

Trabajo Fin de Grado

Grado en Fisioterapia

Diferencias en Postura, Rango de Movimiento y Control Motor entre Pacientes con Cervicalgia y Sujetos Asintomáticos

Autor:

Héctor Lozano Peiteado

Director:

Ion Lascurain Aguirrebeña

© 2022, Héctor Lozano Peiteado

<http://es.creativecommons.org/blog/licencias/>

Leioa, 24 de abril de 2022

RESUMEN

Introducción. La cervicalgia crónica no específica (CCNE) es uno de los principales trastornos musculoesqueléticos en la población adulta con un alto impacto socio-económico. Las investigaciones más recientes en el campo de la CCNE se centran en la búsqueda de características que permitan categorizar a los pacientes para poder ofrecerles tratamientos adaptados más precisos. Dentro de las características biomecánicas, en la actualidad existe gran discrepancia entre autores acerca de la influencia de factores como la postura, rango de movimiento y control motor, siendo este último únicamente evaluado de forma cualitativa.

Objetivos. Este TFG se enmarca dentro de un proyecto de investigación cuyo objetivo principal es estudiar las diferencias en control motor entre pacientes con CCNE y sujetos asintomáticos utilizando evaluación cuantitativa en 2D. El objetivo secundario es estudiar las diferencias en la postura y el rango de movimiento entre pacientes con CCNE y sujetos asintomáticos utilizando evaluación cuantitativa en 2D. Los datos que se presentan en este TFG forman parte de un estudio piloto cuyo objetivo es determinar el posible tamaño de la diferencia en las variables estudiadas entre los casos y controles, así como la distribución de los datos y la presencia de subgrupos para poder planificar un estudio con un tamaño muestral suficiente que pueda responder a los objetivos del proyecto.

Métodos. Se ha llevado a cabo un estudio observacional (20 pacientes sintomáticos y 20 sujetos sanos) en donde se han grabado movimientos de flexo-extensión cervical de cuatro tests de movilidad en diferentes posiciones a través de la cámara de un teléfono móvil. Los datos han sido procesados para analizar la angulación que se produce en las articulaciones cráneo-cervical y cervico-torácica y se han analizado características de postura, rango de movimiento, sincronía articular, velocidad y aceleración para los diferentes movimientos realizados por los participantes.

Resultados. No se han encontrado diferencias significativas en la postura, rango de movimiento ni en la mayoría de tests de control motor a excepción de velocidades y aceleraciones. Las desviaciones estándar muestran una alta heterogeneidad en los resultados de los datos del grupo experimental.

Conclusiones. En este estudio piloto, el dolor en pacientes con CCNE no puede explicarse desde un punto de vista biomecánico, dada la ausencia de diferencias significativas en la mayoría de variables biomecánicas estudiadas entre grupo experimental y control. La alta variación de resultados entre pacientes en los análisis hace hipotetizar la existencia de subgrupos en la CCNE. Se necesitan investigaciones adicionales con un mayor tamaño muestral que puedan abarcar la amplia casuística encontrada en la CCNE.

Palabras clave. Cervicalgia crónica no específica. Control motor. Biomecánica.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. EPIDEMIOLOGÍA.....	1
1.2. DISCAPACIDAD Y GASTO ECONÓMICO ASOCIADO.....	2
1.3. CLASIFICACIONES.....	3
1.4. ETIOLOGÍA DE LA CCNE.....	4
1.5. DISFUNCIÓN BIOMECÁNICA.....	5
1.6. ANÁLISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DEL MOVIMIENTO.....	7
1.7. OBJETIVOS.....	7
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
2.1. PARTICIPANTES.....	9
2.2. PROCEDIMIENTO.....	10
3. RESULTADOS.....	17
3.1. POSTURA.....	17
3.2. RANGO DE MOVIMIENTO (ROM).....	19
3.3. SINCRONÍA ARTICULAR.....	23
3.4. ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y ACELERACIONES.....	27
4. DISCUSIÓN.....	34
4.1. LIMITACIONES.....	37
4.2. IMPLICACIONES PARA LA INVESTIGACIÓN.....	38
5. CONCLUSIONES.....	39
6. BIBLIOGRAFÍA.....	40

1. INTRODUCCIÓN

1.1. EPIDEMIOLOGÍA

El dolor de cuello es uno de los principales trastornos musculoesqueléticos en la población adulta (Vingård, 2006). A nivel mundial, el número de casos de dolor de cuello se estima que alcanza los 288,7 millones con una prevalencia puntual estandarizada por edad y por 100.000 habitantes de 3551,1 (Safiri et al., 2020), datos que no han cambiado significativamente desde 1990 ($-0,9\%$, intervalo de incertidumbre del 95% $-2,1\%$ a $0,4\%$ por 100.000 habitantes).

El dolor de cuello presenta 65,3 millones de casos incidentes, con una tasa estandarizada por edad y por 100.000 habitantes de 806,6, que tampoco cambió significativamente desde 1990 ($-0,7\%$, intervalo de incertidumbre del 95% $-1,8\%$ a $0,4\%$ por 100 000 habitantes).

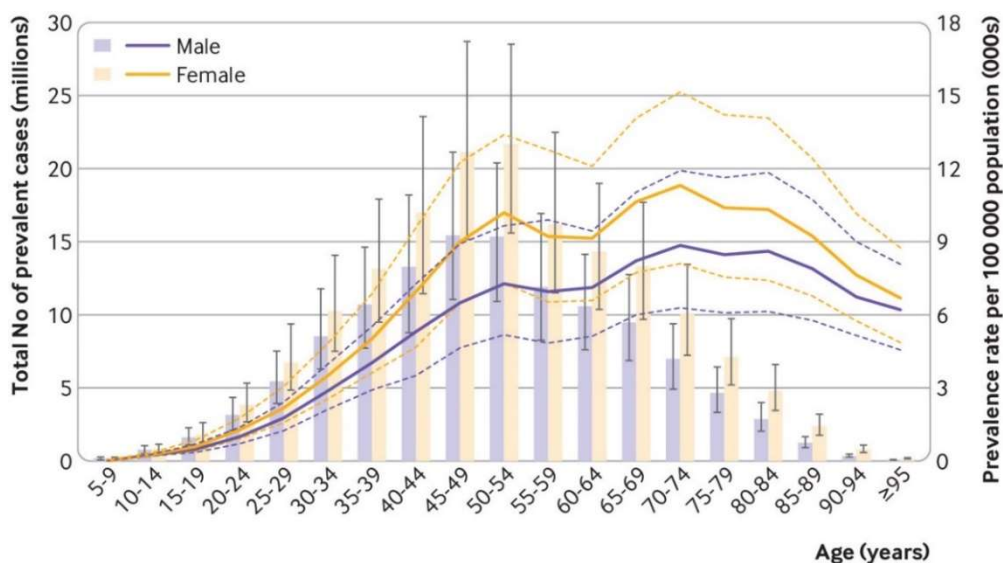


Figura 1. Prevalencia de dolor de cuello distribuida por edades y género. Fuente: (Safiri et al., 2020).

La prevalencia global es mayor en mujeres y aumenta con la edad hasta los 70-74 años, disminuyendo a partir de estos años. De manera similar, el número de casos prevalentes aumenta con la edad y alcanza su punto máximo en los grupos de edad de 45-49 y 50-54 para hombres y mujeres, respectivamente, y luego disminuye con la

edad (ver **Figura 1**). De igual manera, la incidencia también es más alta en mujeres y, en general, aumenta con la edad, alcanzando su punto máximo en el grupo de edad de 65 a 69 años. El número de casos incidentes es mayor entre los 45 y los 49 años, después de lo cual se observa una tendencia a la baja en las edades más avanzadas.

1.2. DISCAPACIDAD Y GASTO ECONÓMICO ASOCIADO

El dolor de cuello es una de las principales causas de morbilidad y discapacidad en la vida cotidiana y en el trabajo (Genebra et al., 2017), con un alto impacto en el bienestar físico, social y psicológico del individuo, contribuyendo a incrementar los costos para la sociedad y las empresas.

La severidad de la discapacidad por dolor de cuello queda reflejada en la **Tabla 1** (Hoy et al., 2014). Estos datos muestran que existe una alta proporción de discapacidad causada por dolor de cuello severo derivado de una cronificación de la patología (17,5%), limitando en gran medida las actividades de la vida diaria.

Tabla 1. Distribución del dolor de cuello y peso de discapacidad. Fuente: (Hoy et al., 2014)

Categoría	Descripción	Peso de discapacidad	Proporción
Dolor de cuello agudo leve	Esta persona tiene dolor de cuello y dificultad para girar la cabeza y levantar cosas.	0.040 (0.023–0.064)	55.8% (48.6–63.4)
Dolor de cuello crónico leve	Esta persona tiene dolor de cuello constante y dificultad para girar la cabeza, levantar los brazos y levantar cosas.	0.101 (0.067–0.149)	19.3% (13.8–26.3)
Dolor de cuello agudo severo	Esta persona tiene dolor de cuello severo y dificultad para girar la cabeza y levantar cosas. La persona tiene dolores de cabeza y dolor en el brazo, duerme mal y se siente cansada y preocupada.	0.221 (0.150–0.305)	7.4% (5.1–10.1)
Dolor de cuello crónico severo	Esta persona tiene dolor constante de cuello y brazo, y dificultad para girar la cabeza, levantar los brazos y levantar cosas. La persona tiene dolores de cabeza, duerme mal y se siente cansada y preocupada.	0.286 (0.197–0.398)	17.5% (12.6–23.5)

Teniendo en cuenta estas cifras, se puede observar cómo el dolor crónico abarca el 36,8% de los casos de dolor cervical, siendo el número de años vividos con

discapacidad por esta patología en 2017 de 28,6 millones, con una tasa estandarizada por edad por 100000 habitantes de 352 años (Safiri et al., 2020).

Sin embargo, el dolor de cuello no sólo limita las actividades de la vida diaria sino que tiene un coste asociado a la economía del país. Este coste asociado suele estimarse a través de la medida de DALYS y YLDs. Los años de vida ajustados por discapacidad (DALYS) son una medida resumida general de la salud de la población que utiliza el Global Burden of Disease, que combina los años de vida perdidos debido a la mortalidad prematura (YLLs) y los años vividos con discapacidad (YLDs) (Buchbinder et al., 2013). A nivel mundial, el dolor de cuello se clasifica como el cuarto mayor contribuyente a la discapacidad global (medido en YLDs) y el vigésimo primero en términos de carga general (medido en DALYs). En los últimos 20 años, los DALYs aumentaron de 23,9 millones a 33,6 millones. Durante este período, el crecimiento de la población contribuyó un 30% a este aumento del 47% en DALYs por dolor de cuello, y el 17% restante fue debido al envejecimiento de la misma (Hoy et al., 2014). Cabe destacar que, en los últimos años, el dolor de cuello de más de 3 meses de duración ha aumentado en YLDs en un 21,1% (Hurwitz et al., 2018).

En el ámbito laboral, el absentismo relacionado por problemas de salud se ha estimado en una proporción del 27,8% (Mesas et al., 2014). De este porcentaje, el 12,3% del absentismo está relacionado con el dolor de cuello. Esta relación es superior en personas jóvenes (entre 18 y 35 años) que en personas mayores. Además, trabajadores que sufren dolor frecuente tienen un 44% más de probabilidades de estar ausentes durante más de 30 días al año que aquellos que no padecen estos síntomas.

1.3. CLASIFICACIONES

Al igual que con otras patologías musculoesqueléticas, la presentación del dolor de cuello tiene gran variabilidad. El objetivo de encontrar una clasificación adecuada que permita dividir en grupos a los diferentes pacientes con esta patología viene dado por el interés de definir de manera más específica tratamientos y formas de abordaje óptimas para cada paciente.

Históricamente, el dolor de cuello ha sido clasificado en base al mecanismo causante. De esta forma, se ha clasificado en dos grandes dominios: dolor de cuello mecánico

(idiopático o no específico) y dolor de cuello por accidente traumático (whiplash / latigazo cervical). Los pacientes con dolor traumático por whiplash presentan mayor dolor que los pacientes con dolor mecánico (Anstey et al., 2016), tienen mayor probabilidad de presentar sensibilización del sistema nervioso central (Scott et al., 2004), mayores discapacidades físicas (Ris et al., 2017; Stenneberg et al., 2017) y un fuerte componente emocional. No obstante, la mayor parte de pacientes con dolor de cuello están diagnosticados de cervicalgia no específica, atribuyéndose la gran mayoría de los casos a factores mecánicos (Borghouts et al., 1998). Al no estar asociado este tipo de dolor con un daño estructural o un incidente traumático perceptible, es importante ser capaces de diferenciar cuándo existe realmente un dolor mecánico por trastorno musculoesquelético o el dolor es ocasionado por una causa más grave (Childs et al., 2004) como mielopatía cervical, inestabilidad de ligamentos, afección neoplásica, compromiso vascular, etc.

Complementando a la clasificación previa, los pacientes con dolor de cuello también se pueden subclasificar midiendo la duración del dolor, agrupándose en agudo (hasta 14 días), subagudo (de 15 días a 3 meses) y crónico (superior a 3 meses). Esta clasificación marcará principalmente si la patología cursa con un problema inflamatorio (agudo / subagudo) o si existe una mayor sensibilización central (crónica).

La mayor parte de los pacientes con dolor cervical son diagnosticados de cervicalgia crónica no específica (CCNE), en ausencia de causas orgánicas y anatómicas claramente identificables (Farrell et al., 2019). Es por ello que en este trabajo será el grupo objetivo seleccionado y al que nos dirigamos en esta investigación.

1.4. ETIOLOGÍA DE LA CCNE

La CCNE tiene una etiología compleja que puede ser atribuida a varios factores: ergonómicos (actividad física extenuante, uso de fuerza y vibración, postura inadecuada, movimientos repetitivos), individuales (edad, índice de masa corporal, genoma, historial de dolor musculoesquelético, disfunción motora), conductuales (tabaquismo y nivel de actividad física) y psicosociales (satisfacción laboral, nivel de estrés, ansiedad y depresión) (Malchaire et al., 2001; Cimmino et al., 2011).

