	-0.545	NS	-0.348	NS	NS	NS	NS	NS								
Cervical flexion	NS	NS	NS	NS	-0.409	NS	NS	NS	NS	NS								
Cervical extension	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS								
Cervical rotation	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS								
Cervical lateral-flexion	NS	NS	-0.522	NS	NS	NS	NS	-0.364	NS	NS								

Abbreviations: BMI: body mass index; NS: Not significant (p -value > 0.05).

Table 5. Correlations between sociodemographic and clinical characteristics within the healthy control group.

Variables	Lumbar tone	Lumbar stiffness	Lumbar decrement	Lumbar relaxation	Lumbar creep	Cervical tone	Cervical stiffness	Cervical decrement	Cervical relaxation	Cervical creep	Lumbar flexion	Lumbar extension	Lumbar rotation	Lumbar lateral-flexion	Cervical flexion	Cervical extension	Cervical rotation	Cervical lateral-flexion
Age	0.644	0.598	0.653	-0.629	-0.410	NS	NS	0.529	NS	NS	-0.376	-0.650	NS	NS	NS	-0.354	NS	NS
BMI	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0.494	0.510	-0.367	NS	NS	-0.459	NS	-0.502	NS	NS
Lumbar flexion	-0.411	-0.341	-0.384	0.413	0.341	NS	NS	NS	NS	NS								
Lumbar extension	-0.354	-0.381	-0.490	0.629	0.570	NS	NS	-0.401	NS	NS								
Lumbar rotation	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS								
Lumbar lateral-flexion	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS								
Cervical flexion	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS								
Cervical extension	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	-0.352							
Cervical rotation	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS								
Cervical lateral-flexion	NS	NS	-0.464	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS								

Abbreviations: BMI: body mass index; NS: Not significant (p -value > 0.05).

3.4. DISCUSSION

The current study showed that specific MMPs, such as cervical tone and elasticity, and cervico-lumbar flexion and cervical rotation ROMs are different among patients with acute LBP, acute NP and healthy controls. Furthermore, no lumbar MMP was able to differentiate groups, but the reduction of flexion on each affected region and cervical elasticity allowed to discriminate individuals between spinal pain and healthy controls. In general, the MMPs and ROMs were not associated with disability or behavior and quality of pain within the spinal pain groups, while age was related to a reduction in ROMs and an increase of tone, stiffness and decrement, and a reduction of relaxation and creep, in both lumbar and cervical regions in all groups. Lumbar ROM in the sagittal plane was inversely related to tone, stiffness, and decrement in healthy controls, being absent this pattern in the cervical region, and in patients with acute NP. Unexpectedly, cervical rotation was inversely related to lumbar tone, stiffness, and decrement, and directly to relaxation and creep in people with acute LBP. This pattern, where cervical values are associated in patients with acute LBP, again appeared when the capacity of discrimination of MMPs and ROMs among groups was tested, supporting the influence of a specifically located spinal mechanical pain along other regions of the spine.

The whole protocol was applied without unexpected interruptions or the appearance of pain during the examination, which reinforce the clinical applicability of the collection of ROMs assessed by IMUs, and of MMPs assessed with MyotonPRO®.

3.4.1. DIFFERENCES IN MMPS AND ROMS BETWEEN SPINAL PAIN AND CONTROLS

Some cervical MMPs and lumbar and cervical ROMs were different among the study groups. These differences distinguished not only healthy controls from individuals on each spinal involved region, as occurred with high cervical tone and low cervical rotation ROM within the acute NP group, but also for the non-affected regions, such as the high cervical decrement in patients with acute LBP.

The mean values of lumbar musculature stiffness of young control subjects [28] and elder control subjects [44] were similar to those values obtained in the current study for all groups. Furthermore, current values of tone and stiffness were lower than those reported for other pathological populations, such as young [28,71] and elderly [44] individuals with chronic spinal pain, and even inflammatory pain [29]. In fact, the differences among the three groups, which did not show statistical significance, were lower than the minimum detectable change established for these variables in the lumbar muscles [29], and may be explained by the acute state of patients in our study, and the rest assessment position. By contrast, the altered pattern of greater stiffness and lower elasticity appeared for the cervical region. For this region, it has been described that the stiffness of the splenius capitis decreased and the elasticity increased after the administration of botulinum neurotoxin injections in patients with cervical dystonia [27]. In the study, the baseline values were higher than those obtained in our study, but the final ones can be considered similar, mainly for the control subjects, being tone and decrement higher in spinal pain individuals, which confirms a moderate alteration of the MMPs in the cervical region for acute LBP and NP groups.

Some authors have identified decreased lumbar ROMs in LBP patients [3], and specifically in the lumbar flexion in chronic patients [3], this movement being the most studied one at lumbar level. This was the case of the current data, with absolute values of lumbar flexion ROM being similar to those previously identified for LBP ($\approx 53^\circ$) and controls ($\approx 47^\circ$) [3,72,73], which exceeds the minimum detectable change for chronic LBP [36]. Other ROMs, such as lumbar extension or lateral-flexion did not show between-groups differences in our study, and the absolute values were similar in means, than other previously reported, independent of the use of ViMove system [72] or not [36].

Scarce studies have measured lumbar rotation due to technical limitations [36,72], which limits the possibility of comparisons.

For the cervical measurements, the ROM found in patients with acute NP was similar to previously reported data in healthy controls [74] and lower than the values of patients with

acute LBP or the control individuals in our study, which could be interpreted as a compensatory mechanism, at least for LBP individuals. In other words, patients with acute LBP move the cervical spine more, probably due to their lumbar mobility restrictions and pain, while patients with acute NP move the lumbar spine more, probably due to the mobility restrictions and pain of cervical region.

3.4.2. CAPACITY OF MMPS AND ROMS TO DISCRIMINATE BETWEEN SPINAL PAIN AND CONTROL INDIVIDUALS

This is the first study to test the discriminant ability of MMPs to identify patients with acute LBP, acute NP and healthy controls which limits comparisons with previous research. Some specific MMPs and ROM were able to classify subjects between groups according to ROC curves. Interestingly, the only outcome that could discriminate among the three groups was the cervical decrement, and this was also the only variable that achieved acceptable capacity of discrimination ($AUC > 0.7$). Furthermore, only ROMs in flexion, both in lumbar and cervical regions, could also discriminate among the groups. Again, flexion movement appears to be the most affected in regional spinal pain.

The combination of outcomes to determine their influence on suffering acute NP or LBP, with the control group as reference, determined that two cervical variables, in this case cervical lateral-flexion and cervical decrement, remained in the model when acute LBP and healthy controls were analyzed, and that cervical and lumbar flexions and, again, cervical decrement, remained in the model when acute NP and control groups were analyzed. Therefore, cervical decrement, that is inverse to the elasticity, seems to be the main mechanical property that discriminates groups. Recently, it has been reported that elasticity is lower in elderly patients with chronic LBP [44] and in patients with ankylosing spondylitis [45], although always when assessed in lumbar region, which is consistent with the current results.

Furthermore, the links between cervical and lumbar regions when one of both areas is affected, could be explained by the regional interdependence model, where one region may contribute to, or is associated with, the patient's primary complaint by different mechanisms, such as biopsychosocial, neurophysiological, or musculoskeletal [75,76]. These patterns increase the relevance for assessing the whole spine as a unique structure.

3.4.3. ASSOCIATIONS BETWEEN MMPS, ROMS WITH SOCIODEMOGRAPHIC AND CLINICAL FEATURES

In summary, our results showed a consistent trend, with age being positively correlated with tone, stiffness and relaxation, and negatively correlated with ROM, as occurred with the BMI, in all groups. Furthermore, scant associations were found between MMPs and ROMs with pain, fear, disability and quality of life, in both spinal pain groups.

The association of age with the reduction of ROM has been described in the literature [39], based on structural changes, such as degenerative alterations and soft tissue adaptative shortenings [77]. With respect to MMPs, this relationship has been described in healthy subjects [78] and could be explained by the loss of skeletal muscle mass and strength that occurs with advancing age [79], which increase the interest of these assessments as part of the clinical evaluation of spinal pain individuals.

Controversial results have been reported for the association between MMPs and ROM, and pain in chronic LBP patients, with some data supporting positive correlations with tone, stiffness and decrement [44], whereas others do not [71]. As occurred with the differences among the groups, it is possible that the association between pain and MMPs only appears in the chronic state, as consequence of an interaction or confluence of various predictors such as emotional, cognitive, social and physical factors [39], as described for other musculoskeletal complaints [58], but not in the acute state.

3.4.4. STRENGTHS AND LIMITATIONS

One of the strengths of the study is its clinical applicability. In fact, the quantification of muscle stiffness of lumbar tissues is of high value for LBP management [45,80], and can assist diagnosis and treatments [80,81] in clinical setting. Thus, the current research has extended the study of MMPs to the acute stages of LBP and NP. Finally, a multivariate analysis was performed to identify variables able to discriminate individuals according to their clinical state.

Nevertheless, a set of limitations should be recognized. First, there was no follow-up period, which prevents any cause–effect relationship between outcomes and clinical state. Second, the applicability of these results is limited to similar population characteristics, in terms of acute and moderate pain, age or BMI. Third, for a better approach to these common conditions in clinical setting, no evaluation of the contraction state at rest of the spinal musculature, such as electromyography (EMG), was performed to confirm the absence of contractions along the MMPs assessment [43]. Furthermore, it has been stated that myotonometry cannot determine the MMPs at more than 2 cm deep [29]. This can be the cause of the lack of lumbar MMPs as discriminators between groups, since myotonometry probably could not obtain data from deep lumbar muscles in many individuals. Fourth, the assessors were not blinded to the individual condition, but the procedures have shown low dependence of the assessor, which reduces their influence in the results. Finally, other techniques for analyzing muscle features, such as surface electromyography (sEMG) [82] and high density EMG [83], could add different information to the data obtained in the current study. There are also other systems for measuring lumbar and cervical mobility, especially motion capture systems [48] and some dedicated mobility machines such as MedX (Ocala, FL, USA) [84], although the feasibility of these systems is low due to the need for expensive dedicated laboratories. Further studies with prospective designs, chronic syndromes, and different assessment protocols should be conducted to improve knowledge in this area.

3.5. CONCLUSIONS

The presence of acute LBP and acute NP can increase tone and decrease elasticity of posterior cervical muscles, and modify ROMs in flexion and rotation, which increases the relevance of assessing these features for spinal pain syndromes in clinical settings.

The tissue elasticity discriminates spinal pain individuals from controls. The ROMs in flexion can also help in discriminating between acute pain and pain-free subjects.

Finally, the MMPs and ROMs show a pattern of association with age and BMI in acute spinal pain, but not with intensity and quality of pain, or disability, probably due to the short period of time (acute state) during which pain is suffered.

Author Contributions: All authors have read and agree to the published version of the manuscript. Conceptualization, S.A.-C., L.G.-L., J.L.G.-C., D.P.R.-D.-S. and F.A.-S.; methodology, S.A.-C., L.G.-L., J.L.G.-C., C.C.-P., D.P.R.-D.-S. and F.A.-S.; formal analysis, J.L.G.-C., C.F.-D.-L.-P. and F.A.-S.; investigation, S.A.-C., L.G.-L., C.C.-P., C.F.-D.-L.-P. and D.P.R.-D.-S.; writing—original draft preparation, S.A.-C., L.G.-L., J.L.G.-C., C.F.-D.-L.-P. and C.C.-P.; writing—review and editing, C.F.-D.-L.-P., J.L.G.-C., D.P.R.-D.-S. and F.A.-S.; project administration and funding acquisition, J.L.G.-C. and F. A.-S.

Funding: This research was funded by Consejería de Salud (Andalusian Government, Spain), grant PI-03242017, and Instituto de Salud Carlos III, grant DTS18/00046.

Institutional Review Board Statement: This project was approved by the Cordoba Research Ethics Committee on September, 2018 (registration number 4017/2018).

Informed Consent Statement: All participants signed a written informed consent.

Acknowledgments: To the staff of Physiobalance, Reina Sofía University Hospital of Córdoba, and Biosanitary campus of the University of Córdoba (Spain) for their support during the recruitment of the sample.

Conflicts of Interest: The funding sponsor had no role in the design of the study; in the collection, analyses, or interpretation of data; in the writing of the manuscript; and in the decision to publish the results. The authors declare no conflict of interest.

Abbreviation

AUC	Area Under the Curve
BMI	Body Mass Index
CV	Coefficient of Variation
EMG	Electromyography
sEMG	surface Electromyography
FABQ	Fear-Avoidance Beliefs Questionnaire
FABQ-PA	Physical Activity Subscale of Fear-Avoidance Beliefs Questionnaire
FABQ-W	Work Subscale of Fear-Avoidance Beliefs Questionnaire
ICC	Intraclass Correlation Coefficient
IMUs	Inertial Motion Units
LBP	Low Back Pain
MMP	Muscle Mechanical Property
NDI	Neck Disability Index
NP	Neck Pain
NPRS	Numerical Pain Rating Scale
NS	Not Significant
NWC	Number of Words Chosen
ODI	Oswestry Disability Index
OR	Odds Ratio
PRI	Pain Rating Index
ROC	Receiver Operating Characteristic
ROM	Range of Motion
SF-12	12-item Short-Form Health Survey
MCS-12	Mental Component Summary of 12-item Short-Form Health Survey
PCS-12	Physical Component Summary of 12-item Short-Form Health Survey
TSK-11SV	Short Version of Tampa Scale for Kinesiophobia
95%CI	95% confidence interval

References

1. Clark, S.; Horton, R. Low Back Pain: A Major Global Challenge. *Lancet* **2018**, *391*, 2302.
2. Abbafati, C.; Machado, D.B.; Cislighi, B.; Salman, O.M.; Karanikolos, M.; McKee, M.; Abbas, K.M.; Brady, O.J.; Larson, H.J.; Trias-Llimós, S.; et al. Global Burden of 369 Diseases and Injuries in 204 Countries and Territories, 1990–2019: A Systematic Analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *Lancet* **2020**, *396*, 1204–1222.
3. Laird, R.A.; Keating, J.L.; Ussing, K.; Li, P.; Kent, P. Does Movement Matter in People with Back Pain? Investigating “atypical” Lumbo-Pelvic Kinematics in People with and without Back Pain Using Wireless Movement Sensors. *BMC Musculoskelet. Disord.* **2019**, *20*, 1–15.
4. Laird, R.A.; Gilbert, J.; Kent, P.; Keating, J.L. Comparing Lumbo-Pelvic Kinematics in People with and without Back Pain: A Systematic Review and Meta-Analysis. *BMC Musculoskelet. Disord.* **2014**, *15*, 229.
5. Hides, J.; Gilmore, C.; Stanton, W.; Bohlscheid, E. Multifidus Size and Symmetry among Chronic LBP and Healthy Asymptomatic Subjects. *Man. Ther.* **2008**, *13*, 43–49.
6. Hildebrandt, M.; Fankhauser, G.; Meichtry, A.; Luomajoki, H. Correlation between Lumbar Dysfunction and Fat Infiltration in Lumbar Multifidus Muscles in Patients with Low Back Pain. *BMC Musculoskelet. Disord.* **2017**, *18*, 1–9.
7. Hu, X.; Lei, D.; Li, L.; Leng, Y.; Yu, Q.; Wei, X.; Lo, W.L.A. Quantifying Paraspinal Muscle Tone and Stiffness in Young Adults with Chronic Low Back Pain: A Reliability Study. *Sci. Rep.* **2018**, *8*, 14343.
8. Kolber, M.J.; Beekhuizen, K. Lumbar Stabilization: An Evidence-Based Approach for the Athlete with Low Back Pain. *Strength Cond. J.* **2007**, *29*, 26–37.
9. Pranata, A.; Perraton, L.; El-Ansary, D.; Clark, R.; Fortin, K.; Dettmann, T.; Bryant, A. Lumbar Extensor Muscle Force Control Is Associated with Disability in People with Chronic Low Back Pain. *Clin. Biomech.* **2017**, *46*, 46–51.
10. Nelson-Wong, E.; Alex, B.; Csepe, D.; Lancaster, D.; Callaghan, J.P. Altered Muscle Recruitment during Extension from Trunk Flexion in Low Back Pain Developers. *Clin. Biomech.* **2012**, *27*, 994–998.
11. Cedraschi, C.; Luthy, C.; Allaz, A.F.; Herrmann, F.R.; Ludwig, C. Low Back Pain and Health-Related Quality of Life in Community-Dwelling Older Adults. *Eur. Spine J.* **2016**, *25*, 2822–2832.
12. Osumi, M.; Sumitani, M.; Otake, Y.; Nishigami, T.; Mibu, A.; Nishi, Y.; Imai, R.; Sato, G.; Nagakura, Y.; Morioka, S. Kinesiophobia Modulates Lumbar Movements in People with Chronic Low Back Pain: A Kinematic Analysis of Lumbar Bending and Returning Movement. *Eur. Spine J.* **2019**, *28*, 1572–1578.
13. Alhowimel, A.; Alotaibi, M.; Radford, K.; Coulson, N. Psychosocial Factors Associated with

- Change in Pain and Disability Outcomes in Chronic Low Back Pain Patients Treated by Physiotherapist: A Systematic Review. *SAGE Open Med.* **2018**, *6*, 1–8.
14. Hoy, D.; March, L.; Woolf, A.; Blyth, F.; Brooks, P.; Smith, E.; Vos, T.; Barendregt, J.; Blore, J.; Murray, C.; et al. The Global Burden of Neck Pain: Estimates from the Global Burden of Disease 2010 Study. *Ann. Rheum. Dis.* **2014**, *73*, 1309–1315.
 15. Alsultan, F.; Cescon, C.; Heneghan, N.R.; Rushton, A.; Barbero, M.; Falla, D. Eccentric Exercise and Delayed Onset Muscle Soreness Reduce the Variability of Active Cervical Movements. *J. Biomech.* **2020**, *111*, 109962.
 16. Falla, D.; Farina, D. Neuromuscular Adaptation in Experimental and Clinical Neck Pain. *J. Electromyogr. Kinesiol.* **2008**, *18*, 255–261.
 17. Kocur, P.; Wilski, M.; Lewandowski, J.; Łochyński, D. Female Office Workers with Moderate Neck Pain Have Increased Anterior Positioning of the Cervical Spine and Stiffness of Upper Trapezius Myofascial Tissue in Sitting Posture. *PM&R* **2018**, *11*, 476–482.
 18. Meisingset, I.; Stensdotter, A.K.; Woodhouse, A.; Vasseljen, O. Neck Motion, Motor Control, Pain and Disability: A Longitudinal Study of Associations in Neck Pain Patients in Physiotherapy Treatment. *Man. Ther.* **2016**, *22*, 94–100.
 19. Hidalgo, B.; Hall, T.; Bossert, J.; Dugeny, A.; Cagnie, B.; Pitance, L. The Efficacy of Manual Therapy and Exercise for Treating Non-Specific Neck Pain: A Systematic Review. *J. Back Musculoskelet. Rehabil.* **2017**, *30*, 1149–1169.
 20. Dupeyron, A.; Lanhers, C.; Bastide, S.; Alonso, S.; Toulotte, M.; Jourdan, C.; Coudeyre, E. The Back Belief Questionnaire Is Efficient to Assess False Beliefs and Related Fear in Low Back Pain Populations: A Transcultural Adaptation and Validation Study. *PLoS ONE* **2017**, *12*, 1–14.
 21. Gatchel, R.; Bevers, K.; Licciardone, J.; Su, J.; Du, Y.; Brotto, M. Transitioning from Acute to Chronic Pain: An Examination of Different Trajectories of Low-Back Pain. *Healthcare* **2018**, *6*, 48.
 22. Ramírez-Maestre, C.; Esteve, R.; Ruiz-Párraga, G.; Gómez-Pérez, L.; López-Martínez, A.E. The Key Role of Pain Catastrophizing in the Disability of Patients with Acute Back Pain. *Int. J. Behav. Med.* **2017**, *24*, 239–248.
 23. De Vos Andersen, N.B.; Kent, P.; Hjort, J.; Christiansen, D.H. Clinical Course and Prognosis of Musculoskeletal Pain in Patients Referred for Physiotherapy: Does Pain Site Matter? *BMC Musculoskelet. Disord.* **2017**, *18*, 130.
 24. Maissan, F.; Pool, J.; de Raaij, E.; Mollema, J.; Ostelo, R.; Wittink, H. The Clinical Reasoning Process in Randomized Clinical Trials with Patients with Non-Specific Neck Pain Is Incomplete: A Systematic Review. *Musculoskelet. Sci. Pract.* **2018**, *35*, 8–17.
 25. Hoy, D.; March, L.; Brooks, P.; Blyth, F.; Woolf, A.; Bain, C.; Williams, G.; Smith, E.; Vos, T.; Barendregt, J.; et al. The Global Burden of Low Back Pain: Estimates from the Global

- Burden of Disease 2010 Study. *Ann. Rheum. Dis.* **2014**, *73*, 968–974.
26. Liu, Y.; Pan, A.; Hai, Y.; Li, W.; Yin, L.; Guo, R. Asymmetric Biomechanical Characteristics of the Paravertebral Muscle in Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Clin. Biomech.* **2019**, *65*, 81–86.
 27. Mustalampi, S.; Ylinen, J.; Korniloff, K.; Weir, A.; Häkkinen, A. Reduced Neck Muscle Strength and Altered Muscle Mechanical Properties in Cervical Dystonia Following Botulinum Neurotoxin Injections: A Prospective Study. *J. Mov. Disord.* **2016**, *9*, 44–49.
 28. Kelly, J.P.; Koppenhaver, S.L.; Michener, L.A.; Proulx, L.; Bisagni, F.; Cleland, J.A. Characterization of Tissue Stiffness of the Infraspinatus, Erector Spinae, and Gastrocnemius Muscle Using Ultrasound Shear Wave Elastography and Superficial Mechanical Deformation. *J. Electromyogr. Kinesiol.* **2018**, *38*, 73–80.
 29. Andonian, B.J.; Masi, A.T.; Aldag, J.C.; Barry, A.J.; Coates, B.A.; Emrich, K.; Henderson, J.; Kelly, J.; Nair, K. Greater Resting Lumbar Extensor Myofascial Stiffness in Younger Ankylosing Spondylitis Patients Than Age-Comparable Healthy Volunteers Quantified by Myotonometry. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* **2015**, *96*, 2041–2047.
 30. Ilahi, S.; Alfonse, T.M.; White, A.; Devos, A.; Henderson, J.; Nair, K. Quantified Biomechanical Properties of Lower Lumbar Myofascia in Younger Adults with Chronic Idiopathic Low Back Pain and Matched Healthy Controls. *Clin. Biomech.* **2020**, *73*, 78–85.
 31. Kocur, P.; Wilski, M.; Goliwaś, M.; Lewandowski, J.; Łochyński, D. Influence of Forward Head Posture on Myotonometric Measurements of Superficial Neck Muscle Tone, Elasticity, and Stiffness in Asymptomatic Individuals with Sedentary Jobs. *J. Manipulative Physiol. Ther.* **2019**, *42*, 195–202.
 32. Papi, E.; Bull, A.M.J.; McGregor, A.H. Is There Evidence to Use Kinematic/Kinetic Measures Clinically in Low Back Pain Patients? A Systematic Review. *Clin. Biomech.* **2018**, *55*, 53–64.
 33. Zhang, Y.; Haghghi, P.D.; Burstein, F.; Yap, L.W.; Cheng, W.; Yao, L.; Cicuttini, F. Electronic Skin Wearable Sensors for Detecting Lumbar–Pelvic Movements. *Sensors* **2020**, *20*, 1510.
 34. De Rosario, H.; Vivas, M.J.; Sinovas, M.I.; Page, Á. Relationship between Neck Motion and Self-Reported Pain in Patients with Whiplash Associated Disorders during the Acute Phase. *Musculoskelet. Sci. Pract.* **2018**, *38*, 23–29.
 35. Cuesta-Vargas, A.I.; Galán-Mercant, A.; Williams, J.M. The Use of Inertial Sensors System for Human Motion Analysis. *Phys. Ther. Rev.* **2010**, *15*, 462–473.
 36. Bauer, C.M.; Heimgartner, M.; Rast, F.M.; Ernst, M.J.; Oetiker, S.; Kool, J. Reliability of Lumbar Movement Dysfunction Tests for Chronic Low Back Pain Patients. *Man. Ther.* **2016**, *24*, 81–84.
 37. Zhou, Y.; Loh, E.; Dickey, J.P.; Walton, D.M.; Trejos, A.L. Development of the

