



Programa de Doctorado en Ciencias de la Salud

**EJERCICIO ESPECÍFICO VERSUS NO ESPECÍFICO PARA LA
MUSCULATURA EXTENSORA CERVICAL EN MUJERES CON
DOLOR CERVICAL CRÓNICO IDIOPÁTICO: UN ENSAYO CLÍNICO
CONTROLADO ALEATORIZADO**

Tesis Doctoral presentada por

MOISÉS GIMÉNEZ COSTA

2022



Programa de Doctorado en Ciencias de la Salud

**EJERCICIO ESPECÍFICO VERSUS NO ESPECÍFICO PARA LA
MUSCULATURA EXTENSORA CERVICAL EN MUJERES CON
DOLOR CERVICAL CRÓNICO IDIOPÁTICO: UN ENSAYO CLÍNICO
CONTROLADO ALEATORIZADO**

Tesis Doctoral presentada por

MOISÉS GIMÉNEZ COSTA

Directores:

DR. ENRIQUE JUAN LLUCH GIRBÉS

DR. JOSUÉ FERNÁNDEZ CARNERO

Alcalá de Henares, 2022



*“Debería existir una ciencia del descontento.
Las personas necesitan tiempos difíciles para
desarrollar los músculos de su mente”.*

Frank Herbert

RECONOCIMIENTOS

La presente tesis doctoral es fruto de un largo camino de trabajo, que me han servido para obtener un crecimiento personal y una visión de la fisioterapia y de la investigación difícilmente alcanzable por otras vías. Evidentemente, esta tesis no habría podido convertirse en realidad sin la inestimable ayuda de numerosas personas, por lo que me gustaría mostrar un profundo agradecimiento a todas ellas, aún a riesgo de seguramente dejarme alguna sin nombrar.

Para comenzar, querría expresar mi más sincero agradecimiento al profesor y supervisor de esta tesis, el Dr. Enrique Lluch. Auténtico corazón del proyecto, nada de esto hubiese salido adelante sin su impulso, sin su saber y sin su infinita bondad y paciencia. Compañero, maestro y modelo a seguir en esta profesión. Y por encima de todo, nuestra amistad que espero nos siga uniendo para siempre. Casi toda esta tesis es tuya.

A mis otros dos supervisores, el profesor Dr. Daniel Pecos y el profesor Dr. Josué Sánchez por su orientación, paciencia, apoyo y comprensión. Gran parte de esta tesis doctoral es vuestra.

A la Universidad de Alcalá, y en particular a su Departamento de Fisioterapia, por brindarme la oportunidad de poder defender mi tesis doctoral bajo su amparo.

A todas las voluntarias que participaron en el estudio. Sin su amable contribución a la investigación, esta tesis no hubiese sido posible.

Agradecer a todos mis compañeros de profesión, amigos, alumnos y profesores. Una de las máximas en mi vida ha sido intentar rodearme de gente mejor que yo que me han ayudado a crecer como profesional y como persona. Especialmente quisiera destacar el papel del Dr. Rafael Torres. Hoy no estaría aquí si no fuese por ti, así que esto es culpa (y parte) tuya.

Mi más sincera gratitud a todos los que han colaborado directamente en la consecución de este trabajo. Al Dr. Jochen Schomacher por ser el alma del proyecto y darme una y otra vez el impulso necesario para seguir navegando cuando se avecinaban naufragios, tuya es casi toda esta tesis. A Trini, compañera de fatigas y persona extraordinaria, me llevo tu profesionalidad y tu amabilidad infinita y desinteresada (y ya sabes que la mitad de esto es tuyo). A la profesora Dra. Deborah Falla, la capitana de la investigación, ha sido un honor poder trabajar bajo tu batuta. También al Dr. Miguel Del Agua, por su ayuda de última hora. Y no menos importante a Carlos Murillo, que llegaste como un milagro en los momentos más difíciles y conseguiste que lo sacásemos adelante. La mayor parte de esto, es toda vuestra.

De manera muy especial, dar gracias a toda mi familia. A mis padres Pepe y Elena, por plantar la semilla del tesón y el trabajo durante toda mi vida e inculcarme el afán del saber y la superación. A mi hermano Pepe, por estar siempre a mi lado, dispuesto en cualquier momento a echarme un cable y prestarme un trocito de tu increíble experiencia académica. Gran parte de esta tesis ha sido siempre vuestra.

A mis hijos, que me enseñáis día a día las cosas más valiosas de esta vida y me hacéis sentir el padre más afortunado del mundo. Todo lo hago por vosotros, así que esto es todo vuestro.

Y finalmente, aunque no menos importante, a Raquel. La mejor compañera, consejera, amiga y confidente que se puede tener. Gracias por ofrecerme siempre tu apoyo y por regalarme tu tiempo y tus energías para poder llevar esto a cabo. Sabes que el 300% de esta tesis es tuya.

Se me da muy mal partir las tartas y las matemáticas.

RESUMEN

Antecedentes: Se ha demostrado que las personas con dolor cervical presentan alteraciones estructurales y funcionales de los músculos extensores cervicales. Un enfoque global de ejercicios dirigidos a todos los músculos extensores del cuello ha mostrado efectos positivos en esta población. Sin embargo, hasta la fecha, no se ha probado la eficacia de los ejercicios dirigidos específicamente a los extensores profundos del cuello ni se han comparado sus efectos con los ejercicios globales para los extensores cervicales.

Objetivos: Comparar los efectos sobre el dolor y la discapacidad de un programa de ejercicios específicos para los extensores inferiores profundos del cuello (EEIPC) frente a un programa de ejercicios para los extensores generales del cuello (EGC) en mujeres con dolor cervical crónico idiopático.

Métodos: Cuarenta y tres mujeres con dolor de cuello crónico idiopático fueron asignadas aleatoriamente a un programa de ejercicios de seis semanas de duración de EEIPC o de EGC. Como variable primaria, se midió la discapacidad cervical con el Índice de Discapacidad Cervical (NDI). Como variables secundarias, se midieron también la intensidad del dolor (EVA), el rango de movilidad (ROM) cervical, los umbrales de dolor a la presión (PPT), la postura cervical y torácica y el beneficio percibido por el paciente con el tratamiento (GROC). Todas las variables se midieron al inicio e inmediatamente después del tratamiento, excepto el NDI, que también se midió a los 6 meses de finalizar el tratamiento. El GROC sólo se evaluó después de la intervención.

Resultados: Ambas intervenciones (EEIPC y EGC) provocaron una reducción significativa de la discapacidad cervical inmediatamente después de la intervención (diferencia de medias [DM] dentro del grupo = -6,09; intervalo de confianza [IC] del 95%: -7,75, -4,42 y -4,73; IC del 95%: -6,57, -2,91 respectivamente) y a los 6 meses de seguimiento (-4,47; IC del 95%: -6,41, -2,53 y -4,74; IC del 95%: -6,50, -2,97), pero sin diferencias significativas entre ambos grupos. La intensidad del dolor mejoró significativamente después de la intervención, sin encontrarse diferencias significativas entre ambos grupos (DM dentro del grupo = -20,87 mm; IC del 95%: -28,55, -13,19 y -18,00 mm; IC del 95%: (-26,24, -9,76) para los grupos EEIPC y EGC, respectivamente). El ROM cervical mejoró en todas las direcciones en ambos grupos, sin diferencias significativas entre grupos. Se observó un aumento ligeramente mayor de los PPTs tanto locales como remotos en el grupo de ejercicio específico (EEIPC), sin diferencias entre grupos estadísticamente significativas. Las mediciones de la postura no mostraron un efecto significativo con ninguno de los dos programas de ejercicio, excepto en el ángulo cervical en posición relajada en el que se observó un efecto principal del tiempo entre grupos. El GROC mejoró después de ambas intervenciones sin ninguna diferencia significativa entre los grupos.