Se ha observado que las personas que sufren CCNE son las que realizan más actividades manuales por encima del nivel de los hombros, utilizan herramientas vibratorias y permanecen en posición sentada o de pie con el cuello doblado (Yue et al., 2012). La CCNE tiene mayor incidencia en mujeres, personas casadas y separadas que padecen alguna morbilidad (enfermedades respiratorias, cardiovasculares, gastrointestinales, entre otras) y alteraciones psicológicas (depresión, dificultad para conciliar el sueño e insomnio), mientras que el nivel educativo y la actividad física regular se consideraron factores protectores (Strine et al., 2007; Hush et al., 2009). La ansiedad, el dolor lumbar concurrente, el tipo de estudios y los años de estudios superiores se han asociado significativamente con la presencia de dolor de cuello. Los estudiantes más altos y el uso prolongado de teléfonos inteligentes parecen también estar asociados con la presencia de CCNE (Chan et al., 2020).

1.5. DISFUNCIÓN BIOMECÁNICA

1.5.1. Disfunción de la Postura

Existe la idea general de que la CCNE está influenciada por la postura que adoptamos (Cagnie et al., 2007). Varios autores establecen que el cada vez mayor uso prolongado de dispositivos tecnológicos, móviles u ordenadores en posiciones mantenidas de flexión cervical podría repercutir a largo plazo en un impacto en el dolor de cuello (Gustafsson et al., 2017).

Principalmente la comunidad científica se ha centrado en analizar la protracción (cabeza más adelantada) cervical como factor más predominante dentro de la postura (Joshi et al., 2019) y la influencia de la musculatura flexora profunda del cuello, sin embargo, la evidencia existente parece controvertida. Algunos estudios no han encontrado asociaciones significativas entre la CCNE y una postura de cuello más adelantada (Nejati et al., 2015; Poussa et al., 2005; Falla et al., 2017), mientras que otros estudios informan de asociaciones entre la postura adelantada de la cabeza y el dolor de cuello (Kaya et al., 2017; Yu et al., 2015).

1.5.2. Disfunción del Rango de Movimiento

Un aspecto de la evaluación física de la columna cervical es la evaluación del rango de movimiento (ROM por sus siglas en inglés). El ROM cervical activo es difícil de medir debido a los movimientos compensatorios y está influenciado por el envejecimiento y los trastornos sistémicos (Hoving et al., 2005).

Al igual que sucede con la postura, aunque se tiende a pensar que cuando hay dolor el ROM se ve limitado, la evidencia de su asociación con la CCNE es contradictoria. No está claro si el dolor de cuello está asociado con la restricción de ROM, ya que estudios previos informaron tanto la presencia (Rudolfsson et al., 2012; Chiu & Lo, 2002; Prushansky et al., 2005; Woodhouse & Vasseljen, 2008) como la ausencia (Sjölander et al. 2008; Lascurain-Aguirrebeña et al., 2018) de diferencias entre participantes sintomáticos y asintomáticos.

1.5.3. Disfunción del Control Motor

Las personas con CCNE generalmente muestran alteraciones motoras en base a una reducción de la fuerza y de la resistencia de la musculatura cervical. La reducción de la fuerza es una característica física común que se encuentra presente en todos los ejes y planos de rotación del cuello (Lindstroem et al., 2012). La resistencia de la musculatura también se ve afectada y múltiples estudios han confirmado una pobre resistencia de los músculos flexores y extensores de las cervicales y flexores craneocervicales en personas con dolor de cuello aplicando diferentes intensidades de contracción (Edmondston et al., 2012; O'Leary et al., 2007; Dumas et al., 2001; Watson & Trott, 1993). Tanto la fuerza como la resistencia parecen ser independientes de la etiología de los síntomas de los pacientes y se han documentado en personas con diferentes trastornos, incluyendo dolores de cabeza cervicogénicos, radiculopatías cervicales y dolor de cuello idiopático. Una pérdida de la resistencia en los músculos flexores craneocervicales también ha sido observada de forma indirecta como una reducción de la habilidad de mantener la postura recta cuando se está sentado (Falla et al., 2007). Además, en personas con CCNE se reduce la capacidad de mantener una fuerza en isometría, provocando fluctuaciones mayores que las que se dan en personas asintomáticas (O'Leary et al., 2007; Falla et al., 2010; Muceli et al., 2011).

Esta pérdida de fuerza y resistencia muscular se va a ver reflejada en el control motor de estas personas. Las personas con CCNE presentan varias alteraciones biomecánicas importantes a tener en cuenta. Entre ellas se encuentra una velocidad de movimiento más lenta (Grip et al., 2008; Ohberg et al., 2003) y movimientos menos fluidos (Grip et al., 2008; Sjölander et al., 2008).

La evaluación del control motor, principalmente en el plano sagital, ha sido estudio de interés por varios autores. Sin embargo, a diferencia con la postura y el ROM, la metodología empleada hasta ahora para el análisis del control motor ha sido la evaluación cualitativa por parte del terapeuta (Jull et al., 2018).

1.6. ANÁLISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DEL MOVIMIENTO

La información del análisis del control motor del paciente provee gran información acerca del posible tratamiento a aplicar por parte del fisioterapeuta. Hasta la fecha, la forma más habitual de realizar este análisis ha sido de forma cualitativa, basándose en la observación del examinador a la hora de valorar a cada paciente. Sin embargo, esto tiene varios inconvenientes. En primer lugar, la sensibilidad es baja ya que el examinador valora generalmente sólo si el movimiento es bueno o malo, siendo un valor discreto binario. En segundo lugar, en estas valoraciones tiene gran importancia la experiencia del examinador. Fisioterapeutas poco experimentados pueden tener dudas en cómo categorizar a cada paciente pero, no sólo eso, incluso entre examinadores experimentados la fiabilidad intra e inter-observador también varía (Lemeunier et al., 2020; Patroncini et al., 2014). Hasta la fecha, no existe ningún estudio que haya realizado una valoración objetiva del control motor en pacientes con CCNE en comparación con sujetos asintomáticos.

1.7. OBJETIVOS

El objetivo primario del proyecto de investigación dentro del cual se enmarca este TFG es estudiar las diferencias en control motor entre pacientes con CCNE y sujetos asintomáticos utilizando evaluación cuantitativa en 2D. El objetivo secundario es estudiar las diferencias en la postura y el ROM entre pacientes con CCNE y sujetos asintomáticos utilizando evaluación cuantitativa en 2D. Los datos que se presentan en este TFG forman parte de un estudio piloto cuyo objetivo es determinar el posible

tamaño de la diferencia en las variables estudiadas entre los casos y controles, así como la distribución de los datos y la presencia de subgrupos para poder planificar un estudio con un tamaño muestral suficiente que pueda responder a los objetivos del proyecto.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para la consecución de los objetivos marcados se llevó a cabo un estudio observacional caso-control. La presente investigación obtuvo la aprobación por el Comité de Ética de la UPV y fue ratificado por el Comité de Ética de la Investigación con Medicamentos de Euskadi (número de expediente PI2022010).

2.1. PARTICIPANTES

Los sujetos con dolor cervical fueron derivados del centro de Fisioterapia Fisio-Salud (Erandio). El grupo de sujetos sanos fue reclutado utilizando las redes sociales mediante un anuncio, seleccionando aquellos cuyas características antropométricas eran similares al grupo de sujetos con CCNE.

Los criterios de inclusión y exclusión para el grupo experimental (pacientes sintomáticos) y el grupo control (sujetos asintomáticos) se indican en la **Tabla 2**:

Tabla 2. Criterios de Inclusión y Exclusión de los participantes

<i>Pacientes con CCNE</i>	
Criterios de Inclusión	Criterios de exclusión
<ul style="list-style-type: none"> - Tener entre 18 y 75 años de edad. - Dolor cervical con una duración superior a los 3 meses. - Ser un dolor de tipo no específico (CCNE). 	<ul style="list-style-type: none"> - Haber realizado fisioterapia o ejercicio terapéutico para el área cervical o escapulotorácica en los últimos 3 meses. - Haber sido intervenidos o que estén esperando cirugía de la columna. - Dolor neuropático, traumático, enfermedades inflamatorias, dolor espontáneo generalizado no asociado a estímulos.
<i>Grupo Control (asintomáticos)</i>	
Criterios de Inclusión	Criterios de Exclusión
<ul style="list-style-type: none"> - Tener entre 18 y 75 años de edad. 	<ul style="list-style-type: none"> - Haber referido dolor en la columna o el hombro en el último año.

2.2. PROCEDIMIENTO

Todos los pacientes firmaron previamente a la valoración y tras haber sido correctamente informados, un documento de consentimiento de participación voluntaria en el estudio.

Tras la firma del consentimiento informado se realizaron las diferentes mediciones antropométricas (talla y peso) y, en el caso del grupo experimental, la cumplimentación de cuestionarios.

Los cuestionarios a cumplimentar midieron el grado de dolor (NPRS: Numeric Pain Rating Scale), discapacidad (NDI: Neck Disability Index) (MacDermid et al., 2009), catastrofismo (PCS: Pain Catastrophizing Scale) en Osman et al. (2000) y Kinesofobia (TSK: Escala Tampa para Quinesofobia) en Walton et al. (2013).

La NPRS mide el dolor del paciente con valores entre 0 y 10, siendo 10 el valor máximo de dolor. Este cuestionario fue aplicado para conocer el valor medio de dolor de la última semana y de las 24 últimas horas antes de la valoración. El NDI es el instrumento de autoinforme más utilizado, confiable y validado para evaluar la discapacidad del cuello. Consta de 10 preguntas, puntajes totales que van de 0 a 50, los puntajes más altos representan una mayor discapacidad (Vernon, 2008). La puntuación PCS de 30 representa un nivel clínicamente relevante de catastrofismo. La escala de catastrofismo del dolor (PCS) es una medida de autoinforme de 13 ítems con puntajes totales que van de 0 a 52. Una puntuación total de PCS de 30 corresponde al percentil 75 de la distribución de puntuaciones de PCS en muestras clínicas de pacientes con dolor crónico (Osman et al., 2000). La Escala de Tampa para Quinesofobia proporciona una medida del miedo irracional al movimiento o a una nueva lesión. Consta de 17 preguntas valoradas en su totalidad de 0 a 44 puntos, donde las puntuaciones más altas son indicativas de un mayor miedo (Walton et al., 2013).

A continuación se procedió a la evaluación de la postura, ROM y control motor de los pacientes mediante la obtención de datos cinemáticos.

2.2.1. Protocolo de Adquisición de Datos Cinemáticos

Una vez firmado el consentimiento informado, realizadas las mediciones antropométricas y cumplimentados los cuestionarios, se procedió a la preparación de los participantes para la adquisición de los datos cinemáticos. Este proceso consistió en la colocación de cuatro marcadores en cuatro puntos corporales: trago de la oreja, canto del ojo, apófisis espinosa de T1 y apófisis espinosa de T6 (ver **Figura 2**). La grabación se realizó con la cámara de video nativa de un terminal móvil, a una resolución de 1920x1080 píxeles, con velocidad de 60 fps (frames por segundos), y desde un plano lateral al participante.



Figura 2. Posición de los marcadores para el seguimiento del movimiento. Localización: canto del ojo, trago de la oreja, T1 y T6

La adquisición de datos consistió en la grabación de cuatro tests de movilidad cervical en el plano sagital. Por cada test se realizaron varios movimientos consecutivos de flexo-extensión:

- *Flexión cervical desde Sedestación (T_SF)*: Desde posición neutra en sedestación se solicita la realización de movimientos de flexión cervical (y el retorno a la posición inicial) dentro de los grados normales del movimiento y sin sobrepasar los límites del dolor. En este test se solicita el movimiento total de flexión del complejo cervical, involucrando tanto a la articulación cráneo-cervical como a la articulación cérvico-torácica.
- *Extensión cervical desde Sedestación (T_SE)*: Desde posición neutra en sedestación se solicita la realización de movimientos de extensión cervical (y

el retorno a la posición inicial) dentro de los grados normales del movimiento y sin sobrepasar los límites del dolor. En este test se solicita el movimiento total de extensión del complejo cervical, involucrando tanto a la articulación cráneo-cervical como a la articulación cervico-torácica.

- *Flexión Cráneo-Cervical desde Cuadrupedia (T_C FCC)*: Desde posición de cuadrupedia y partiendo de una posición neutra, se solicita la realización de movimientos de flexión cráneo-cervical (y el retorno a la posición inicial) dentro de los grados normales y no álgidos del movimiento. En este test se solicita el movimiento analítico de la articulación cráneo-cervical, sin acción de la articulación cervico-torácica.
- *Flexión Cervico-Torácica desde Cuadrupedia (T_C FCT)*: Desde posición de cuadrupedia y partiendo de una posición neutra, se solicita la realización de movimientos de flexión cervico-torácica (y el retorno a la posición inicial) dentro de los grados normales y no álgidos del movimiento. En este test se solicita el movimiento analítico de la articulación cervico-torácica, sin acción de la articulación cráneo-cervical.

2.2.2. Pre-procesado de los Datos Cinemáticos

Tras la grabación en vídeo de los cuatro tests indicados en el apartado 2.2.1, los ficheros de vídeo fueron etiquetados con el programa de análisis de movimiento Kinovea para obtener la posición horizontal y vertical en píxeles de los marcadores durante todo el transcurso de los movimientos realizados por los participantes por cada test de movilidad cervical.