- Circumduction Metric for Identification of Cervical Motion Impairment. *J. Rehabil. Assist. Technol. Eng.* **2018**, *5*, 1–15.
38. Fidalgo-Herrera, A.J.; Jové-Blanco, C.; Martínez-Beltrán, M.J.; Moreno-Ruiz, J.A.; de la Torre-Montero, J.C. Improving the Staging of Neck Injuries Using a New Index, the Neck Functional Holistic Analysis Score: Clustering Approach to Determine Degrees of Impairment. *PLoS ONE* **2020**, *15*, 1–17.
 39. Felicio, D.C.; Pereira, D.S.; Diz, J.B.M.; De Queiroz, B.Z.; Da Silva, J.P.; Leopoldino, A.A.O.; Pereira, L.S.M. Anterior Trunk Mobility Does Not Predict Disability in Elderly Women with Acute Low Back Pain: Brazilian Back Complaints in the Elders (BACE-Brazil) Study Results. *Spine (Phila Pa 1976)* **2017**, *42*, 1552–1558.
 40. Qaseem, A.; Wilt, T.J.; McLean, R.M.; Forciea, M.A. Noninvasive Treatments for Acute, Subacute, and Chronic Low Back Pain: A Clinical Practice Guideline from the American College of Physicians. *Ann. Intern. Med.* **2017**, *166*, 514–530.
 41. Abbott, J.H.; Schmitt, J. Minimum Important Differences for the Patient-Specific Functional Scale, 4 Region-Specific Outcome Measures, and the Numeric Pain Rating Scale. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* **2014**, *44*, 560–564.
 42. Armijo-Olivo, S.; Warren, S.; Fuentes, J.; Magee, D.J. Clinical Relevance vs. Statistical Significance: Using Neck Outcomes in Patients with Temporomandibular Disorders as an Example. *Man. Ther.* **2011**, *16*, 563–572.
 43. Nair, K.; Masi, A.T.; Andonian, B.J.; Barry, A.J.; Coates, B.A.; Dougherty, J.; Schaefer, E.; Henderson, J.; Kelly, J. Stiffness of Resting Lumbar Myofascia in Healthy Young Subjects Quantified Using a Handheld Myotonometer and Concurrently with Surface Electromyography Monitoring. *J. Bodyw. Mov. Ther.* **2016**, *20*, 388–396.
 44. Wu, Z.; Zhu, Y.; Xu, W.; Liang, J.; Guan, Y.; Xu, X. Analysis of Biomechanical Properties of the Lumbar Extensor Myofascia in Elderly Patients with Chronic Low Back Pain and That in Healthy People. *BioMed Res. Int.* **2020**, *2020*, 7649157.
 45. White, A.; Abbott, H.; Masi, A.T.; Henderson, J.; Nair, K. Biomechanical Properties of Low Back Myofascial Tissue in Younger Adult Ankylosing Spondylitis Patients and Matched Healthy Control Subjects. *Clin. Biomech.* **2018**, *57*, 67–73.
 46. Aranda-Valera, I.C.; Cuesta-Vargas, A.; Garrido-Castro, J.L.; Gardiner, P.V.; López-Medina, C.; Machado, P.M.; Condell, J.; Connolly, J.; Williams, J.M.; Muñoz-Esquivel, K.; et al. Measuring Spinal Mobility Using an Inertial Measurement Unit System: A Validation Study in Axial Spondyloarthritis. *Diagnostics* **2020**, *10*, 426.
 47. Park, S.E.; Kim, B.K.; Lee, S.B.; Choi, W.S.; Yeum, D.M. Effects of Central and Unilateral Posteroanterior Mobilization on Cervical Lordosis, Muscle Stiffness and ROM in Patient with Ankylosing Spondylitis: Case Study. *J. Phys. Ther. Sci.* **2017**, *29*, 1276–1280.
 48. Mjø Sund, H.L.; Boyle, E.; Kjaer, P.; Mieritz, R.M.; Skallgård, T.; Kent, P. Clinically

- Acceptable Agreement between the ViMove Wireless Motion Sensor System and the Vicon Motion Capture System When Measuring Lumbar Region Inclination Motion in the Sagittal and Coronal Planes. *BMC Musculoskelet. Disord.* **2017**, *18*, 124.
49. Lázaro, C.; Caseras, X.; Whizar-Lugo, V.M.; Wenk, R.; Baldioceda, F.; Bernal, R.; Ovalle, A.; Torrubia, R.; Baños, J.E. Psychometric Properties of a Spanish Version of the McGill Pain Questionnaire in Several Spanish-Speaking Countries. *Clin. J. Pain* **2001**, *17*, 365–374.
 50. Masedo, A.I.; Esteve, R. Some Empirical Evidence Regarding the Validity of the Spanish Version of the McGill Pain Questionnaire (MPQ-SV). *Pain* **2000**, *85*, 451–456.
 51. Lázaro, C.; Bosch, F.; Torrubia, R.; Baños, J.-E. The Development of a Spanish Questionnaire for Assessing Pain: Preliminary Data Concerning Reliability and Validity. *Eur. J. Psychol. Assess.* **1994**, *10*, 145–151.
 52. Fairbank, J.; Couper, J.; Davies, J.; O'Brien, J.P. The Oswestry Low Back Pain Disability Questionnaire. *Physiotherapy* **1980**, *66*, 271–273.
 53. Fairbank, J.C.T.; Pynsent, P.B. The Oswestry Disability Index. *Spine (Phila. Pa 1976)* **2000**, *25*, 2940–2953.
 54. Selva-Sevilla, C.; Ferrara, P.; Geronimo-Pardo, M. Psychometric Properties Study of the Oswestry Disability Index in a Spanish Population with Previous Lumbar Disc Surgery: Homogeneity and Validity. *Spine (Phila. Pa 1976)* **2019**, *1–44*, 430–437.
 55. Vernon, H.; Mior S. The Neck Disability Index: A Study of Reliability and Validity. *Manip. Physiol. Ther.* **1991**, *14*, 409–415.
 56. Vos, C.J.; Verhagen, A.P.; Koes, B.W. Reliability and Responsiveness of the Dutch Version of the Neck Disability Index in Patients with Acute Neck Pain in General Practice. *Eur. Spine J.* **2006**, *15*, 1729–1736.
 57. Kovacs, F.M.; Bagó, J.; Royuela, A.; Seco, J.; Giménez, S.; Muriel, A.; Abairra, V.; Martín, J.L.; Peña, J.L.; Gestoso, M.; et al. Psychometric Characteristics of the Spanish Version of Instruments to Measure Neck Pain Disability. *BMC Musculoskelet. Disord.* **2008**, *9*, 42.
 58. Haik, M.N.; Albuquerque-Sendin, F.; Fernandes, R.A.S.; Kamonseki, D.H.; Almeida, L.A.; Liebano, R.E.; Camargo, P.R. Biopsychosocial Aspects in Individuals with Acute and Chronic Rotator Cu Ff Related Shoulder Pain: Classification Based on a Decision Tree Analysis. *Diagnostics* **2020**, *10*, 928.
 59. Waddell, G.; Newton, M.; Henderson, I.; Somerville, D.; Main, C.J. A Fear-Avoidance Beliefs Questionnaire (FABQ) and the Role of Fear-Avoidance Beliefs in Chronic Low Back Pain and Disability. *Pain* **1993**, *52*, 157–168.
 60. Calley, D.Q.; Jackson, S.; Collins, H.; George, S.Z. Identifying Patient Fear-Avoidance Beliefs by Physical Therapists Managing Patients with Low Back Pain. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* **2010**, *40*, 774–783.
 61. Kovacs, F.M.; Muriel, A.; María Medina, J.; Abairra, V.; Castillo Sánchez, M.D.; Olabe

- Jaúregui, J.; Spanish Back Pain Research Network. Psychometric Characteristics of the Spanish Version of the FAB Questionnaire. *Spine (Phila. Pa 1976)* **2006**, *31*, 104–110.
62. Staerke, R.; Mannion, A.F.; Elfering, A.; Junge, A.; Semmer, N.K.; Jacobshagen, N.; Grob, D.; Dvorak, J.; Boos, N. Longitudinal Validation of the Fear-Avoidance Beliefs Questionnaire (FABQ) in a Swiss-German Sample of Low Back Pain Patients. *Eur. Spine J.* **2004**, *13*, 332–340.
63. Monticone, M.; Ambrosini, E.; Rocca, B.; Foti, C.; Ferrante, S. Responsiveness and Minimal Clinically Important Changes for the Tampa Scale of Kinesiophobia after Lumbar Fusion during Cognitive Behavioral Rehabilitation. *Eur. J. Phys. Rehabil. Med.* **2017**, *53*, 351–358.
64. Miller, R.P.; Kori, S.; Todd, D. The Tampa Scale: A Measure of Kinesiophobia. *Clin. J. Pain* **1991**, *7*, 51–52.
65. Gómez-Pérez, L.; López-Martínez, A.E.; Ruiz-Párraga, G.T. Psychometric Properties of the Spanish Version of the Tampa Scale for Kinesiophobia (TSK). *J. Pain* **2011**, *12*, 425–435.
66. Gandek, B.; Ware, J.E.; Aaronson, N.K.; Apolone, G.; Bjorner, J.B.; Brazier, J.E.; Bullinger, M.; Kaasa, S.; Leplege, A.; Prieto, L.; et al. Cross-Validation of Item Selection and Scoring for the SF-12 Health Survey in Nine Countries: Results from the IQOLA Project. *J. Clin. Epidemiol.* **1998**, *51*, 1171–1178.
67. Ware, J.E.; Kosinski, M.; Keller, S.D. A 12-Item Short-Form Health Survey: Construction of Scales and Preliminary Tests of Reliability and Validity. *Med. Care* **1996**, *34*, 220–233.
68. Resnick, B.; Parker, B. Simplified Scoring and Psychometrics of the Revised 12-Item Short-Form Health Survey. *Nurs. Lond.* **2001**, *5*, 161–166.
69. Hosmer, D.W.; Lemeshow, S.; Sturdivant, R.X. (Eds.) Assessing the Fit of the Model. In *Applied Logistic Regression*; Wiley-Blackwell: Hoboken, NJ, USA, 2013; pp. 153–226.
70. Akoglu, H. User's Guide to Correlation Coefficients. *Tur. J. Emerg. Med.* **2018**, *18*, 91–93.
71. Lo, W.L.A.; Yu, Q.; Mao, Y.; Li, W.; Hu, C.; Li, L. Lumbar Muscles Biomechanical Characteristics in Young People with Chronic Spinal Pain. *BMC Musculoskelet. Disord.* **2019**, *20*, 559.
72. Laird, R.A.; Kent, P.; Keating, J.L. How Consistent Are Lordosis, Range of Movement and Lumbo-Pelvic Rhythm in People with and without Back Pain? *BMC Musculoskelet. Disord.* **2016**, *17*, 1–14.
73. Ha, T.H.; Saber-Sheikh, K.; Moore, A.P.; Jones, M.P. Measurement of Lumbar Spine Range of Movement and Coupled Motion Using Inertial Sensors—A Protocol Validity Study. *Man. Ther.* **2013**, *18*, 87–91.
74. Theobald, P.S.; Jones, M.D.; Williams, J.M. Do Inertial Sensors Represent a Viable Method to Reliably Measure Cervical Spine Range of Motion? *Man. Ther.* **2012**, *17*, 92–96.
75. Sueki, D.G.; Cleland, J.A.; Wainner, R.S. A Regional Interdependence Model of Musculoskeletal Dysfunction: Research, Mechanisms, and Clinical Implications. *J. Man.*

- Manip. Ther.* **2013**, *21*, 90–102.
76. Wainner, R.S.; Whitman, J.M.; Cleland, J.A.; Flynn, T.W. Regional Interdependence: A Musculoskeletal Examination Model Whose Time Has Come. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* **2007**, *37*, 658–660.
 77. Chen, I.R.; Wei, T. Sen Disc Height and Lumbar Index as Independent Predictors of Degenerative Spondylolisthesis in Middle-Aged Women with Low Back Pain. *Spine (Phila. Pa 1976)* **2009**, *34*, 1402–1409.
 78. Agyapong-Badu, S.; Warner, M.; Samuel, D.; Stokes, M. Measurement of Ageing Effects on Muscle Tone and Mechanical Properties of Rectus Femoris and Biceps Brachii in Healthy Males and Females Using a Novel Hand-Held Myometric Device. *Arch. Gerontol. Geriatr.* **2016**, *62*, 59–67.
 79. Fielding, R.; Vellas, B.; Evans, W. Sarcopenia: An Undiagnosed Condition in Older Adults. Consensus Definition: Prevalence, Etiology, and Consequences. *J. Am. Med. Dir. Assoc.* **2011**, *12*, 249–256.
 80. Resnik, L.; Dobrykowski, E. Outcomes Measurement for Patients with Low Back Pain. *Orthop. Nurs.* **2005**, *24*, 14–24.
 81. Maher, R.M.; Hayes, D.M.; Shinohara, M. Quantification of Dry Needling and Posture Effects on Myofascial Trigger Points Using Ultrasound Shear-Wave Elastography. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* **2013**, *94*, 2146–2150.
 82. Ritvanen, T.; Zaproudina, N.; Nissen, M.; Leinonen, V.; Hanninen, O. Dynamic Surface Electromyographic Responses in Chronic Low Back Pain Treated by Traditional Bone Setting and Conventional Physical Therapy. *J. Manipulative Physiol. Ther.* **2007**, *30*, 31–37.
 83. Murillo, C.; Martinez-Valdes, E.; Heneghan, N.R.; Liew, B.; Rushton, A.; Sanderson, A.; Falla, D. High-Density Electromyography Provides New Insights into the Flexion Relaxation Phenomenon in Individuals with Low Back Pain. *Sci. Rep.* **2019**, *9*, 15938.
 84. Cho, J.; Lee, K.; Lim, S. Aged Lumbar Extension Strength of Chronic Low Back Pain in Korean Population of 1- Years. *Iran. J. Public Health* **2020**, *49*, 1894–1901.

**CAPÍTULO IV: INFLUENCIA DEL DOLOR,
EL MOVIMIENTO SECUENCIADO, EL
REPOSO DE CORTA DURACIÓN Y LA EDAD
EN LAS MMPS CERVICALES**

4.1. INTRODUCCIÓN

La literatura avala la existencia de resistencia tisular generada frente a las perturbaciones externas e internas, cuya evaluación ofrece grandes implicaciones clínicas. Una de las características de esta resistencia es que se ve disminuida por los movimientos repetidos, para volver a restaurarse con el tiempo. Dicho comportamiento se conoce como tixotropía (179), término que proviene del griego: "thixis" que significa tacto o agitación, y "tropos", transformación. Para otros autores, la tixotropía es la reducción temporal del Stiffness muscular después del movimiento, siendo normalmente, un fenómeno reversible (180). El término se aplica a materiales que cambian sus propiedades mecánicas como resultado del movimiento, como es el caso del tejido musculoesquelético. Existe evidencia de que las fibras del músculo esquelético, tanto extrafusales como intrafusales, presentan esta propiedad (181) en respuesta al movimiento activo, pero también al pasivo, sin estar asociado a actividad EMG, lo que implica que es resultado de las propiedades del propio tejido musculoesquelético (182).

El campo de la miotonometría manual, en reciente desarrollo, ofrece una herramienta innovadora, no invasiva, y económicamente accesible (93), que permite objetivar las MMPs en entornos clínicos, asegurando una baja variabilidad de las medidas y una excelente fiabilidad (92). Concretamente, en el segmento espinal cervical, el dispositivo empleado en el presente estudio, el MyotonPRO®, ha demostrado su capacidad de cuantificar los parámetros Frequency, Stiffness, Relaxation, Decrement y Creep, en tiempo real, de forma rápida y sin dolor, de la musculatura extensora cervical (183–185).

El conocimiento de las características de las MMPs en el desarrollo del NP agudo cobra un especial interés: por un lado, debido a la incidencia de la patología en nuestra sociedad, y por otro, a que estas MMPs conforman una parte importante de las características fisiológicas musculares. De hecho, su caracterización ayudará a entender la contribución muscular a la estabilidad y funcionalidad cervical, lo cual favorecerá multitud de aplicaciones, como comprender cuál es la respuesta de un tejido frente a una carga o cuáles son los cambios que ocurren en un tejido patológico. Todo ello permitirá llegar a diagnósticos clínicos más certeros y precoces (186).

Se conoce que el NP cursa con control motor alterado y que, a largo plazo, genera cambios estructurales a nivel muscular, entre los que se incluyen cambios de elasticidad tisular (187,188) y la aparición de fibrosis músculo-esquelética, pudiendo afectar al comportamiento tixotrópico de los tejidos. Esta fibrosis, que puede definirse como un aumento crónico anormal

del tejido conjuntivo extracelular capaz de interferir en la función, es cuantificable a través de ensayos morfológicos, bioquímicos o, como en el caso del presente estudio, por pruebas funcionales que empleen medidas indirectas como el Stiffness (189). Es más, estudios previos en los que se evaluaron, por medio de SWE, las MMPs cervicales en sujetos con NP crónico demostraron que estos sujetos presentaban mayor Stiffness muscular (183,190). El entendimiento actual sobre las MMPs en el NP agudo es limitado, ya que la mayor parte de la musculatura investigada previamente en la literatura tiene localizaciones anatómicas distantes al cuello, como la rodilla o el tobillo (188). Por ello, otros autores recomiendan realizar investigaciones adicionales para evaluar el poder de diagnóstico de la evaluación de las MMPs en diversas patologías, entre las que se incluyen aquellas que afectan a la musculatura cervical (190).

4.1.1. RELACIÓN ENTRE LAS MMPs Y LA EDAD

Con respecto a los cambios tisulares asociados a la edad, se conoce que el envejecimiento produce variaciones progresivas en la estructura muscular, como la reducción del número de unidades motoras activas, del número de fibras musculares e, incluso, del tamaño de estas fibras (191). Concretamente, estos cambios asociados a la edad producen un descenso en el número de fibras musculares, especialmente de las fibras tipo 2 o de contracción rápida, que se distribuye en la periferia de los fascículos musculares; mientras que las fibras tipo 1 se mantienen prácticamente estables (96). Además, la edad produce cambios en la función del sistema neuromuscular, lo que modifica específicamente las MMPs, y produce alteraciones como el aumento del Stiffness, llegando a ser entre el 10 y el 25% mayor en los sujetos de mayor edad, así como un descenso de entre el 20 y el 30% en la elasticidad. Todo ello conlleva una limitación en el rendimiento físico, que conduce a la discapacidad, la disminución de la autonomía y la calidad de vida (95,192). Estos cambios en las MMPs han sido identificados no solo en los sujetos sanos, sino que han sido también reportadas en sujetos que padecían diversas patologías, inclusive, afecciones neurológicas como en ictus o la enfermedad de Parkinson (96).

Aunque no existe un consenso estable, la división en función de la edad más encontrada en la literatura habitualmente categoriza como mayores a los sujetos con más de 60-65, mientras suele considerarse el umbral de 35-40 años para separar los adultos jóvenes del resto de adultos (96,157). De esta forma, el conocimiento de las MMPs y de cómo éstas se ven influenciadas por diferentes factores, resulta de elevado interés, incluso para poder distinguir entre los cambios propios del envejecimiento en el adulto, y aquellos que forman parte de los efectos específicos producidos o asociados a una patología, en diferentes condiciones clínicas, como los trastornos musculoesqueléticos.

4.1.2. RELACIÓN ENTRE LAS MMPs Y EL MOVIMIENTO

La realización de movimiento también ha demostrado tener capacidad potencial para modificar las características mecánicas del tejido muscular, habiéndose identificado adaptaciones producidas por el mismo. Clásicamente, una de las MMPs más estudiadas ha sido el Stiffness, del que se conoce que no es una característica estática, sino que tiene un comportamiento tixotrópico, aumentando cuando el músculo se encuentra inmóvil y reduciéndose con el movimiento. En efecto, en un estudio de 1988, Lakie y Robson observaron un aumento progresivo del Stiffness a medida que transcurría el tiempo tras el movimiento activo o pasivo. Además, demostraron que se obtenían resultados similares tras realizar 15 segundos de movimiento o tras solicitar movimientos de menor duración, incluso un único movimiento, si tenía la suficiente amplitud, disminuyendo parcialmente el Stiffness (193). Entre las opciones de ejercicio que podrían modificar las MMPs se incluye el entrenamiento excéntrico que, en su modalidad pliométrica, implica cambios en las propiedades mecánicas del complejo músculo-tendón, reflejados en el Stiffness. Sin embargo, varios estudios observaron cambios dispares en dicha propiedad del tejido tras realizar ejercicio pliométrico, como un aumento del 63% en el Stiffness tras 12 semanas de entrenamiento, o, de forma inversa, un descenso del 21% tras 10 semanas de entrenamiento (194,195).

Por otro lado, se han descrito diferentes modificaciones tisulares tras largos periodos de reposo en cama. Un ejemplo es el estudio de Schoenrock *et al* en el que, tras 60 días de reposo absoluto o de reposo unido a entrenamiento de salto, se compararon las MMPs de varios grupos musculares, entre ellos el erector espinal, en el que observaron un aumento del Frequency para ambos grupos, así como una disminución del Stiffness y un aumento del Decrement solo en el grupo que saltó. Estos hallazgos, en contra de lo esperado, reflejaron que incluso tras un reposo tan extenso, el movimiento de los miembros inferiores logró modificar el comportamiento de algunas de las MMPs de la musculatura paraespinal (196,197).

Por último, dado que el movimiento constituye una parte indispensable del desarrollo de cualquier actividad diaria y que, a priori, podría modificar las MMPs, se han diseñado estudios para evaluar la posible interacción de la hora del día en la que se realice la medición miotonométrica. Para ello, se diferenciaron cuatro momentos del día, primera hora de la mañana (08:00 am), mediodía (12:00 am), media tarde (04:00 pm) y última hora de la tarde (08:00 pm), sin encontrar cambios significativos en el tono muscular en reposo, independientemente de la hora del día en que se realizase la prueba (198), de lo que podría deducirse que, si no se realiza ningún protocolo de ejercicio o movilidad específico, el momento elegido para realizar la

evaluación no parece relevante, aunque es cierto que estos resultados corresponden sólo a hombres, sanos, sin entrenamiento previo, por lo que no deben ser generalizados.

Sin embargo, hasta la fecha, se desconoce qué respuesta viscoelástica muscular se produce de modo inmediato, tras la movilización activa de un segmento, o cuál es el efecto agudo del reposo de corta duración en las MMPs (185), tanto en sujetos sanos, como en sujetos con alteraciones musculoesqueléticas. Todo ello, a pesar de que tanto la comprensión de la tixotropía muscular como de la elasticidad de los músculos cervicales podrían ser relevantes para lograr una mejor comprensión de la función muscular, lo que permitirá promover diagnósticos y tratamientos específicos (185,187). De esta forma, este estudio pretende conocer la influencia de padecer o no NP agudo, el efecto de la edad del sujeto, y si el movimiento y el reposo de corta duración modifican los valores tixotrópicos de la región cervical, es decir, pretende evaluar la capacidad de dichos factores de modificar las MMPs del tejido muscular cervical.

4.2. METODOLOGIA

4.2.1. CONSIDERACIONES ÉTICAS DE LA INVESTIGACIÓN

Este proyecto fue aprobado por el Comité de Ética de la Investigación de Córdoba con número de registro 4017 (2018), y por la ampliación del proyecto 4016 (2018). El tratamiento de los datos personales sanitarios se realizó de acuerdo al Reglamento General de Protección de Datos (Reglamento UE 2016/679), de entrada en vigor el 25 de Mayo de 2018. Se siguió el principio de responsabilidad proactiva y, siendo el gestor del tratamiento de los datos, el responsable de asegurar la adopción de las medidas técnicas y organizativas necesarias para garantizar un tratamiento seguro de los mismos. Fueron creados ficheros físicos seguros para su almacenamiento y se restringió el acceso al personal sanitario incluido en el equipo de investigación.

Todos los sujetos fueron informados correctamente de la finalidad de la recogida de datos y la posibilidad de ejercer sus derechos de rectificación, actualización o eliminación de dichos datos. Se permitió a los sujetos de estudio realizar una lectura comprensiva del formulario de información, respondiendo a cuantas dudas le surgieran. Tras lo cual, se les facilitó un consentimiento informado (Anexo 7), cuya firma ratificaba su voluntad de participar en el presente estudio realizado de acuerdo a la Declaración de Helsinki. No obstante, los sujetos pueden revocar dicho consentimiento en el momento que deseen, a través del formulario diseñado a tal efecto, disponible en Anexo 8.

4.2.2. DISEÑO DE ESTUDIO

Se diseñó un estudio longitudinal de casos y controles, con muestreo no probabilístico de casos consecutivos.

4.2.3. SUJETOS DE ESTUDIO

Los sujetos fueron reclutados desde dos orígenes: Physiobalance (Centro privado de Fisioterapia) y el Campus Biosanitario de la Universidad de Córdoba, España, en el período comprendido entre Noviembre de 2018 y Enero de 2020. Para ello se atendió al cumplimiento de los criterios de inclusión y exclusión fijados para nuestro estudio, que se detallan continuación.

- Criterios de inclusión casos: Sujetos de ambos sexos; edades comprendidas entre los 18 y 65 años; con NP agudo, considerándose aquellos sujetos que presentaron dolor de menos de 4 semanas de evolución (19) y que tuviesen, en el momento de la recogida de datos, una percepción de dolor de 3 o más puntos en la VAS (199,200).
- Criterios de inclusión controles: Sujetos de ambos sexos; asintomáticos, definidos como aquellos sujetos que no presentaran dolor espinal en los 6 meses previos al estudio.