Conclusiones: Un programa de ejercicios de seis semanas de duración dirigido específicamente a los extensores profundos inferiores del cuello produce resultados comparables en términos de dolor, discapacidad, ROM y postura cervical y umbrales de dolor a la presión a los de un programa general de ejercicios para los extensores del cuello a medio plazo en mujeres con dolor de cuello crónico idiopático.

Palabras clave: dolor de cuello, ejercicio, extensores del cuello

ABSTRACT

Background: Structural and functional impairments of the cervical extensor muscles have been demonstrated in people with neck pain. A global exercise approach targeting all neck extensor muscles has shown positive effects in this population. However, to date, the efficacy of exercises specifically targeting the deep neck extensors has neither been tested nor compared to global exercises for the neck extensors.

Objectives: To compare the effects on pain and disability of a specific lower deep neck extensors (EEIPC) versus a general neck extensor (EGC) exercise program in women with chronic idiopathic neck pain.

Methods: Forty-three women with chronic idiopathic neck pain were randomly allocated to either a six-week EEIPC or a EGC exercise program. As primary outcome, neck disability was measured with the Neck Disability Index (NDI). Secondly, pain intensity (VAS), cervical ROM, pressure pain thresholds (PPTs), cervical and thoracic posture and self-perceived benefit of treatment (GROC) were also measured. Every outcome was measured at baseline and immediately after treatment, except NDI, which was also measured at 6-months follow-up. The GROC was only assessed post-intervention.

Results: Both interventions (EEIPC and EGC) resulted in a significant reduction in cervical disability immediately after the intervention (within-group mean difference (MD) = -6.09; 95% confidence interval (CI): -7.75, -4.42 and -4.73; 95% CI: -6.57, -2.91 respectively) and at 6-month follow-up (-4.47; 95% CI: -6.41, -2.53 and -4.74; 95% CI: -6.50, -2.97), but with no significant difference between

the two groups. Pain intensity improved significantly after the intervention, with no significant differences between the two groups (within-group MD = -20.87 mm; 95% CI: -28.55, -13.19 and -18.00 mm; 95% CI: (-26.24, -9.76) for the EEIPC and EGC groups, respectively). Cervical ROM improved in all directions in both groups, with no significant differences between groups. A slightly greater increase in both local and remote PPTs was observed in the specific exercise group (EEIPC), with no statistically significant between-group differences. Posture measurements showed no significant effect with either exercise programme, except for the relaxed cervical angle where a main effect of time was observed between groups. GROC improved after both interventions with no significant difference between groups.

Conclusions: A six-week exercise programme specifically targeting the lower deep extensors of the neck produces comparable results in terms of pain, disability, ROM and cervical posture and pain-to-pressure thresholds to those of a general exercise programme for the neck extensors over the medium term in women with idiopathic chronic neck pain.

Key words: neck pain, exercise, neck extensors

PUBLICACIONES

Los resultados experimentales obtenidos en esta tesis doctoral han dado lugar a las publicaciones siguientes:

ARTÍCULOS.

1. **Giménez-Costa, M.**, Schomacher, J., Murillo, C., Blanco-Hernández, T., Falla, D., & Lluch, E. (2022). Specific versus non-specific exercises for the neck extensor muscles in women with chronic idiopathic neck pain: A randomized controlled trial. *Musculoskeletal Science and Practice*, 60, 102561.

COMUNICACIONES ORALES/PÓSTER.

1. Presentación-póster en el WCPT 2019 Congress (Ginebra): Lluch-Girbés E, **Giménez-Costa M**, Blanco-Hernández T, Schomacher J, Falla D (2019) “Effect of specific versus general neck extensor exercises on pain and disability in women with chronic neck pain”.
2. Comunicación oral presentada en la I Jornada de Investigación en Fisioterapia y Dolor de la SEFID 2018: “Efecto del entrenamiento de los extensores cervicales en pacientes con dolor de cuello”. **Giménez-Costa M**
3. Presentación-póster presentada en la I Jornada de Investigación en Fisioterapia y Dolor de la SEFID 2018: Monzó-Peñalba I, **Giménez-Costa M**, Torres-Cueco R. (2018) “Papel de la musculatura extensora profunda cervical en el dolor de cuello: revisión bibliográfica.”

ÍNDICE

RECONOCIMIENTOS.....	1
RESUMEN	4
ABSTRACT	6
PUBLICACIONES	8
ÍNDICE	9
ÍNDICE DE TABLAS	12
ÍNDICE DE FIGURAS	13
ABREVIATURAS.....	14
I. INTRODUCCIÓN	15
1. Epidemiología	16
2. Músculos extensores cervicales	17
3. Dolor de cuello.....	21
4. Dolor cervical idiopático.....	22
5. Cambios estructurales en la musculatura cervical.....	25
5.1. Infiltración grasa	25
5.2. Área de sección transversal.....	27
6. Cambios funcionales en la musculatura cervical	29
6.1. Fuerza	29
6.2. Coordinación neuromuscular	30
6.3. Resistencia	34
6.4. Rendimiento y eficiencia	36
7. Ejercicio terapéutico para el dolor de cuello	38
II. JUSTIFICACIÓN, HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....	42
1. Justificación	43
2. Hipótesis de trabajo	46
3. Objetivos.....	47
3.1. Objetivo principal	47
3.2. Objetivos secundarios.....	47
III. MATERIAL Y MÉTODOS.....	48
1. Diseño del estudio	49
2. Participantes	49

3. Intervenciones	52
3.1. Programa de ejercicios específicos para los extensores profundos inferiores del cuello (EEIPC)	56
3.2. Programa de ejercicios para los extensores generales del cuello (EGC)	59
4. Procedimiento experimental	62
5. Variables de medición de los resultados del tratamiento	63
5.1. Discapacidad cervical	63
5.2. Intensidad del dolor.....	64
5.3. Rango de movimiento cervical (ROM).....	64
5.4. Umbrales de dolor a la presión (PPTs)	65
5.5. Postura cervical y torácica	67
5.6. Beneficio percibido por el paciente con el tratamiento (GROC).....	71
6. Tamaño de la muestra	71
7. Aleatorización y cegamiento	72
8. Análisis estadístico	72
IV. RESULTADOS.....	74
1. Intensidad del dolor y discapacidad cervical.....	76
2. ROM cervical	78
3. PPTs.....	82
4. Postura cervical y torácica	84
5. Beneficio percibido por el paciente con el tratamiento (GROC).....	88
V. DISCUSIÓN	90
1. Intensidad del dolor y discapacidad cervical.....	93
2. ROM cervical	94
3. PPTs.....	95
4. Postura cervical y torácica	97
5. Beneficio percibido por el paciente con el tratamiento (GROC).....	103
6. Implicaciones clínicas	103
7. Limitaciones.....	106
VI. CONCLUSIONES	110
Financiación.....	113
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	114
VIII. APÉNDICES	153
APÉNDICE 1: Aprobación del Comité de Ética	154
APÉNDICE 2: Modelos de consentimiento informado	155