Al inicio de cada test, antes de comenzar los movimientos de flexo-extensión se solicitó a los participantes que se colocaran en una posición neutra. A partir de esta posición se calcularon las angulaciones correspondientes al movimiento de rotación de la articulación cráneo-cervical y cervico-torácica. Tal y como se ilustra en la **Figura 3**, la angulación conformada entre la línea horizontal y la línea delimitada por los puntos del trago de la oreja y el canto del ojo establece la rotación de la articulación cráneo-cervical. El ángulo entre la línea horizontal y la línea delimitada por los puntos entre T1 y el trago de la oreja establece la rotación de la articulación cervico-torácica. Posiciones de extensión se asignaron a valores positivos mientras que posiciones de

flexión se asignaron a valores negativos (ver **Figura 4**). Cabe mencionar que el marcador situado en la apófisis espinosa de T6 sirve como marcador de referencia para T1. En participantes cuya extensión cubre este marcador (en casos por ejemplo de personas con pelo largo), los valores de T1 son interpolados utilizando la posición del marcador de T6 estimando que los movimientos en ambos puntos deben ser los mismos.



Figura 3. Ángulos analizados. A: ángulo cráneo-cervical. B: ángulo cérico-torácico

Con los datos de las angulaciones se obtuvieron los máximos y mínimos de cada movimiento que representan los puntos máximos de flexión y de extensión. Para analizar el movimiento global del complejo articular, se calculó la angulación correspondiente al sumatorio de la articulación cráneo-cervical y cérico-torácica (ver **Figura 4**).

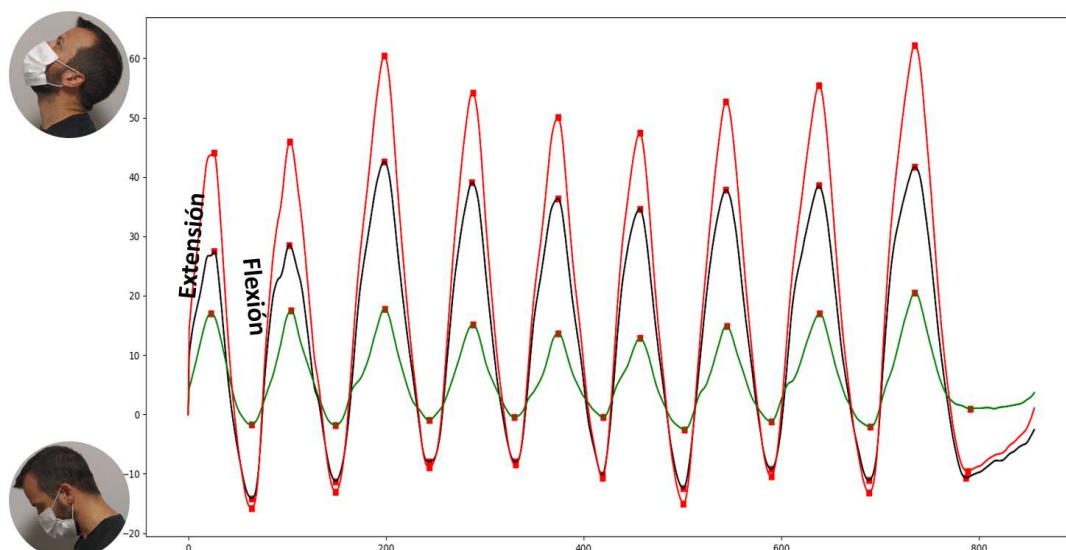


Figura 4. Ejemplo del cálculo de ángulos para el test T_SE. Verde: ángulo cráneo-cervical; Negro: ángulo cervico-torácico; Rojo: sumatorio de ambos ángulos. En puntos rojos se observan los máximos y mínimos que indican las posiciones de máxima extensión y flexión.

Los máximos y mínimos indican los cambios entre movimientos de flexión y de extensión y entre extensión y flexión. En posición de sedestación los máximos corresponden a la posición de extensión máxima y los mínimos a la posición de flexión máxima que alcanzan los participantes en cada movimiento. En posición de cuadrupedia los máximos corresponden a la posición de flexión máxima y los mínimos a la posición de extensión máxima.

2.2.3. Variables de Interés

Las variables que fueron analizadas para este estudio fueron variables cinemáticas extraídas de las angulaciones descritas en el apartado 2.4 para los cuatro tests de movilidad (T_SF, T_SE, T_CFCC, T_CFCT). Se obtuvo la media de 10 repeticiones en cada movimiento.

- **Postura (posición de la articulación cráneo-cervical y cervico-torácica):** se calculan los grados en los que los participantes se encuentran posicionados justo antes de comenzar los tests tanto en sedestación como en cuadrupedia.

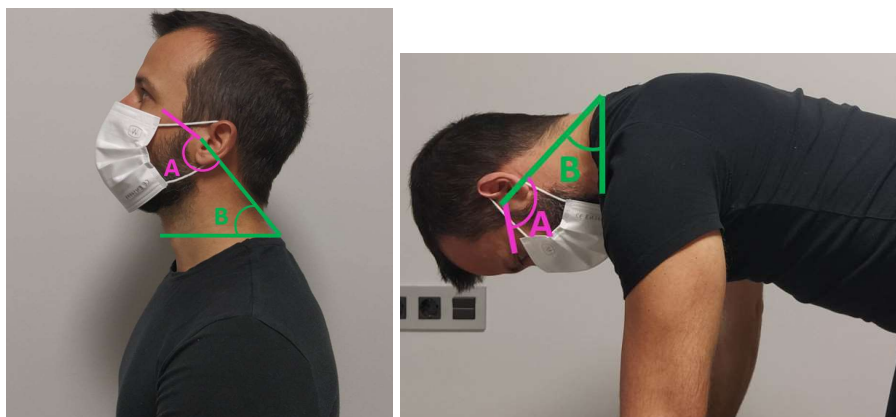


Figura 5. Ángulos cráneo-cervical y cervico-torácico en posición neutra de sedestación (lzq) y cuadrupedia (Dcha)

- **Movilidad articular craneocervical y cervicotorácica:** por cada test se calcula la media de amplitud máxima de los participantes en todos los movimientos de flexo-extensión que se realizan en ese test.

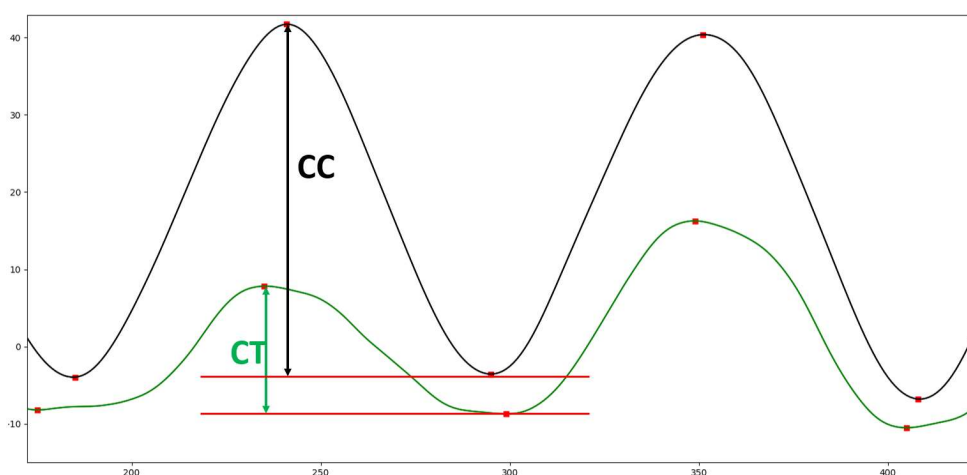


Figura 6. Amplitud en la articulación cráneo-cervical (negro) y cervico-torácica (verde)

- **Sicronía articular (desplazamiento cervicotorácico vs craneocervical):** desde la posición máxima de extensión y de flexión, se miden los grados que se desplaza la articulación cervico-torácica cuando retoma el movimiento de vuelta antes de que la articulación craneocervical también comience con el movimiento.

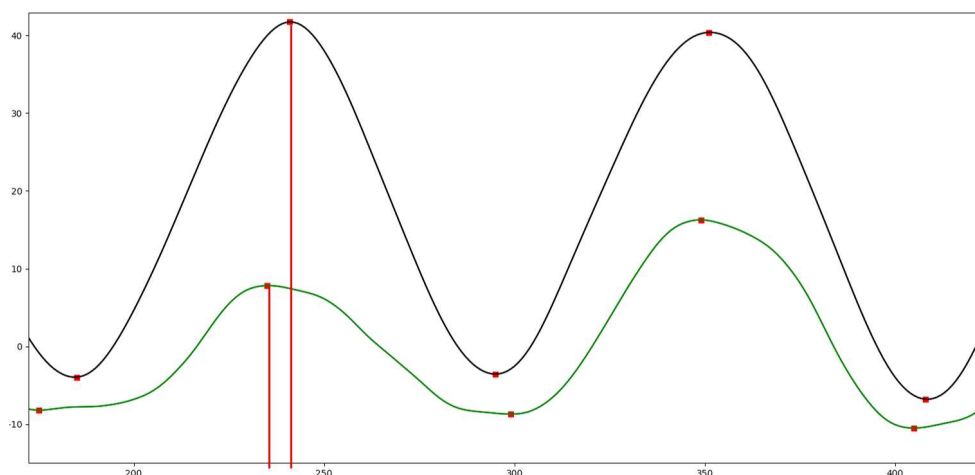


Figura 7. Los grados de desplazamiento de la articulación cervico-torácica (verde) se calculan teniendo en cuenta los máximos y mínimos de las angulaciones obtenidas

- **Velocidades y aceleraciones:** para cada movimiento de flexión y de extensión se calcula la velocidad y la aceleración. Este cálculo se realiza de sumando el movimiento de la articulación cráneo-cervical y el de la cervico-torácica.

2.2.4. Análisis Estadístico

Con el fin de determinar su distribución, las variables se analizaron utilizando métodos visuales (a través de histogramas) y analíticos (test Kolmogorov Smirnov). En las variables que mostraron una distribución normal, las comparaciones intergrupo se realizaron mediante la prueba t de Student; en aquellas variables cuya distribución no era normal, se utilizó el test no paramétrico de Mann-Whitney (McKnight et al., 2010).

3. RESULTADOS

El grupo con CCNE incluyó a 20 pacientes con un rango de edad de 20 a 69 años. El grupo control incluyó a 20 individuos sanos con un rango de edad de 30 a 74 años.

En la **Tabla 3** se indican las características de ambas poblaciones.

Tabla 3. Características de la población del estudio

	Grupo CCNE	Grupo Control	
<i>Parámetros</i>	<i>Media ± DE</i>	<i>Media ± DE</i>	<i>P</i>
Edad	53 ± 12,1	53,2 ± 12	0,898
Sexo (H/M)	10/10	9/11	0,686
Altura (cm)	169 ± 9,3	168,4 ± 7,7	0,782
Peso (kg)	69 ± 10,8	68 ± 11,3	0,793
BMI (kg/m²)	24 ± 3,2	23,9 ± 2,8	0,843
NPRS máx últ sem	3 ± 2,6		
NPRS máx últ 24h	4 ± 2,4		
Discapacidad NDI	34 ± 14,7		
Quinesofobia (TSK)	25 ± 5,8		
Catastrofismo (PCS)	19 ± 9,4		

Tal y como se puede observar, a pesar de tratarse de un estudio con un número reducido de participantes, las distribuciones son homogéneas, no encontrándose diferencias significativas entre ambas poblaciones.

Los resultados de los análisis cinemáticos se describen a continuación agrupados por la tipología de la característica analizada.

3.1. POSTURA

3.1.1. Postura en sedestación

En la **Figura 8** se muestra el ángulo cráneo-cervical y cérico-torácico en sedestación.

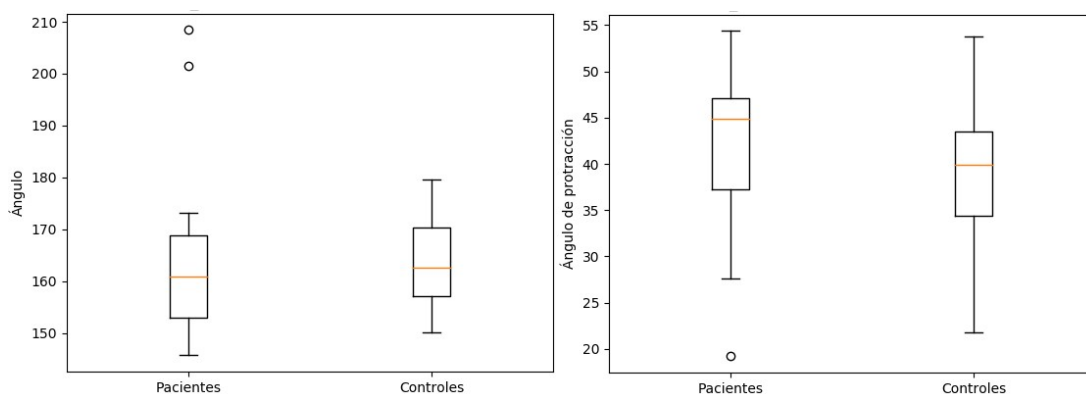


Figura 8. Postura. Ángulo cráneo-cervical (izquierda) y cervico-torácico (derecha)- en pacientes y controles.

El valor estadístico p , junto con la media (μ) y desviación estándar (σ) para la articulación cráneo-cervical (CC) y cervico-torácica (CT) se indica en la **Tabla 4**. Como se puede observar, en posición de sedestación no se encuentran diferencias significativas entre pacientes y controles.

Tabla 4. Media, Desviación estándar y valor p para la postura en sedestación

	<i>Pacientes</i>		<i>Controles</i>		<i>Valor p</i>
	μ	σ	μ	σ	
<i>CC</i>	164,45	17,33	163,02	8,68	0,346
<i>CT</i>	41,81	9,17	38,36	8,81	0,102

3.1.2. Postura en cuadrupedia

En la **Figura 9** se muestra el ángulo cráneo-cervical y cervico-torácico en cuadrupedia.