Para asegurar la comparabilidad de los grupos, los sujetos del grupo control fueron emparejados por edad con los del grupo de casos (± 4 años), admitiendo una diferencia en el IMC menor a $1,5 \text{ kg/m}^2$, y permitiendo menos de un 10% de variabilidad en el factor sexo.

- Criterios de exclusión: Fueron comunes para ambos grupos, e incluyeron: haber sufrido antecedentes traumáticos o cirugías en columna vertebral; padecer deformidad congénita o enfermedad inflamatoria; embarazo; haber recibido tratamiento de fisioterapia para patologías espinales en los últimos 6 meses; presentar un IMC superior a 30 kg/m^2 (5).

Una vez verificada la idoneidad del sujeto se procedió a la recogida de datos identificativos mismo, siguiendo la plantilla diseñada para tal efecto, disponible como Anexo 9.

4.2.4. DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA DE LA MIOTONOMETRÍA

Tras la recepción, cribado y registro de los datos identificativos del sujeto, se procedió a realizar la medición de las MMPs de la musculatura cervical posterior. Para ello, se utilizó el miotonómetro manual (MyotonPRO®, Estonia), el cual, permite cuantificar el Frequency, Stiffness, Decrement, Relaxation y Creep de los músculos para-espinales bilaterales.

La recogida de datos se hizo con los sujetos en posición de decúbito prono, con ambos brazos extendidos a lo largo del cuerpo y reposando sobre la camilla. Se localizó la musculatura posterior cervical a nivel C4 por medio de palpación, evaluándose el músculo Complejo Mayor de la Cabeza. Seguidamente, se solicitó a los sujetos una apnea de 5 segundos después de una espiración normal, para reducir la influencia abdominal en la medición. La sonda del miotonómetro se aplicó perpendicularmente sobre la piel, hasta alcanzar la profundidad requerida por el dispositivo, indicada mediante el cambio cromático, de rojo a verde, de la señal lumínica emitida por el MyotonPRO®, como puede verse en las Figuras 1 y 2. La toma de datos siguió siempre el siguiente orden: primero del lado derecho, y en segundo lugar del lado izquierdo.



Figura 1. Señal lumínica de adecuación de presión sobre la sonda del MyotonPRO®. (a) Señal roja, indica presión insuficiente o excesiva, (b) señal verde, indica presión y orientación adecuadas de la sonda, (c) output resultado de los parámetros evaluados.



Figura 2. Posición del sujeto en la evaluación miotonométrica cervical izquierda.

La evaluación de las MMPs se realizó en tres momentos diferentes: una inicial, inmediatamente después de la recogida de datos personales del sujeto, tras la cual se procedió, a evaluar la movilidad del sujeto. Esta evaluación se empleó como estímulo para determinar el efecto del protocolo habitual de medición del ROM, sobre las MMPs. Se emplearon, por tanto, las dos metodologías que habitualmente se llevan a cabo por nuestro equipo de investigación para la valoración del ROM, siendo éstas la metrología convencional, realizando una serie de movimientos de amplitud máxima secuenciados según el protocolo disponible en el Anexo 10 y la evaluación con IMUs, lo que también supone una secuencia de movimientos de amplitud máxima en los tres planos del espacio, tal y como se describe en el Anexo 11. Tras finalizar ambas evaluaciones de movilidad, con un tiempo de recogida estimado de 20 minutos, se realizó una segunda y una tercera medición de miotonometría, dejando transcurrir entre ambas un lapso de 5 minutos, en el que el sujeto debía permanecer en reposo, evitando moverse y hablar. La secuencia de evaluación del sujeto se esquematiza en la Figura 3.

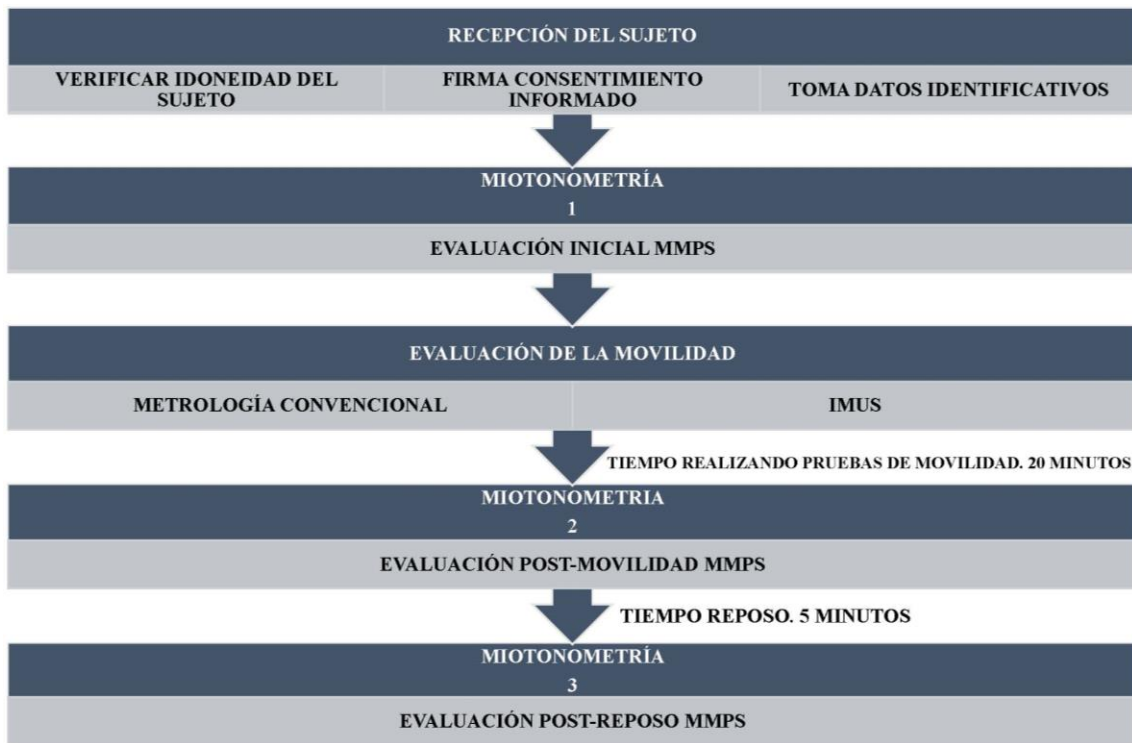


Figura 3. Secuencia de evaluación de los sujetos de estudios.

4.2.5. TAMAÑO MUESTRAL

La estimación del tamaño muestral se realizó utilizando el software G*Power 3.1 con el análisis de la varianza (ANOVA) de una vía (prueba F) como prueba estadística para la comparación del factor momento de evaluación. De esta forma, para lograr un tamaño de efecto f moderado al analizar las MMPs de 0,3, que es común en la práctica clínica que aborda la columna cervical (201), con un coeficiente α de 0,05 y una potencia de 0,80, son necesarios 37 sujetos por grupo en cada evaluación. Finalmente, se incluyeron un mínimo de 42 sujetos por grupo, para subsanar la posible pérdida de datos.

4.2.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La estadística descriptiva de los resultados fue expresada en frecuencias y porcentajes, para las variables cualitativas y en media, desviaciones estándar e IC al 95% para las variables cuantitativas. De igual forma, se aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para evaluar la normalidad en la distribución de los datos, siendo en todos los casos $p > 0,05$, por lo que se aplicaron herramientas paramétricas para los análisis comparativos.

En el análisis preliminar de los datos, al aplicar la prueba *t* de Student para datos relacionados, no se hallaron diferencias significativas entre las medidas tomadas en el lado derecho o izquierdo del cuerpo en los grupos de estudio, por lo que los datos se agruparon por medio de medias aritméticas y se analizaron juntos.

Se empleó un análisis de la varianza (ANOVA) de 3 vías, para determinar el efecto de los factores de estudio sobre las diferentes variables de las MMPs. El primer factor fue la presencia o no de afectación cervical, comparando sujetos con NP agudo frente a sanos; el segundo factor fue la edad de los sujetos, comparando jóvenes, menores de 35 años frente a mayores de 35 (96); y, por último, el tercer factor, en este caso de medidas repetidas, analizó el momento de evaluación, comparando la medida basal 1, con la medida post-movilidad 2 y la medida post-reposo 3. Resultó objeto de especial interés: la interacción triple, y, en ausencia de ésta, las interacciones dobles y los factores principales. La comparación por pares que afectaba al factor momento de la evaluación se realizó mediante pruebas post-hoc, realizándose un ajuste por la prueba de Bonferroni.

El nivel de confianza se fijó al 95% y, el nivel de significación estadística común para las pruebas fue de $p < 0,05$. Todo ello se llevó a cabo a través del programa IBM SPSS® Statistics version 25 (SPSS Inc, Chicago,IL, U.S.A).

4.3. RESULTADOS

Se analizaron un total de 86 sujetos, de los cuales, 44 pertenecen al grupo de casos con NP agudo, con una edad media de $34,17 \pm 11,79$ años y un IMC de $25,1 \pm 4,4$ Kg/cm², de los cuales el 55% eran mujeres, mientras los 42 restantes pertenecieron al grupo control, siendo sujetos con una edad media de $34,0 \pm 11,69$ años y un IMC de $23,6 \pm 3,2$ Kg/cm², de los cuales eran mujeres el 45%.

Respecto a los resultados comparativos, y según se refleja en los datos de cada una de las variables (Tablas 3-7), no existió interacción triple al analizar el efecto conjunto de los tres factores; la afectación cervical, la edad, y el momento de la evaluación, sobre el comportamiento de las MMPs en las variables Stiffness, Decrement, Relaxation y Creep. Estas variables no vieron modificadas sus medias, independientemente de si se realizó o no, movilidad del segmento o reposo, e independientemente de la edad de los sujetos y de si presentaban o no NP, incluso aunque algún análisis por subgrupo pudo alcanzar significación estadística. Sin embargo, la variable Frequency si modificó su resultado medio en las diferentes medidas del grupo de sujetos con NP jóvenes, disminuyendo 0,553 Hz entre la medida basal 1 y la medida post-reposo 3 ($p=0,039$) (Tablas 8-12).

Tabla 3. Datos descriptivos de los grupos y subgrupos sobre la variable Frecuency.

TIEMPOS DE EVALUACIÓN	AFECTACIÓN	EDAD	N	MEDIA ± DT FREQUENCY (Hz)
<u>TIEMPO 1</u>	NP	<35	25	16,10±1,87
		>35	19	16,86±1,56
		Total	44	16,43±1,76
	Sanos	<35	22	14,42±1,92
		>35	20	15,98±2,18
		Total	42	15,16±2,17
	Total	<35	47	15,31±2,06
		>35	39	16,41±1,93
		Total	86	15,81±2,06
<u>TIEMPO 2</u>	NP	<35	25	15,79±1,80
		>35	19	16,84±2,21
		Total	44	16,24±2,04
	Sanos	<35	22	14,43±1,60
		>35	20	16,03±2,08
		Total	42	15,19±2,00
	Total	<35	47	15,15±1,83
		>35	39	16,43±2,16
		Total	86	15,73±2,07
<u>TIEMPO 3</u>	NP	<35	25	15,55±1,49
		>35	19	17,16±1,97
		Total	44	16,24±1,87
	Sanos	<35	22	14,36±1,65
		>35	20	15,82±2,13
		Total	42	15,05±2,01
	Total	<35	47	14,99±1,66
		>35	39	16,47±2,13
		Total	86	15,66±2,02

NP: Dolor Cervical, N: tamaño muestral, DT: desviación típica.

Tabla 4. Datos descriptivos de los grupos y subgrupos sobre la variable Stiffness.

TIEMPOS DE EVALUACIÓN	AFECTACIÓN	EDAD	N	MEDIA ± DT STIFFNESS (N/m)	
<u>TIEMPO 1</u>	NP	<35	25	286,76±55,49	
		>35	19	292,62±51,60	
		Total	44	289,29±53,31	
	Sanos	<35	22	234,13±60,96	
		>35	20	283,46±71,33	
		Total	42	257,62±69,88	
	Total	<35	47	262,12±63,31	
		>35	39	287,92±61,86	
		Total	86	273,82±63,61	
	<u>TIEMPO 2</u>	NP	<35	25	280,33±60,80
			>35	19	297,77±63,94
			Total	44	287,86±62,06
Sanos		<35	22	231,94±47,67	
		>35	20	286,48±68,14	
		Total	42	257,91±63,84	
Total		<35	47	257,68±59,68	
		>35	39	291,98±65,50	
		Total	86	273,23±64,35	
<u>TIEMPO 3</u>		NP	<35	25	267,09±40,20
			>35	19	302,36±57,24
			Total	44	282,32±50,85
	Sanos	<35	22	228,38±51,26	
		>35	20	280,33±71,77	
		Total	42	253,12±66,50	
	Total	<35	47	248,97±49,23	
		>35	39	291,07±65,21	
		Total	86	268,06±60,47	

NP: Dolor Cervical, N: tamaño muestral, DT: desviación típica.

Tabla 5. Datos descriptivos de los grupos y subgrupos sobre la variable Decrement.

TIEMPOS DE EVALUACIÓN	AFECTACIÓN	EDAD	N	MEDIA ± DT DECREMENT (Ø)	
<u>TIEMPO 1</u>	NP	<35	25	1,32±0,20	
		>35	19	1,49±0,17	
		Total	44	1,39±0,20	
	Sanos	<35	22	1,14±0,20	
		>35	20	1,36±0,23	
		Total	42	1,24±0,24	
	Total	<35	47	1,23±0,22	
		>35	39	1,42±0,21	
		Total	86	1,32±0,23	
	<u>TIEMPO 2</u>	NP	<35	25	1,27±0,17
			>35	19	1,46±0,20
			Total	44	1,35±0,20
Sanos		<35	22	1,14±0,16	
		>35	20	1,35±0,18	
		Total	42	1,24±0,20	
Total		<35	47	1,21±0,18	
		>35	39	1,40±0,19	
		Total	86	1,30±0,21	
<u>TIEMPO 3</u>		NP	<35	25	1,26±0,14
			>35	19	1,45±0,19
			Total	44	1,34±0,19
	Sanos	<35	22	1,18±0,22	
		>35	20	1,35±0,19	
		Total	42	1,26±0,22	
	Total	<35	47	1,22±0,19	
		>35	39	1,40±0,19	
		Total	86	1,30±0,21	

NP: Dolor Cervical, N: tamaño muestral, DT: desviación típica.

Tabla 6. Datos descriptivos de los grupos y subgrupos sobre la variable Relaxation.

TIEMPOS DE EVALUACIÓN	AFECTACIÓN	EDAD	N	MEDIA ± DT RELAXATION (ms)
<u>TIEMPO 1</u>	NP	<35	25	17,99±2,56
		>35	19	17,90±2,34
		Total	44	17,95±2,44
	Sanos	<35	22	20,53±2,10
		>35	20	18,21±4,85
		Total	42	19,42±3,81
	Total	<35	47	19,18±2,66
		>35	39	18,06±3,79
		Total	86	18,67±3,25
<u>TIEMPO 2</u>	NP	<35	25	18,24±2,94
		>35	19	17,63±3,32
		Total	44	17,97±3,08
	Sanos	<35	22	20,19±1,90
		>35	20	18,39±4,42
		Total	42	19,33±3,43
	Total	<35	47	19,15±2,67
		>35	39	18,02±3,89
		Total	86	18,64±3,31
<u>TIEMPO 3</u>	NP	<35	25	18,69±2,16
		>35	19	16,93±3,38
		Total	44	17,93±2,86
	Sanos	<35	22	20,37±2,02
		>35	20	18,50±4,57
		Total	42	19,48±3,56
	Total	<35	47	19,48±2,24
		>35	39	17,74±4,06
		Total	86	18,69±3,29

NP: Dolor Cervical, N: tamaño muestral, DT: desviación típica.

Tabla 7. Datos descriptivos de los grupos y subgrupos sobre la variable Creep

TIEMPOS DE EVALUACIÓN	AFECTACIÓN	EDAD	N	MEDIA ± DT CREEP (Deborah number)	
<u>TIEMPO 1</u>	NP	<35	25	1,09±0,14	
		>35	19	1,10±0,13	
		Total	44	1,09±0,13	
	Sanos	<35	22	1,18±0,09	
		>35	20	1,13±0,25	
		Total	42	1,15±0,18	
	Total	<35	47	1,13±0,13	
		>35	39	1,11±0,20	
		Total	86	1,12±0,16	
	<u>TIEMPO 2</u>	NP	<35	25	1,09±0,15
			>35	19	1,07±0,17
			Total	44	1,08±0,16
Sanos		<35	22	1,15±0,09	
		>35	20	1,13±0,24	
		Total	42	1,14±0,17	
Total		<35	47	1,12±0,13	
		>35	39	1,10±0,21	
		Total	86	1,11±0,17	
<u>TIEMPO 3</u>		NP	<35	25	1,16±0,19
			>35	19	1,13±0,23
			Total	44	1,15±0,20
	Sanos	<35	22	1,16±0,09	
		>35	20	1,14±0,24	
		Total	42	1,15±0,18	
	Total	<35	47	1,160,15	
		>35	39	1,13±0,23	
		Total	86	1,15±0,19	

NP: Dolor Cervical, N: tamaño muestral, DT: desviación típica.

Tabla 8. Interacción triple (Grupo, Edad, Tiempo) entre factores para la variable Frequency.

MMP	GRUPO	EDAD	TIEMPO	DIFERENCIA DE MEDIAS	LÍMITE INFERIOR IC 95%	LÍMITE SUPERIOR IC 95%	SIGNIFICACIÓN
FREQUENCY (Hz)	NP	<35	1-2	0,31	-0,32	0,95	0,70
			1-3	0,55	-0,08	-1,18	0,03*
			2-3	0,23	-0,13	0,61	0,38
		>35	1-2	0,01	-0,72	0,75	1,00
			1-3	-0,29	-1,02	0,43	0,96
			2-3	-0,31	-0,74	0,11	0,23
	SANOS	<35	1-2	-0,01	-0,69	0,67	1,00
			1-3	0,06	-0,61	0,74	1,00
			2-3	0,07	-0,32	0,47	1,00
		>35	1-2	-0,05	-0,77	0,66	1,00
			1-3	0,15	-0,55	0,86	1,00
			2-3	0,20	-0,21	0,63	0,69

NP: dolor cervical. IC: Intervalo Confianza. * Diferencia estadísticamente significativa $p < 0,05$

Tabla 9. Interacción triple (Grupo, Edad, Tiempo) entre factores para la variable Stiffness.

MMP	GRUPO	EDAD	TIEMPO	DIFERENCIA DE MEDIAS	LÍMITE INFERIOR IC 95%	LÍMITE SUPERIOR IC 95%	SIGNIFICACIÓN
STIFFNESS (N/m)	NP	<35	1-2	6,43	-13,35	26,21	1,00
			1-3	19,67	-0,17	39,51	0,05
			2-3	13,24	0,97	25,50	0,03*
		>35	1-2	-5,15	-27,84	17,54	1,00
			1-3	-9,74	-32,50	13,01	0,89
			2-3	-4,59	-18,66	9,47	1,00
	SANOS	<35	1-2	2,19	-18,89	23,28	1,00
			1-3	5,75	-15,40	26,90	1,00
			2-3	3,55	-9,51	16,63	1,00
		>35	1-2	-3,02	-25,14	19,09	1,00
			1-3	3,12	-19,06	25,31	1,00
			2-3	6,15	-7,56	19,86	0,82

NP: dolor cervical. IC: Intervalo Confianza. * Diferencia estadísticamente significativa $p < 0,05$

Tabla 10. Interacción triple (Grupo, Edad, Tiempo) entre factores para la variable Decrement.

MMP	GRUPO	EDAD	TIEMPO	DIFERENCIA DE MEDIAS	LÍMITE INFERIOR IC 95%	LÍMITE SUPERIOR IC 95%	SIGNIFICACIÓN
DECREMENT (Ø)	NP	<35	1-2	0,04	-0,02	0,10	0,30
			1-3	0,06	0,00	0,11	0,01*
			2-3	0,01	-0,03	0,07	1,00
		>35	1-2	0,03	-0,03	0,10	0,71
			1-3	0,04	-0,01	0,10	0,16
			2-3	0,01	-0,05	0,07	1,00
	SANOS	<35	1-2	-0,00	-0,07	0,06	1,00
			1-3	-0,04	-0,09	0,01	0,20
			2-3	-0,03	-0,09	0,02	0,33
		>35	1-2	0,00	-0,06	0,07	1,00
			1-3	0,00	-0,05	0,06	1,00
			2-3	0,00	-0,06	0,06	1,00

NP: dolor cervical. IC: Intervalo Confianza. * Diferencia estadísticamente significativa $p < 0,05$

Tabla 11. Interacción triple (Grupo, Edad, Tiempo) entre factores para la variable Relaxation.

MMP	GRUPO	EDAD	TIEMPO	DIFERENCIA DE MEDIAS	LÍMITE INFERIOR IC 95%	LÍMITE SUPERIOR IC 95%	SIGNIFICACIÓN
RELAXATION (ms)	NP	<35	1-2	-0,24	-1,29	0,79	1,00
			1-3	-0,70	-1,83	0,42	0,39
			2-3	-0,45	-1,28	0,37	0,54
		>35	1-2	0,27	-0,92	1,47	1,00
			1-3	0,97	-0,32	2,27	0,07
			2-3	0,70	-0,24	1,64	0,22
	SANOS	<35	1-2	0,33	-0,77	1,45	1,00
			1-3	0,15	-1,05	1,35	1,00
			2-3	-0,18	-1,07	0,69	1,00
		>35	1-2	-0,18	-1,34	0,98	1,00
			1-3	-0,29	-1,55	0,97	1,00
			2-3	-0,11	-1,03	0,81	1,00

NP: dolor cervical. IC: Intervalo Confianza. * Diferencia estadísticamente significativa $p < 0,05$

Tabla 12. Interacción triple (Grupo, Edad, Tiempo) entre factores para la variable Creep.

MMP	GRUPO	EDAD	TIEMPO	DIFERENCIA DE MEDIAS	LÍMITE INFERIOR IC 95%	LÍMITE SUPERIOR IC 95%	SIGNIFICACIÓN
CREEP (Deborah number)	NP	<35	1-2	-0,00	-0,06	0,05	1,00
			1-3	-0,07	-0,16	0,01	0,16
			2-3	-0,06	-0,13	-0,01	<0,05*
		>35	1-2	0,02	-0,04	0,08	1,00
			1-3	-0,03	-0,13	0,07	1,00
			2-3	-0,05	-0,13	0,02	0,34
	SANOS	<35	1-2	0,02	-0,03	0,08	0,71
			1-3	0,02	-0,07	0,11	1,00
			2-3	-0,01	-0,08	0,06	1,00
		>35	1-2	-0,00	-0,06	0,05	1,00
			1-3	-0,00	-0,11	0,09	1,00
			2-3	-0,00	-0,08	0,07	1,00

NP: dolor cervical. IC: Intervalo Confianza. * Diferencia estadísticamente significativa $p < 0,05$

Respecto a las interacciones dobles que resultaron significativas, se analizarán junto con los factores principales, para facilitar su interpretación.

Factor grupo; los valores resultado de las MMPs, salvo el Creep, diferían en función de la presencia o no de afectación espinal, hallándose diferencias estadísticamente significativas entre el grupo de NP agudo, los cuales mostraron mayores valores de Frequency, Stiffness y Decrement que los sanos, así como un Relaxation menor ($p < 0,05$) (Tabla 13).

Específicamente, se encontró un Tono muscular en reposo mayor en los sujetos con NP, marcado por los valores de Frequency, que obtuvieron un valor medio de 1,209 Hz más en los sujetos con NP que en sanos ($p = 0,002$). De igual modo, la resistencia que ofrecía el tejido a la deformación, recogida como Stiffness, también fue mayor en los sujetos patológicos, ofreciendo 30,36 N/m más de resistencia que los sujetos sanos ($p = 0,012$). Además, el valor medio del Decrement, el cual es inversamente proporcional a la Elasticidad del tejido, fue 0,123 Ø mayor en los afectos que en los sanos ($p = 0,002$). Por el contrario, el Relaxation, o tiempo necesario para recuperar la forma original del tejido, registrado en los sujetos con NP fue 1,469 ms menor que en los sanos ($p = 0,023$). Por último, al hacer la comparación por pares de función del estado clínico y la edad, a pesar de identificar alguna significación subgrupal más, como en el caso del Frequency y el Decrement, sólo se observó interacción en la Stiffness, en concreto a partir del grupo de sujetos sanos, donde los mayores de 35 años presentaban 51,94 N/m más de Stiffness que los jóvenes ($p = 0,003$). Las MMPs de los sujetos del Grupo NP no diferían en función de la edad del sujeto (Tabla 14).

Tabla 13. Efecto del factor Grupo sobre las variables MMPs.