APÉNDICE 3: Hoja de ejercicios para pacientes del grupo EEIPC	157
APÉNDICE 4: Hoja de ejercicios para pacientes del grupo EGC	158
APÉNDICE 5: Hojas de control de asistencia de los participantes y diario de cumplimiento de los ejercicios	159
APÉNDICE 6: Neck Disability Index (Versión española)	161

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ejemplo de dosificación y duración de los ejercicios para una sola sesión de ejercicio domiciliaria.....	54
Tabla 2. programa de ejercicios específicos para los extensores profundos inferiores del cuello (EEIPC).....	57
Tabla 3. programa de ejercicios para los extensores generales del cuello (EGC)	60
Tabla 4. Datos de los resultados para el dolor y la discapacidad cervical.....	76
Tabla 5. Datos de los resultados para el ROM cervical.....	78
Tabla 6. Datos de los resultados para los PPTs.....	82
Tabla 7. Datos de los resultados para las mediciones posturales cervicales y torácicas.	85
Tabla 8. Datos de los resultados para el beneficio percibido por el paciente con el tratamiento.	88
Tabla 9. interacción entre tiempo y grupos y el efecto principal para todas las variables.	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Disposición de las capas y músculos específicos de la musculatura extensora del cuello.	18
Figura 2. Prueba de resistencia de los extensores cervicales.....	52
Figura 3. Dispositivo goniométrico cervical CROM utilizado para medir la amplitud del movimiento cervical.	65
Figura 4. Algómetro digital (Somedic Production, Estocolmo, Suecia).....	67
Figura 5. Posturas incluidas en el análisis de la postura sentada.	69
Figura 6. Ángulo cervical.	70
Figura 7. Ángulo Torácico.	70
Figura 8. Flujo y retención de los participantes	75
Figura 9. NDI. Los datos se expresan como media y error estándar.	77
Figura 10. ROM cervical.....	80
Figura 11. PPT.	83
Figura 12. Postura en posición relajada.	86
Figura 13. Postura en posición recta activa.	87
Figura 14. Postura en posición corregida por el terapeuta.....	87

ABREVIATURAS

CONSORT	Consolidated Standards Of Reporting Trials
DM	Diferencia de Medias
EEIPC	Específicos para los extensores inferiores profundos del cuello
EGC	Exensores generales del cuello
EMG	Electromiografía
EVA	Escala Visual Analógica (VAS: <i>Visual Analogue Scale</i>)
GROC	Valoración global del cambio (Global rating of change)
IC	Intervalo de Confianza
ICC	Coefficiente de correlación intraclase (intraclass correlation coefficient)
MCID	Diferencia mínima clínicamente importante (Minimum clinically important difference)
MCV	Máxima contracción voluntaria
NDI	Índice de Discapacidad Cervical (<i>Neck Disability Index</i>)
PPT	Umbral de dolor a la presión (Pressure Pain Treshold)
ROM	Rango de Movilidad (Range of Motion)
TA	Tibial Anterior
WAD	Trastornos asociados a latigazo cervical (Whiplash associated disorders)

I. INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

1. Epidemiología

El dolor de cuello es una afección prevalente que afecta anualmente a entre el 30% y el 50% de la población general (Fejer, Kyvik, & Hartvigsen, 2006; Haldeman, Carroll, & Cassidy, 2010; Vasseljen, Woodhouse, Bjørngaard, & Leivseth, 2013; Vos, Verhagen, Passchier, & Koes, 2008), con una tasa de incidencia entre el 10% y el 21% (Hoy et al., 2014; Hoy, Protani, & Buchbinder, 2010). Revisiones más recientes, han mostrado que las cifras extraídas entre 1990 a 2017 no han mostrado una variación significativa con respecto a los informes anteriores (Safiri et al., 2020; Shin et al., 2022), con unas tasas de prevalencia de dolor de cuello a nivel mundial en 2019 (por cada 100.000 habitantes) de 2.696,5, de incidencia de 579,1 y de años vividos con discapacidad por 100000 habitantes de 267,4 (Shin et al., 2022). Las tasas de prevalencia son superiores en el sexo femenino, especialmente en las mujeres de alrededor de 45 años (Fejer et al., 2006; Hoy et al., 2010), presentando las mujeres además más años de vida con discapacidad que los hombres. (Shin et al., 2022)

Más concretamente, en España, según el reporte del Spanish National Health Survey en 2017, la prevalencia es marcadamente mayor en mujeres (44.54%) respecto a los hombres (26.33%) (Palacios-Ceña et al., 2015; Palacios-Ceña et al., 2021).

Tras padecer un episodio agudo de dolor de cuello, aproximadamente el 50% de las personas sufren episodios recurrentes durante el primer año

(Vasseljen et al., 2013; Vos et al., 2008) y entre el 50% y el 85% de las personas de la población general que experimentan un primer episodio de dolor de cuello volverán a padecer dolor cervical entre 1 y 5 años después (Carroll et al., 2009). Por tanto, se puede afirmar que el dolor cervical es una condición clínica con una alta tendencia a cronificarse, aunque debería precisarse si la cualidad de crónico se debe a la presencia de un dolor episódico recurrente o un proceso con dolor continuo (Enthoven, Skargren, & Oberg, 2004; Vos et al., 2008).

Estas cifras epidemiológicas nos pueden apuntar a que la carga económica y social del dolor de cuello sea muy elevada (Alonso-Garcia & Sarria-Santamera, 2020; Niemeläinen, Videman, & Battié, 2006). Esta carga económica, junto con los problemas intrínsecos de padecer el dolor, supondrá por tanto un impacto importante en la calidad de vida de las personas que lo sufren (Hoy et al., 2014; Vos, et al., 2017) y supondrá una fuente importante de absentismo y bajas laborales (Hogg-Johnson et al., 2009a). Por todo ello, será un elevado número de pacientes con dolor cervical los que requerirán tratamiento especializado por parte de un profesional sanitario (Bogduk & McGuirk, 2006).

2. Músculos extensores cervicales

A continuación, se presenta un breve repaso de la anatomía, distribución y función de los músculos extensores cervicales para la comprensión del resto de aspectos del marco teórico, la metodología y los factores que se han tenido en cuenta en el diseño del presente estudio.

La musculatura extensora cervical sigue una organización estructural dividida en cuatro capas (Stokes, Hides, Elliott, Kiesel, & Hodges, 2007) (Figura 1).