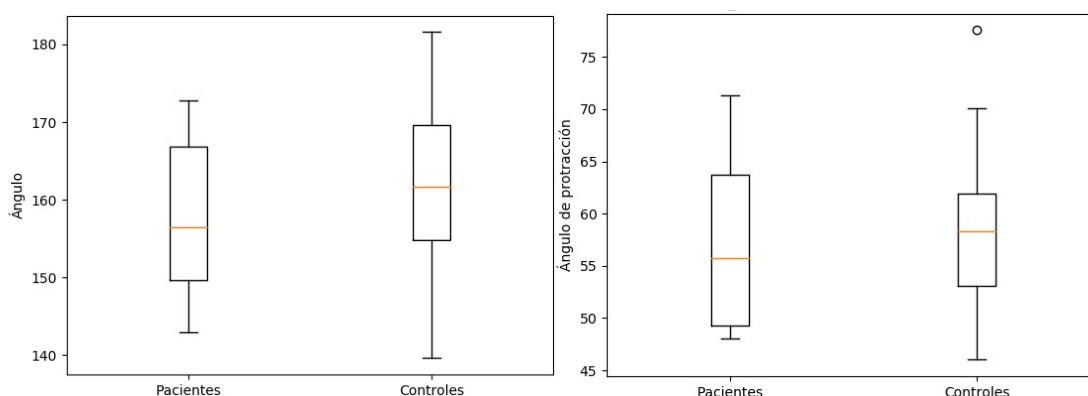


Figura 9. Postura. Ángulo cráneo-cervical (izquierda) y cervico-torácico (derecha)- en pacientes y controles.

El valor estadístico p , junto con la media (μ) y desviación estándar (σ) para la articulación cráneo-cervical (CC) y cervico-torácica (CT) se indica en la **Tabla 5**. Como se puede observar, en posición de cuadrupedia no se encuentran diferencias significativas entre pacientes y controles.

Tabla 5. Media, Desviación estándar y valor p para la postura en cuadrupedia

	<i>Pacientes</i>		<i>Controles</i>		<i>Valor p</i>
	μ	σ	μ	σ	
<i>CC</i>	157,92	10,07	161,14	11,84	0,2827
<i>CT</i>	56,96	7,93	58,14	8,38	0,489

3.2. RANGO DE MOVIMIENTO (ROM)

3.2.1. ROM en Test de Movilidad de Flexión en Sedestación (T_SF)

En la **Figura 10** se muestra el ROM al realizar el test de flexión en sedestación (T_SF) en la articulación cráneo-cervical y cervico-torácica.

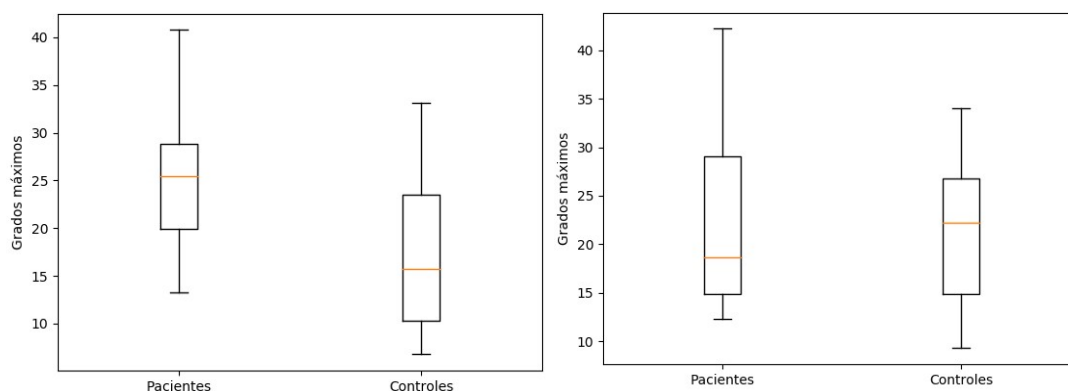


Figura 10. Rango de movimiento en el test T_SF. Distribución en boxplots entre pacientes y controles en las articulaciones cráneo-cervical (izquierda) y cervico-torácica (derecha).

El valor estadístico p , junto con la media (μ) y desviación estándar (σ) para la articulación cráneo-cervical (CC) y cervico-torácica (CT) se indica en la **Tabla 6**.

De los datos presentados se observa que al realizar el movimiento de flexión el grupo de CCNE utiliza la articulación cráneo-cervical en mayor medida que el grupo asintomático

Tabla 6. Media, Desviación estándar y valor p de ROM en test de movilidad T_SF

	<i>Pacientes</i>		<i>Controles</i>		<i>Valor p</i>
	μ	σ	μ	σ	
<i>CC</i>	25,64	8,30	17,57	8,69	0,0145
<i>CT</i>	22,78	9,62	21,64	8,11	0,393

3.2.2. ROM en Test de Movilidad de Extensión en Sedestación (T_SE)

En la **Figura 11** se muestran los grados máximos de movimiento que se dan al realizar el test de extensión en sedestación (T_SE) en la articulación cráneo-cervical y cervico-torácica.

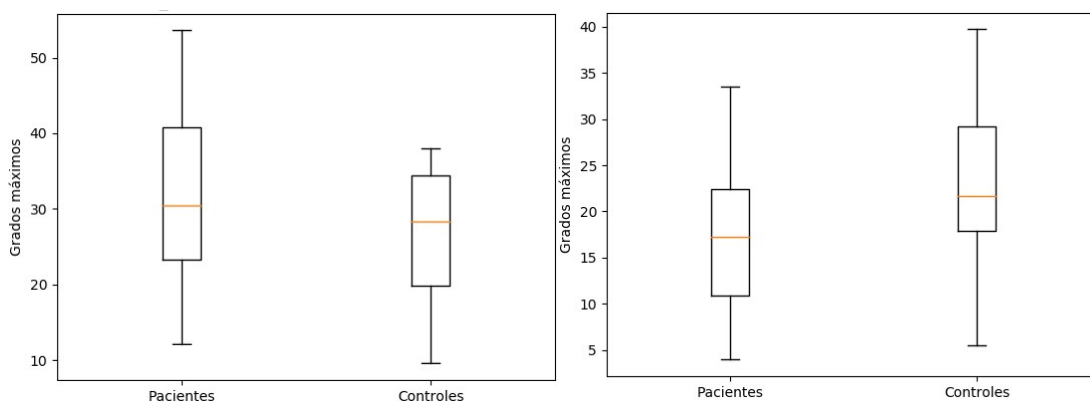


Figura 11. Grados de movimiento en el test T_SE. Distribución en boxplots entre pacientes y controles en las articulaciones cráneo-cervical (Izq) y cervico-torácica (Dcha).

El valor estadístico p , junto con la media (μ) y desviación estándar (σ) para la articulación cráneo-cervical (CC) y cervico-torácica (CT) se indica en la **Tabla 7**. Aunque sigue la misma tendencia del test de flexión en sedestación donde los pacientes tienen mayor movimiento cráneo-cervical y los controles mayor movimiento cervico-torácico, en este test no se encuentran diferencias significativas.

Tabla 7. Media, Desviación estándar y valor p de ROM en test de movilidad T_SE

	<i>Pacientes</i>		<i>Controles</i>		<i>Valor p</i>
	μ	σ	μ	σ	
<i>CC</i>	31,39	12,29	25,91	9,68	0,1973
<i>CT</i>	16,79	8,88	22,01	8,54	0,0606

3.2.3. ROM en Test de Movilidad de Flexión Cráneo-Cervical en Cuadrupedia (T_CFCC)

En la **Figura 12** se muestran los grados máximos de movimiento que se dan al realizar el test de flexión cráneo-cervical en cuadrupedia (T_CFCC) en la articulación cráneo-cervical y cervico-torácica.

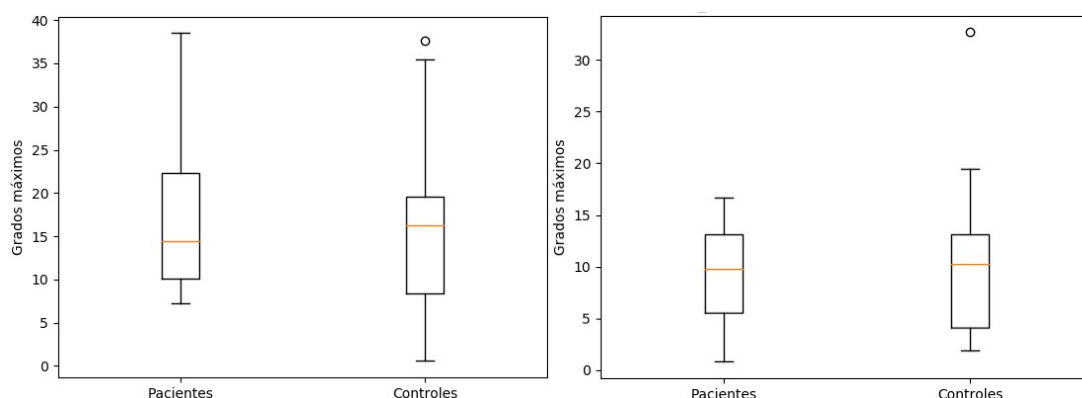


Figura 12. Grados de movimiento en el test T_CFCC. Distribución en boxplots entre pacientes y controles en las articulaciones cráneo-cervical (Izq) y cervico-torácica (Dcha).

El valor estadístico p , junto con la media (μ) y desviación estándar (σ) para la articulación cráneo-cervical (CC) y cervico-torácica (CT) se indica en la **Tabla 8**. A pesar de que en ambas medianas son superiores en las dos articulaciones (mayor movimiento) en el grupo control, no se encuentran diferencias significativas entre ambos grupos.

Tabla 8. Media, Desviación estándar y valor p de ROM en test de movilidad T_CFCC

	<i>Pacientes</i>		<i>Controles</i>		<i>Valor p</i>
	μ	σ	μ	σ	
<i>CC</i>	17,34	9,36	16,33	10,86	0,431
<i>CT</i>	9,25	5,07	11,23	8,17	0,386

3.2.4. ROM en Test de Movilidad de Flexión Cérvido-Torácica en Cuadrupedia (T_CFCT)

En la **Figura 13** se muestran los grados máximos de movimiento que se dan al realizar el test de flexión cervico-torácica en cuadrupedia (T_CFCT) en la articulación cráneo-cervical y cervico-torácica.

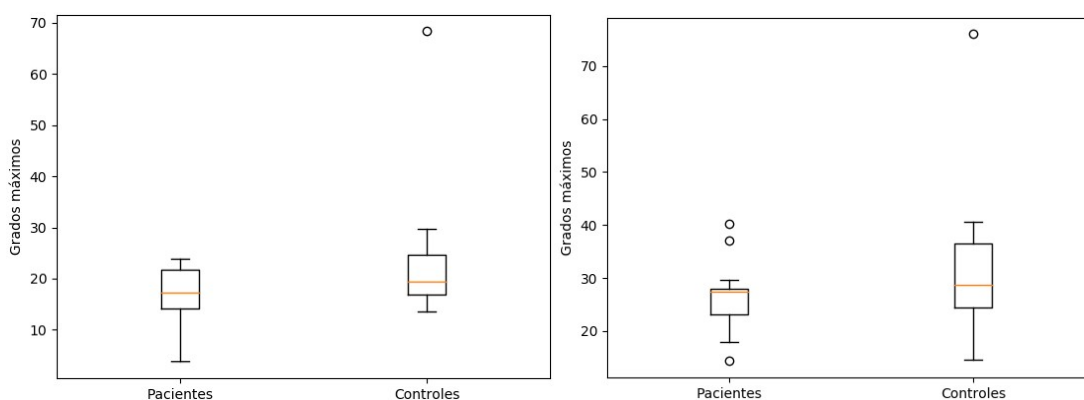


Figura 13. Grados de movimiento en el test T_CFCT. Distribución en boxplots entre pacientes y controles en las articulaciones cráneo-cervical (Izq) y cervico-torácica (Dcha).

El valor estadístico p , junto con la media (μ) y desviación estándar (σ) para la articulación cráneo-cervical (CC) y cervico-torácica (CT) se indica en la **Tabla 9**. En este test no se encontraron diferencias significativas.

Tabla 9. Media, Desviación estándar y valor p de ROM en test de movilidad T_CFCT

	<i>Pacientes</i>		<i>Controles</i>		<i>Valor p</i>
	μ	σ	μ	σ	
<i>CC</i>	17,35	5,59	24,26	14,79	0,2031
<i>CT</i>	26,47	6,25	32,23	16,07	0,162

3.3. SINCRONÍA ARTICULAR

En este apartado se presentan los datos relativos al desplazamiento cervico-torácico con respecto al cráneo-cervical (véase apartado 2.3).

3.3.1. Sincronía en Test de Movilidad de Flexión en Sedestación (T_SF)

En la **Figura 14** se muestra el desplazamiento en grados de la articulación cervico-torácica con respecto a la cráneo-cervical en el test de flexión en sedestación. Se indica el desplazamiento de grados cervico-torácicos transcurridos hasta el comienzo del desplazamiento cráneo-cervical, en el inicio del movimiento de flexión desde una

posición neutra (**Figura 14 Izq**) y en el inicio del movimiento de retorno a neutro desde una posición máxima de flexión (**Figura 14 Dcha**).

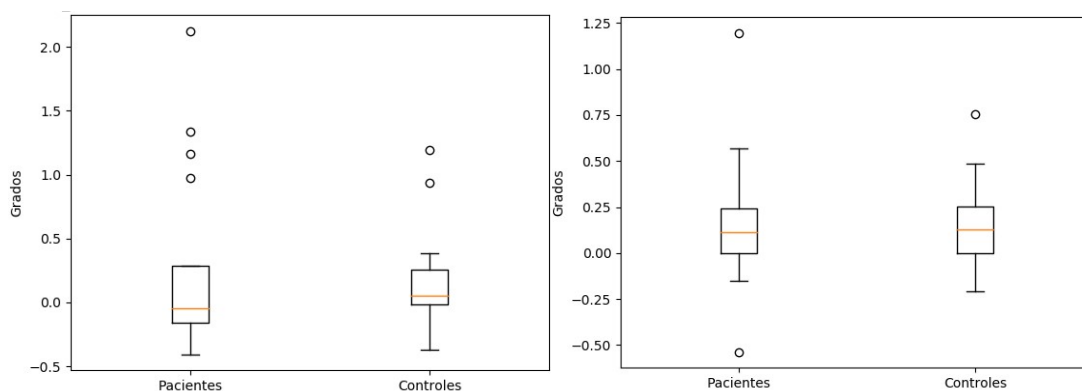


Figura 14. Grados de desplazamiento de la articulación cérvico-torácica con respecto a la cráneo-cervical en el test T_SF. Distribución en boxplots entre pacientes y controles en el movimiento de flexión desde neutra (Izq) y en el movimiento de retorno a neutra (Dcha).