GRUPO	MMP	DIFERENCIA DE MEDIAS	LÍMITE INFERIOR IC 95%	LÍMITE SUPERIOR IC 95%	SIGNIFICACIÓN
NP-SANOS	FREQUENCY (Hz)	1,21	0,45	1,96	<0,01*
	STIFFNESS (N/M)	30,36	6,72	54,00	0,01*
	DECREMENT (Ø)	0,12	0,04	0,19	<0,01*
	RELAXATION (ms)	-1,46	-2,72	-0,20	0,02*
	CREEP (Deborah number)	-0,04	-0,10	0,02	0,20

NP: dolor cervical. IC: Intervalo Confianza. * Diferencia estadísticamente significativa $p < 0,05$

Tabla 14. Interacción doble entre los factores (Grupo y Edad), sobre las variables MMPs.

MMP	GRUPO	EDAD	DIFERENCIA DE MEDIAS	LÍMITE INFERIOR IC 95%	LÍMITE SUPERIOR IC 95%	SIGNIFICACIÓN
FREQUENCY (Hz)	NP	<35 >35	-1,13	-2,19	-0,07	0,03*
	SANOS	<35 >35	-1,54	-2,61	-0,46	<0,01*
STIFFNESS (N/m)	NP	<35 >35	-19,52	-52,70	13,65	0,24
	SANOS	<35 >35	-51,94	-85,62	-18,25	<0,01*
DECREMENT (Ø)	NP	<35 >35	-0,18	-0,28	-0,07	<0,01*
	SANOS	<35 >35	-0,20	-0,30	-0,09	<0,01*
RELAXATION (ms)	NP	<35 >35	0,81	-0,95	2,58	0,36
	SANOS	<35 >35	1,99	0,19	3,78	0,03*
CREEP (Deborah number)	NP	<35 >35	0,01	-0,07	0,10	0,78
	SANOS	<35 >35	0,03	-0,06	0,12	0,51

NP: dolor cervical. IC: Intervalo Confianza. * Diferencia estadísticamente significativa $p < 0,05$

Factor edad; en general, y sin atender a la pertenencia al grupo de afectos o sanos, que ya se ha analizado previamente, todas las MMPs, salvo el Creep, diferían en función de la edad de los sujetos. Los sujetos mayores obtuvieron valores de Frequency, Stiffness y Decrement superiores y una Relaxation menor ($p < 0,05$), al compararlos con los sujetos jóvenes, menores de 35 años (Tabla 15).

Tabla 15. Efecto del factor Edad sobre las variables MMPs.

	MMP	DIFERENCIA DE MEDIAS (<35 >35)	LÍMITE INFERIOR IC 95%	LÍMITE SUPERIOR IC 95%	SIGNIFICACIÓN
EDAD	FREQUENCY (Hz)	-1,34	-2,09	-0,586	< 0,01*
	STIFFNESS (N/M)	-35,73	-59,37	-12,09	<0,01*
	DECREMENT (Ø)	-0,19	-0,26	-0,11	<0,01*
	RELAXATION (ms)	1,40	0,14	2,66	0,02*
	CREEP (Deborah number)	0,02	-0,04	0,08	0,03

*IC: Intervalo Confianza. * Diferencia estadísticamente significativa $p < 0,05$*

Factor momento de evaluación; no se hallaron diferencias en los resultados de las MMPs al evaluar únicamente el efecto de realizar la recogida de datos mitonométricos en los diferentes momentos de la evaluación; en el basal o tiempo 1, post-movilidad o tiempo 2 y post-reposo o tiempo 3 ($p>0,05$), lo que también se reflejó en el análisis por pares de momentos de evaluación (Tabla 16).

Tabla 16. Efecto del factor Tiempo sobre las variables MMPs.

MMP	TIEMPO	DIFERENCIA DE MEDIAS	LÍMITE INFERIOR IC 95%	LÍMITE SUPERIOR IC 95%	SIGNIFICACIÓN
FREQUENCY (Hz)	1-2	0,06	-0,28	0,41	1,00
	1-3	0,11	-0,22	0,46	1,00
	2-3	0,05	-0,15	0,25	1,00
STIFFNESS (N/M)	1-2	0,11	-10,61	10,83	1,00
	1-3	4,70	-6,05	15,45	0,86
	2-3	4,58	-2,06	11,23	0,28
DECREMENT (°)	1-2	0,02	-0,01	0,05	0,45
	1-3	0,01	-0,01	0,04	0,35
	2-3	-0,00	-0,03	0,02	0,45
RELAXATION (ms)	1-2	0,04	-0,52	0,61	1,00
	1-3	0,03	-0,58	0,64	1,00
	2-3	-0,01	-0,46	0,43	1,00
CREEP (Deborah number)	1-2	0,01	-0,02	0,04	1,00
	1-3	-0,02	-0,73	0,02	0,77
	2-3	-0,03	-0,72	0,00	0,11

IC: Intervalo Confianza. * Diferencia estadísticamente significativa $p<0,05$

Solo hubo dos excepciones en las interacciones dobles en las que participó el factor tiempo. La primera, con respecto a la edad de los sujetos para la variable Stiffness, en la cual, se halló interacción entre los diferentes tiempos de medición en los sujetos jóvenes, los cuales mostraron una adaptación del Stiffness tisular tras el reposo, presentando una resistencia a la deformación 8,398 N/m menor en la medición 3, post-reposo, con respecto a la resistencia ofrecida en la medición 2, post-movilidad, del mismo modo se observó un Stiffness 12,71 Hz menor en la medida 3, con respecto a la basal 1. Este comportamiento, como reflejan la Figura 5 y la Tabla 17, muestra que en función de la edad de los sujetos el comportamiento en los tiempos de evaluación fue diferente para la Stiffness ($p < 0,05$).

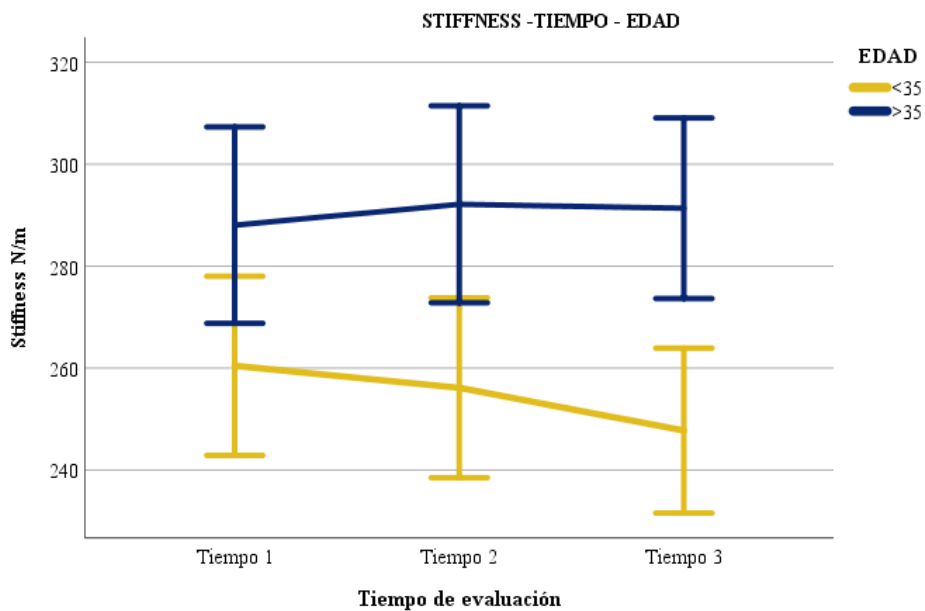


Figura 4. Comportamiento de la variable Stiffness en función de la edad, para cada uno de los tiempos de evaluación siendo 1 la evaluación basal, 2 la evaluación post-movilidad o tiempo 2 y 3 la evaluación post-reposo. Las barras de error reflejan Desviación Estándar ± 2 .

Tabla 17. Interacción doble entre los factores Edad y Tiempo, sobre las variables MMPs.

MMP	EDAD	TIEMPO	DIFERENCIA DE MEDIAS	LÍMITE INFERIOR IC 95%	LÍMITE SUPERIOR IC 95%	SIGNIFICACIÓN
FREQUENCY (Hz)	<35	1-2	0,15	-0,31	0,62	1,00
		1-3	0,30	-0,15	0,77	0,32
		2-3	0,15	-0,11	0,43	0,50
	>35	1-2	-0,01	-0,53	0,49	1,00
		1-3	-0,07	-0,58	0,43	1,00
		2-3	-0,05	-0,35	0,25	1,00
STIFFNESS (N/m)	<35	1-2	4,31	-10,14	18,77	1,00
		1-3	12,71	-1,79	-27,21	<0,05*
		2-3	8,39	-0,56	-17,36	0,04*
	>35	1-2	-4,08	-19,93	11,75	1,00
		1-3	-3,31	-19,20	12,58	1,00
		2-3	0,77	-9,04	10,60	1,00
DECREMENT (Ø)	<35	1-2	0,02	-0,02	0,06	0,92
		1-3	0,00	-0,02	0,04	1,00
		2-3	-0,01	-0,05	0,02	1,00
	>35	1-2	0,02	-0,03	0,07	0,93
		1-3	0,02	-0,01	0,07	0,33
		2-3	0,00	-0,03	0,05	1,00
RELAXATION (ms)	<35	1-2	0,04	-0,71	0,80	1,00
		1-3	-0,27	-1,10	0,55	1,00
		2-3	-0,32	-0,92	0,28	0,59
	>35	1-2	0,04	-0,78	0,88	1,00
		1-3	0,34	-0,56	1,24	1,00
		2-3	0,29	-0,36	0,95	0,84
CREEP (Deborah number)	<35	1-2	0,01	-0,02	0,05	1,00
		1-3	-0,02	-0,09	0,04	0,99
		2-3	-0,03	-0,09	0,01	0,21
	>35	1-2	0,00	-0,03	0,05	1,00
		1-3	-0,02	-0,09	0,05	1,00
		2-3	-0,02	-0,08	0,02	0,69

IC: Intervalo Confianza. * Diferencia estadísticamente significativa $p < 0,05$

La segunda excepción mostró interacciones entre el estado clínico y el momento de evaluación en el comportamiento de las MMPs (Tabla 18). Concretamente, en los sujetos con NP se hallaron diferencias en el Decrement, en donde la medida basal 1 fue 0,54 Ø mayor que en la medida post-reposo 3, o lo que es lo mismo, aumentó la Elasticidad muscular, como se observa en la Figura 6. Además, la variable Creep, que corresponde al alargamiento gradual que se produce en el tejido al someterlo a una tensión constante, aumentó 0,06 De, entre la medida post-movilidad 2, y la post-reposo 3, en los sujetos con NP (Figura 7), presentando estas diferencias valores significativos de p de 0,004 y 0,023, respectivamente.

Tabla 18. Interacción doble entre los factores Grupo y Tiempo, sobre las variables MMPs.

MMP	GRUPO	TIEMPO	DIFERENCIA DE MEDIAS	LÍMITE INFERIOR IC 95%	LÍMITE SUPERIOR IC 95%	SIGNIFICACIÓN
FREQUENCY (Hz)	NP	1-2	0,16	-0,32	0,65	1,00
		1-3	0,12	-0,35	0,61	1,00
		2-3	-0,03	-0,32	0,24	1,00
	SANOS	1-2	-0,03	-0,53	0,46	1,00
		1-3	0,10	-0,38	0,60	1,00
		2-3	0,14	-0,15	0,43	0,71
STIFFNESS (N/m)	NP	1-2	0,63	-14,41	15,69	1,00
		1-3	4,96	-10,13	20,06	1,00
		2-3	4,32	-5,00	13,65	0,78
	SANOS	1-2	-0,41	-15,69	14,86	1,00
		1-3	4,43	-10,88	19,76	1,00
		2-3	4,85	-4,61	14,32	0,64
DECREMENT (Ø)	NP	1-2	0,04	-0,00	0,08	0,15
		1-3	0,05	0,01	0,09	<0,01*
		2-3	0,01	-0,02	0,05	1,00
	SANOS	1-2	0,00	-0,04	0,05	1,00
		1-3	-0,01	-0,05	0,02	0,89
		2-3	-0,01	-0,06	0,02	0,83
RELAXATION (ms)	NP	1-2	0,01	-0,78	0,80	1,00
		1-3	0,13	-0,72	0,99	1,00
		2-3	0,12	-0,50	0,75	1,00
	SANOS	1-2	0,07	-0,72	0,88	1,00
		1-3	-0,07	-0,94	0,80	1,00
		2-3	-0,14	-0,78	0,49	1,00
CREEP (Deborah number)	NP	1-2	0,00	-0,03	0,05	1,00
		1-3	-0,05	-0,12	0,01	0,22
		2-3	-0,06	-0,11	-0,00	0,02*
	SANOS	1-2	0,01	-0,03	0,05	1,00
		1-3	0,00	-0,06	0,07	1,00
		2-3	-0,00	-0,06	0,04	1,00

NP: Dolor Cervical. IC: Intervalo Confianza. * Diferencia estadísticamente significativa $p < 0,05$

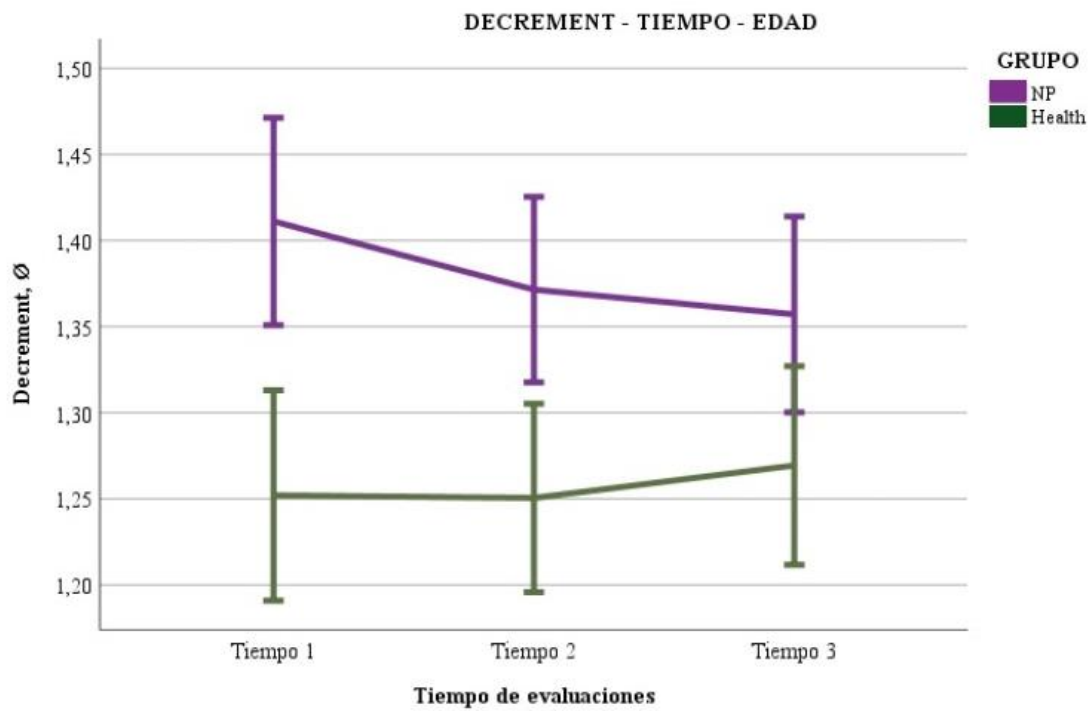


Figura 5. Comportamiento de la variable Decrement en función de la presencia o no de NP, para cada uno de los tiempos de evaluación siendo 1 la evaluación basal, 2 la evaluación post-movilidad o tiempo 2 y 3 la evaluación post-reposo. Las barras de error reflejan Desviación Estándar ± 2

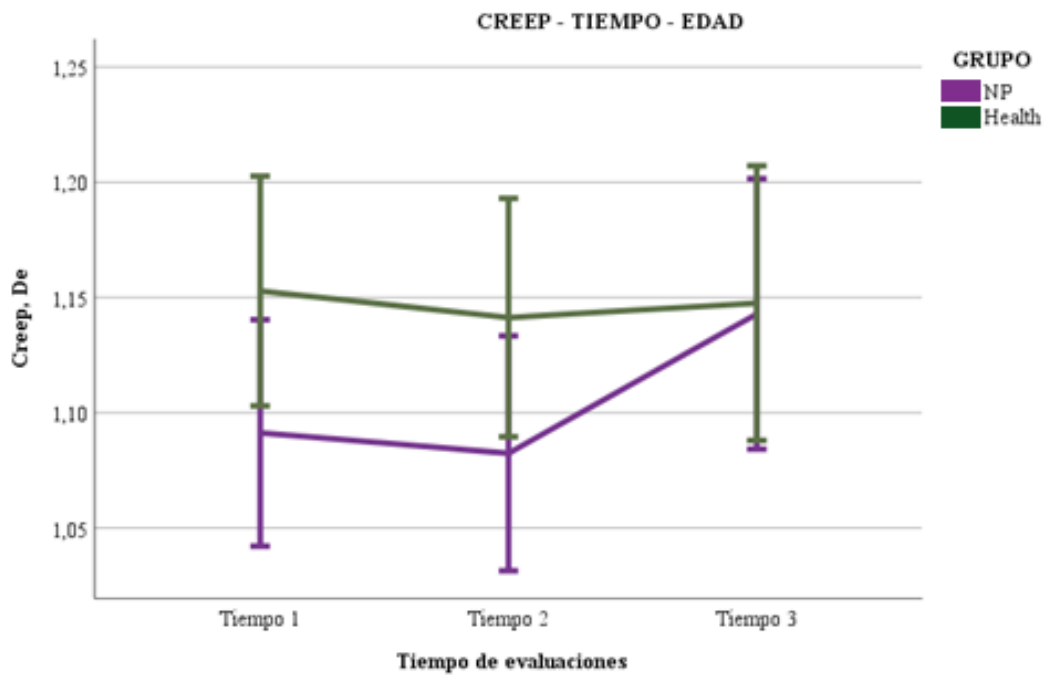


Figura 6. Comportamiento de la variable Creep en función de la presencia o no de NP, para cada uno de los tiempos de evaluación siendo 1 la evaluación basal, 2 la evaluación post-movilidad o tiempo 2 y 3 la evaluación post-reposo. Las barras de error reflejan Desviación Estándar ± 2

4.4. DISCUSIÓN

El interés acerca de la evidencia científica sobre las características en las MMPs y su función se ha prolongado durante más de 50 años. Lucas y Bresler ya sugirieron, en 1961, que la estabilidad aportada por los elementos óseos y ligamentarios de la columna vertebral, por sí solos, no tendrían capacidad suficiente para soportar el peso de la cabeza. Esto llevó a que se reconociese que debía ser el Tono muscular, en situación de reposo, definido por las MMPs intrínsecas del tejido, el que, junto con los elementos estáticos, asegurase la estabilidad de la columna. Este hecho no es incompatible con la frecuente tendencia que sufren los músculos de la estática a presentar tensión, volviéndose hipertónicos e hiperactivos, pudiendo llegar, incluso, a alterar la función del sistema locomotor y conducir al desarrollo de dolor o, por otro lado, ser el resultado de una co-contracción muscular aberrante, producida como respuesta al dolor (202).

Por tanto, la primera pregunta de este estudio buscó determinar si los sujetos con NP mostraban diferencias, con respecto a los sanos, en las MMPs de la musculatura cervical. Los resultados determinaron que, efectivamente, la tixotropía de la musculatura cervical se vio alterada en función de la situación clínica del individuo. Concretamente, las variables Frequency, Stiffness, y Decrement se encontraban elevadas, al contrario que la variable Relaxation, que se vio disminuida, por la presencia de la NP. Los estudios anteriores, en los que se analizó la diferencia de Stiffness de la musculatura lumbar, en sujetos con dolor lumbar y en sujetos sanos, son consistentes a los aportados por el presente estudio, hallando medidas elevadas de Stiffness en los algícos, por medio de SWE (89). Resultados que fueron similares a los encontrados al analizar las diferencias en el Stiffness entre sujetos con NP asociado a whiplash y sujetos sanos (203). Esta reacción de la musculatura se atribuyó al espasmo e incremento de la contracción muscular basal, producido por el dolor (89). Incluso, pueden encontrarse similitudes con resultados obtenidos en enfermedades reumáticas, como la Espondiloartritis, donde se halló una disminución del volumen muscular, medido por el Área de Sección Transversal, lo que se interpreta como atrofia muscular, que se asocia a alteración en las MMPs (86,98,204). Los datos deben ser interpretados con cautela puesto que la evidencia previa está centrada principalmente en otros grupos musculares, principalmente de MMII y, considerando la heterogeneidad de la musculatura humana, es razonable plantear la posibilidad de que no deben extrapolarse los resultados de una musculatura a otra (205).

A pesar de que no existen datos en todas las patologías, y a que la evidencia es particularmente escasa en el NP, la literatura existente ha encontrado una fuerte relación entre la edad y la modificación de las MMPs. Kocur *et al* en su estudio de la influencia de la edad sobre

el Stiffness y Decrement cervical, demostró un aumento anual del 1,5 % en mujeres, para ambas MMPs (95). Incluso en modelos con animales se ha asociado un aumento del Frequency y una Relaxation muscular menor en animales viejos, en comparación con animales jóvenes (206). En investigaciones muy concretas, centradas en un grupo poblacional similar al del estudio que nos ocupa, con sujetos jóvenes y mayores, que presentaban NP crónico, en la que además, se empleó la misma herramienta evaluativa, el MyotonPRO®, se hallaron diferencias en términos de MMPs (207). Así encontraron un Frequency de los músculos escaleno y trapecio en los sujetos mayores entre un 11,3 y un 17,4% mayor que en los sujetos jóvenes. No solo esto, sino que, en el estudio de los demás factores de las MMPs, mostraron que el Stiffness en ambos músculos también estaba influenciado por la edad de los sujetos, ya que, al compararlos, los sujetos mayores mostraron entre el 22,4 y el 28,4% más que los jóvenes. En la misma línea, el Decrement, fue significativamente mayor en los mayores, con entre un 27,04 y un 33,9% menos de elasticidad (207). Puede observarse en los resultados del estudio que nos ocupa, un patrón similar, donde se observó que la edad se asociaba a registros mayores de Frequency, Stiffness y Decrement y al mismo tiempo que un valor menor de Relaxation. Sin embargo, el análisis de la interacción entre el estado clínico y la edad, solo reveló alteraciones del Stiffness en los sujetos sanos. Es más, aun siendo significativa, esta diferencia solo supuso un aumento del 6,6% en el Stiffness de los sujetos mayores con respecto al de los jóvenes, diferencia que fue incluso menor que las referidas por otros autores en los sujetos con patología crónica en función de la edad.

Estos resultados, que no han sido previamente descritos en la literatura, en los que encontramos que la interacción de la edad se mantiene independientemente de cual sea el estado clínico del sujeto, podrían explicarse debido al estado agudo de los mismos. De este modo, parece que las MMPs tienden a estar alteradas por el NP agudo, y que el nivel de alteración se mantiene en adultos más y menos jóvenes.

En resumen, los resultados indican que, tanto la edad, como la presencia de NP agudo tienen efectos similares sobre la tixotropía cervical, disminuyendo ambas la capacidad del tejido de volverse fluido y recuperar después sus propiedades basales o, lo que es lo mismo, ambas merman la capacidad de adaptación tisular frente a las fuerzas de deformación. Por tanto, este estudio subraya las conclusiones obtenidas en gran parte de los trabajos previos de este campo, en los que diversos autores apoyaron el hecho de que los tejidos ven alterado su comportamiento con el envejecimiento, y sugieren la asociación de estas alteraciones con el desarrollo de dolor espinal (191).

Por otro lado, los resultados de este estudio apenas mostraron diferencias en las MMPs según el momento de evaluación, obteniendo registros similares, independientemente de si la evaluación se realizó en el estado basal 1, tras el análisis protocolizado de movilidad 2 o tras 5

minutos de reposo 3, por lo que tanto el movimiento como el reposo de corta duración parecen tener escasa influencia por sí solos en las MMPs. Estos hallazgos difieren con los encontrados por *Nair et al*, quien observó un aumento del Stiffness tras 10 minutos de reposo en la musculatura espinal en sujetos jóvenes y sanos (93), y de los *Janecki et al*, quienes encontraron un aumento del Stiffness medido después de la contracción excéntrica del bíceps braquial (208). Sin embargo, el estudio se realizó en sujetos sanos y sobre musculatura diferente a la cervical por lo que, en este caso, los resultados podrían no ser completamente comparables a los presentes. Como ya señalaron otros autores, la evidencia sobre cómo el ejercicio puede modificar el Stiffness es contradictoria, dado que, mientras que diversos estudios reportaron un incremento del Stiffness como resultado del entrenamiento de salto, otros trabajos obtuvieron resultados diametralmente opuestos, reflejando su descenso tras el entrenamiento (195). Esta variabilidad de hallazgos puede deberse al hecho de que se emplearon diferentes técnicas de evaluación, a que los protocolos de entrenamiento fueron diferentes en tiempo y forma, e, incluso, a que estudiaban diferentes componentes del Stiffness (195). En todo caso, los resultados de la evidencia previa deben ser interpretados con precaución, atendiendo a la adecuación del nicho poblacional que estudian y a la similitud del protocolo de movilidad que empleen.