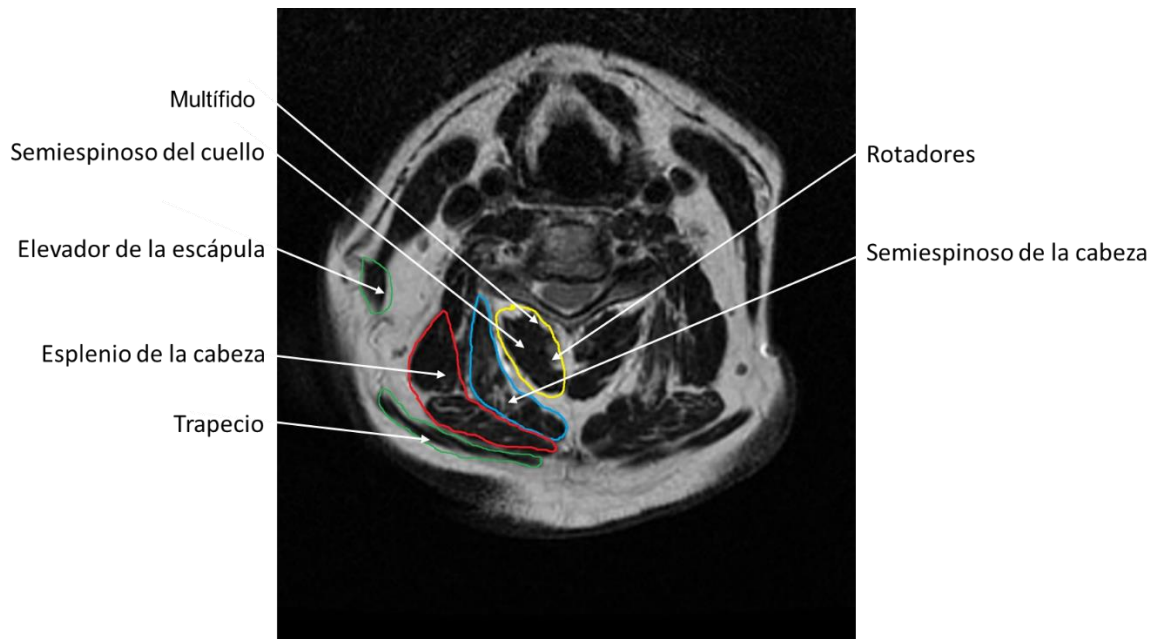


Figura 1. Disposición de las capas y músculos específicos de la musculatura extensora del cuello.

Verde: primera capa. Rojo: segunda capa. Azul: tercera capa. Amarillo: cuarta capa.

En la **primera capa** se encuentran el trapecio superior y el elevador de la escápula que, aunque anatómicamente presenten localización e inserciones en la columna cervical y el occipital, desde el punto de vista funcional se suelen considerar músculos de la cintura escapular (Mayoux-Benhamou, Revel, & Vallee, 1997).

La **segunda capa** está formada exclusivamente por el músculo esplenio de la cabeza, que es responsable de contribuir a la extensión, la rotación homolateral y la inclinación homolateral del cuello (Takebe, Vitti, & Basmajian, 1974).

La **tercera capa** está compuesta por el músculo semiespinoso de la cabeza (Takebe et al., 1974). Aunque anatómicamente el semiespinoso del cuello podría considerarse parte de esta capa, por consideraciones funcionales se incluye en la cuarta capa, dentro de los extensores profundos (Vasavada, Li, & Delp, 1998).

Finalmente, la **cuarta capa** y más profunda la componen el semiespinoso del cuello, el multífido del cuello y la musculatura suboccipital (rotadores y extensores craneocervicales) (Vasavada et al., 1998).

El semiespinoso del cuello tiene su origen en las apófisis transversas de las vértebras desde T1 a T5/T6 y acaba insertándose en las apófisis espinosas de los niveles C2 a C5 pudiendo llegar hasta C7 (Greiner, Bedford, & Walker, 2004). Según algunos autores, el semiespinoso del cuello, el multífido y los rotadores forman desde un punto de vista funcional el músculo transversoespinoso, el cual realiza las acciones de extensión, rotación contralateral e inclinación homolateral del cuello (Anderson, Hsu, & Vasavada, 2005).

El multífido es el músculo más profundo con conexiones directas a las vértebras cervicales. A diferencia del multífido torácico y el multífido lumbar que se originan en las apófisis transversas y en las apófisis mamilares, respectivamente, las fibras del multífido cervical tienen su origen en las cápsulas de las articulaciones facetarias. Este hecho podría explicar la implicación del multífido cervical en los procesos patológicos que afectan a las facetas articulares cervicales (p.ej. síndrome de dolor facetario) (Anderson et al., 2005).

Los extensores craneocervicales están formados por el recto posterior mayor de la cabeza, el oblicuo superior de la cabeza y el oblicuo inferior de la cabeza (que conforman el llamado triángulo suboccipital) y el recto posterior menor de la cabeza. El oblicuo inferior de la cabeza juega un papel importante en el control del movimiento del segmento C1/C2, fundamentalmente en el movimiento de rotación y en la disociación de la posición ocular respecto al movimiento de la cabeza (Bexander, Mellor, & Hodges, 2005). Los rotadores son músculos cortos transversoespinosos que se encuentran próximos al arco vertebral y a la apófisis espinosa, y se sitúan mediales al multifido. Su función es rotar la vértebra contralateralmente (Schomacher & Falla, 2013).

Esta última capa más profunda, debido a sus inserciones de estos músculos (realizando momentos de fuerza con brazos de palanca pequeños) y por su alta proporción de fibras de contracción lenta del tipo I (alrededor del 70%) (Boyd-Clark, Briggs, & Galea, 2001), tiene un papel biomecánicamente importante en la estabilización de la columna cervical (Schomacher & Falla, 2013).

La distribución de los músculos extensores cervicales en capas más profundas o superficiales también tiene relación con su actividad muscular. Así, los músculos más profundos presentan mayor actividad muscular relacionada con la estabilización de los segmentos cervicales, movimientos de baja carga y contracciones isométricas, mientras que los músculos de capas más superficiales se encargan de movimientos más amplios de cabeza y brazos y de la alta carga (Boyd-Clark et al., 2001). Esto se ha confirmado mediante estudios con elastosonografía cuantitativa llevados a cabo en sujetos asintomáticos, dónde se observó una mayor rigidez activa y pasiva en la musculatura extensora

profunda (semiespinoso del cuello y multifido) en movimientos de extensión isométrica en comparación a músculos de capas más superficiales (trapecio o esplenio de la cabeza) (Dieterich et al., 2017).

3. Dolor de cuello

El **dolor de cuello** se define como cualquier dolor localizado tanto en la región posterior (que se comprende en el espacio entre la línea nugal superior las espinas de ambas escápulas) como en la región anterolateral del cuello (delimitada superiormente por el hioides y la apófisis mastoides, e inferiormente por el borde superior de las clavículas y el manubrio del esternón) (Guzman et al., 2009).

Existe discrepancia a la hora incluir en la definición de dolor de cuello, la irradiación del dolor a miembros superiores, cabeza o tronco. Por una parte, hay autores que consideran que el dolor irradiado (no así el dolor referido) debe excluirse de la definición de dolor cervical por considerarse propio del dolor radicular, presentando unos mecanismos patofisiológicos diferenciados del dolor de cuello (Bogduk, 2011). Por lo contrario, otros autores incluyen dentro de la definición de dolor de cuello tanto el dolor sin irradiación como el dolor con irradiación a miembros inferiores, cabeza o tronco (Guzman et al., 2009).

A diferencia del dolor lumbar, hasta el momento no existe un sistema de clasificación validado o recomendado para el dolor cervical (Hidalgo et al., 2017). Siguiendo criterios patoanatómicos y basados en el razonamiento clínico, se ha clasificado el dolor cervical en (Blanpied et al., 2017):

- Dolor cervical producido por patología grave (banderas rojas). En este apartado se incluirían los cuadros tumorales, las fracturas graves o los cuadros sistémicos como los procesos infecciosos (Childress & Stueck, 2020).
- Dolor cervical provocado por un cuadro clínico reconocible y atribuible a una estructura específica (p.ej. síndrome facetario o dolor discogénico) (Bogduk, 2011).
- Dolor cervical de origen radicular (Bogduk, 2009; Smeal, Tyburski, & Alleva, 2004).
- Dolor cervical idiopático (Binder, 2008; Blanpied et al., 2017).