El valor estadístico p , junto con la media (μ) y desviación estándar (σ) para el inicio del movimiento de flexión (F) y el inicio del retorno a neutra (R) se indica en la **Tabla 10**. Como se puede observar, el desplazamiento es muy reducido, no encontrándose diferencias significativas.

Tabla 10. Media, Desviación estándar y valor p de sincronía articular en test de movilidad T_SF

	<i>Pacientes</i>		<i>Controles</i>		<i>Valor p</i>
	μ	σ	μ	Σ	
<i>F</i>	0,256	0,704	0,198	0,40	0,1353
<i>R</i>	0,160	0,3666	0,155	0,241	0,4258

3.3.2. Sincronía en Test de Movilidad de Flexión en Sedestación (T_SE)

En la **Figura 15** se muestra el desplazamiento en grados de la articulación cérvico-torácica con respecto a la cráneo-cervical en el test de extensión en sedestación. Se indica el desplazamiento de grados cérvico-torácicos transcurridos hasta el comienzo del desplazamiento cráneo-cervical, en el inicio del movimiento de extensión desde

una posición neutra (**Figura 15 Izq**) y en el inicio del movimiento de retorno a neutro desde una posición máxima de extensión (**Figura 15 Dcha**).

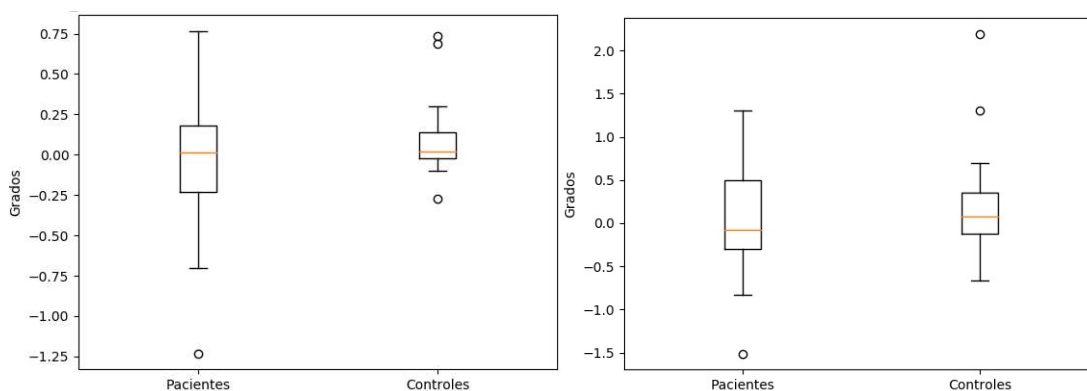


Figura 15. Grados de desplazamiento de la articulación cérvico-torácica con respecto a la cráneo-cervical en el test T_SE. Distribución en boxplots entre pacientes y controles en el movimiento de extensión desde neutra (Izq) y en el movimiento de retorno a neutra (Dcha).

El valor estadístico p , junto con la media (μ) y desviación estándar (σ) para el inicio del movimiento de extensión (E) y el inicio del retorno a neutra (R) se indica en la **Tabla 11**. A pesar de que no hay diferencias significativa, sin contar los outliers, el rango de distribución de los datos es mucho mayor en el grupo de CCNE que en el grupo asintomático.

Tabla 11. Media, Desviación estándar y valor p de sincronía articular en test de movilidad T_SE

	<i>Pacientes</i>		<i>Controles</i>		<i>Valor p</i>
	μ	σ	μ	σ	
<i>E</i>	-0,070	0,452	0,111	0,267	0,2276
<i>R</i>	0,346	0,717	0,266	0,674	0,1499

3.3.3. Sincronía en Test de Movilidad de Flexión Cráneo-Cervical en Cuadrupedia (T_CFCC)

En la **Figura 16** se muestra el desplazamiento en grados de la articulación cérvico-torácica con respecto a la cráneo-cervical en el test de flexión cráneo-cervical en cuadrupedia. Se indica el desplazamiento de grados cérvico-torácicos transcurridos

hasta el comienzo del desplazamiento cráneo-cervical, en el inicio del movimiento de flexión desde una posición neutra (**Figura 16 Izq**) y en el inicio del movimiento de retorno a neutro desde una posición máxima de flexión (**Figura 16 Dcha**).

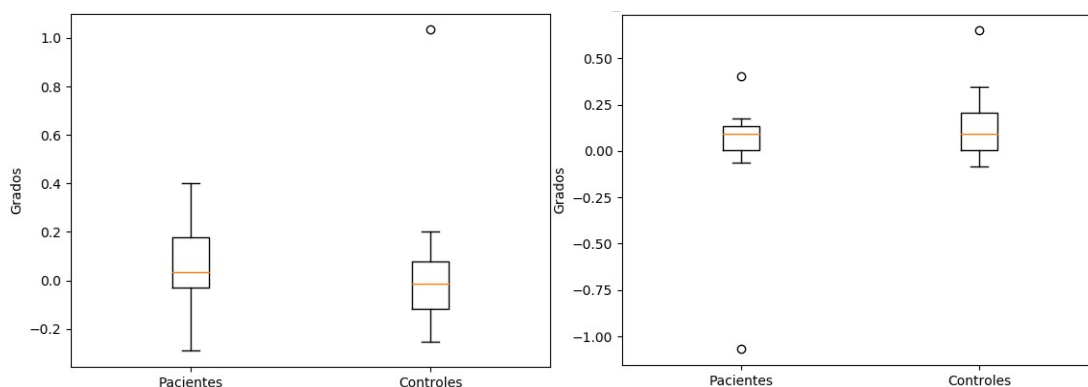


Figura 16. Grados de desplazamiento de la articulación cervico-torácica con respecto a la cráneo-cervical en el test T_CFCC. Distribución en boxplots entre pacientes y controles en el movimiento de flexión desde neutra (Izq) y en el movimiento de retorno a neutra (Dcha).

El valor estadístico p , junto con la media (μ) y desviación estándar (σ) para el inicio del movimiento de flexión (F) y el inicio del retorno a neutra (R) se indica en la **Tabla 12**. En este test no se encuentran diferencias significativas, sin embargo, se sigue repitiendo la tendencia, principalmente en el momento de ida (comienzo del movimiento de la flexión) de encontrarse un mayor rango de distribución de los datos.

Tabla 12. Media, Desviación estándar y valor p de sincronía articular en test de movilidad T_CFCC

	<i>Pacientes</i>		<i>Controles</i>		<i>Valor p</i>
	μ	σ	μ	σ	
<i>F</i>	0,0671	0,196	0,0399	0,305	0,183
<i>R</i>	-0,0037	0,35	0,137	0,187	0,3015

3.3.4. Sincronía en Test de Movilidad de Flexión Cérvico-Torácica en Cuadrupedia (T_CFCT)

En la **Figura 17** se muestra el desplazamiento en grados de la articulación cervico-torácica con respecto a la cráneo-cervical en el test de flexión cervico-torácica en

cuadrupedia. Se indica el desplazamiento de grados cérvico-torácicos transcurridos hasta el comienzo del desplazamiento cráneo-cervical, en el inicio del movimiento de flexión desde una posición neutra (**Figura 17 Izq**) y en el inicio del movimiento de retorno a neutro desde una posición máxima de flexión (**Figura 17 Dcha**).

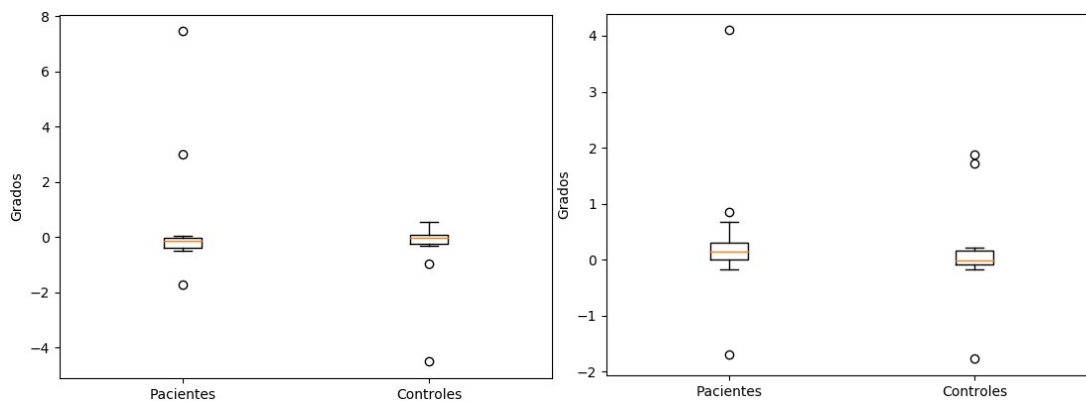


Figura 17. Grados de desplazamiento de la articulación cérvico-torácica con respecto a la cráneo-cervical en el test T_CFCT. Distribución en boxplots entre pacientes y controles en el movimiento de flexión desde neutra (Izq) y en el movimiento de retorno a neutra (Dcha).

El valor estadístico p , junto con la media (μ) y desviación estándar (σ) para el inicio del movimiento de flexión (F) y el inicio del retorno a neutra (R) se indica en la **Tabla 13**. A pesar de no encontrarse diferencias significativas, en las gráficas se encuentra la presencia de muchos outliers, tanto en el grupo de CCNE como en el grupo asintomático.

Tabla 13. Media, Desviación estándar y valor p de sincronía articular en test de movilidad T_CFCT

	<i>Pacientes</i>		<i>Controles</i>		<i>Valor p</i>
	μ	σ	μ	σ	
<i>F</i>	0,4162	2,094	-0,449	1,337	0,218
<i>R</i>	0,3352	0,14	0,164	0,925	0,1496

3.4. ANÁLISIS DE VELOCIDADES Y ACELERACIONES

En este apartado se analizan las velocidades y aceleraciones en los movimientos de ida y retorno a neutra de cada test. Los datos aquí presentados corresponden al movimiento

conjunto de la articulación cráneo-cervical y cérico-torácico, utilizando la señal obtenida que suma ambos ángulos.

3.4.1. Velocidades y Aceleraciones en el Test de Movilidad de Flexión en Sedestación (T_SF)

En la **Figura 18** se muestran las velocidades y aceleraciones (media de la primera y segunda derivada de los datos de angulación) en el test de flexión en sedestación, tanto en el movimiento de flexión (ida) como en el movimiento de extensión (retorno a neutra).

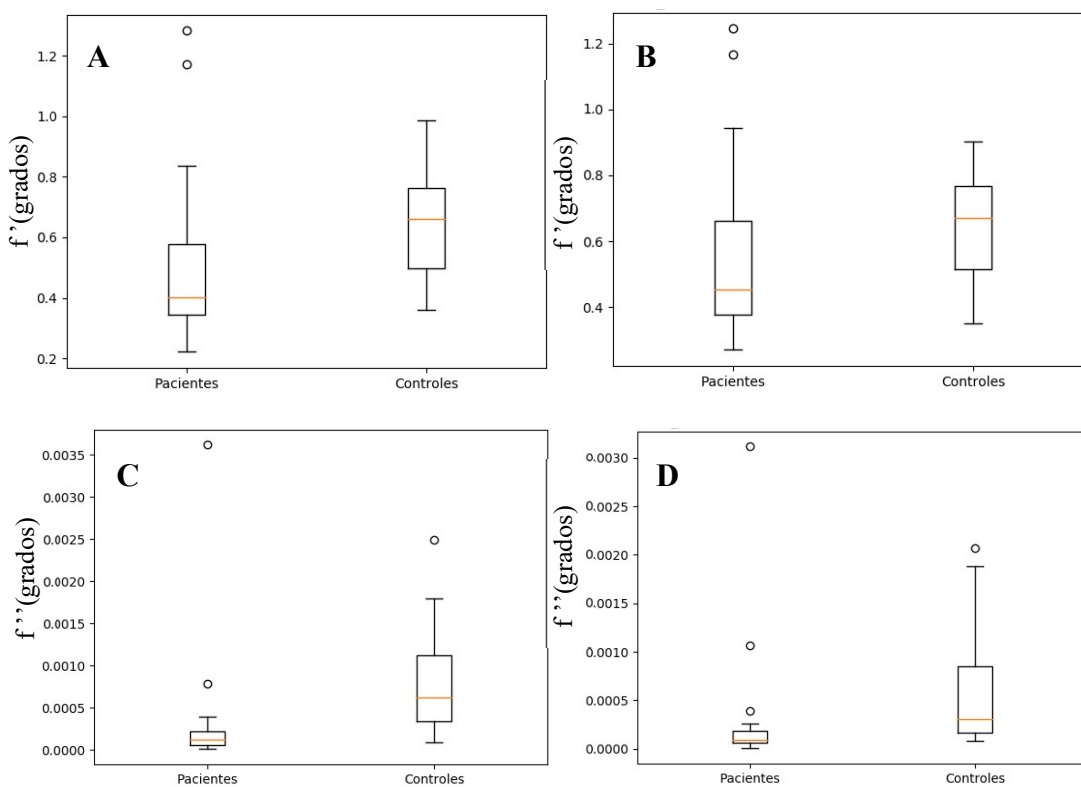


Figura 18. Velocidad en la ida (A), velocidad en el retorno (B), aceleración en la ida (C) y aceleración en el retorno (D) en el test T_SF. Distribución en boxplots entre pacientes y controles.