Un hallazgo interesante que se puede extraer de este trabajo es la interacción de la edad y el momento de evaluación sobre la variable Stiffness, ya que el reposo de corta duración logró disminuirla en los sujetos jóvenes. Dado que el reposo se realizó posteriormente al análisis del ROM, no puede descartarse que esta diferencia sea consecuencia de la aparición de un efecto aditivo del protocolo de movilidad empleado en el registro del ROM, sobre el efecto producido por el reposo posterior. Asimismo, la interacción del momento de evaluación y el estado clínico también modificó el Creep y el Decrement en los sujetos con NP agudo, acercándolos tras el reposo a la normalidad. Hasta donde se tiene conocimiento, estas interacciones no habían sido descritas con anterioridad, por lo que la comparación de los resultados no ha sido posible.

Por lo tanto, parece ser que los sujetos en los que se modificó algunas de las MMPs eran aquellos que, o bien presentaban por su edad más capacidad adaptativa, es decir, los jóvenes, o bien presentaban valores basales alterados en las MMPs, como en el caso de los sujetos con NP agudo. Estos resultados no permiten concluir que el comportamiento posterior a la realización de un protocolo de movilidad o reposo en las MMPs sea extrapolable entre los sujetos sanos o afectados.

Por último, la combinación de los factores edad, afectación clínica y momento de evaluación modificaron los registros de la MMP Frequency. De este modo, pudo comprobarse que solo en los sujetos que sufrían NP agudo y que además eran jóvenes disminuyeron los registros de Frequency entre la medida basal 1 y la post-reposo 3. No se tiene constancia de la

existencia de estudios previos que analizasen la interacción de estos tres factores sobre las MMPs, lo que limita la posibilidad de realizar comparaciones. Sin embargo, estos resultados, a priori, no siguen la estela marcada por trabajos previos, en los que sí se encontraron modificaciones en otras MMPs diferentes al Frequency. Un ejemplo de ello, es el trabajo de Mousavi *et al* en el que se atribuía un descenso del Stiffness al mantenimiento de posiciones de Flexión pasiva durante 10 minutos en sujetos jóvenes y sanos (209), o incluso de trabajos que realizaban flexiones repetitivas de tronco de 1 segundo de duración, en los cuales se observó un aumento del Creep (210). No puede descartarse que tiempos de reposo mayores o diferentes protocolos de movilidad hubiesen supuesto modificaciones diferentes en las MMPs, sin embargo, estos supuestos no eran el objeto de nuestro estudio.

Estos hallazgos demuestran que el reposo modificó el estado de la MMP Frequency, en aquellos sujetos que además presentaban una alteración basal de esta propiedad, por su situación clínica, y contaban con una mayor capacidad de adaptación, por su edad, es decir, en los sujetos jóvenes con NP. Esto podría llevar a diseñar estrategias de tratamiento diferentes, en función de la edad del sujeto que padece NP. De igual forma, puede deducirse que, para realizar la evaluación de las MMPs de la musculatura del segmento cervical en sujetos jóvenes y/o en sujetos que presenten NP, la medida que mejor representará las características basales del tejido del sujeto será la primera. Así, al diseñar los protocolos de evaluación, estos datos deberán recogerse previo a la evaluación del ROM, para evitar el hecho de que sea la misma realización de la secuencia de movimientos empleada para el registro del ROM, la que pudiera modificar las MMPs.

4.5. FORTALEZAS Y LIMITACIONES

Entre las fortalezas del estudio está la aplicabilidad del protocolo del estudio en el entorno clínico, ya que el NP es uno de los principales motivos de consulta y que la mayoría de personas experimentan alguna vez en su vida, dolor ocasional de corta duración (211). Además, dado que se conoce que diferentes patologías presentan MMPs propias y que estas pueden verse alteradas por el movimiento o el reposo, y que al evaluar clínicamente a un sujeto el procedimiento habitual incluye una serie de pruebas que implican solicitar la movilidad del segmento, resulta importante determinar cuál era el momento idóneo para evaluar las MMPs, de modo que reflejasen más fielmente el estado real del sujeto.

Debemos reconocer varias limitaciones de este estudio. En primer lugar, la aplicabilidad de estos resultados está limitada a poblaciones que presenten características similares, en cuanto a la etapa de presentación aguda del dolor, edad y protocolo de movimiento y reposo. En segundo lugar, los evaluadores no fueron cegados, aunque la miotonometría ha demostrado tener una alta fiabilidad y una baja dependencia del evaluador, lo que limita la influencia sobre los resultados. En tercer lugar, otras metodologías, como la EMG, podrían haber aportado otros puntos de vista a los resultados encontrados, pero se hubiera reducido la proximidad del estudio a la cotidianidad de la práctica clínica.

4.6. CONCLUSIONES

Existen diferencias en las características de las MMPs de la musculatura cervical posterior, en función de la presencia de NP.

La edad y la presencia de dolor agudo tienen un efecto similar sobre las MMPs, mermando la capacidad de adaptación tisular frente a las fuerzas de deformación. Sin embargo, no hay interacción entre la edad y la afectación clínica en los sujetos con NP, por lo que es posible que el nivel de alteración de las MMPs derivado del NP agudo, se mantiene en adultos independientemente de su edad.

Finalmente, en los sujetos jóvenes con NP, el reposo posterior a la evaluación del ROM modifica el Frequency tisular, lo que demuestra que la evaluación que mejor puede reflejar la situación basal de las MMPs será la realizada de forma previa a cualquier acción por parte del sujeto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Organización Mundial de la Salud. CIE-11. Estadísticas de morbilidad y mortalidad [Internet]. 2021 [cited 2021 Apr 25]. Available from: <https://icd.who.int/browse11/l-m/es#/http%3A%2F%2Fid.who.int%2Ficd%2Fentity%2F534629524>
2. Alsultan F, Cescon C, Heneghan NR, Rushton A, Barbero M, Falla D. Eccentric exercise and delayed onset muscle soreness reduce the variability of active cervical movements. *J Biomech.* 2020;111:109962.
3. Falla D, Farina D. Neuromuscular adaptation in experimental and clinical neck pain. *J Electromyogr Kinesiol.* 2008;18(2):255–61.
4. Airaksinen MK, Kankaanpää M, Aranko O, Leinonen V, Arokoski JPA, Airaksinen O. Wireless on-line electromyography in recording neck muscle function: A pilot study. *Pathophysiology.* 2005;12(4):303–6.
5. Kocur P, Wilski M, Lewandowski J, Łochyński D. Female Office Workers With Moderate Neck Pain Have Increased Anterior Positioning of the Cervical Spine and Stiffness of Upper Trapezius Myofascial Tissue in Sitting Posture. *PM R.* 2018;11(5):476–82.
6. Palacios-Ceña D, Alonso-Blanco C, Hernández-Barrera V, Carrasco-Garrido P, Jiménez-García R, Fernández-de-las-Peñas C. Prevalence of neck and low back pain in community-dwelling adults in Spain: an updated population-based national study (2009/10-2011/12). *Eur Spine J.* 2015;24(3):482–92.
7. Safiri S, Kolahi AA, Hoy D, Buchbinder R, Mansournia MA, Bettampadi D, et al. Global, regional, and national burden of neck pain in the general population, 1990-2017: Systematic analysis of the Global Burden of Disease Study 2017. *BMJ.* 2020;368(3):1–12.
8. Hoy D, March L, Woolf A, Blyth F, Brooks P, Smith E, et al. The global burden of neck pain: estimates from the global burden of disease 2010 study. *Ann Rheum Dis.* 2014;73(7):1309–15.
9. Global Health M. Neck pain-Level 3 cause [Internet]. Vol. 393, *Global Health Metrics.* 2019 [cited 2020 Nov 30]. p. 2–3. Available from: http://www.healthdata.org/results/gbd_summaries/2019/neck-pain-level-3-cause
10. Instituto Nacional de Estadística. Encuesta Nacional de Salud 2011-12 [Spanish National Health Survey] [Internet]. INEbase. 2012 [cited 2021 Mar 13]. Available from: <http://www.ine.es/jaxi/Datos.htm?path=/t15/p419/a2011/p01/10/&file=01019.px>
11. Instituto Nacional de Estadística. Principales enfermedades crónicas o de larga evolución diagnosticadas por un médico por sexo. 2017 [Internet]. INEbase. 2017 [cited 2020 Nov 29]. Available from: https://www.ine.es/buscar/searchResults.do?searchString=dolor+cervical&Menu_boton_Buscador=Buscar&searchType=DEF_SEARCH&startat=0&L=0
12. Fernández-De-Las-Peñas C, Alonso-Blanco C, Hernández-Barrera V, Palacios-Ceña D, Jiménez-García R, Carrasco-Garrido P. Has the prevalence of neck pain and low back pain changed over the last 5 years? A population-based national study in Spain. *Spine J.* 2013;13(9):1069–76.
13. Coulter ID, Crawford C, Vernon H, Hurwitz EL, Khorsan R, Booth MS, et al.

- Manipulation and mobilization for treating chronic nonspecific neck pain: A systematic review and meta-analysis for an appropriateness panel. *Pain Physician*. 2019;22(2):E55–70.
14. Haldeman S, Kopansky-Giles D, Hurwitz EL, Hoy D, Mark Erwin W, Dagenais S, et al. Advancements in the management of spine disorders. *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2012;26(2):263–80.
 15. Merskey H BN. Spinal and radicular pain syndromes of the cervical and thoracic regions. In: IASP PRESS, editor. *Classification of chronic pain*. 2nd ed. Seattle; 2011. p. 17–23.
 16. Peterson C, Bolton J, Humphreys BK. Predictors of outcome in neck pain patients undergoing chiropractic care: Comparison of acute and chronic patients. *Chiropr Man Ther*. 2012;20(27):1.
 17. Antúnez Sánchez LG, de la Casa Almeida M, Rebollo Roldán J, Ramírez Manzano A, Martín Valero R, Suárez Serrano C. Effectiveness of an individualised physiotherapy program versus group therapy on neck pain and disability in patients with acute and subacute mechanical neck pain. *Aten Primaria*. 2017;49(7):417–25.
 18. Nyirö L, Peterson CK, Humphreys BK. Exploring the definition of «acute» neck pain: A prospective cohort observational study comparing the outcomes of chiropractic patients with 0-2weeks, 2-4weeks and 4-12weeks of symptoms. *Chiropr Man Ther*. 2017;25(1):1–10.
 19. Qaseem A, Wilt TJ, McLean RM, Forcica MA. Noninvasive treatments for acute, subacute, and chronic low back pain: A clinical practice guideline from the American College of Physicians. *Ann Intern Med*. 2017;166(7):514–30.
 20. Tulder M Van, Becker A, Breen A, Teresa M, Hutchinson A, Becker A, et al. Chapter 3 European guidelines for the management of acute nonspecific low back pain in primary care. *Eur Spine J*. 2006;15(2):169–91.
 21. Paige NM, Miake-lye IM, Booth MS, Beroes JM, Mardian AS, Dougherty P, et al. Association of Spinal Manipulative Therapy With Clinical Benefit and Harm for Acute Low Back Pain Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA - J Am Med Assoc*. 2017;90076(14):1451–60.
 22. Felicio DC, Pereira DS, Diz JBM, De Queiroz BZ, Da Silva JP, Leopoldino AAO, et al. Anterior Trunk Mobility Does Not Predict Disability in Elderly Women with Acute Low Back Pain: Brazilian Back Complaints in the Elders (BACE-Brazil) Study Results. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2017;42(20):1552–8.
 23. Ganesh GS, Sahu PK, Das SP, Mishra C, Dhiman S. A subgroup analysis to compare patients with acute low back pain classified as per treatment-based classification. *Physiother Res Int*. 2019;24(1):1–11.
 24. Andrade Ortega JA, Delgado Martínez AD, Almecija Ruiz R. Validation of the Spanish Version of the Neck Disability Index. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010;35(4):114–8.
 25. De Rosario H, Vivas MJ, Sinovas MI, Page Á. Relationship between neck motion and self-reported pain in patients with whiplash associated disorders during the acute phase. *Musculoskelet Sci Pract*. 2018;38:23–9.
 26. Henschke N, Kamper SJ, Maher CG. The epidemiology and economic consequences of pain. *Mayo Clin Proc*. 2015;90(1):139–47.
 27. Salt E, Wiggins AT, Hooker Q, Rayens MK. Clinical and Psychosocial Factors Over Time Following an Acute Low Back Pain Episode. *Orthop Nurs*. 2020;39(4):248–54.

28. Hidalgo B, Hall T, Bossert J, Dugeny A, Cagnie B, Pitance L. The efficacy of manual therapy and exercise for treating non-specific neck pain: A systematic review. *J Back Musculoskelet Rehabil.* 2017;30(6):1149–69.
29. Groisman S, Malysz T, de Souza da Silva L, Rocha Ribeiro Sanches T, Camargo Bragante K, Locatelli F, et al. Osteopathic manipulative treatment combined with exercise improves pain and disability in individuals with non-specific chronic neck pain: A pragmatic randomized controlled trial. *J Bodyw Mov Ther.* 2020;24(2):189–95.
30. De Vos Andersen N-B, Kent P, Hjort J, Christiansen DH. Clinical course and prognosis of musculoskeletal pain in patients referred for physiotherapy: does pain site matter? *BMC Musculoskelet Disord.* 2017;18(1):130.
31. Kadi F, Waling K, Ahlgren C, Sundelin G, Holmner S, Butler-Browne GS, et al. Pathological mechanisms implicated in localized female trapezius myalgia. *Pain.* 1998;78(3):191–6.
32. Uhlig Y, Weber BR, Grob D, Müntener M. Fiber composition and fiber transformations in neck muscles of patients with dysfunction of the cervical spine. *J Orthop Res.* 1995;13(2):240–9.
33. Falla DL, Jull GA, Hodges PW. Patients with neck pain demonstrate reduced electromyographic activity of the deep cervical flexor muscles during performance of the craniocervical flexion test. *Spine (Phila Pa 1976).* 2004;29(19):2108–14.
34. Peña Sagredo J, Humbría DA, Peña C, Brieva P, Pérez Núñez Humbría Mendiola MA. Fisiopatología de la lumbalgia. *Rev Esp Reuma tol.* 2002;29(10):483–8.
35. Prithvi Raj P. taxonomy and classification of pain. In: Kreitler S, editor. *The handbook of chronic pain.* New York: New York Nova Biomed. Books; 2007. p. 41–56.
36. Pérez Martín Y, Díaz Pulido B, Lebrijo Pérez G. Efectividad del tratamiento fisioterápico en pacientes con cervicalgia mecánica. *Fisioterapia.* 2002;24(3):165–74.
37. Lomas Vega R, López Ruiz MC. Estabilometría y calidad de vida en las algias vertebrales. Un estudio transversal analítico. *Fisioterapia.* 2005;27(3):129–37.
38. Castro WHM, Sautmann A, Schilgen M, Sautmann M. Noninvasive three-dimensional analysis of cervical spine motion in normal subjects in relation to age and sex: An experimental examination. *Spine (Phila Pa 1976).* 2000;25(4):443–9.
39. Philips HC. Avoidance behaviour and its role in sustaining chronic pain. *Bchav Res Thu.* 1987;25(4):273–219.
40. Lethem J, Slade PD, Troup JDG, Bentley G. Outline of a fear-avoidance model of exaggerated pain perception-I. *Behav Res Ther.* 1983;21(4):401–8.
41. Watson PJ, Kerry Booker C, Main CJ. Evidence for the role of psychological factors in abnormal paraspinal activity in patients with chronic low back pain. *J Musculoskelet Pain.* 1997;5(4):41–56.
42. Crombez G, Vlaeyen JWS, Heuts PHTG, Lysens R. Pain related fear is more disabling than pain itself: evidence on the role of pain related fear in chronic back pain disability. *Pain.* 1999;80(1–2):329–39.
43. Pincus T, S Vlaeyen JW, S Kendall NA, Von Korff MR, Kalauokalani DA, Reis S, et al. Cognitive-Behavioral Therapy and Psychosocial Factors in Low Back Pain Directions for the Future. *Spine (Phila Pa 1976).* 2002;27(5):133–8.
44. Vlaeyen WS, Jong D, Geilen M, Heuts HTG, Van Breukelen †gerard, Vlaeyen JWS. The Treatment of Fear of Movement/(Re)injury in Chronic Low Back Pain: Further Evidence

- on the Effectiveness of Exposure In Vivo. *Clin J Pain*. 2002;18(4):251–61.
45. George SZ, Fritz JM, Bialosky JE, Donald DA, George Pt SZ. The Effect of a Fear-Avoidance-Based Physical Therapy Intervention for Patients With Acute Low Back Pain: Results of a Randomized Clinical Trial. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2003;28(23):2551–60.
 46. Cleland JA, Fritz JM, Childs JD. Psychometric properties of the fear-avoidance beliefs questionnaire and Tampa scale of kinesiophobia in patients with neck pain. *Am J Phys Med Rehabil*. 2008;87(2):109–17.
 47. Kori SH, Miller RP, Todd DD. Kinisophobia: A new view of chronic pain behavior. *Pain Manag*. 1990;3(1):35–43.
 48. Woby SR, Roach NK, Urmston M, Watson PJ. Psychometric properties of the TSK-11: A shortened version of the Tampa Scale for Kinesiophobia. *Pain*. 2005;117(1–2):137–44.
 49. Swinkels-Meewisse EJCM, Swinkels RAHM, Verbeek ALM, Vlaeyen JWS, Oostendorp RAB. Psychometric properties of the Tampa Scale for kinesiophobia and the fear-avoidance beliefs questionnaire in acute low back pain. *Man Ther*. 2003;8(1):29–36.
 50. George SZ, Stryker SE. Fear-avoidance beliefs and clinical outcomes for patients seeking outpatient physical therapy for musculoskeletal pain conditions. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2011;41(4):249–59.
 51. George SZ, Fritz JM, Erhard RE. A Comparison of Fear-Avoidance Beliefs in Patients With Lumbar Spine Pain and Cervical Spine Pain. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2001;26(19):2139–45.
 52. George SZ, Fritz JM, Mcneil DW. Fear-Avoidance Beliefs as Measured by the Fear-Avoidance Beliefs Questionnaire: Change in Fear-Avoidance Beliefs Questionnaire Is Predictive of Change in Self-Report of Disability and Pain Intensity for Patients With Acute Low Back Pain. *Clin J Pain*. 2006;22(2):197–203.
 53. Nederhand MJ, Ijzerman MJ, Hermens HJ, Turk DC, Zilvold G. Predictive value of fear avoidance in developing chronic neck pain disability: Consequences for clinical decision making. *Arch Phys Med Rehabil*. 2004;85(3):496–501.
 54. Sueki DG, Cleland JA, Wainner RS. A regional interdependence model of musculoskeletal dysfunction: Research, mechanisms, and clinical implications. *J Man Manip Ther*. 2013;21(2):90–102.
 55. Joshi S, Balthillaya G, Neelapala YVR. Thoracic Posture and Mobility in Mechanical Neck Pain Population: A Review of the Literature. *Asian Spine J*. 2019 Jun 3;6:1–12.
 56. Lee HY, Wang JE, Chang HL, He YC, Chu MM, Chen LF. The association between asymmetric hip mobility and neck pain in young adults. *J Manipulative Physiol Ther*. 2013;36(6):364–8.
 57. Association APT. Guide to Physical Therapist Practice 3.0 [Internet]. Guide to Physical Therapist Practice 3.0. Alexandria, VA: Association American Physical Therapy; 2014. Available from: <http://guidetoptpractice.apta.org/content/1.toc>
 58. Bible JE, Biswas D, Miller CP, Whang PG, Grauer JN. Normal Functional Range of Motion of the Lumbar Spine During 15 Activities of Daily Living. *J Spinal Disord Tech*. 2010;23(2):106–12.
 59. Kolber MJ, Mdt C, Pizzini M, Robinson A, Yanez D, Hanney WJ. The reliability and concurrent validity of measurements used to quantify lumbar spine mobility: An analysis of an Iphone® application and gravity based inclinometry. *Int J Sport Phys Ther* |. 2013;8(2):130.

60. Prushansky T, Dvir Z. Cervical Motion Testing: Methodology and Clinical Implications. *J Manipulative Physiol Ther.* 2008;31(7):503–8.
61. Clarkson H. Joint Motion and Function Assessment: A Research Based Practical Guide. Lippincott Williams & Wilkins, editor. Philadelphia: Pamela Lappies; 2005. 230 p.
62. Aydoğ E, Depedibi R, Bal A, Ekşioğlu E, Ünlü E, Çakci A. Dynamic postural balance in ankylosing spondylitis patients. *Rheumatology.* 2006;45(4):445–8.
63. Ramiro S, Landewe RBM, Van Der Heijde D, Stolwijk C, Dougados M, Van Den Bosch F, et al. Hierarchy of impairment of spinal mobility measures in ankylosing spondylitis: Twelve-year data. *Arthritis Care Res.* 2015;67(11):1571–7.
64. Martindale JH, Sutton CJ, Goodacre L. An exploration of the inter- and intra-rater reliability of the Bath Ankylosing Spondylitis Metrology Index. *Clin Rheumatol.* 2012;31(11):1627–31.
65. Sieper J, Rudwaleit M, Baraliakos X, Brandt J, Braun J, Burgos-Vargas R, et al. The Assessment of SpondyloArthritis international Society (ASAS) handbook: a guide to assess spondyloarthritis. *Ann Rheum Dis.* 2009;68(Suppl 2):1–44.
66. Malmstro E, Karlberg M, Fransson PA, Melander A, Magnusson M. Primary and Coupled Cervical Movements The Effect of Age , Gender , and Body Mass Index . A 3-Dimensional Movement Analysis of a Population Without Symptoms of Neck Disorders. *Spine (Phila Pa 1976).* 2006;31(2):44–50.
67. Niewiadomski C, Bianco RJ, Afquir S, Evin M, Arnoux PJ. Experimental assessment of cervical ranges of motion and compensatory strategies. *Chiropr Man Ther.* 2019;27(1):1–9.
68. Sahrman S. Diagnóstico y tratamiento de las alteraciones del movimiento. Primera ed. Badalona: Sagrafic S.L; 2005. 77 p.
69. Suárez Martín, Ricardo. Estevez Perera, Adonis. Porro Novo, Javier. Gonzalez Médez BMRGA. Clinometric in the espondiloarthritis and his indexes of measures. *Rev Cuba Reumatol.* 2013;15(1):6–17.
70. Horenstein RE, Lewis CL, Yan S, Halverstadt A, Shefelbine SJ. Validation of magneto-inertial measuring units for measuring hip joint angles. *J Biomech.* 2019;91:170–4.
71. Papi E, Bull AMJ, McGregor AH. Is there evidence to use kinematic/kinetic measures clinically in low back pain patients? A systematic review. *Clin Biomech.* 2018;55:53–64.
72. Zhang Y, Haghghi PD, Burstein F, Yap LW, Cheng W, Yao L, et al. Electronic skin wearable sensors for detecting lumbar–pelvic movements. *Sensors (Switzerland).* 2020;20(5).
73. Cuesta-Vargas AI, Galán-Mercant A, Williams JM. The use of inertial sensors system for human motion analysis. *Phys Ther Rev.* 2010;15(6):462–73.
74. Li X, González Navas C, Garrido-Castro JL. Fiabilidad y validez de la medida de la movilidad cervical en pacientes con espondiloartritis axial utilizando un sensor inercial. *Rehabilitación.* 2017;51(1):17–21.
75. Hu X, Lei D, Li L, Leng Y, Yu Q, Wei X, et al. Quantifying paraspinal muscle tone and stiffness in young adults with chronic low back pain: a reliability study. *Sci Rep.* 2018 Dec 25;8(1):14343.
76. Bauer CM, Heimgartner M, Rast FM, Ernst MJ, Oetiker S, Kool J. Reliability of lumbar movement dysfunction tests for chronic low back pain patients. *Man Ther.* 2016;24:81–4.