4. Dolor cervical idiopático

El dolor cervical crónico idiopático se define como aquel dolor cervical de más de 3 meses de duración, sin que se haya dado la presencia de traumatismos, hernias cervicales con síntomas clínicos o radiculopatía. (Blanpied et al., 2017; Dewitte et al., 2016). Algunos autores proponen otras etiquetas diferentes para referirse al dolor cervical idiopático como espondilosis cervical (Binder, 2008; Binder, 2007) o dolor mecánico cervical (Blanpied et al., 2017; Ferrari, & Russell, 2003). Sin embargo, la relación directa entre cambios degenerativos en las estructuras de la columna cervical, sobre todo las facetas articulares, y la presentación clínica de los pacientes es en la mayoría de casos muy difícil de establecer, sobre todo por la presencia de cambios patológicos en las pruebas de imagen en sujetos asintomáticos y, al contrario, ausencia de signos radiológicos en pacientes con dolor (Gellhorn, 2011; Haldeman et al., 2010; Nakashima et al., 2015; Okada et al., 2009). Por eso, determinados autores

proponen que debería evitarse el uso de taxonomías como espondilosis cervical por contradecirse con la posible etiología de los cuadros (Blanpied et al., 2017; Torres-Cueco, 2008; Torres-Cueco, 2017).

El objetivo de numerosos estudios ha sido el de intentar localizar las estructuras responsables del dolor de cuello para ayudar en la toma de decisiones clínicas y que éstas sean más eficientes (Bogduk, & McGuirk, 2006). Entre estas estructuras destacan los componentes articulares, ya sean discales (Bogduk, & Aprill, 1993; Grubb, & Kelly, 2000) o facetarios (Bogduk, & Marsland, 1988; Bogduk, & Aprill, 1993; Cooper, Bailey, & Bogduk, 2007), así como las estructuras musculares (Lucas, Macaskill, Irwig, Moran, & Bogduk, 2009; Myburgh, Larsen, & Hartvigsen, 2008; Tough, White, Richards, & Campbell, 2007). Estos estudios, basados en mapeos de dolor y patrones de dolor referido, demuestran que existe mucho solapamiento en cuanto a estructuras generadoras y niveles segmentarios de dichas estructuras. Sin embargo, lo que sí indican estos estudios es que es probable que los patrones de dolor referido no vengán determinados por las propias estructuras anatómicas, sino por el tejido neural que las inerva (Bogduk, 2011). La hipótesis de que los procesos inflamatorios y degenerativos que afecten a las estructuras discales y facetarias sean responsables de los síntomas en ciertos cuadros clínicos no se puede descartar (Bogduk, & Yoganandan, 2001; Gellhorn, 2011). De hecho, estudios post-mortem de sujetos que habían sufrido de dolor crónico de cuello en vida han mostrado frecuentes cambios degenerativos tanto en disco como en las facetas (Bogduk & Yoganandan, 2001; Taylor & Taylor, 1996; Taylor, Twomey, & Kakulas, 1998). Al igual que se conocen estos cambios en la musculatura flexora profunda del cuello, también se conoce que los extensores profundos del

cuello pueden presentar adaptaciones estructurales y funcionales similares en las personas con dolor cervical idiopático (De Pauw et al., 2016; Jull, Falla, Treleaven, & O'Leary, 2018). No debería obviarse el hecho clínico de que gran parte de los pacientes con dolor cervical idiopático refieren su dolor a estructuras posteriores incluidos los músculos extensores y raramente apuntan hacia estructuras anteriores del raquis cervical (Hidalgo et al., 2017).

Más recientemente, y ante la dificultad de encontrar causas patoanatómicas para el dolor cervical (Binder, 2008; Bogduk, 2011), han comenzado a proponerse clasificaciones y taxonomías basadas en la identificación de patrones clínicos específicos (Blanpied et al., 2017; Childs et al., 2004; Fritz & Brennan, 2007; Wang, Olson, Campbell, Hanten, & Gleeson, 2003). Estas clasificaciones se han propuesto con el fin de mejorar la capacidad de comprensión de las presentaciones clínicas o las disfunciones específicas que presentan los pacientes y posibilitar la elección de los tratamientos más apropiados, mejorando así los resultados (Blanpied et al., 2017; Childs et al., 2004; Dewitte et al., 2016).

Dentro del paradigma biopsicosocial, podría considerarse que existen una serie de factores que contribuyen al dolor cervical idiopático y a su transición de agudo a crónico. Entre estos factores se encuentran aquellos factores de riesgo no modificables relacionados con las características patoanatómicas del individuo (por ejemplo, antecedentes traumáticos, la edad, el sexo y las influencias genéticas) y aquellos factores de riesgo no modificables, que presentan más relación con las características psicosociales (por ejemplo, el

tabaquismo, la actividad física y el sedentarismo, las creencias, el estilo de afrontamiento, las expectativas y la satisfacción laboral) (Hidalgo et al., 2017).

Los sujetos con dolor cervical idiopático, por tanto, desarrollan unas alteraciones en la forma y composición de sus estructuras anatómicas. También se verá alterada la función muscular en estos sujetos. Ambas cosas, la estructura y la función alteradas, pueden acabar teniendo manifestaciones clínicas.

5. Cambios estructurales en la musculatura cervical

Como se ha mencionado anteriormente, se ha demostrado que la estructura y configuración del tejido muscular presenta cambios evidenciables en pacientes con dolor de cuello, tanto de origen traumático (p.ej. el latigazo cervical), como en dolor cervical de más larga duración o crónico. Las alteraciones estructurales de los músculos cervicales más estudiadas en sujetos con dolor cervical han sido la infiltración grasa y la disminución del área de sección transversal (Jull et al., 2018).

5.1. Infiltración grasa

La infiltración grasa muscular es un fenómeno observado en la musculatura cervical, sobre todo en pacientes con trastornos asociados a un latigazo cervical (WAD). Se ha reportado su existencia sobre todo en la musculatura flexora cervical (Elliott, O'Leary et al., 2010), pero también en los músculos extensores de la columna cervical (Elliott, et al., 2006; Elliott et al., 2009). La frecuencia y la cantidad en la que se produce depende del músculo específico y del nivel del segmento cervical en el que se localiza (Elliott et al.,

2010). Este infiltrado graso tiene predilección a situarse en musculatura más profunda (como los músculos suboccipitales y el multífido), bilateralmente (Elliott et al., 2008) y en las porciones mediales de dichos músculos (Smith et al., 2020). También se ha observado que este fenómeno tiene tendencia a revertir en pacientes que se recuperan, y no así en aquellos que continúan con síntomas que acaban cronificándose (Smith et al., 2020). La infiltración grasa de los músculos extensores cervicales también aparece en sujetos con alteraciones patológicas del alineamiento como la escoliosis cervical, existiendo una relación directa entre el grado de infiltración grasa y la evolución de la deformidad escoliótica (Passias et al., 2018). La presencia de infiltración grasa en los músculos extensores cervicales superiores se asocia con la pérdida de la lordosis cervical, mientras que la infiltración grasa en la musculatura extensora cervical inferior se asocia más con el grado de discapacidad funcional cervical (Kim, Lee, Lim, & Choi, 2018). Sin embargo, el grado de infiltración grasa no parece ser tan severo en pacientes con dolor cervical idiopático. De hecho, estudios con resonancia magnética han encontrado cambios en forma de infiltración grasa de los músculos suboccipitales y extensores cervicales significativamente más importantes en pacientes con WAD al ser comparados con pacientes con dolor cervical idiopático (Elliott et al., 2006).