El valor estadístico p , junto con la media (μ) y desviación estándar (σ) para la ida (VelF y AccF) y el retorno a neutra (VelE y AccE) del movimiento se indica en la **Tabla 14**. Como se puede observar, el grupo de CCNE realiza los movimientos de flexo-extensión con mayor lentitud y sin aceleraciones. Analizando estos datos con los cuestionarios realizados por los pacientes de dolor y quinesofobia no existe una

correlación que indique que aquellos que van más lentos y con menor aceleraciones poseen mayor dolor (coeficiente de correlación r de Spearman: $-0,1336$) ni mayor miedo al movimiento (coeficiente r de correlación de Spearman: $0,0672$).

Tabla 14. Media, Desviación estándar y valor p de velocidades y aceleraciones en test T_SF

	<i>Pacientes</i>		<i>Controles</i>		<i>Valor p</i>
	μ	σ	μ	σ	
<i>VelF</i>	0,525	0,307	0,643	0,173	0,032
<i>VelE</i>	0,565	0,293	0,646	0,163	0,0386
<i>AccF</i>	0,000385	0,000855	0,00081	0,00065	0,000736
<i>AccE</i>	0,000358	0,000755	0,000608	0,00063	0,00528

3.4.2. Velocidades y Aceleraciones en el Test de Movilidad de Extensión en Sedestación (T_SE)

En la **Figura 19** se muestran las velocidades y aceleraciones (media de la primera y segunda derivada de los datos de angulación) en el test de extensión en sedestación, tanto en el movimiento de extensión (ida) como en el movimiento de flexión (retorno a posición neutra).

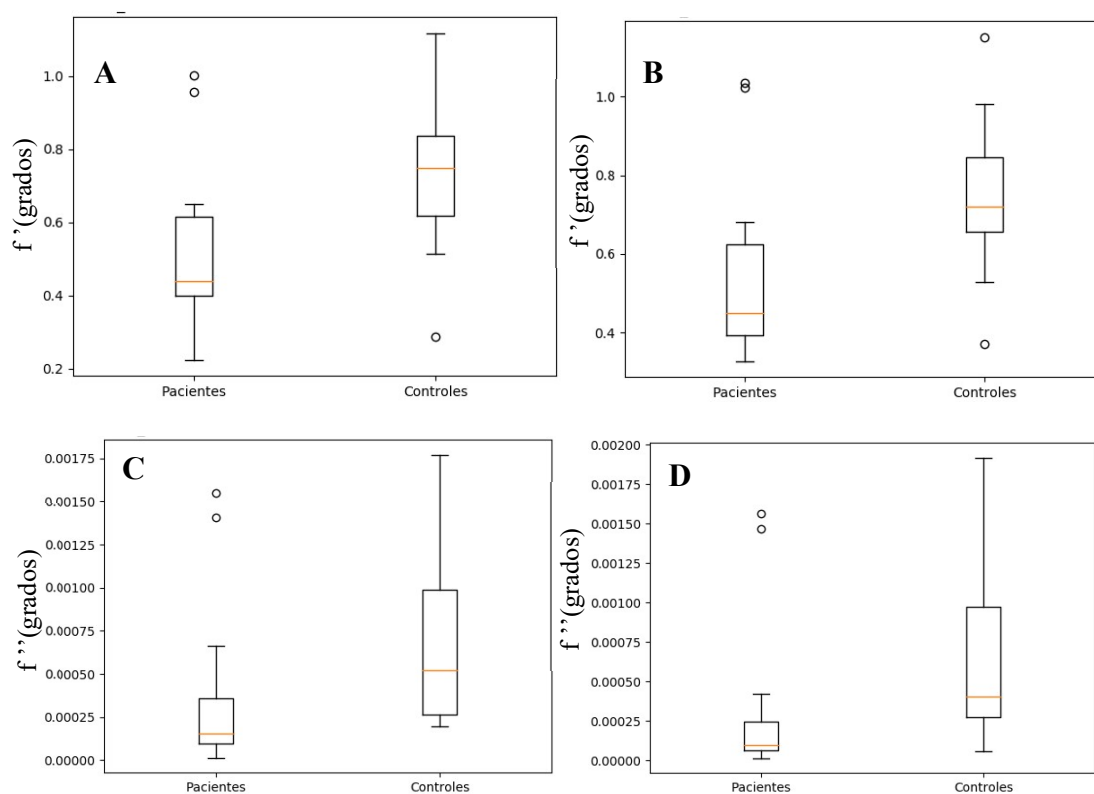


Figura 19. Velocidad en la ida (A), velocidad en el retorno (B), aceleración en la ida (C) y aceleración en el retorno (D) en el test T_{SE}. Distribución en boxplots entre pacientes y controles.

El valor estadístico p , junto con la media (μ) y desviación estándar (σ) para la ida (VelE y AccE) y el retorno a posición neutra (VelF y AccF) del movimiento se indica en la **Tabla 15**. Como se puede observar, el grupo de CCNE realiza los movimientos de extensión y retorno a neutro con mayor lentitud y sin aceleraciones.

Tabla 15. Media, Desviación estándar y valor p de velocidades y aceleraciones en test T_{SE}

	<i>Pacientes</i>		<i>Controles</i>		<i>Valor p</i>
	μ	σ	μ	σ	
<i>VelF</i>	0,535	0,219	0,741	0,182	0,0035
<i>VelE</i>	0,518	0,213	0,731	0,186	0,0051
<i>AccF</i>	0,00032	0,00048	0,00065	0,00053	0,00488
<i>AccE</i>	0,00037	0,00046	0,00074	0,00052	0,0024

3.4.3. Velocidades y Aceleraciones en el Test de Movilidad de Flexión Cráneo-Cervical en Cuadrupedia (T_CFCC)

En la **Figura 20** se muestran las velocidades y aceleraciones (media de la primera y segunda derivada de los datos de angulación) en el test de flexión cráneo-cervical en cuadrupedia, tanto en el movimiento de flexión (ida) como en el movimiento de extensión (retorno a neutra).

El valor estadístico p , junto con la media (μ) y desviación estándar (σ) para la ida (VelF y AccF) y el retorno a posición neutra (VelE y AccE) del movimiento se indica en la **Tabla 16**. Como se puede observar, el grupo de CCNE realiza los movimientos de flexo-extensión con mayor lentitud y sin aceleraciones.

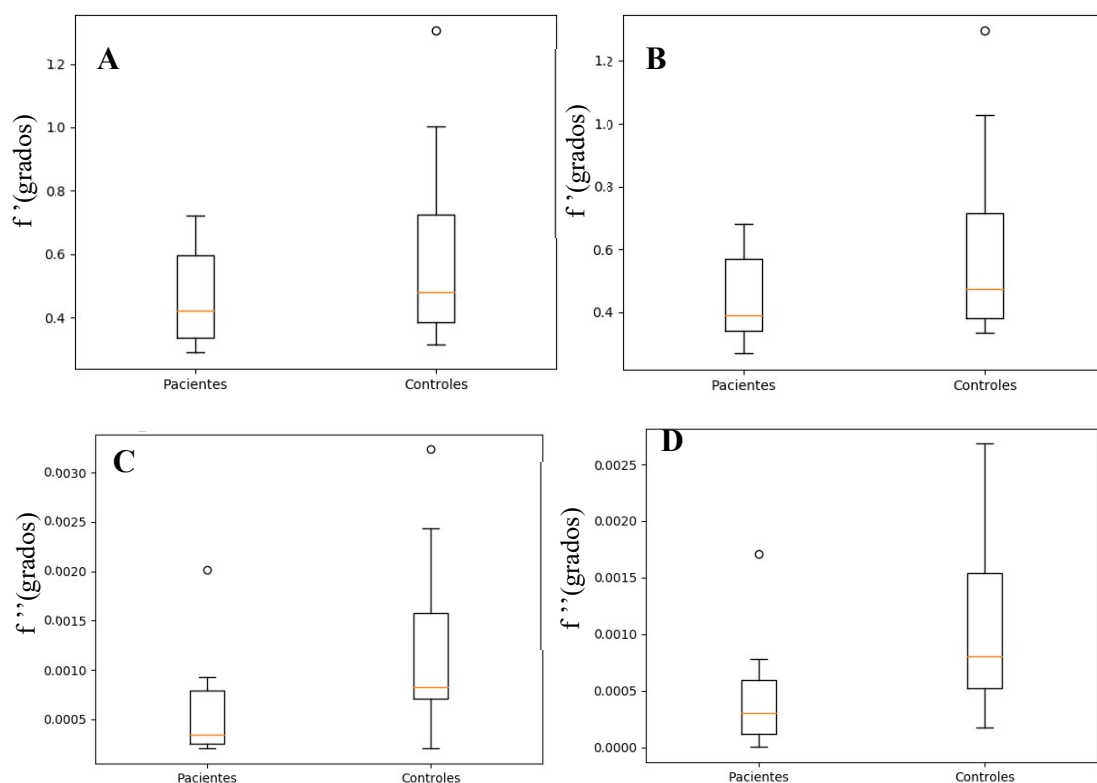


Figura 20. Velocidad en la ida (A), velocidad en el retorno (B), aceleración en la ida (C) y aceleración en el retorno (D) en el test T_CFCC. Distribución en boxplots entre pacientes y controles.

Tabla 16. Media, Desviación estándar y valor p de velocidades y aceleraciones en test T_CFCC

	<i>Pacientes</i>		<i>Controles</i>		<i>Valor p</i>
	μ	σ	μ	σ	
<i>VelF</i>	0,468	0,147	0,589	0,275	0,12
<i>VelE</i>	0,446	0,137	0,59	0,276	0,099
<i>AccF</i>	0,00061	0,00051	0,0011	0,00083	0,0423
<i>AccE</i>	0,00045	0,00047	0,0011	0,00075	0,0064

3.4.4. Velocidades y Aceleraciones en el Test de Movilidad de Flexión Cérvico-Torácica en Cuadrupedia (T_CFCT)

En la **Figura 21** se muestran las velocidades y aceleraciones (media de la primera y segunda derivada de los datos de angulación) en el test de flexión cérico-torácica en cuadrupedia, tanto en el movimiento de flexión (ida) como en el movimiento de extensión (retorno a neutra).

El valor estadístico p , junto con la media (μ) y desviación estándar (σ) para la ida (*VelF* y *AccF*) y la vuelta (*VelE* y *AccE*) del movimiento se indica en la **Tabla 17**. Como se puede observar, el grupo de CCNE realiza los movimientos de flexo-extensión con mayor lentitud y sin aceleraciones.

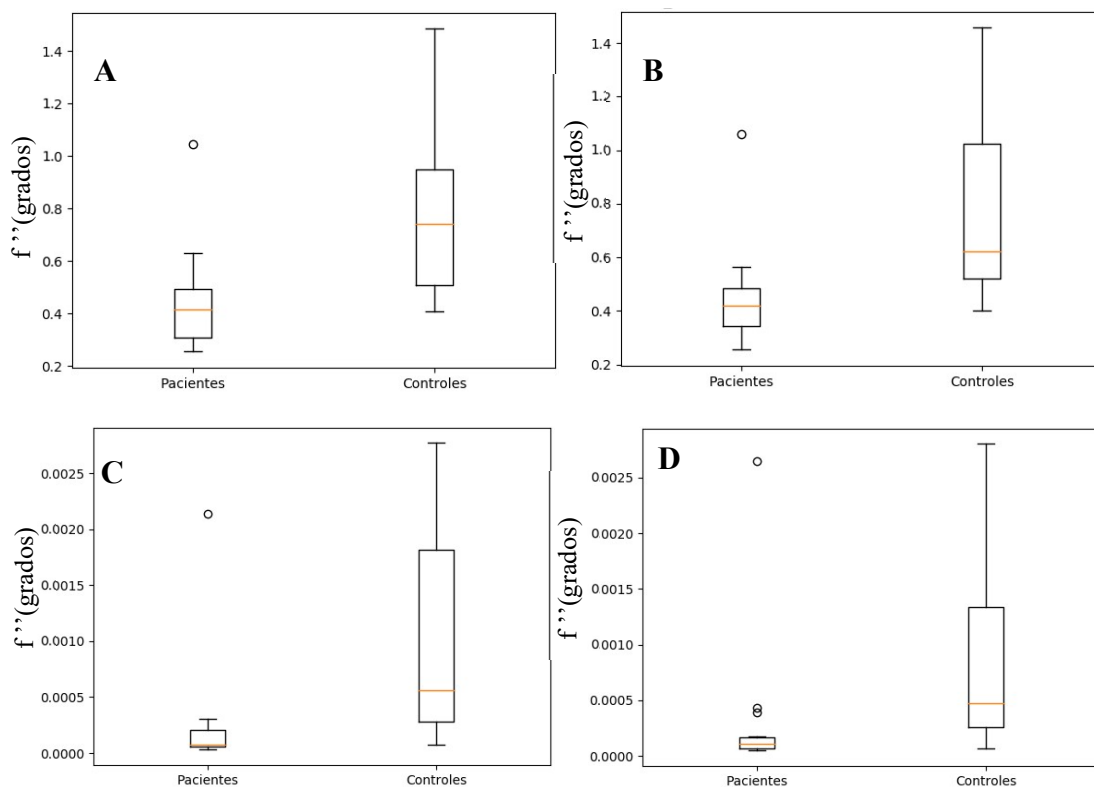


Figura 21. Velocidad en la ida (A), velocidad en la vuelta (B), aceleración en la ida (C) y aceleración en la vuelta (D) en el test T_CFCT. Distribución en boxplots entre pacientes y controles.