77. Zhou Y, Loh E, Dickey JP, Walton DM, Trejos AL. Development of the circumduction metric for identification of cervical motion impairment. *J Rehabil Assist Technol Eng.* 2018;5(1):1–15.
78. Laird RA, Keating JL, Ussing K, Li P, Kent P. Does movement matter in people with back pain? Investigating “atypical” lumbo-pelvic kinematics in people with and without back pain using wireless movement sensors. *BMC Musculoskelet Disord.* 2019;20(1):1–15.
79. Fidalgo-Herrera AJ, Jové-Blanco C, Martínez-Beltrán MJ, Moreno-Ruiz JA, de la Torre-Montero JC. Improving the staging of neck injuries using a new index, the Neck Functional Holistic Analysis Score: Clustering approach to determine degrees of impairment. *PLoS One.* 2020;15:1–17.
80. Ronchi AJ, Lech M, Taylor NF, Cosic I. A reliability study of the new Back Strain Monitor based on clinical trials. *IEEE Eng Med Biol Soc.* 2008;693–6.
81. Leirbekk Mjøsund H, Boyle E, Per K, Mygind Mieritz R, Skallgård T, Kent P. Clinically acceptable agreement between the ViMove wireless motion sensor system and the vicon motion capture system when measuring lumbar region inclination motion in the sagittal and coronal planes. *BMC Musculoskelet Disord.* 2017;18(1):124.
82. Aranda Valera IC, Mata Perdigón FJ, Martínez Sánchez I, González Navas C, Collantes Estévez E, Garrido Castro JL. Use of inertial sensors for the assessment of spinal mobility in axial spondyloarthritis patients. *Rehabilitacion.* 2018;52(2):100–6.
83. Charry E, Umer M, Taylor S. Design and validation of an ambulatory inertial system for 3-D measurements of low back movements. *Proceedings of the 2011 7th International Conference on Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing, ISSNIP 2011.* 2011. p. 58–63.
84. Drapeaux A, Carlson K. A comparison of inertial motion capture systems: Dorsavi and xsens. *Int J Kinesiol Sport Sci.* 2020;8(3):24–7.
85. Goubert D, van Oosterwijck J, Meeus M, Danneels L. Structural changes of lumbar muscles in non-specific low back pain. *Pain Physician.* 2016;19(7):985–1000.
86. Lieber RL, Steinman S, Barash IA, Chambers H. Structural and functional changes in spastic skeletal muscle. *Muscle and Nerve.* 2004;29:615–27.
87. Mannion AF. Fibre type characteristics and function of the human paraspinal muscles: Normal values and changes in association with low back pain. *J Electromyogr Kinesiol.* 1999;9:363–77.
88. Blanpied PR, Gross AR, Elliott JM, Devaney LL, Clewley D, Walton DM, et al. Clinical practice guidelines linked to the international classification of functioning, disability and health from the orthopaedic section of the American physical therapy association. Vol. 47, *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy.* 2017. p. 1–83.
89. Masaki M, Aoyama T, Murakami T, Yanase K, Ji X, Tateuchi H, et al. Association of low back pain with muscle stiffness and muscle mass of the lumbar back muscles, and sagittal spinal alignment in young and middle-aged medical workers. *Clin Biomech.* 2017;49:128–33.
90. Mustalampi S, Ylinen J, Korniloff K, Weir A, Häkkinen A. Reduced Neck Muscle Strength and Altered Muscle Mechanical Properties in Cervical Dystonia Following Botulinum Neurotoxin Injections: A Prospective Study. *J Mov Disord.* 2016;9(1):44–9.
91. Liu CL, Feng YN, Zhang HQ, Li YP, Zhu Y, Zhang ZJ. Assessing the viscoelastic properties of upper trapezius muscle: Intra- and inter-tester reliability and the effect of shoulder elevation. *J Electromyogr Kinesiol.* 2018;43:226–9.

92. Kelly JP, Koppenhaver SL, Michener LA, Proulx L, Bisagni F, Cleland JA. Characterization of tissue stiffness of the infraspinatus, erector spinae, and gastrocnemius muscle using ultrasound shear wave elastography and superficial mechanical deformation. *J Electromyogr Kinesiol.* 2018;38:73–80.
93. Nair K, Masi AT, Andonian BJ, Barry AJ, Coates BA, Dougherty J, et al. Stiffness of resting lumbar myofascia in healthy young subjects quantified using a handheld myotonometer and concurrently with surface electromyography monitoring. *J Bodyw Mov Ther.* 2016;20(2):388–96.
94. Kocur P, Wilski M, Goliwaś M, Lewandowski J, Łochyński D. Influence of Forward Head Posture on Myotometric Measurements of Superficial Neck Muscle Tone, Elasticity, and Stiffness in Asymptomatic Individuals With Sedentary Jobs. *J Manipulative Physiol Ther.* 2019;42(3):195–202.
95. Kocur P, Tomczak M, Wiernicka M, Goliwaś M, Lewandowski J, Łochyński D. Relationship between age, BMI, head posture and superficial neck muscle stiffness and elasticity in adult women. *Sci Rep.* 2019;9(8515).
96. Agyapong-badu S, Warner M, Samuel D, Stokes M. Measurement of ageing effects on muscle tone and mechanical properties of rectus femoris and biceps brachii in healthy males and females using a novel hand-held myometric device. *Arch Gerontol Geriatr.* 2016;62:59–67.
97. Barassi G, Bellomo RG, Frondaroli F, Frondaroli S, Santarelli A, Di Felice PA, et al. Integrated Rehabilitation Approach with Manual and Mechanic-Acoustic Vibration Therapies for Urinary Incontinence. *Adv Exp Med Biol.* 2019;7:41–50.
98. White A, Abbott H, Masi AT, Henderson J, Nair K. Biomechanical properties of low back myofascial tissue in younger adult ankylosing spondylitis patients and matched healthy control subjects. *Clin Biomech.* 2018;57:67–73.
99. Vain A, Tartu U of. myotonPRO [Internet]. <https://www.myoton.com>. 2021 [cited 2021 Apr 13]. Available from: <https://www.myoton.com/technology/>
100. Gavronski G, Veraksits A, Vasar E, Maaros J. Evaluation of viscoelastic parameters of the skeletal muscles in junior triathletes. *Physiol Meas.* 2007;28(6):625–37.
101. Ditroilo M, Hunter AM, Haslam S, De Vito G. The effectiveness of two novel techniques in establishing the mechanical and contractile responses of biceps femoris. *Physiol Meas.* 2011;32(8):1315–26.
102. Humbría Mendiola A, Carmona L, Ortiz AM, Peña Sagredo JL. Tratamiento de la lumbalgia inespecífica: ¿qué nos dice la literatura médica? *Rev Esp Reuma tol.* 2002;29(10):494–8.
103. Melzack R. The McGill Pain Questionnaire: Major properties and scoring methods. *Pain.* 1975;1(3):277–99.
104. Masedo AI, Esteve R. Some empirical evidence regarding the validity of the Spanish Version of the McGill Pain Questionnaire (MPQ-SV). *Pain.* 2000;85(3):451–6.
105. Ruiz-Lopez R, Ferrer I, Pagerol M. The Spanish pain questionnaire. In: *pain. barcelona;* 1990. p. s304.
106. Lázaro C, Bosch F, Torrubia R, Baños J-E. The development of a Spanish questionnaire for assessing pain: Preliminary data concerning reliability and validity. *Artic Eur J Psychol Assess.* 1994;10:145–51.
107. Lázaro C, Caseras X, Whizar-Lugo VM, Wenk R, Baldioceda F, Bernal R, et al.

- Psychometric Properties of a Spanish Version of the McGill Pain Questionnaire in Several Spanish-Speaking Countries. *Clin J Pain*. 2001;17:365–74.
108. Kovacs FM, Abreira V, Royuela A, Corcoll J, Alegre L, Tomás M, et al. Minimum detectable and minimal clinically important changes for pain in patients with nonspecific neck pain. *BMC Musculoskelet Disord*. 2008;9(43):1–9.
 109. Jaeschke R, Singer J, Guyatt GH. Measurement of Health Status Ascertaining the Minimal Clinically Important Difference. *Control Clin Trials*. 1989;10(4):407–15.
 110. Paul AR, Kumar V, Roth S, Gooch MR, Pilitsis JG. Establishing minimal clinically important difference of spinal cord stimulation therapy in post-laminectomy syndrome. *Clin Neurosurg*. 2017;81(6):1011–5.
 111. Scott J, Huskisson EC. Graphic representation of pain. *Pain*. 1976;2:175–84.
 112. Chapman JR, Norvell DC, Hermsmeyer JT, Bransford RJ, Devine J, McGirt MJ, et al. Evaluating common outcomes for measuring treatment success for chronic low back pain. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2011;36(21Suppl):54–68.
 113. Hawksley H. Pain assessment using a visual analogue scale. *Prof Nurse*. 2000;15:593–7.
 114. Li L, Liu X, Herr K. Postoperative pain intensity assessment: A comparison of four scales in Chinese adults. *Pain Med*. 2007;8(3):223–34.
 115. Price DD, Mcgrath PA, Rafii A, Buckingham B. The validation of Visual Analogue Scales as Ratio Scale Measures for Chronic and Experimental Pain. *Pain*. 1983;17:45–56.
 116. Yarnitsky D, Sprecher E, Zaslansky R, Hemli JA. Multiple session experimental pain measurement. *Pain*. 1996;67(3):327–33.
 117. Serrano-Atero MS, Caballero J, Cañas A, Saura PLG-, Álvares CS, Prieto J. Valoración del dolor. *Rev Soc Esp Dolor*. 2002;9(I):94–108.
 118. MacDowall A, Skeppholm M, Robinson Y, Olerud C. Validation of the visual analog scale in the cervical spine. *J Neurosurg Spine*. 2018;28(3):227–35.
 119. Dixon JS, Bird HA. Reproducibility along a 10 cm vertical visual analogue scale. *Ann Rheum Dis*. 1981;40(1):87–9.
 120. Todd KH, Funk KG, Funk JP, Bonacci R. Clinical Significance of Reported Pain Severity Changes in. *Ann Emerg Med* . 1996;27(4):485–9.
 121. Bird SB, Dickson EW. Clinically significant changes in pain along the visual analog scale. *Ann Emerg Med*. 2001;38(6):639–43.
 122. Ostelo RWJG, Deyo RA, Stratford P, Waddell G, Croft P, Von Korff M, et al. Interpreting Change Scores for Pain and Functional Status in Low Back Pain Towards International Consensus Regarding Minimal Important Change. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2008;33(1):90–4.
 123. Alcántara-Bumbiedro S, Florez-García M., Echevarri-Perez C, García-Perez F. Escala de incapacidad por dolor lumbar de Oswestry. *rehabilitacion*. 2006;40(3):150–8.
 124. Deyo RA, Battie M, Beurskens A, Bombardier C, Croft P, Koes B, et al. Outcome Measures for Low Back Pain Research: A Proposal for Standardized Use. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1998;23(18):2003–13.
 125. George SZS, Fritz JMJ, Childs JD. Investigation of elevated fear-avoidance beliefs for patients with low back pain: A secondary analysis involving patients enrolled in physical therapy clinical trials. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2008;38(2):50–8.

126. Wittink H, Turk DC, Carr DB, Sukiennik A, Rogers W. Comparison of the Redundancy, Reliability, and Responsiveness to Change Among SF-36, Oswestry Disability Index, and Multidimensional Pain Inventory. *Clin J Pain*. 2004;20(3):133–42.
127. Fairbank JCT, Pynsent PB. The Oswestry Disability Index. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2000;25:2940–53.
128. Fritz JM, Irrgang JJ. A Comparison of a Modified Oswestry Low Back Pain Disability Questionnaire and the Quebec Back Pain Disability Scale. 2001;81(2):776–788.
129. Roland M, Fairbank J. The Roland-Morris Disability Questionnaire and the Oswestry Disability Questionnaire. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2000;25(24):3115–24.
130. Strong J, Ashton R, Large G, Ch MBB. Function and the Patient With Chronic Low Back Pain. *Clin J Pain*. 1994;10:191–6.
131. Castro-Sánchez AM, Lara-Palomo IC, Matarán-Peñarrocha GA, Fernández-de-las-Peñas C, Saavedra-Hernández M, Cleland J, et al. Short-term effectiveness of spinal manipulative therapy versus functional technique in patients with chronic nonspecific low back pain: a pragmatic randomized controlled trial. *Spine J*. 2016;16(3).
132. Selva-Sevilla C, Ferrara P, Geronimo-Pardo M. Psychometric properties study of the oswestry disability index in a Spanish population with previous lumbar disc surgery: homogeneity and validity. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2019;1–44(7):430–7.
133. Beurskens AJ, De Vet HC, Köke AJ. Responsiveness of functional status in low back pain: a comparison of different instruments. *Pain*. 1996;65(1):71–6.
134. vernon S, Mior S. The Neck Disability Index: A Study of Reliability and Validity. *J Manip Physiol Ther*. 1991;14(7):409–15.
135. Vernon H. The Neck Disability Index: State-of-the-Art, 1991-2008. *J Manipulative Physiol Ther*. 2008;31(7):491–502.
136. Andrade Ortega JA, Martínez ADD, Ruiz RA. Validación de una versión Española del Índice de Discapacidad Cervical. *Med Clin (Barc)*. 2008;130(3):85–9.
137. Marchand GH, Myhre K, Leivseth G, Sandvik L, Lau B, Bautz-Holter E, et al. Change in pain, disability and influence of fear-avoidance in a work-focused intervention on neck and back pain: A randomized controlled trial. *BMC Musculoskelet Disord*. 2015 Dec 1;16(94):1–11.
138. Peters R, Mutsaers B, Verhagen AP, Koes BW, Pool-Goudzwaard AL. Prospective Cohort Study of Patients With Neck Pain in a Manual Therapy Setting: Design and Baseline Measures. *J Manipulative Physiol Ther*. 2019;42(7):471–9.
139. Kovacs FM, Bagó J, Royuela A, Seco J, Giménez S, Muriel A, et al. Psychometric characteristics of the Spanish version of instruments to measure neck pain disability. *BMC Musculoskelet Disord*. 2008;9(42):1–13.
140. Vos CJ, Verhagen AP, Koes BW. Reliability and responsiveness of the Dutch version of the neck disability index in patients with acute neck pain in general practice. *Eur Spine J*. 2006;15(11):1729–36.
141. McCarthy MJH, Grevitt MP, Silcocks P, Hobbs G. The reliability of the Vernon and Mior neck disability index, and its validity compared with the short form-36 health survey questionnaire. *Eur Spine J*. 2007;16(12):2111–7.
142. Pool JJM, Ostelo RWJG, Hoving JL, Bouter LM, De Vet HCW. Minimal clinically important change of the neck disability index and the numerical rating scale for patients with neck pain. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2007;32(26):3047–51.

143. Jorritsma W, Dijkstra PU, De Vries GE, Geertzen JHB, Reneman MF. Detecting relevant changes and responsiveness of Neck Pain and Disability Scale and Neck Disability Index. *Eur Spine J*. 2012;21(12):2550–7.
144. Young BA, Walker MJ, Strunce JB, Boyles RE, Whitman JM, Childs JD. Responsiveness of the Neck Disability Index in patients with mechanical neck disorders. *Spine J*. 2009 Oct;9(10):802–8.
145. Fritz JM, George SZ, Delitto A. The role of fear-avoidance beliefs in acute low back pain: Relationships with current and future disability and work status. *Pain*. 2001;94(1):7–15.
146. Pflingsten M, Kröner-Herwig B, Leibing E, Kronshage U. Validation of the German version of the Fear-Avoidance Beliefs Questionnaire (FABQ). *Eur J Pain*. 2000;4(3):259–66.
147. Kovacs FM, Muriel A, María Medina J, Abraira V, Dolores Castillo Sánchez M, Olabe Jaúregui J, et al. Psychometric Characteristics of the Spanish Version of the FAB Questionnaire. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2006;31(1):104–10.
148. Staerkle R, Mannion AF, Elfering A, Junge A, Semmer NK, Jacobshagen N, et al. Longitudinal validation of the Fear-Avoidance Beliefs Questionnaire (FABQ) in a Swiss-German sample of low back pain patients. *Eur Spine J*. 2004;13(4):332–40.
149. Swinkels-Meewisse IEJ, Roelofs J, Verbeek ALM, Oostendorp RAB, Vlaeyen JWS. Fear-Avoidance Beliefs, Disability, and Participation in Workers and Nonworkers With Acute Low Back Pain. Vol. 22, *Clin J Pain*. 2006.
150. Waddell G, Newton M, Henderson I, Somerville D, Main CJ. A Fear-Avoidance Beliefs Questionnaire (FABQ) and the role of fear-avoidance beliefs in chronic low back pain and disability. *Pain*. 1993;52:157–68.
151. Fritz JM, George SZ. Identifying Psychosocial Variables in Patients With Acute Work-Related Low Back Pain: The Importance of Fear-Avoidance Beliefs. *Phys Ther*. 2002;82(10):973–83.
152. Grotle M, Brox JI, Vøllestad NK. Reliability, validity and responsiveness of the fear-avoidance beliefs questionnaire: Methodological aspects of the Norwegian version. *J Rehabil Med*. 2006;38(6):346–53.
153. Kim Burton A, Waddell G, Malcolm Tillotson K, Summerton N, Burton AK, Waddell G, et al. Information and advice to patients with back pain can have a positive effect: A randomized controlled trial of a novel educational booklet in primary care. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1999;24(23):2484–91.
154. Waddell G, Newton M, Henderson I, Somerville D, Main CJ. A Fear-Avoidance Beliefs Questionnaire (FABQ) and the role of fear-avoidance beliefs in chronic low back pain and disability. *Pain*. 1993;52:157–68.
155. Hudes K. The Tampa Scale of Kinesiophobia and neck pain, disability and range of motion: a narrative review of the literature. *J Can Chiropr Assoc*. 2011;55(3):222–32.
156. Monticone M, Ambrosini E, Rocca B, Foti C, Ferrante S. Responsiveness and minimal clinically important changes for the Tampa Scale of Kinesiophobia after lumbar fusion during cognitive behavioral rehabilitation. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2017;53(3):351–8.
157. Dietsch AM, Heather C, Steiner J, Solomon N. Effects of Age, Sex, and Body Position on Orofacial Muscle Tone in Healthy Adults. *J Speech, Lang Hear Res*. 2015;58(4):1145–50.
158. Gómez-Pérez L, López-Martínez AE, Ruiz-Párraga GT. Psychometric properties of the spanish version of the Tampa Scale for Kinesiophobia (TSK). *J Pain*. 2011;12(4):425–35.

159. Hapidou EG, O'Brien MA, Pierrynowski MR, de las Heras E, Patel M, Patla T. Fear and avoidance of movement in people with chronic pain: Psychometric properties of the 11-item Tampa scale for Kinesiophobia (TSK-11). *Physiother Canada*. 2012;64(3):235–41.
160. Ware JE, Sherbourne CD. The MOS 36-Item Short-Form Health Survey (SF-36) I. Conceptual Framework and Item Selection. *Med Care*. 1992;30(6):473–83.
161. Vilagut G, Ferrer M, Rajmil L, Rebollo P, Permanyer-Miralda G, Quintana JM, et al. El Cuestionario de Salud SF-36 español: una década de experiencia y nuevos desarrollos por los investigadores de la Red-IRYSS*. *Gac Sanit*. 2005;19(2):135–50.
162. Ware JE, Gandek B. Overview of the SF-36 Health Survey and the International Quality of Life Assessment (IQOLA) Project. *J Clin Epidemiol*. 1998;51(11):903–12.
163. Ware JE. SF-36 Health Survey Update. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2000;25(24):3130–9.
164. Garratt A, Schmidt L, Mackintosh A, Fitzpatrick R. Papers Quality of life measurement: bibliographic study of patient assessed health outcome measures. *Br Med J*. 2002;324(7351):1417.
165. Alonso J, Prieto L, Antó JM. The Spanish Version of the SF-36 Health Survey (The SF-36 Health Questionnaire): An Instrument for Measuring Clinical Results. *Med Clin (Barc)*. 1995;104(20):771–6.
166. Gandek B, Ware JE, Aaronson NK, Apolone G, Bjorner JB, Brazier JE, et al. Cross-validation of item selection and scoring for the SF-12 Health Survey in nine countries: Results from the IQOLA Project. *J Clin Epidemiol*. 1998;51(11):1171–8.
167. Ware JE, Kosinski M, Keller SD. A 12-Item Short-Form Health Survey: Construction of Scales and Preliminary Tests of Reliability and Validity. *Med Care*. 1996;34(3):220–33.
168. Schmidt S, Vilagut G, Garin O, Cunillera O, Tresserras R, Brugulat P, et al. Normas de referencia para el Cuestionario de Salud SF-12 versión 2 basadas en población general de Cataluña. *Med Clin (Barc)*. 2012;139(14):613–25.
169. Resnick B, Parker B, Resnick A: Simplified scoring and psychometrics of the revised 12-item Short-Form Health Survey. *Nursing (Lond)*. 2001;5(4):161–6.
170. Singh A, Gnanalingham K, Casey A, Crockard A. Quality of Life Assessment Using the Short Form-12 (SF-12) Questionnaire in Patients With Cervical Spondylotic Myelopathy Comparison With SF-36. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2006;31(6):639–43.
171. Parker SL, Godil SS, Shau DN, Mendenhall SK, Mcgirt MJ. Assessment of the minimum clinically important difference in pain, disability, and quality of life after anterior cervical discectomy and fusion ; Clinical article. *J Neurosurg Spine*. 2013;18(2):154–60.
172. Díaz-Arribas MJ, Fernández-Serrano M, Royuela A, Kovacs FM, Gallego-Izquierdo T, Ramos-Sánchez M, et al. Minimal Clinically Important Difference in Quality of Life for Patients with Low Back Pain. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2017;42(24):1908–16.
173. Martin BI, Mary M G, Deyo RA, Sherman KJ, Cherkin DC, Lind BK, et al. The Association of Complementary and Alternative Medicine Use and Health Care Expenditures for Back and Neck Problems. *Med Care*. 2012;50(12):1029–36.
174. Maissan F, Pool J, de Raaij E, Mollema J, Ostelo R, Wittink H. The clinical reasoning process in randomized clinical trials with patients with non-specific neck pain is incomplete: A systematic review. *Musculoskelet Sci Pract*. 2018;35:8–17.
175. Vijjaratnam N, Williams DR, Bertram KL. Neck pain: What if it is not musculoskeletal? *Aust J Gen Pract*. 2018;47(5):279–82.

176. Meisingset I, Stensdotter AK, Woodhouse A, Vasseljen O. Neck motion, motor control, pain and disability: A longitudinal study of associations in neck pain patients in physiotherapy treatment. *Man Ther.* 2016;22:94–100.
177. Holm LW, Bohman T, Lekander M, Magnusson C, Skillgate E. Risk of transition from occasional neck/back pain to long-duration activity limiting neck/back pain: a cohort study on the influence of poor work ability and sleep disturbances in the working population in Stockholm County. *BMJ Open.* 2020;10(6):339–46.
178. Lee H, Hübscher M, Moseley GL, Kamper SJ, Traeger AC, Mansell G, et al. How does pain lead to disability? A systematic review and meta-analysis of mediation studies in people with back and neck pain. *Pain.* 2015;156:988–97.
179. Conde Vázquez O. Fiabilidad y validez de dos pruebas de exploración del tono muscular en relación con el control postural en niños. Universidad de Santiago de Compostela; 2019.
180. Altman D, Minozzo FC, Rassier DE. Thixotropy and rheopexy of muscle fibers probed using sinusoidal oscillations. *PLoS One.* 2015;10(4):1–19.
181. Proske U, Tsay A, Allen T. Muscle thixotropy as a tool in the study of proprioception. *Exp Brain Res.* 2014;232(11):3397–412.
182. Lakie M, Campbell KS. Muscle thixotropy—where are we now? *J Appl Physiol.* 2019;126(6):1790–9.
183. Taş S, Yaşar Ü, Kaynak BA. Interrater and Intrarater Reliability of a Handheld Myotonometer in Measuring Mechanical Properties of the Neck and Orofacial Muscles. *J Manipulative Physiol Ther.* 2021;44(1):42–8.
184. Park SK, Yang DJ, Kim JH, Heo JW, Uhm YH, Yoon JH. Analysis of mechanical properties of cervical muscles in patients with cervicogenic headache. *J Phys Ther Sci.* 2017;29(2):332–5.
185. Hong J-H, Lee D-H, Kim S-E, Seo D. Correlation between contraction ratio, endurance, and muscle tone of cervical muscles. *Phys Ther Rehabil Sci.* 2020;9(4):302–8.
186. Delaine-Smith RM, Burney S, Balkwill FR, Knight MM. Experimental validation of a flat punch indentation methodology calibrated against unconfined compression tests for determination of soft tissue biomechanics. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2016;60:401–15.
187. Dieterich A V., Andrade RJ, Le Sant G, Falla D, Petzke F, Hug F, et al. Shear wave elastography reveals different degrees of passive and active stiffness of the neck extensor muscles. *Eur J Appl Physiol.* 2017;117(1):171–8.
188. Luciani BD, Desmet DM, Alkayyali AA, Leonardis JM, Lipps DB. Identifying the mechanical and neural properties of the sternocleidomastoid muscles. *J Appl Physiol.* 2018;124(5):1297–303.
189. Lieber RL, Ward SR. Cellular mechanisms of tissue fibrosis. 4. structural and functional consequences of skeletal muscle fibrosis. Vol. 305, *American Journal of Physiology - Cell Physiology.* 2013. p. 241–52.
190. Kuo WH, Jian DW, Wang TG, Wang YC. Neck muscle stiffness quantified by sonoelastography is correlated with body mass index and chronic neck pain symptoms. *Ultrasound Med Biol.* 2013;39(8):1356–61.
191. Vazirian M, Shojaei I, Tromp RL, Nussbaum MA, Bazrgari B. Age-related differences in trunk intrinsic stiffness. *J Biomech.* 2016;49(6):926–32.