Estos cambios histológicos en la composición del músculo se han observado también tras diferentes procedimientos quirúrgicos de la columna cervical como la discectomía, la laminoplastia o la fusión vertebral (Matsumoto et al., 2012; Wang et al., 2022). En los músculos extensores que tienen una importante función propioceptiva, estos cambios estructurales en su

configuración muscular pueden dar lugar a alteraciones en el equilibrio y la estabilidad postural (Mitsutake et al., 2016).

5.2. Área de sección transversal

Otro de los fenómenos estructurales que se dan en la musculatura cervical de pacientes con dolor cervical idiopático es la pérdida de área de sección transversal (atrofia).

Se sabe de la existencia de una correlación positiva significativa entre el área de sección transversal y la fuerza que pueden ejercer los músculos extensores (Mayoux-Benhamou, Wybier, & Revel, 1989). Los cambios respecto a la disminución del área de sección transversal son similares en la musculatura flexora, siendo muy marcada esta pérdida en sujetos con WAD (Elliott et al., 2010).

En condiciones normales, el área de sección transversal va progresivamente aumentando durante la primera treintena de vida, para luego ir disminuyendo a partir de los cuarenta años, siendo esta pérdida más marcada en pacientes con presencia de síntomas como dolor o sensación de rigidez cervical (Okada et al., 2011). Sin embargo, esta pérdida del área de sección transversal no parece estar directamente relacionada con la aparición de cambios degenerativos discales (Okada et al., 2011).

Sí parece haber diferencia en cuanto a la variación de grosor de los músculos cervicales entre mujeres y hombres, pero no así con la resistencia al estiramiento (Nagai, Schilaty, Krause, Crowley, & Hewett, 2020). Se ha

observado que el área de sección transversal es inferior en músculos como el multífido cervical en mujeres con presencia de dolor cervical en comparación con la población asintomática (Fernández-De-Las-Peñas, Albert-Sanchís, Buil, Benitez, & Albuquerque-Sendín, 2008).

La pérdida del área de sección transversal en pacientes con dolor cervical es más importante en ciertos segmentos como C3, que presenta ya de por sí un área de corte transversal menor en el multífido cervical en población normal, y en otros niveles como C6, mostrando una alteración en la morfología con una forma ovoide más ancha (Fernández-De-Las-Peñas et al., 2008).

El déficit en el área de sección transversal de un determinado músculo cervical parece también estar relacionado con la ventaja mecánica que posee dicho músculo y por tanto la actividad que puede realizar para el mantenimiento de la configuración de la curva sagital cervical. Así, se ha observado que la pérdida de área de sección transversal de la musculatura extensora profunda en pacientes con dolor cervical está relacionada con el grado de lordosis de la segunda vértebra cervical en relación con la séptima vértebra (Lau, Chiu, & Lam, 2010). Este cambio en la lordosis haría aumentar el momento de fuerza externo producido por el peso de la cabeza, requiriendo mayor actividad de los músculos superficiales, lo cual podría explicar en parte los cambios en la coactivación entre la musculatura superficial y profunda (p.ej. entre el semiespinoso del cuello y el esplenio de la cabeza) (Yajima, Nobe, Takayama, & Takakura, 2022).

Recientemente se ha observado además que esta pérdida del área de sección transversal es bastante específica en aquellos pacientes con dolor cervical idiopático, que han mostrado menores áreas de sección transversal para

músculos más profundos como el semiespinoso del cuello y mayores para músculos más superficiales como el esplenio de la cabeza (Kahlaee, Rezasoltani, & Ghamkhar, 2017).

6. Cambios funcionales en la musculatura cervical

Como ya se ha comentado en el apartado anterior, los cambios estructurales en la composición de la musculatura cervical en sujetos con dolor cervical tienen consecuencias funcionales, que se manifiestan clínicamente en alteraciones en la ejecución (fuerza, coordinación o eficacia del movimiento realizado, entre otras), y también en la discapacidad (Lindstrøm, Schomacher, Farina, Rechter, & Falla, 2011).

6.1. Fuerza

Tanto la disminución del área de sección transversal de la musculatura extensora, como los cambios histológicos observados en la misma (p.ej. aumento de la infiltración grasa), podrían estar relacionados con una alteración en la fuerza que desarrollan dichos músculos. De hecho, esta disminución de la fuerza está presente en sujetos con dolor cervical idiopático en comparación con sujetos sanos (Cagnie, Cools, De Loose, Cambier, & Danneels, 2007; Lindstrøm et al., 2011), y en sujetos con WAD (Pearson, Reichert, De Serres, Dumas, & Côté, 2009).

Por tanto, la fuerza desarrollada por los extensores cervicales parece ser relevante tanto en movimientos de flexión como de extensión. Así, ya sea en el

movimiento de flexión o el de extensión cervical, son los músculos extensores cervicales los que desarrollan un mayor Volumen de Fuerza Máximo en cualquier fase de estos movimientos en comparación con los músculos flexores (tanto profundos como superficiales) (Yajima et al., 2022). El momento generado por los extensores normalizado respecto al peso corporal parece ser también dependiente del sexo, siendo mayor en hombres y más dependiente de la posición de la cabeza en las mujeres (Lecompte, Maïsetti, Guillaume, & Portero, 2007). Este fenómeno puede ser consecuencia del papel de los extensores cervicales, situados en la parte posterior del arco cervical, en el mantenimiento de la posición neutra de la cabeza y de la columna cervical contra el par de fuerza externo producido por el peso de la cabeza en la dirección de la flexión debido a la acción de la gravedad. Estos estudios sugieren que el papel desempeñado en el mantenimiento del peso de la cabeza es realizado principalmente por la musculatura extensora (Yajima et al., 2022).

6.2. Coordinación neuromuscular

Las estructuras activas son parte del trinomio que permite a los segmentos articulares en general, y a los cervicales en particular, distribuir las cargas y producir los movimientos (Panjabi, 1992). Junto con los elementos pasivos (ligamentos y arquitectura osteoarticular), los elementos activos (músculos y tendones) y el sistema neuromuscular que controla la acción del resto, se permite la acción biomecánica de los segmentos cervicales tanto para distribuir el peso de las estructuras suprayacentes (cabeza) como para permitir el movimiento de la misma y coordinarlo con el movimiento de los ejes troncocefálico y

axioescapular-miembros superiores (Bogduk, 2011; Panjabi, 1992). Anatómicamente los extensores cervicales profundos están bien adaptados para controlar los movimientos segmentarios cervicales junto con flexores cervicales profundos (Schomacher & Falla, 2013). El tono muscular pasivo permite el mantenimiento de la postura cuando no existe ninguna perturbación externa y simplemente debe resistirse el peso de la cabeza (Keshner, 2003). Sin embargo, cuando sí existe esta perturbación externa, las estrategias adoptadas por el sistema neuromusculoesquelético dependerán de si el propio sistema es capaz de anticiparla. En caso de que sí sea posible, se produce un patrón recíproco de activación de la musculatura cervical con un decalaje temporal que permite la contracción anticipatoria para resistir el movimiento. Por lo contrario, si la perturbación no puede ser anticipada, la contención de las estructuras se realizará mediante una estrategia muscular de coactivación de los músculos cervicales agonistas y antagonistas (Danna-Dos-Santos, Degani, & Latash, 2007). Un ejemplo de ello es el silencio electromiográfico (EMG) de los extensores superficiales que se produce en los rangos finales de la flexión en condiciones normales, que parece no darse en pacientes con dolor cervical (Meyer, Berk, & Anderson, 1993).