Tabla 17. Media, Desviación estándar y valor p de velocidades y aceleraciones en test T_CFCT

	<i>Pacientes</i>		<i>Controles</i>		<i>Valor p</i>
	μ	Σ	μ	σ	
<i>VelF</i>	0,443	0,192	0,770	0,325	0,0025
<i>VelE</i>	0,445	0,187	0,790	0,326	0,0011
<i>AccF</i>	0,00025	0,00051	0,0010	0,0010	0,0013
<i>AccE</i>	0,0031	0,00064	0,00088	0,00092	0,0074

4. DISCUSIÓN

Durante décadas se ha asociado la postura cervical con la CCNE, asumiendo que las personas con patología tienen la cabeza más adelantada (Harms-Ringdahl et al., 1986). En este estudio no se han encontrado diferencias ni en una posición de sedestación en la que la fuerza de la gravedad actúa sobre la cervical a través de, principalmente, fuerzas compresivas, ni en una posición de cuadrupedia en la que la aplicación de la fuerza de la gravedad ataca perpendicularmente al complejo craneocervical provocando fuerzas desestabilizantes que la musculatura extensora del paciente tiene que controlar. Si se analiza la literatura científica se puede observar cómo, en particular, el mayor interés en la postura ha sido en analizar la protracción y retracción cervical a través de la articulación cérvico-torácica. Si bien se observan cambios con la edad (Quek et al., 2013; Sun et al., 2014), no hay hallazgos consistentes que demuestren la correlación entre postura y CCNE. Mientras algunos estudios dicen que ésta sí que existe, otros concluyen lo contrario (Jouibari et al., 2019; Mahmoud et al., 2019; Sun et al., 2014; Farmer et al., 2015; Kim & Kim, 2016; Oliveira & Silva, 2016). Esto puede ser debido a que la postura no tiene tanta repercusión en la casuística de la CCNE como anteriormente se pensaba. Otra posibilidad a estas divergencias es que los cambios en la postura se produzcan mayoritariamente frente a fuerzas sostenidas en el tiempo. Como demuestran varios estudios, en mediciones realizadas al inicio de una actividad con el ordenador, los investigadores no encontraron diferencias significativas entre pacientes y controles, sin embargo, a medida que transcurría el tiempo en la actividad, el desplazamiento cervical que se producía en los pacientes era significativamente mayor que en el grupo asintomático (Falla et al., 2007; Szeto et al., 2002).

Al analizar el rango de movimiento de las personas con CCNE frente al grupo de sujetos asintomáticos, los resultados de este estudio muestran que durante el movimiento de flexión en sedestación existen diferencias significativas, haciendo el grupo sintomático mayor uso de la articulación cráneo-cervical y menor uso de la cérvico-torácica que el grupo control. Una posible explicación puede ser el aumento de movilidad en esta zona para disminuir el requerimiento de movimiento cérvico-torácico (aunque en esta última zona no se observan diferencias, quizás por el reducido

tamaño muestral). Dado que la sintomatología se muestra normalmente en las cervicales medias y bajas, tendría lógica que los pacientes tuvieran preferencia por la movilidad cráneo-cervical. Sin embargo, en el mismo movimiento de flexión en cuadrupedia solicitando sólo la articulación cráneo-cervical o solicitando sólo la articulación cervico-torácica, o en el movimiento de extensión en sedestación, no se encuentran diferencias significativas entre ambos grupos. Pese a la necesidad de cotejar los resultados con una muestra de tamaño mayor, todo parece apuntar a que tampoco el rango de movimiento puede explicar la sintomatología de estos pacientes. Esto iría en línea con los resultados de otros autores los cuales tampoco aprecian diferencias significativas en esta variable (Lascurain-Aguirrebeña et al., 2018).

En cuanto a características más relacionadas con el control motor y la sincronía articular del complejo cervical, la medida de grados de desplazamiento cervico-torácico en los momentos de inicio y retorno del movimiento tampoco ha reportado diferencias significativas entre ambos grupos. A pesar de que sí se aprecian visualmente, a través del análisis de vídeo, movimientos disfuncionales que tienen que ver con la sincronía o asincronía de las dos articulaciones analizadas, puede que sea necesario la implementación de nuevas características más centradas en el gradiente o pendiente que en el cambio entre una articulación u otra. De esta forma, podría suceder que, aunque la articulación cráneo-cervical y la cervico-torácica empiecen los movimientos de ida y regreso al mismo tiempo, la pendiente de cada una en los primeros grados pueda ser diferente. Esta hipótesis iría en relación con diferentes estudios donde se han encontrado mayores variaciones en la aceleración en sujetos con CCNE (Röijezon et al., 2010; Sjölander et al., 2008; Bahat et al., 2015), lo que sugiere pendientes más pronunciadas, posiblemente distintas entre ambas articulaciones.

La magnitud media de velocidad y aceleración sí ha reportado diferencias significativas entre ambos grupos. El grupo de sujetos con CCNE mostró una realización de los tests con movimientos más lentos y sin aceleraciones. Este hecho, soportado por varios estudios (Röijezon et al., 2010; Sjölander et al., 2008; Bahat et al., 2015; Tsang et al., 2016), podría estar relacionado con un factor de protección basado en el dolor que la persona puede padecer o el miedo a hacerse daño. Sin embargo, al analizar los datos con los cuestionarios de dolor de las últimas 24 horas y

de quinesofobia no se encontró correlación entre estas variables. Será necesario analizar en estudios posteriores esta correlación con una muestra de tamaño mayor. A pesar de que la escala de quinesofobia utilizada en este estudio es la escala estándar que se utiliza más frecuentemente en la práctica clínica, ésta es una escala muy genérica, que no refleja el miedo o anticipación que puede tener el paciente a la realización de un movimiento doloroso específico. Por lo tanto, será necesario un análisis más riguroso que tenga en cuenta la quinesofobia propia en el complejo cervical y no a nivel genérico.

Aunque en el presente estudio se han encontrado características significativas, entre pacientes con CCNE y asintomáticos (especialmente en las diferencias entre velocidades y aceleraciones), es posible que la sintomatología de los pacientes con CCNE no se pueda explicar con una sola variable sino que, al tratarse de un problema multifactorial, la casuística deba ser tratada de forma multidimensional.

La ausencia de diferencias entre grupos puede también ser sugestiva de una falta de relevancia de los factores biomecánicos en la etiología de la CCNE. Diversos estudios llevados a cabo en su mayoría en la última década han puesto de manifiesto la importancia crítica del procesamiento central de las señales nociceptivas en el desarrollo del dolor crónico musculoesquelético. En los mismos se constata que la exacerbación de los mecanismos pronociceptivos, es decir de aquellos fenómenos de plasticidad neuronal que amplifican la señal excitatoria nociceptiva, así como la pérdida de la antinocicepción o capacidad de modulación endógena de dolor, contribuyen ambos a la generación de un estado de sensibilización central del sistema nervioso que se manifiesta como un incremento de la excitabilidad y de la eficiencia sináptica de las neuronas nociceptivas y el aumento consiguiente de la percepción del dolor (Latremoliere et al., 2009; Woolf, 2011). La sensibilización central se manifiesta con dolor espontáneo, dolor a estimulación inocua (alodinia) y percepción exagerada de dolor en respuesta a la estimulación nociva (hiperalgesia). Estos cambios en el procesamiento del sistema nervioso central podrían explicar la presencia de dolor en ausencia de alteraciones biomecánicas (ROM, postura, control motor) considerables.

Además de lo hasta el momento comentado, la gran variabilidad entre datos en la mayoría de los experimentos realizados sugiere que en la CCNE existen subgrupos

con características diferenciadas. Al igual que en otras articulaciones, dentro de los pacientes con CCNE existen subgrupos de pacientes con hipermovilidad que posiblemente se beneficien más de un tratamiento orientado al ejercicio terapéutico para fortalecer esa musculatura en todo su rango articular, y pacientes con hipomovilidad que respondan mejor a tratamientos basados en terapia manual y estiramientos. A su vez, podemos también pensar por los resultados encontrados que existan subgrupos de pacientes que tengan un control motor deficitario que usen más la articulación cráneo-cervical donde sean necesarios tratamientos de ejercicios funcionales más centrados en el trabajo de la articulación cervico-torácica, y subgrupos de pacientes que hagan mayor uso de la articulación cervico-torácica donde el tratamiento a aplicar sea el contrario.

Es por todo ello que, en posteriores estudios se requiere la utilización de tamaños muestrales más amplios que sean representativos de la heterogeneidad de los pacientes, la inclusión de variables asociadas a la función del sistema nervioso central y un análisis multidimensional que abarque todas las variables que rodean la patología asociada a la CCNE.

4.1. LIMITACIONES

Este estudio experimental presenta dos limitaciones principales. La primera, los datos ofrecidos no han sido validados frente a un sistema comercial. Al tratarse la zona cervical de una región pequeña, dada la cercanía entre los marcadores, los errores de angulación que se puedan producir se ven ampliados por la distancia. Será necesario en estudios posteriores comparar el sistema de adquisición de datos propuesto frente a un sistema comercial (tipo Vicon®) que asegure que la medición es válida y se encuentra en rangos de precisión aceptables.

La segunda limitación es el número reducido de participantes. Dada la gran variabilidad encontrada entre los participantes, y a pesar de que no se hayan encontrado diferencias significativas entre el grupo experimental y el grupo control en cuanto a las variables de edad y antropométricas se refiere, la posible existencia de subgrupos entre los sujetos con CCNE hace necesario el trabajar con tamaños muestrales de mayor tamaño. En posteriores estudios será necesario ampliar este número para obtener una mayor sensibilidad y especificidad de los resultados.

4.2. IMPLICACIONES PARA LA INVESTIGACIÓN

Los resultados de este estudio abren diferentes líneas de investigación en el área del diagnóstico y tratamiento de la CCNE.

En primer lugar, con respecto a la postura y al rango de movimiento, se necesitan nuevos estudios que correlacionen estas variables con la fuerza y resistencia muscular en actividades sostenidas en el tiempo. En estos estudios será de gran interés incluir valoraciones extras de la posición de la columna torácica. Diferentes autores han encontrado una asociación entre la cifosis torácica y la alteración postural en la columna cervical (Blomgren et al., 2018). A pesar de que en el trabajo presente sólo se ha analizado la articulación cráneo-cervical y cervico-torácica, el análisis de la postura y el movimiento de la región torácica puede aportar una mayor información de la disfunción del paciente.

En relación al control motor, futuros estudios deberán implementar nuevas características que aporten mayor sensibilidad a la clasificación. Como se ha comentado anteriormente, es posible que características similares a las implementadas en este estudio dentro de la categoría de sincronismo articular, pero que estén más centradas en el gradiente o pendiente de los momentos de inicio de flexo-extensión, sean mejor discriminantes que el desplazamiento angular entre articulaciones.

Además, es necesario que futuras investigaciones se centren en un análisis estadístico multivariable en donde no se analicen características de forma independiente sino que se aplique algoritmia de clasificación que trabaje en N dimensiones (Katz, 2003), pudiendo así discriminar de forma más precisa entre grupos. Esta forma de trabajo, aunque necesita de un tamaño muestral más alto, puede permitir a su vez encontrar los subgrupos que parecen estar presentes dentro de los sujetos con CCNE tal y como se hipotetiza en este trabajo y en la literatura científica (Walton et al., 2017).

Además, dentro de este análisis multivariable, parece de interés incluir características que no sólo estén centradas en el aspecto biomecánico sino que también puedan analizar la sensibilización del sistema nervioso central.

5. CONCLUSIONES

- La sintomatología de los pacientes con CCNE no se puede explicar desde el punto de vista de posición, rango de movimiento articular ni control motor.
- La velocidad y la aceleración en el movimiento han mostrado diferencias significativas entre pacientes con CCNE y sujetos asintomáticos, siendo los pacientes con CCNE los que más lento y sin menos aceleraciones realizan los movimientos. No obstante, en el grupo CCNE, no existe correlación entre velocidad, aceleración y las variables de dolor y quinesofobia que explique esa disminución.
- La alta variación de resultados entre pacientes en el análisis de las diferentes características hace hipotetizar la existencia de subgrupos en la CCNE.
- Los resultados indican que es posible que sea necesario incorporar características fuera del índole biomecánico para encontrar la raíz del problema de la CCNE. Factores como la sensibilización del sistema nervioso central es posible que sean responsables de gran parte de la sintomatología de este tipo de pacientes.
- Se necesitan investigaciones adicionales con un mayor tamaño muestral que puedan abarcar la amplia casuística encontrada en la CCNE.

6. BIBLIOGRAFÍA

Anstey, R., Kongsted, A., Kamper, S., & Hancock, M. J. (2016). Are people with whiplash-associated neck pain different from people with nonspecific neck pain?. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 46(10), 894-901.

Bahat, H. S., Chen, X., Reznik, D., Kodesh, E., & Treleaven, J. (2015). Interactive cervical motion kinematics: sensitivity, specificity and clinically significant values for identifying kinematic impairments in patients with chronic neck pain. *Manual therapy*, 20(2), 295-302.

Blomgren, J., Strandell, E., Jull, G., Vikman, I., & Røijezon, U. (2018). Effects of deep cervical flexor training on impaired physiological functions associated with chronic neck pain: a systematic review. *BMC musculoskeletal disorders*, 19(1), 1-17.

Borghouts, J. A., Koes, B. W., & Bouter, L. M. (1998). The clinical course and prognostic factors of non-specific neck pain: a systematic review. *Pain*, 77(1), 1-13.

Buchbinder, R., Blyth, F. M., March, L. M., Brooks, P., Woolf, A. D., & Hoy, D. G. (2013). Placing the global burden of low back pain in context. *Best Practice & Research Clinical Rheumatology*, 27(5), 575-589.

Cagnie, B., Danneels, L., Van Tiggelen, D., De Loose, V., & Cambier, D. (2007). Individual and work related risk factors for neck pain among office workers: a cross sectional study. *European Spine Journal*, 16(5), 679-686.

Chan, L. L. Y., Wong, A. Y. L., Wang, M. H., Cheung, K., & Samartzis, D. (2020). The prevalence of neck pain and associated risk factors among undergraduate students: A large-scale cross-sectional study. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 76, 102934.

Childs, M. J. D., Fritz, J. M., Piva, S. R., & Whitman, J. M. (2004). Proposal of a classification system for patients with neck pain. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 34(11), 686-700.

Chiu, T. T. W., & Lo, S. K. (2002). Evaluation of cervical range of motion and isometric neck muscle strength: reliability and validity. *Clinical rehabilitation*, 16(8), 851-858.