192. Rantanen T, Harris T, Leveille SG, Visser M, Foley D, Masaki K, et al. Muscle strength and body mass index as long-term predictors of mortality in initially healthy men. *Journals Gerontol - Ser A Biol Sci Med Sci*. 2000;55(3):168–73.
193. Lakie M, Robson LG. Thixotropic Changes in Human Muscle Stiffness and the Effects of Fatigue. *Q J Exp Physiol*. 1988;73(5):809–809.
194. Kubo K, Ishigaki T, Ikebukuro T. Effects of plyometric and isometric training on muscle and tendon stiffness in vivo. *Physiol Rep*. 2017;5(15):1–13.
195. Fouré A, Nordez A, McNair P, Cornu C. Effects of plyometric training on both active and passive parts of the plantarflexors series elastic component stiffness of muscle-tendon complex. *Eur J Appl Physiol*. 2011;111(3):539–48.
196. Schoenrock B, Zander V, Dern S, Limper U, Mulder E, Verakšitš A, et al. Bed rest, exercise countermeasure and reconditioning effects on the human resting muscle tone system. *Front Physiol*. 2018;9(7):1–20.
197. Koryak YA. Influence of simulated microgravity on mechanical properties in the human triceps surae muscle in vivo. I: Effect of 120 days of bed-rest without physical training on human muscle musculo-tendinous stiffness and contractile properties in young women. *Eur J Appl Physiol*. 2014;114(5):1025–36.
198. Sedliak M, Haverinen M, Häkkinen K. Muscle strength, resting muscle tone and EMG activation in untrained men: Interaction effect of time of day and test order-related confounding factors. *J Sports Med Phys Fitness*. 2011;51(4):560–70.
199. Abbott JH, Schmitt J. Minimum important differences for the patient-specific functional scale, 4 region-specific outcome measures, and the numeric pain rating scale. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2014;44(8):560–4.
200. Kelly A-M. The minimum clinically significant difference in visual analogue scale pain score does not differ with severity of pain. *Emerg Med*. 2001;18(13):205–7.
201. Armijo-Olivo S, Warren S, Fuentes J, Magee DJ. Clinical relevance vs. statistical significance: Using neck outcomes in patients with temporomandibular disorders as an example. *Man Ther*. 2011;16(6):563–72.
202. Masi AT, Hannon JC. Human resting muscle tone (HRMT): Narrative introduction and modern concepts. *J Bodyw Mov Ther*. 2008;12(4):320–32.
203. Aljinović J, Barišić I, Poljičanin A, Kuzmičić S, Vukojević K, Gugic Bokun D. Can measuring passive neck muscle stiffness in whiplash injury patients help detect false whiplash claims? *Wiener Klin wochenschrift*. 2020;132:506–14.
204. Bok DH, Kim J, Kim TH. Comparison of MRI-defined back muscles volume between patients with ankylosing spondylitis and control patients with chronic back pain: age and spinopelvic alignment matched study. *Eur Spine J*. 2017;26:528–37.
205. Ateş F, Hug F, Bouillard K, Jubeau M, Frappart T, Couade M, et al. Muscle shear elastic modulus is linearly related to muscle torque over the entire range of isometric contraction intensity. *J Electromyogr Kinesiol*. 2015;25(4):703–8.
206. Alev K, Vain A, Aru M, Pehme A, Purge P, Kaasik P, et al. Glucocorticoid-Induced Changes in Rat Skeletal Muscle Biomechanical and Viscoelastic Properties: Aspects of Aging. *J Manipulative Physiol Ther*. 2018;41(1):19–24.
207. Kocur P, Grzeskowiak M, Wiernicka M, Goliwas M, Lewandowski J, Lochyriski D. Effects of aging on mechanical properties of sternocleidomastoid and trapezius muscles during transition from lying to sitting position-A cross-sectional study. *Arch Gerontol*

- Geriatr. 2017;70:14–8.
208. Janecki D, Jarocka E, Jaskólska A, Marusiak J, Jaskólski A. Muscle passive stiffness increases less after the second bout of eccentric exercise compared to the first bout. *J Sci Med Sport*. 2011;14(4):338–43.
 209. Mousavi-Khatir R, Talebian S, Toosizadeh N, Olyaei GR, Maroufi N. The effect of static neck flexion on mechanical and neuromuscular behaviors of the cervical spine. *J Biomech*. 2018;72:152–8.
 210. Toosizadeh N, Nussbaum MA. Creep deformation of the human trunk in response to prolonged and repetitive flexion: Measuring and modeling the effect of external moment and flexion rate. *Ann Biomed Eng*. 2013;41(6):1150–61.
 211. Holm LW, Bohman T, Lekander M, Magnusson C, Skillgate E. Risk of transition from occasional neck/back pain to long-duration activity limiting neck/back pain: a cohort study on the influence of poor work ability and sleep disturbances in the working population in Stockholm County. *BMJ Open*. 2020;10(6):e033946.
 212. Alonso J, QualityMetric. SF-12v2® Health Survey [Internet]. Barcelona. 1996 [cited 2021 Mar 22]. Available from: <https://www.qualitymetric.com/health-surveys/the-sf-12v2-health-survey/>
 213. Castro Villegas M del C, Batlle Gualda E. Metrología en espondiloartritis. *Reumatol Clin*. 2010;6(SUPPL. 1):11–7.
 214. Durmus B, Altay Z, Ersoy Y, Baysal O, Dogan E. Postural stability in patients with ankylosing spondylitis. *Disabil Rehabil*. 2010;32(14):1156–62.
 215. Haywood KL, Garratt AM, Jordan K, Dziedzic K, Dawes PT. Spinal mobility in ankylosing spondylitis: reliability, validity and responsiveness. *Rheumatology*. 2004;43:750–7.

ANEXOS

ANEXO 1: MCGILL PAIN QUESTIONNAIRE

DESCRIPTORES DE LA VERSIÓN ESPAÑOLA DEL MPQ. Lazaro *et al.* 1994 (106).

CATEGORIA SENSORIA		CATEGORIA EMOCIONAL
<p>Temporal I</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. A Golpes 2. Continuo <p>Temporal II</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Periódico 2. Repetitivo 3. Insistente 4. Interminable <p>Localización I</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Impreciso 2. Bien delimitado 3. Extenso <p>Localización II</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Repartido 2. Propagado <p>Punción</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Como un pinchazo 2. Como agujas 3. Como un clavo 4. Punzante 5. Perforante <p>Incisión</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Como si cortase 2. Como una cuchilla <p>Constricción</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Como un pellizco 2. Como si apretara 3. Como agarrotado 4. Opresivo 5. Como si exprimiera <p>Tracción</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tirantez 2. Como un tirón 3. Como si tirara 4. Como si arrancara 5. Como si desgarrara 	<p>Térmico I</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Calor 2. Como si quemara 3. Abrasador 4. Como hierro candente <p>Térmico II</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Frialdad 2. Helado <p>Sensibilidad táctil</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Como si rozara 2. Como un hormigueo 3. Como si arañara 4. Como si raspara 5. Como un escozor 6. Como un picor <p>Consistencia</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pesadez <p>Miscelánea sensorial I</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Como hincado 2. Como un peso 3. Como un flato 4. Como espasmos <p>Miscelánea sensorial II</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Como latidos 2. Concentrado 3. Como si pasara corriente 4. Calambrazos <p>Miscelánea sensorial III</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Seco 2. Como martillazos 3. Agudo 4. Como si fuera a explotar 	<p>Tensión emocional</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Fastidioso 2. Preocupante 3. Angustiante 4. Exasperante 5. Que amarga la vida <p>Signos vegetativos</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Nauseante <p>Miedo</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Que asusta 2. Terrible 3. Aterrador
		<p style="text-align: center;">CATEGORIA VALORATIVA</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Débil 2. Soportable 3. Intenso 4. Terriblemente molesto

ESCALA VISUAL ANALÓGICA

Marque en la línea el punto que indique la intensidad de su dolor

Sin dolor



Máximo dolor

ANEXO 2. OSWESTRY DISABILITY INDEX

Adaptación de Flórez *et al*, 1995 a la población española. Versión 1.0 validada por Alcanta-Bumbiedro *et al* (123).

Sección I: Intensidad del Dolor

1. Puedo tolerar el dolor sin necesidad de usar medios para disminuirlo.
2. El dolor es moderado, pero puedo manejarlo sin necesidad de medidas terapéuticas.
3. La terapia antiálgica proporciona alivio completo del dolor.
4. La terapia antiálgica proporciona alivio moderado del dolor.
5. La terapia antiálgica proporciona muy poco alivio del dolor.
6. La terapia antiálgica no tiene efecto sobre el dolor porque no la usó.

Sección II: Cuidado personal (lavarse, vestirse, etc)

1. Puedo cuidarme normalmente sin causar dolor añadido.
2. Puedo cuidarme pero me produce dolor añadido.
3. Me resulta dolorosa la realización de mis cuidados personales por lo que los hago lenta y cuidadosamente.
4. Necesito alguna ayuda, pero realizo parte de mis cuidados.
5. Necesito ayuda todos los días en la mayoría de mis cuidados personales.
6. No puedo vestirme, me lavo con dificultad y permanezco en la cama.

Sección III: Levantamiento de objetos

1. Puedo levantar pesos pesados sin dolor añadido.
2. Puedo levantar pesos pesados pero me produce dolor añadido.
3. El dolor me impide levantar pesos pesados desde el suelo pero puedo hacerlo si están convenientemente colocados, como por ejemplo en una mesa.
4. El dolor me impide levantar pesos pesados pero puedo levantar pesos ligeros y medios si están convenientemente situados.
5. Solo puedo levantar pesos ligeros.
6. No puedo levantar ni transportar ningún peso.

Sección IV: Caminar

1. El dolor me impide caminar.
2. El dolor me impide caminar más de 1 kilómetro.
3. El dolor me impide caminar más de 5 kilómetro.
4. El dolor me impide caminar más de 10 kilómetros.

5. Sólo puedo caminar usando un bastón o muletas.
6. Estoy en la cama la mayor parte del tiempo y tengo que gatear para llegar al baño.

Sección V: Sentarse

1. Puedo sentarme en una silla todo el tiempo que quiero.
2. Solo puedo sentarme todo el tiempo que quiero en un tipo de silla determinada.
3. El dolor me impide sentarme más de una hora.
4. El dolor me impide sentarme más de media hora.
5. El dolor me impide sentarme más de 10 minutos.
6. El dolor me impide sentarme.

Sección VI: Permanecer de pie

1. Puedo permanecer de pie todo el tiempo que quiero sin dolor añadido.
2. Puedo permanecer de pie todo el tiempo que quiero, pero me produce dolor añadido.
3. El dolor me impide estar de pie más de una hora.
4. El dolor me impide estar de pie más de media hora.
5. El dolor me impide estar de pie más de 10 minutos.
6. El dolor me impide estar de pie.

Sección VII: Dormir

1. El dolor no me impide dormir bien
2. Solo puedo dormir bien si tomo fármacos.
3. Aun cuando uso fármacos, duermo menos de 6 horas.
4. Aun cuando uso fármacos, duermo menos de 4 horas.
5. Aun cuando uso fármacos, duermo menos de 2 horas.
6. El dolor me impide dormir.

Sección VIII: Vida sexual

1. Mi vida sexual es normal y no me causa dolor añadido.
2. Mi vida sexual es normal pero me causa algún dolor añadido.
3. Mi vida sexual es casi normal pero es muy dolorosa.
4. Mi vida sexual está severamente limitada por el dolor.
5. Mi vida sexual es casi inexistente por el dolor.
6. El dolor me impide tener vida sexual.

Sección IV: Vida social

1. Mi vida social es normal y no me causa ningún dolor añadido.

2. Mi vida social es normal, pero incrementa el nivel de dolor.
3. El dolor no tiene un efecto significativo sobre mi vida social excepto la limitación para realizar las actividades que requieran energía extra como la danza.
4. El dolor ha restringido mi vida social y no puedo salir con frecuencia.
5. El dolor ha restringido mi vida social a la que pueda venir a casa.
6. No tengo vida social debido al dolor.

Sección X: Viajar

1. Puedo viajar a cualquier parte sin dolor añadido.
2. Puedo viajar a cualquier parte, pero me produce dolor añadido.
3. El dolor es intenso pero soporto jornadas de viaje por encima de 2 horas.
4. El dolor restringe mis jornadas de viaje a menos de 1 hora.
5. El dolor restringe mis jornadas de viaje a menos de 30 minutos.
6. El dolor me impide viajar excepto al médico o al hospital.

ANEXO 3. NECK DISABILITY INDEX

El copyright de la versión española de la escala Neck Disability Index es propiedad de la Fundación Kovacs (139).

INSTRUCCIONES: Este cuestionario ha sido diseñado para aportarnos información sobre cuánto interfiere el dolor de cuello en sus actividades cotidianas. Por favor, conteste a todas las secciones y, en cada una, marque sólo la frase que sea correcta en su caso. Somos conscientes de que en cada sección puede pensar que dos o más frases son ciertas en su caso, pero por favor marque sólo la que considera que describe mejor su situación.

Todas las secciones y frases se refieren exclusivamente a las limitaciones por el dolor de cuello que está padeciendo actualmente (no a las que haya podido padecer en fases previas más o menos intensas que la actual)

Sección 1: Intensidad del dolor del cuello

- Y En este momento, no tengo dolor
- Y En este momento, tengo un dolor leve
- Y En este momento, tengo un dolor de intensidad media
- Y En este momento, tengo un dolor intenso
- Y En este momento, tengo un dolor muy intenso
- Y En este momento, tengo el peor dolor imaginable

Sección 2: Higiene personal (lavarse, vestirse, etc.).

- Y Puedo encargarme de mi higiene personal de manera normal, sin empeorar mi dolor
- Y Puedo encargarme de mi higiene personal de manera normal, pero eso empeora mi dolor
- Y Encargarme de mi higiene personal empeora mi dolor, y tengo que hacerlo lenta y cuidadosamente
- Y Necesito alguna ayuda, pero puedo encargarme de la mayor parte de mi higiene personal
- Y Cada día necesito ayuda para mi higiene personal
- Y No puedo vestirme, me lavo con dificultad y me quedo en la cama

Sección 3: Levantar pesos

- Y Puedo levantar objetos pesados sin empeorar mi dolor
- Y Puedo levantar objetos pesados pero eso empeora mi dolor
- Y El dolor me impide levantar objetos pesados desde el suelo, pero puedo levantar los que están en sitios cómodos, como por ejemplo sobre una mesa
- Y El dolor me impide levantar objetos pesados desde el suelo pero puedo levantar objetos de peso ligero o medio si están en sitios cómodos
- Y Sólo puedo levantar objetos muy ligeros
- Y No puedo levantar ni cargar nada
- Y

Sección 4: Leer

- Y Puedo leer tanto como quiera sin que me duela el cuello
- Y Puedo leer tanto como quiera, aunque me produce un ligero dolor en el cuello
- Y Puedo leer tanto como quiera, aunque me produce en el cuello un dolor de intensidad media
- Y No puedo leer tanto como quisiera porque me produce en el cuello un dolor de intensidad media
- Y Apenas puedo leer porque me produce un intenso dolor en el cuello
- Y No puedo leer nada

ANEXO 4. FEAR AVOIDANCE BELIEFS QUESTIONNAIRE

El copyright de la versión española del Cuestionario es propiedad de la Fundación Kovacs (147).

Aquí están algunas cosas que otros pacientes nos han dicho sobre su dolor. Por favor, para cada afirmación haga un círculo en un número del 0 al 6 para indicar hasta qué punto las actividades físicas tales como inclinarse, levantar peso, caminar o conducir afectan o afectarían a su dolor de espalda.

1. Mi dolor fue causado por la actividad física	0	1	2	3	4	5	6
2. La actividad física hace que mi dolor empeore	0	1	2	3	4	5	6
3. La actividad física podría dañar mi espalda	0	1	2	3	4	5	6
4. No debería hacer las actividades físicas que empeoran mi dolor ni las que podrían empeorarlo	0	1	2	3	4	5	6
5. No puedo realizar actividades físicas que empeoran mi dolor, no las que podrían empeorarlo	0	1	2	3	4	5	6

En total desacuerdo Ni en acuerdo ni en desacuerdo Completamente de acuerdo

0 1 2 4 5 6

Las siguientes afirmaciones se refieren a cómo su trabajo normal afecta o afectaría a su dolor de espalda

En total desacuerdo Ni en acuerdo ni en desacuerdo Completamente de acuerdo

0 1 2 4 5 6

6. Mi dolor se debe a mi trabajo o a un accidente en el trabajo	0	1	2	3	4	5	6
7. Mi trabajo agravó mi dolor	0	1	2	3	4	5	6
8. Estoy recibiendo o tramitando algún tipo de compensación por mi dolor de espalda, como una baja laboral, una pensión o una indemnización de cualquier tipo	0	1	2	3	4	5	6
9. Mi trabajo es demasiado pesado para mi	0	1	2	3	4	5	6
10. Mi trabajo emporra mi dolor, o podría empeorarlo	0	1	2	3	4	5	6
11. Mi trabajo puede dañar mi espalda	0	1	2	3	4	5	6
12. Con mi dolor actual, no debería hacer mi trabajo normal	0	1	2	3	4	5	6
13. Con mi dolor actual, no puedo hacer mi trabajo normal	0	1	2	3	4	5	6
14. No podré hacer mi trabajo normal hasta que mi dolor haya sido tratado	0	1	2	3	4	5	6
15. No creo que pueda regresar a mi trabajo habitual en los próximos 3 meses	0	1	2	3	4	5	6
16. No creo que sea capaz de volver nunca a mi trabajo habitual	0	1	2	3	4	5	6

**ANEXO 5. SHORT VERSION OF TAMPA SCALE FOR
KINESIOPHOBIA**

CUESTIONARIO TSK-11SV

Adaptación española de. *Gómez-Pérez, Lopez-Martines y Ruis-Págarra, 2011 (158).*

INSTRUCCIONES: a continuación se enumeran una serie de afirmaciones. Lo que Ud, ha de hacer es indicar hasta qué punto eso ocurre en su caso según la siguiente escala

1	2	3	4
Totalmente en desacuerdo			Totalmente de acuerdo

1. Tengo miedo de lesionarme si hago ejercicio físico.	1	2	3	4
2. Si me dejara vencer por el dolor, el dolor aumentaría.	1	2	3	4
3. Mi cuerpo me está diciendo que tengo algo serio.	1	2	3	4
4. Tener dolor siempre quiere decir que en el cuerpo hay una lesión	1	2	3	4
5. Tengo miedo a lesionarme sin querer.	1	2	3	4
6. Lo más seguro para evitar que aumente el dolor es tener cuidado y no hacer movimientos innecesarios.	1	2	3	4
7. No me dolería tanto si no tuviese algo serio en mi cuerpo.	1	2	3	4
8. El dolor me dice cuándo debo para la actividad para no lesionarme.	1	2	3	4
9. No es seguro para una persona con mi enfermedad hacer actividades físicas.	1	2	3	4
10. No puedo hacer todo lo que la gente normal hace porque me podría lesionar con facilidad.	1	2	3	4
11. Nadie debería hacer actividades físicas cuando tiene dolor	1	2	3	4

ANEXO 6: CUESTIONARIO DE SALUD SF-12

El copyright de la versión española del Cuestionario es propiedad de QualityMetric (212).

INSTRUCCIONES: Las preguntas que siguen se refieren a lo que usted piensa sobre su salud. Sus respuestas permitirán saber cómo se encuentra usted y hasta qué punto es capaz de hacer sus actividades habituales.

Por favor, contesta cada pregunta marcando una casilla. Si no está seguro/a de cómo responder a una pregunta, por favor, conteste lo que le parezca más cierto.

1. En general, usted diría que su salud es:

1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Excelente	Muy buena	Buena	Regular	Mala

Las siguientes preguntas se refieren a actividades o cosas que usted podría hacer en un día normal. Su salud actual, ¿le limita para hacer esas actividades o cosas? Si es así, ¿cuánto?

2. Esfuerzos moderados, como mover una mesa, pasar la aspiradora, jugar a los bolos o caminar más de una hora.

1	2	3
Sí, me limita mucho	Sí, me limita un poco	No, no me limita nada
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3. Subir varios pisos por la escalera

1	2	3
Sí, me limita mucho	Sí, me limita un poco	No, no me limita nada
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Durante las 4 últimas semanas, ¿ha tenido alguno de los siguientes problemas en su trabajo o en sus actividades cotidianas, a causa de su salud física?

4. ¿Hizo menos de lo que hubiera querido hacer?
- | 1 | 2 |
|--------------------------|--------------------------|
| Sí | No |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

5. ¿Tuvo que dejar de hacer algunas tareas en su trabajo o en sus actividades cotidianas?

1 Si	2 No

Durante las 4 últimas semanas, ¿ha tenido alguno de los siguientes problemas en su trabajo o en sus actividades cotidianas, a causa de algún problema emocional (como estar triste, deprimido, o nervioso)?

6. ¿Hizo menos de lo que hubiera querido hacer, por algún problema emocional?

1	2	3	4	5
Nada	Un poco	Regular	Bastante	Mucho

7. ¿No hizo su trabajo o sus actividades cotidianas tan cuidadosamente como de costumbre, por algún problema emocional?

1	2	3	4	5
Nada	Un poco	Regular	Bastante	Mucho

8. Durante las 4 últimas semanas, ¿hasta qué punto el dolor le ha dificultado su trabajo habitual (incluido el trabajo fuera de casa y las tareas domésticas)?

1	2	3	4	5
Nada	Un poco	Regular	Bastante	Mucho

Las preguntas que siguen se refieren a cómo se ha sentido y cómo le han ido las cosas durante las 4 últimas semanas. En cada pregunta responda lo que se parezca más a cómo se ha sentido usted. Durante las 4 últimas semanas ¿cuánto tiempo...

1	2	3	4	5	6
Siempre	Casi siempre	Muchas veces	Algunas veces	Sólo alguna vez	Nunca

9. ...se sintió calmado y tranquilo

10. ...tuvo mucha energía

11. ...se sintió desanimado y triste

ANEXO 7. CONSENTIMIENTO INFORMADO

DATOS DEL/DE LA PACIENTE

Nombre DNI/NIE
Apellidos

PROFESIONALES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO DE INFORMACIÓN Y/O CONSENTIMIENTO

Apellidos y nombre	fecha	firma
Apellidos y nombre	fecha	firma

CONSENTIMIENTO

Yo, D/Dña. _____

Manifiesto que estoy conforme con la participación en el estudio para la medición de la actividad mioeléctrica, mediante electromiografía de superficie (sEMG), del rango de movimiento (ROM) medido con unidad de movimiento inercial (IMU) y de las características viscoelásticas de la musculatura paraespinal cervical y lumbar medido con el dispositivo MYOTONPRO®, en sujetos asintomáticos. He leído y comprendido la información anterior. He podido preguntar y aclarar todas mis dudas. Por eso he tomado consciente y libremente la decisión de autorizarla. También sé que puedo retirar mi consentimiento cuando lo estime oportuno.

___ SI ___ NO autorizo a que se realicen las actuaciones oportunas, incluyendo modificaciones en la forma de realizar la intervención, para evitar los peligros o daños potenciales que pudieran surgir en el curso de la intervención.

___ SI ___ NO autorizo la utilización de imágenes con fines docentes o de difusión del conocimiento científico.

(NOTA: Márquese con una cruz)

En _____ a ___ de ___ de _____

Fdo.: El/la paciente

ANEXO 8. REVOCACION DEL CONSENTIMIENTO

Yo, D/Dña. _____, de forma libre y consciente he decidido retirar el consentimiento para la participación en el estudio para la medición de la actividad mioeléctrica, mediante electromiografía de superficie (sEMG), del rango de movimiento (ROM) medido con unidad de movimiento inercial (IMU) y de las características viscoelásticas de la musculatura paraespinal cervical y lumbar medido con el dispositivo MYOTONPRO®, en sujetos asintomáticos. Asumo las consecuencias que de ello puedan derivarse para la salud.

En _____ a ____ de ____ de _____

Fdo.: El/la paciente

ANEXO 9. DATOS IDENTIFICATIVOS

NOMBRE	APELLIDOS	CÓDIGO
FECHA ENSAYO	SESIÓN N°	PROFESIONAL SANITARIO
EDAD	SEXO Mujer <input type="checkbox"/> hombre <input type="checkbox"/>	TELÉFONO
PESO	TALLA	AFECTACIÓN ESPINAL Cervical <input type="checkbox"/> Lumbar <input type="checkbox"/>
RAZA Caucásica <input type="checkbox"/> Negra <input type="checkbox"/> Gitana <input type="checkbox"/> Árabe <input type="checkbox"/> Otras <input type="checkbox"/>	ESTADO CIVIL Soltero <input type="checkbox"/> Casado <input type="checkbox"/> Divorciado <input type="checkbox"/> Viudo <input type="checkbox"/>	S. LABORAL Hogar <input type="checkbox"/> Activo <input type="checkbox"/> De baja <input type="checkbox"/> Jubilado <input type="checkbox"/> Desempleo <input type="checkbox"/>
TABACO Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	ALCOHOL Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	LESIONES PREVIAS
CRITERIOS EXCLUSIÓN Antecedentes traumáticos Cirugías columna vertebral	CRITERIOS EXCLUSIÓN IMC > 30 kg/m ² Deformidad congénita	CRITERIOS EXCLUSIÓN Enfermedad inflamatoria Embarazo Tto previo Fisioterapia

ANEXO 10. METROLOGÍA

Para realizar la evaluación metrológica convencional, se hará uso de una cinta métrica Fiber-glass, peso marca Jata (modelo 62) y goniómetro universal marca ENRAF. Las mediciones serán evaluadas siguiendo la metodología que se describe a continuación y registradas en el siguiente modelo.