En sujetos con dolor cervical, se han reportado cambios en la coordinación que se da entre los músculos flexores cervicales superficiales y profundos (Falla & Farina, 2007; Jull et al., 2018; O'leary, Falla, Elliott, & Jull, 2009). Además, hay estudios preliminares que demuestran que las personas con dolor cervical idiopático pueden presentar una activación alterada de la musculatura extensora cervical (Schomacher & Falla, 2013; Schomacher, Boudreau, Petzke, & Falla, 2013). La reducción de la activación de los músculos cervicales profundos

durante la ejecución de movimientos de baja carga se produce de forma concomitante con un aumento de la activación de los músculos más superficiales, lo que parece ser indicativo de una reorganización de las estrategias motoras necesarias para realizar una tarea determinada (Jull, Falla, Vicenzino, & Hodges, 2009).

En los pacientes con dolor cervical idiopático, comparativamente con sujetos sanos, se ha observado mediante electromiografía una actividad del semiespinoso del cuello menos definida (Schomacher, Farina, Lindstroem, & Falla, 2012; Schomacher et al., 2013). En otro estudio, se midió la actividad del semiespinoso del cuello al realizar contracciones isométricas y contracciones multidireccionales isométricas de 15N y 30N de fuerza. Se observó una disminución de la actividad del semiespinoso del cuello en aquellos sujetos que presentaban una mayor sensibilidad a la presión en las facetas articulares locales, lo cual podría estar relacionado con la hipótesis de que la pérdida de fuerza en la musculatura profunda está relacionada con una sensibilización de las estructuras locales (Schomacher et al., 2013).

Por otro lado, en ejercicios de baja carga como la prueba de flexión craneocervical, se aprecia un aumento de la actividad no solo de los flexores superficiales sino también de los extensores superficiales cervicales, que actúan como antagonistas, en sujetos con dolor cervical en comparación con sujetos asintomáticos (Bonilla-Barba et al., 2020).

La reducción en la actividad del semiespinoso en relación con músculos extensores más superficiales y la falta de definición de la misma puede tener una influencia negativa en la estabilidad de los segmentos cervicales que podría

tener relevancia clínica en pacientes con dolor cervical (Schomacher et al., 2012; Schomacher et al., 2013).

Estudios realizados con resonancia magnética funcional han mostrado una disminución en la actividad muscular de los músculos esplenio de la cabeza, semiespinoso del cuello y multífido cervical en movimientos de extensión cráneo-cervical desde la posición neutra de flexoextensión en pacientes con dolor cervical (O'Leary, Cagnie, Reeve, Jull, & Elliott, 2011). Por otro lado, esta disminución en la actividad muscular profunda parece verse compensada con una mayor coactivación de músculos más superficiales como el esternocleidomastoideo y esplenio de la cabeza en comparación con sujetos sanos (Lindstrøm et al., 2011). Estos desequilibrios no solo se dan entre musculatura profunda/superficial, sino que el patrón se ve alterado en relación con la coactivación agonista/antagonista. Así, por ejemplo, en presencia de dolor cervical se da una mayor coactivación entre el esplenio de la cabeza y el esternocleidomastoideo, y la coactivación aumentada del esplenio de la cabeza está relacionada con una menor fuerza en el cuello y mayores niveles de dolor cervical (Lindstrøm et al., 2011).

Los cambios en la coordinación de la actividad muscular se han observado no solo en sujetos con dolor cervical, sino también en estudios donde de forma experimental se ha inducido dolor cervical en sujetos sanos mediante la inyección de suero salino hipertónico (Cagnie et al., 2011). El dolor experimental provocó una reducción de la actividad del esplenio de la cabeza homolateral a la inyección y un aumento de la misma en el lado contralateral (Cagnie et al., 2011). También se observó esta reducción de actividad en el esplenio de la cabeza y cambios en la actividad agonista/antagonista tras la inyección de suero salino en

el músculo esternocleidomastoideo (Falla, Farina, Dahl, & Graven-Nielsen, 2007).

Estudios con ultrasonografía han corroborado esta alteración de los patrones de coordinación neuromuscular al realizar contracciones isométricas de la musculatura del hombro (Karimi, Rezasoltani, Rahnama, Noori-Kochi, & Jaberzadeh, 2016; Peolsson, Peolsson, & Jull, 2013). Así, por ejemplo, a mayor desarrollo de fuerza por parte de la musculatura hacia la extensión, se produce un cambio en la estrategia motora en la columna cervical con un mayor reclutamiento de la musculatura profunda extensora, probablemente con el objetivo de estabilizar los segmentos cervicales. Sin embargo, en pacientes con dolor cervical, esta activación de la musculatura extensora profunda está disminuida en favor de la musculatura extensora más superficial (Karimi et al., 2016). Aunque este incremento en la coactivación podría ser beneficioso en presencia de dolor cervical agudo para ayudar a la estabilidad y reducir la velocidad en el rango de movimiento, la disminución de la fuerza y la distribución alterada de la carga podría sobreirritar estructuras ya irritadas y contribuir a la cronificación del dolor cervical (Lindstrøm et al., 2011).

6.3. Resistencia

Otra de las propiedades de la musculatura cervical que se ve alterada en sujetos con dolor cervical idiopático es la resistencia. Son varios los estudios que han mostrado un menor tiempo de resistencia muscular cervical en pacientes con dolor cervical en comparación con sujetos asintomáticos (Andias & Silva,

2019; Edmondston, et al., 2011; Lee, Nicholson, & Adams, 2005; Reddy et al., 2021).

Varios estudios han relacionado la presencia de dolor cervical con una mayor fatigabilidad de la musculatura cervical más superficial como el esternocleidomastoideo, los escalenos o el trapecio superior, manifestada como una disminución más rápida de la frecuencia media de la señal EMG durante las contracciones sostenidas a 50 % y 80% de la máxima contracción voluntaria (MCV) (Falla, Rainoldi, Merletti, & Jull, 2003; Gogia & Sabbahi, 1994). También se ha observado un cambio en el reclutamiento de las fibras motoras relacionado con la fatiga de estos músculos (Falla et al., 2003).

Sin embargo, este fenómeno de fatigabilidad, a pesar de tener un inicio temprano tras un episodio de dolor cervical, no parece ser dependiente del tiempo en el que se mantiene el cuadro doloroso, no viéndose acusado en pacientes con dolor cervical de más larga duración (Falla, Rainoldi, Jull, Stavrou, & Tsao, 2004). De igual modo, también parece existir una relación directa entre la resistencia de los músculos extensores cervicales y la propiocepción cervical medida en tareas como el test del sentido del posicionamiento articular (*cervical joint position sense*) (Reddy et al., 2021).

Los fenómenos de fatigabilidad y disminución de la resistencia muscular podrían estar en parte relacionados con hallazgos que indican que en pacientes con dolor cervical se producen patrones de comportamiento reactivo de la musculatura con menor resistencia en contracciones mantenidas. Estos patrones que sugieren que se hayan producido transformaciones de la composición de fibras musculares en la dirección de oxidativo lento (tipo I) a

glucolítico rápido (tipo II) (Uhlig, Weber, Grob, & Müntener, 1995). Sin embargo, estudios con dolor inducido de forma experimental mediante la inyección de suero salino hipertónico en la musculatura cervical no han demostrado que se afecten las propiedades de membrana relacionadas con la fatigabilidad, lo que indicaría que el dolor por sí solo no produce cambios en la fatigabilidad y que dichos cambios serían debidos a cambios o adaptaciones crónicas en la morfología y la histología muscular (Falla, Farina, Dahl, & Graven-Nielsen, 2008). Así pues, el dolor debería considerarse como el estímulo primario, aunque no específico para que se den este tipo de cambios (Falla et al., 2008; Uhlig et al., 1995).