Cimmino, M. A., Ferrone, C., & Cutolo, M. (2011). Epidemiology of chronic musculoskeletal pain. *Best practice & research Clinical rheumatology*, 25(2), 173-183.

Dumas, J. P., Arsenault, A. B., Boudreau, G., Magnoux, E., Lepage, Y., Bellavance, A., & Loisel, P. (2001). Physical impairments in cervicogenic headache: traumatic vs. nontraumatic onset. *Cephalalgia*, 21(9), 884-893.

Edmondston, S., Björnsdóttir, G., Pálsson, T., Solgård, H., Ussing, K., & Allison, G. (2011). Endurance and fatigue characteristics of the neck flexor and extensor muscles during isometric tests in patients with postural neck pain. *Manual therapy*, 16(4), 332-338.

Falla, D., Gizzi, L., Parsa, H., Dieterich, A., & Petzke, F. (2017). People with chronic neck pain walk with a stiffer spine. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 47(4), 268-277.

Falla, D., Jull, G., Russell, T., Vicenzino, B., & Hodges, P. (2007). Effect of neck exercise on sitting posture in patients with chronic neck pain. *Physical therapy*, 87(4), 408-417.

Falla, D., Lindstrøm, R., Rechter, L., & Farina, D. (2010). Effect of pain on the modulation in discharge rate of sternocleidomastoid motor units with force direction. *Clinical neurophysiology*, 121(5), 744-753.

Farmer, P. K., Snodgrass, S. J., Buxton, A. J., & Rivett, D. A. (2015). An investigation of cervical spinal posture in cervicogenic headache. *Physical therapy*, 95(2), 212-222.

Farrell, S. F., Smith, A. D., Hancock, M. J., Webb, A. L., & Sterling, M. (2019). Cervical spine findings on MRI in people with neck pain compared with pain-free controls: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 49(6), 1638-1654.

Genebra, C. V. D. S., Maciel, N. M., Bento, T. P. F., Simeão, S. F. A. P., & De Vitta, A. (2017). Prevalence and factors associated with neck pain: a population-based study. *Brazilian journal of physical therapy*, 21(4), 274-280.

Grip, H., Sundelin, G., Gerdle, B., & Karlsson, J. S. (2008). Cervical helical axis characteristics and its center of rotation during active head and upper arm movements—comparisons of whiplash-associated disorders, non-specific neck pain and asymptomatic individuals. *Journal of biomechanics*, *41*(13), 2799-2805.

Gustafsson, E., Thomée, S., Grimby-Ekman, A., & Hagberg, M. (2017). Texting on mobile phones and musculoskeletal disorders in young adults: a five-year cohort study. *Applied ergonomics*, *58*, 208-214.

Harms-Ringdahl, K., Ekholm, J. A. N., Schüldt, K., Németh, G., & Arborelius, U. P. (1986). Load moments and myoelectric activity when the cervical spine is held in full flexion and extension. *Ergonomics*, *29*(12), 1539-1552.

Hoving, J. L., Pool, J. J., Van Mameren, H., Devillé, W. J., Assendelft, W. J., De Vet, H. C., ... & Bouter, L. M. (2005). Reproducibility of cervical range of motion in patients with neck pain. *BMC musculoskeletal disorders*, *6*(1), 1-8.

Hoy, D., March, L., Woolf, A., Blyth, F., Brooks, P., Smith, E., ... & Buchbinder, R. (2014). The global burden of neck pain: estimates from the global burden of disease 2010 study. *Annals of the rheumatic diseases*, *73*(7), 1309-1315.

Hurwitz, E. L., Randhawa, K., Yu, H., Côté, P., & Haldeman, S. (2018). The Global Spine Care Initiative: a summary of the global burden of low back and neck pain studies. *European Spine Journal*, *27*(6), 796-801.

Hush, J. M., Michaleff, Z., Maher, C. G., & Refshauge, K. (2009). Individual, physical and psychological risk factors for neck pain in Australian office workers: a 1-year longitudinal study. *European spine journal*, *18*(10), 1532-1540.

Joshi, S., Balthillaya, G., & Neelapala, Y. R. (2019). Thoracic posture and mobility in mechanical neck pain population: A review of the literature. *Asian spine journal*, *13*(5), 849.

Jouibari, M. F., Le Huec, J. C., Ranjbar Hameghavandi, M. H., Moghadam, N., Farahbakhsh, F., Khadivi, M., ... & Kordi, R. (2019). Comparison of cervical sagittal parameters among patients with neck pain and healthy controls: a comparative cross-sectional study. *European spine journal*, *28*(10), 2319-2324.

Jull, G., Falla, D., Treleaven, J., & O'Leary, S. (2018). *Management of Neck Pain Disorders E-Book: a research informed approach*. Elsevier Health Sciences.

Katz, M. H. (2003). Multivariable analysis: a primer for readers of medical research. *Annals of internal medicine*, *138*(8), 644-650.

Kaya, D. Ö., & Çelenay, Ş. T. (2017). An investigation of sagittal thoracic spinal curvature and mobility in subjects with and without chronic neck pain: cut-off points and pain relationship. *Turkish journal of medical sciences*, *47*(3), 891-896.

Kim, E. K., & Kim, J. S. (2016). Correlation between rounded shoulder posture, neck disability indices, and degree of forward head posture. *Journal of physical therapy science*, *28*(10), 2929-2932.

Lascrain-Aguirrebeña, I., Newham, D. J., Galarraga-Gallastegui, B., & Critchley, D. J. (2018). Differences in neck surface electromyography, kinematics and pain occurrence during physiological neck movements between neck pain and asymptomatic participants. A cross-sectional study. *Clinical Biomechanics*, *57*, 1-9.

Latremoliere, A., & Woolf, C. J. (2009). Central sensitization: a generator of pain hypersensitivity by central neural plasticity. *The journal of pain*, *10*(9), 895-926.

Lemeunier, N., Suri-Chilana, M., Welsh, P., Shearer, H. M., Nordin, M., Wong, J. J., ... & Côté, P. (2020). Reliability and validity of clinical tests to assess the function of the cervical spine in adults with neck pain and its associated disorders: part 5. A systematic review from the Cervical Assessment and Diagnosis Research Evaluation (CADRE) collaboration. *European Journal of Physiotherapy*, *22*(6), 332-363.

Lindstroem, R., Graven-Nielsen, T., & Falla, D. (2012). Current pain and fear of pain contribute to reduced maximum voluntary contraction of neck muscles in patients with chronic neck pain. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, *93*(11), 2042-2048.

MacDermid, J. C., Walton, D. M., Avery, S., Blanchard, A., Etruw, E., Mcalpine, C., & Goldsmith, C. H. (2009). Measurement properties of the neck disability index: a systematic review. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, *39*(5), 400-417.

Malchaire, J., Roquelaure, Y., Cock, N., Piette, A., Vergracht, S., & Chiron, H. (2001). Musculoskeletal complaints, functional capacity, personality and psychosocial factors. *International archives of occupational and environmental health*, 74(8), 549-557.

Mahmoud, N. F., Hassan, K. A., Abdelmajeed, S. F., Moustafa, I. M., & Silva, A. G. (2019). The relationship between forward head posture and neck pain: a systematic review and meta-analysis. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*, 12(4), 562-577.

McKnight, P. E., & Najab, J. (2010). Mann-Whitney U Test. *The Corsini encyclopedia of psychology*, 1-1.

Mesas, A. E., González, A. D., Mesas, C. E., de Andrade, S. M., Magro, I. S., & del Llano, J. (2014). The association of chronic neck pain, low back pain, and migraine with absenteeism due to health problems in Spanish workers. *Spine*, 39(15), 1243-1253.

Muceli, S., Farina, D., Kirkesola, G., Katch, F., & Falla, D. (2011). Reduced force steadiness in women with neck pain and the effect of short term vibration. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 21(2), 283-290.

Nejati, P., Lotfian, S., Moezy, A., & Nejati, M. (2015). The study of correlation between forward head posture and neck pain in Iranian office workers. *International journal of occupational medicine and environmental health*, 28(2).

O'Leary, S., Jull, G., Kim, M., & Vicenzino, B. (2007). Cranio-cervical flexor muscle impairment at maximal, moderate, and low loads is a feature of neck pain. *Manual therapy*, 12(1), 34-39.

Ohberg, F., Grip, H., Wiklund, U., Sterner, Y., Karlsson, J. S., & Gerdle, B. (2003). Chronic whiplash associated disorders and neck movement measurements: an instantaneous helical axis approach. *IEEE transactions on information technology in biomedicine*, 7(4), 274-282.

Oliveira, A. C., & Silva, A. G. (2016). Neck muscle endurance and head posture: a comparison between adolescents with and without neck pain. *Manual therapy, 22*, 62-67.

Patroncini, M., Hannig, S., Meichtry, A., & Luomajoki, H. (2014). Reliability of movement control tests on the cervical spine. *BMC musculoskeletal disorders, 15*(1), 1-8.

Poussa, M. S., Heliövaara, M. M., Seitsamo, J. T., Könönen, M. H., Hurmerinta, K. A., & Nissinen, M. J. (2005). Predictors of neck pain: a cohort study of children followed up from the age of 11 to 22 years. *European Spine Journal, 14*(10), 1033-1036.

Prushansky, T., Gepstein, R., Gordon, C., & Dvir, Z. (2005). Cervical muscles weakness in chronic whiplash patients. *Clinical biomechanics, 20*(8), 794-798.

Quek, J., Pua, Y. H., Clark, R. A., & Bryant, A. L. (2013). Effects of thoracic kyphosis and forward head posture on cervical range of motion in older adults. *Manual therapy, 18*(1), 65-71.

Ris, I., Juul-Kristensen, B., Boyle, E., Kongsted, A., Manniche, C., & Søgaard, K. (2017). Chronic neck pain patients with traumatic or non-traumatic onset: Differences in characteristics. A cross-sectional study. *Scandinavian journal of pain, 14*(1), 1-8.

Röijezon, U., Djupsjöbacka, M., Björklund, M., Häger-Ross, C., Grip, H., & Liebermann, D. G. (2010). Kinematics of fast cervical rotations in persons with chronic neck pain: a cross-sectional and reliability study. *BMC musculoskeletal disorders, 11*(1), 1-10.

Rudolfsson, T., Björklund, M., & Djupsjöbacka, M. (2012). Range of motion in the upper and lower cervical spine in people with chronic neck pain. *Manual therapy, 17*(1), 53-59.

Safiri, S., Kolahi, A. A., Hoy, D., Buchbinder, R., Mansournia, M. A., Bettampadi, D., ... & Ferreira, M. L. (2020). 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, 368*.

Scott, D., Sterling, M., & Jull, G. (2004). A psychophysical investigation of pain processing mechanisms in chronic neck pain. *Clin J Pain*.

Sjölander, P., Michaelson, P., Jaric, S., & Djupsjöbacka, M. (2008). Sensorimotor disturbances in chronic neck pain—range of motion, peak velocity, smoothness of movement, and repositioning acuity. *Manual therapy*, 13(2), 122-131.

Stenneberg, M. S., Rood, M., de Bie, R., Schmitt, M. A., Cattrysse, E., & Scholten-Peeters, G. G. (2017). To what degree does active cervical range of motion differ between patients with neck pain, patients with whiplash, and those without neck pain? A systematic review and meta-analysis. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 98(7), 1407-1434.

Strine, T. W., & Hootman, J. M. (2007). US national prevalence and correlates of low back and neck pain among adults. *Arthritis Care & Research*, 57(4), 656-665.

Sun, A., Yeo, H. G., Kim, T. U., Hyun, J. K., & Kim, J. Y. (2014). Radiologic assessment of forward head posture and its relation to myofascial pain syndrome. *Annals of rehabilitation medicine*, 38(6), 821.

Szeto, G. P., Straker, L., & Raine, S. (2002). A field comparison of neck and shoulder postures in symptomatic and asymptomatic office workers. *Applied ergonomics*, 33(1), 75-84.

Tsang, S. M., Szeto, G. P., & Lee, R. Y. (2016). Relationship between neck acceleration and muscle activation in people with chronic neck pain: Implications for functional disability. *Clinical Biomechanics*, 35, 27-36.

Vernon, H. (2008). The Neck Disability Index: state-of-the-art, 1991-2008. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*, 31(7), 491-502.

Vingård, E. (2006). Chapter 5.6: Major public health problems—musculoskeletal disorders. *Scandinavian journal of public health*, 34(67_suppl), 104-112.

Walton, D. M., Kwok, T. S., Mehta, S., Loh, E., Smith, A., Elliott, J. & Sterling, M. (2017). Cluster analysis of an international pressure pain threshold database identifies 4 meaningful subgroups of adults with mechanical neck pain. *The Clinical Journal of Pain*, 33(5), 422-428.

Watson, D. H., & Trott, P. H. (1993). Cervical headache: an investigation of natural head posture and upper cervical flexor muscle performance. *Cephalalgia*, *13*(4), 272-284.

Westaway, M. D., Stratford, P. W., & Binkley, J. M. (1998). The patient-specific functional scale: validation of its use in persons with neck dysfunction. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, *27*(5), 331-338.

Woodhouse, A., & Vasseljen, O. (2008). Altered motor control patterns in whiplash and chronic neck pain. *BMC musculoskeletal disorders*, *9*(1), 1-10.

Woolf, C. J. (2011). Central sensitization: implications for the diagnosis and treatment of pain. *pain*, *152*(3), S2-S15.

Yu, M., Zhao, W. K., Li, M., Wang, S. B., Sun, Y., Jiang, L., ... & Liu, Z. J. (2015). Analysis of cervical and global spine alignment under Roussouly sagittal classification in Chinese cervical spondylotic patients and asymptomatic subjects. *European Spine Journal*, *24*(6), 1265-1273.

Yue, P., Liu, F., & Li, L. (2012). Neck/shoulder pain and low back pain among school teachers in China, prevalence and risk factors. *BMC public health*, *12*(1), 1-8.