ROTACIÓN CERVICAL	DERECHA	IZQUIERDA
FLEXIÓN FRONTAL (distancia dedos suelo)		
FLEXIÓN LATERAL (distancia dedos suelo)	DERECHA	IZQUIERDA
	inicio /	inicio /
	Fin /	Fin /
	Distancia	Distancia
SCHOBER	→ cm	
TRAGO-PARED	DERECHA	IZQUIERDA
EXPANSIÓN TORÁCICA		
DISTANCIA INTERMALEOLAR		
OCCIPUCIO-PARED		

ROTACIÓN CERVICAL

La rotación cervical se medirá con un goniómetro centrado sobre la cabeza, con el sujeto sentado. Se solicitarán dos rotaciones máximas a derecha e izquierda, como se aprecia en la (Figura 7, a-c), se calculará la media de los dos intentos y la media de los resultados de derecha e izquierda (62).

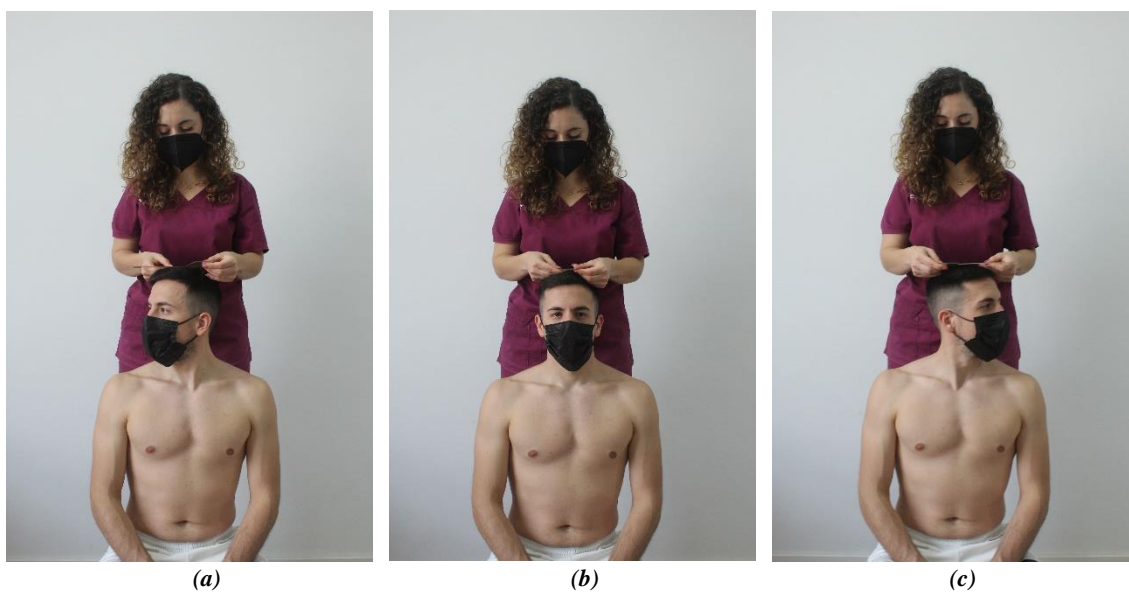


Figura 7. Evaluación goniométrica de la Rotación Cervical, (a) rotación cervical derecha (b) posición partida, (c) Rotación cervical izquierda.

DISTANCIA OCCIPUCIO-PARED Y DISTANCIA TRAGO-PARED

La Distancia de la pared al occipital y la distancia de cada trago, derecho e izquierdo, a la pared. Se evaluarán con el sujeto en bipedestación, con los talones y, si es posible, con la espalda apoyados contra la pared, sin levantar la barbilla (213), (Figuras 8-9).



Figura 8. Evaluación distancia Trago-Pared



Figura 9. Evaluación Distancia Occipucio-Pared

FLEXIÓN LATERAL LUMBAR

La Flexión Lateral Lumbar se medirá con el sujeto en bipedestación, presentando los talones y el respaldo contra la pared, con los brazos a lo largo del cuerpo y extensión de los dedos. El sujeto debe realizar el movimiento sin flexionar las rodillas y, sin flexión anterior del tronco, la espalda debe permanecer en contacto con la pared. En primer lugar, desde la posición neutra, se medirá la distancia entre la punta del dedo medio del sujeto y el suelo. En segundo lugar, se solicitará la LLF y, desde esa posición, se medirá la distancia del dedo hasta el suelo. Ambas evaluaciones se realizarán bilateralmente, a derecha e izquierda, dos veces, se evaluará tal como puede verse en las (Figuras 10-11), registrándose la media de ambas medidas (65).



Figura 10. Evaluación de la flexión lateral Lumbar derecha, (a) posición neutra de partida, (b) flexión lateral lumbar.



(a)



(b)

Figura 11. Evaluación de la flexión lateral Lumbar izquierda, (a) posición neutra de partida, (b) flexión lateral lumbar.

EXPANSIÓN TORÁCICA

Para tomar la medida de la Expansión Torácica, el sujeto debe posicionarse en bipedestación, con los brazos a los lados del cuerpo. La cinta se colocará alrededor del tórax a nivel del cuarto espacio intercostal, se solicitará al sujeto la realización de una exhalación máxima seguida de una inspiración máxima. Se realizará dos veces, registrándose la mayor de ambas repeticiones, el resultado será la diferencia entre ambas TE, en cm (213), (Figura 12).



Figura 12. Evaluación de la expansión torácica con cinta métrica.

FLEXIÓN LUMBAR

La Flexión Lumbar se evaluará a través del Índice de Schöber. Se colocará una marca en la unión lumbosacra, a nivel L5, y una segunda marca ubicada 10 cm por encima de la primera. Se pedirá al sujeto que se incline hacia adelante lo más posible, manteniendo la extensión de rodillas, y se registrará la nueva diferencia entre las dos marcas, en cm (69), (Figura 13).



Figura 13. Evaluación de la Flexión lumbar a través del test de Schöber.

DISTANCIA INTERMALEOLAR

La distancia intermaleolar se medirá con el sujeto en posición decúbito supino, rodillas rectas y punteras de los pies apuntando hacia arriba. El sujeto deberá separar sus piernas tanto como le sea posible y, se medirá la distancia entre los maléolos, en cm (214), como puede verse en la (Figura 14).

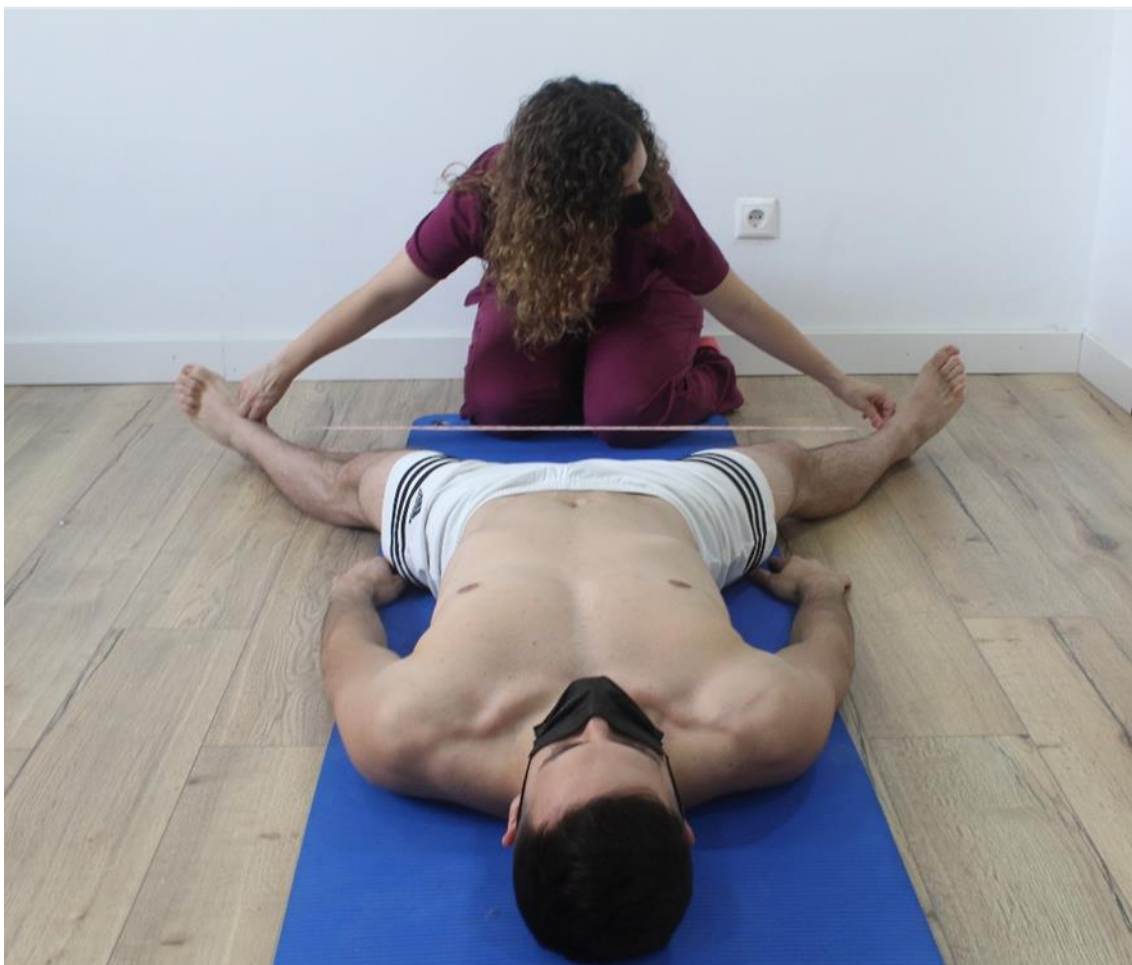


Figura 14. Evaluación con cintra métrica de la distancia intermaleolar

DISTANCIA DEDOS SUELO

La distancia entre los dedos y el suelo se evaluará partiendo desde la posición bípeda, con los pies ligeramente separados y sin zapatos, se solicitará una inclinación hacia delante. El sujeto deberá flexionar tanto como le sea posible, manteniendo la extensión de rodillas, e intentar tocar el suelo con la punta de los dedos, se registrará la distancia entre el dedo medio derecho y el suelo, en cm, utilizando un cinta métrica (214,215), (Figura 15).



Figura 15. Evaluación de la distancia dedos suelo.

ANEXO 11. EVALUACIÓN DE LA MOVILIDAD CON SENSORES DE MOVIMIENTO INERCIAL

En este estudio se utilizaron dos sensores Dorsavi ViMove™®, para su uso se siguieron las recomendaciones del Manual de uso oficial (*ViMove-5.11-User-Manual*) disponible en la web oficial.

En primer lugar, se evaluará la movilidad cervical, para lo que el sensor craneal se ubicará a nivel occipital, fijándose con una cinta y el sensor caudal se colocará 10 cm por debajo de la vértebra C7, quedando ambos sensores enfrentados como vemos en la (Figura 16). Previo a la medición, se explicarán y demostrarán los movimientos y, durante la realización de la secuencia de movimientos, estos se realizarán simultáneamente en direcciones contrarias, es decir en espejo, por parte del evaluador y evaluado. Se realizará un total de 3 repeticiones para cada movimiento, alcanzando el máximo ROM posible, sin la presencia de dolor y evitando rebotes. La secuencia será la siguiente:

1. Posición Neutra inicial, (Figura 17).
2. Flexión Cervical, (Figura 18).
3. Extensión Cervical, (Figura 19).
4. Rotación Cervical izquierda, (Figura 20).
5. Rotación Cervical derecha, (Figura 21).
6. Latero Flexión Cervical izquierda, (Figura 22).
7. Latero Flexión Cervical derecha, (Figura 23).



Figura 16. Ubicación de los IMUs para la evaluación del ROM cervical.

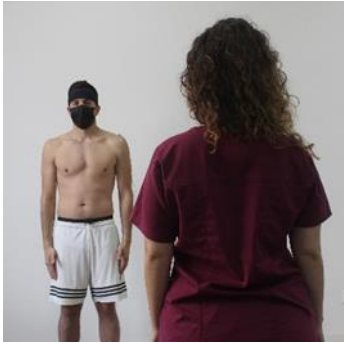


Figura 17. Posición Neutra inicial

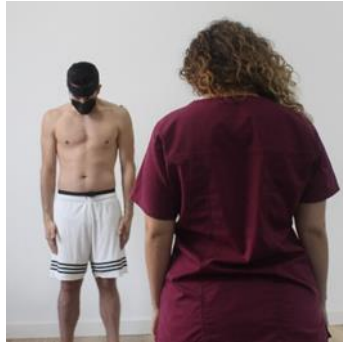


Figura 18. Flexión cervical

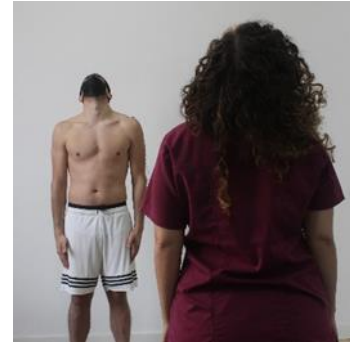


Figura 19. Extensión cervical

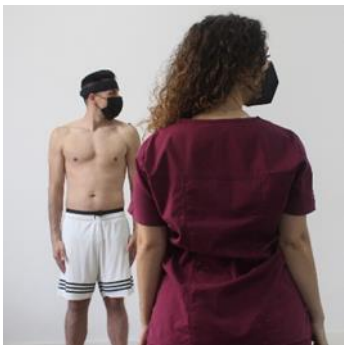


Figura 20. Rotación cervical Izquierda

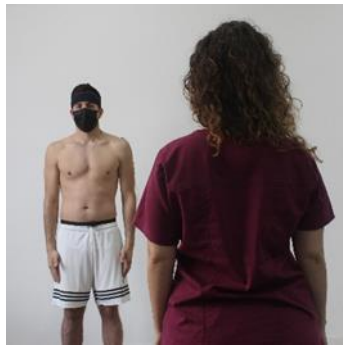


Figura 17. Posición Neutra inicial



Figura 21. Rotación cervical derecha

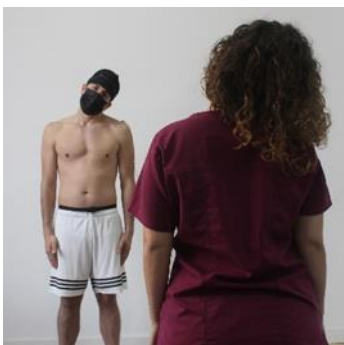


Figura 22. Latero Flexión cervical izquierda

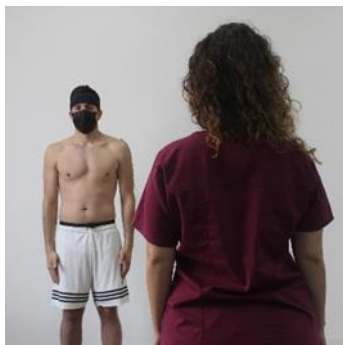


Figura 17. Posición Neutra inicial

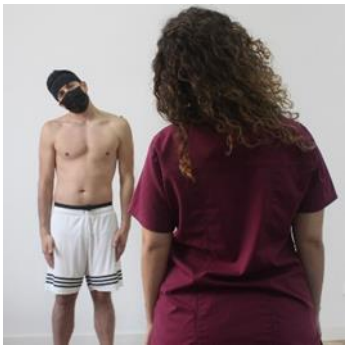


Figura 23. Latero Flexión cervical derecha

En segundo lugar, se procederá a evaluar la movilidad lumbar, para lo que el sensor caudal se ubicará a nivel de la línea de unión entre las Espinas Iliacas Postero Superiores y, por medio de las plantillas ViMove™ en función de la altura del sujeto, se localizará la ubicación del sensor craneal, (Figura 24). Al igual que en segmento cervical se procederá a demostrar la secuencia de movimientos y se guiará, mediante la realización en espejo del gesto por el terapeuta, durante la evaluación. La secuencia será de 3 repeticiones para cada movimiento, siguiendo el orden:

1. Flexión Lumbar, deberán mantenerse en todo momento los miembros superiores y cabeza relajados, de modo que caigan hacia delante, (Figura 25).
2. Extensión Lumbar, los brazos deberán cruzarse por delante del pecho, apoyando sobre el las palmas de las manos, (Figura 26).
3. Flexión Lateral Lumbar izquierda, el sujeto deberá inclinarse hacia la izquierda sin realizar flexión anterior del tronco, dejando deslizar su mano a lo largo de su miembro inferior (Figura 27).
4. Flexión Lateral Lumbar derecha, (Figura 28).
5. Rotación Lumbar izquierda, en la posición inicial deberá unir las manos y realizar una antepulsión de hombro 90° , como se ilustra en la (Figura 29). Durante la realización de la rotación lumbar se mantendrá la posición de los miembros superiores en antepulsión y las manos unidas, realizando el movimiento hasta la final de la amplitud, sin rebote, (Figura 30).
6. Rotación Lumbar derecha, (Figura 31).



Figura 24. Ubicación de los IMUs para la evaluación del ROM lumbar.



Figura 25. Flexión Lumbar



Figura 26. Extensión Lumbar



Figura 27. Flexion lateral lumbar Izquierda



Figura 28. Flexion lateral lumbar Derecha



Figura 29. Posición inicial evaluación rotación Lumbar



Figura 30. Rotación Lumbar izquierda

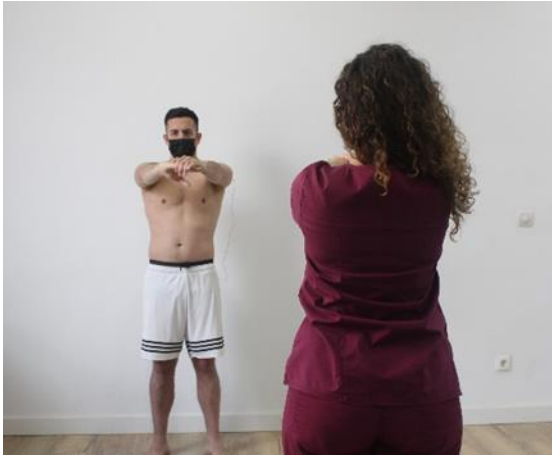


Figura 29. Posición inicial evaluación rotación Lumbar



Figura 31. Rotación Lumbar izquierda

**PRODUCCIÓN CIENTÍFICA DERIVADA DEL
DESARROLLO DE LA TESIS DOCTORAL**

PUBLICACIONES DERIVADAS DEL **DESARROLLO DE LA TESIS DOCTORAL**

En cumplimiento con lo establecido por el programa de Doctorado en Biomedicina de la Universidad de Córdoba para la presentación de Tesis Doctorales. El presente trabajo incluye la autoría principal de una publicación en una revista de primer cuartil (Q1), indexada en la última relación publicada del Journal Citation Reports (JCR-2020) de la Web Of Science (WOS).

Título: Paravertebral Muscle Mechanical Properties and Spinal Range of Motion in Patients with Acute Neck or Low Back Pain: A Case-Control Study.

Autores: Lourdes García-Luque^Ê, Sandra Alcaraz-Clariana^Ê, Juan Luis Garrido-Castro, César Fernández-de-las-Peñas, Cristina Carmona-Pérez, Daiana Priscila Rodrigues-de-Souza, Francisco Alburquerque-Sendín.

Ê: Equal Contribution

Revista: Diagnostics, Factor de impacto según 3.110.

Lugar que ocupa/nº de revista en el área temática 39/165 (Q1).

DOI: 10.3390/diagnostics11020352

ISSN: 2075-4418

**PRODUCCIÓN CIENTÍFICA RELACIONADA
CON EL DESARROLLO DE LA TESIS
DOCTORAL**

OTRA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA RELACIONADA CON EL DESARROLLO DE LA TESIS DOCTORAL

COMUNICACIONES EN CONGRESOS INTERNACIONALES

**Relación entre movilidad y miotonometría en cervicálgicos y
Lumbálgicos en fase aguda.**

Autores: Carmona-Pérez, C, García-Luque, L, Alcaraz-Clariana, S.

Presentado en el 10º Congreso Virtual Internacional de Enfermería y Fisioterapia Ciudad de Granada. Innovación y mejoras en los cuidados. Avances y Tecnologías en Salud. 2019

**Lumbar muscles stiffness in patients with axial spondyloarthritis is altered in
comparison with healthy subjects.**

Autores: Aranda-Valera, I.C; Alcaraz-Clariana, S; García-Luque, L; Garrido Castro, J.L; Martínez-Sánchez, I; Gonzalez-Navas, C; Gardiner, P; Machado, P.M; Collantes-Estévez, E.

Presentado en el XLIV Annual European Congress of Rheumatology EULAR- 2019

**OTRA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA
DURANTE EL PROGRAMA DE
DOCTORADO**

OTRA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA DURANTE EL
PROGRAMA DE DOCTORADO

REVISTAS INDEXADAS EN EL JOURNAL CITATION REPORT.

Concurrent Validity and Reliability of an Inertial Measurement Unit for the Assessment of Craniocervical Range of Motion in Subjects with Cerebral Palsy.

Autores: Carmona-Pérez, C.; Garrido-Castro, J.L.; Torres Vidal, F.; Alcaraz-Clariana, S.; García-Luque, L.; Albuquerque-Sendín, F.; Rodrigues-de-Souza, D.P. Diagnostics 2020, 10, 80.

Revista: Diagnostics. Factor de impacto según JCR 3.110. Lugar que ocupa/nº de revista en el área temática 39/165 (Q1).

DOI: [10.3390/diagnostics10020080](https://doi.org/10.3390/diagnostics10020080)

ISSN: 2075-4418

Design, Validity, and Reliability of a New Test, Based on an Inertial Measurement Unit System, for Measuring Cervical Posture and Motor Control in Children with Cerebral Palsy.

Autores: Carmona-Pérez, C.; Pérez-Ruiz, A.; Garrido-Castro, J.L.; Vidal, F.T.; Alcaraz-Clariana, S.; García-Luque, L.; Rodrigues-de-Souza, D.P.; Albuquerque-Sendín, F.

Revista: Diagnostics. Factor de impacto según JCR 3.110. Lugar que ocupa/nº de revista en el área temática 39/165 (Q1).

DOI: [10.3390/diagnostics10090661](https://doi.org/10.3390/diagnostics10090661)

ISSN: 20754418

COMUNICACIONES EN CONGRESOS INTERNACIONALES

Lumbopelvic rhythm in patients with axial spondyloarthritis compared with low back pain and healthy subjects.

Autores Garrido-Castro, J.L; Aranda-Valera, I. C; Alcaraz-Clariana, S; Garcia-Luque; L; Rodriguez De Souza, D.P; González-Navas, C; Gardiner, P; Collantes-Estévez, E.

Presentado en el XLV Annual European Congress of Rheumatology EULAR. 2019

Advanced metrology in patients with axial spondyloarthritis: lumbar or thoracic+lumbar measurements for spinal mobility assessment?

Autores Aranda-Valera, I.C; García Luque, L; Alcaraz Clariana, S; Garrido-Castro, J.L; Martínez-Sánchez, I; González-Navas C; Gardiner, P; Machado, P.M; Collantes-Estévez, E.

Presentado en el XLIV Annual European Congress of Rheumatology EULAR. 2018

Identificación de patrones de dolor y abordaje desde la fisioterapia neuromusculoesquelética

Autores: Maria Cristina Carmona Perez; Lourdes Garcia Luque; Sandra Alcaraz Clariana

Presentado en IV Congreso Internacional en contextos clínicos y de la salud. 2018

Aplicación Android para el uso de sensores inerciales en la evaluación de la movilidad espinal de pacientes reumáticos.

Autores: Torres-Vidal, F, Martinez-Sanchez, I, Rodrigues-de-Souza, D.P; Albuquerque-Sendín, F, García-Luque, L. Alcaraz-Clariana, Sandra. Aranda-Valera, I.C, Collantes-Estévez, E, Garrido-Castro, J.L.

Presentado en la XLI Edición del Congreso de la Sociedad Ibérica de Biomecánica y Biomateriales. 2018

Control motor y equilibrio evaluado con sensores inerciales en parálisis cerebral: proyecto de investigación.

Autores: García-Luque, L; Carmona-Perez, C; Alcaraz-Clariana, S; Rodrigues-de-Souza, D.P; Torres-Vidal, F; Martínez-Sanchez, I; Albuquerque-Sendín, F; Garrido-Castro, J.L.

Presentado en la XLI Edición del Congreso de la Sociedad Ibérica de Biomecánica y Biomateriales. 2018

TESIS DOCTORAL

**Caracterización de la cinemática articular y
las propiedades mecánicas musculares espinales en
sujetos con dolor cervical agudo**

Characterization of the articular kinematic and spine muscle
mechanical properties in subjects with acute neck pain



**UNIVERSIDAD
DE CÓRDOBA**

Doctoranda:

LOURDES GARCÍA LUQUE

Director:

FRANCISCO ALBURQUERQUE SENDÍN

Córdoba, 2021