6.4. Rendimiento y eficiencia

A largo plazo, la persistencia de los cambios en la actividad muscular mencionados anteriormente (disminución de la fuerza, de la resistencia y de la coordinación muscular) pueden provocar alteraciones en el rendimiento, en forma de patrones de movimiento más irregulares y espasmódicos, y mayor variabilidad en el rango de movimiento (Sjölander, Michaelson, Jaric, & Djupsjöbacka, 2008).

En contracciones isométricas multidireccionales y circulares se aprecian resultados que muestran actividad menos definida (p.ej. menor definición en la direccionalidad e intencionalidad del movimiento) en sujetos con dolor cervical que podrían tener relación con la capacidad de realizar un movimiento cervical en cualquier dirección con mayor precisión y control de la dirección y el rango

(Blouin, Siegmund, Carpenter, & Inglis, 2007; Lindstrøm et al., 2011; Schomacher et al., 2013).

También se ha reportado una menor propiocepción medida mediante el *Cervical joint position error test* en aquellos pacientes que presentan dolor cervical idiopático y una disminución de la resistencia de la musculatura extensora (Andías & Silva, 2019; Reddy et al., 2021).

Estos cambios en el control y la calidad del movimiento, con activaciones menos definidas de la musculatura, también se han observado en contracciones circulares no solo en la musculatura extensora, sino también en musculatura flexora del cuello en pacientes con dolor cervical en comparación con sujetos sanos (Lindstrøm et al., 2011).

Finalmente, el último cambio funcional observado en sujetos con dolor cervical afectaría a nivel de la eficiencia del movimiento producido, manifestándose como una menor especificidad de la actividad muscular cervical. En concreto, los sujetos con dolor cervical presentan una mayor activación del músculo cuando actúa como antagonista (Falla, Lindstrøm, Rechter, Boudreau, & Petzke, 2013; Lindstrøm et al., 2011; Schomacher et al., 2012), a diferencia de los pacientes asintomáticos que muestran direcciones de activación preferentes bien definidas (Blouin et al., 2007; Falla, Lindstrøm, Rechter, & Farina, 2010; Lindstrøm et al., 2011).

7. Ejercicio terapéutico para el dolor de cuello

Actualmente, la mayoría de guías de práctica clínica para el manejo del dolor de cervical idiopático recomiendan el uso de ejercicio terapéutico como una de las primeras opciones de tratamiento (Bier et al., 2018; Blanpied et al., 2017; Childs et al., 2008; Côté et al., 2016; Kjaer et al., 2017). Dentro de estas guías, se incluye tanto el entrenamiento dirigido de forma general a la musculatura del cuello (Bier et al., 2018; Blanpied et al., 2017; Childs et al., 2008; Côté et al., 2016; Kjaer et al., 2017) como el entrenamiento muscular más específico (Blanpied et al., 2017; Kjaer et al., 2017), pero actualmente no existe un consenso de cuál de ellos (entrenamiento específico vs inespecífico) tiene mayor efectividad clínica (Villanueva-Ruiz, Falla, & Lascurain-Aguirrebeña, 2022).

Como se ha mencionado previamente, el sistema pasivo sólo es capaz de proporcionar hasta un 20% de la estabilidad mecánica de la columna cervical, mientras que el resto de la estabilidad debe ser aportado por el sistema muscular (Panjabi et al., 1998). Esta participación en la función estabilizadora de los elementos pasivos vs activos depende también en la zona del rango de movilidad en el que se desarrolle el movimiento. Así, cuando el movimiento se aproxima a los extremos finales del rango, son las estructuras pasivas las que se encargan principalmente de la estabilidad mecánica, mientras que en el resto del recorrido articular (el rango medio) son los elementos activos los que proporcionan un mayor control dinámico. Son precisamente estos movimientos en zonas de rango medio los que más se producen en las actividades de la vida diaria. Por ello, cabe pensar que un tratamiento enfocado al trabajo de este sistema activo podría mejorar la movilidad, la actividad, la función y como consecuencia la propia morfología y configuración de las estructuras cervicales (Bogduk & McGuirk,

2006; Bogduk & Yoganandan, 2001). Se han recomendado en la literatura ejercicios dirigidos a restaurar la coordinación entre la musculatura cervical profunda y superficial para el abordaje del dolor cervical idiopático (Jull et al., 2018; O'leary et al., 2009). En este sentido, los ejercicios específicos que tienen como objetivo el entrenar la coordinación entre los músculos flexores profundos y superficiales del cuello han demostrado ser beneficiosos para reducir el dolor y la discapacidad cervical (Falla et al., 2013; Tsiringakis, Dimitriadis, Triantafylloy, & McLean, 2020), aumentar el rango de movimiento (ROM) cervical (Jull et al., 2009; O'Leary, Jull, Kim, Uthaikhup, & Vicenzino, 2012; Yadav & Goyal, 2015), reducir la sensibilidad al dolor (Bobos, Billis, Papanikolaou, Koutsojannis, & MacDermid, 2016; Lluch et al., 2013) y modificar la capacidad para mantener la postura (Falla, Jull, Russell, Vicenzino, & Hodges, 2007; Lee, Park, & Kim, 2013a) en diferentes poblaciones con dolor cervical. Sin embargo, la mayoría de estudios relativos a la implementación de ejercicio se han enfocado a la actividad de la musculatura flexora cervical, prestándose menor atención a las intervenciones mediante ejercicio dirigidas a los extensores del cuello. Tan solo una pequeña cantidad de estos programas de ejercicios centrados en los músculos extensores del cuello como grupo han demostrado eficacia en reducir el dolor y la discapacidad cervical e inducir cambios positivos en la coordinación neuromuscular de dichos músculos (Falla et al., 2013; Murray, Lange, Nørnberg, Sjøgaard, & Sjøgaard, 2015; O'leary, Jull, Van Wyk, Pedler, & Elliott, 2015).

Se han descrito previamente ejercicios destinados a activar selectivamente el músculo semiespinoso del cuello mediante la aplicación de una resistencia manual directamente sobre el arco vertebral (Lindstrøm et al., 2011; Schomacher et al., 2013; Schomacher, Erlenwein, Dieterich, Petzke, &

Falla, 2015), pero su relevancia clínica no está clara. Por lo contrario, algunos estudios han seguido un enfoque de ejercicio global dirigido a todos los músculos extensores del cuello (músculos extensores cervicales profundos y superficiales). Como se ha mencionado anteriormente, estos estudios han mostrado efectos positivos tanto en el dolor como en la discapacidad cervical y la coordinación neuromuscular (Falla et al., 2013; Murray et al., 2015; O'leary et al., 2015).

Hasta la fecha, tan sólo un ensayo clínico aleatorizado ha usado el entrenamiento de los músculos extensores profundos en sujetos cervical, mostrando mejoras en términos de dolor, discapacidad cervical y fuerza en la musculatura extensora cervical (Suvarnnato, Puntumetakul, Uthaihpup, & Boucaut, 2019).

Además de las mejorías en el dolor y la función, el ejercicio de los músculos extensores ha mostrado tener efectos a nivel de la estructura muscular. Un estudio mediante resonancia magnética investigó si diez semanas de ejercicio progresivo tanto de la musculatura flexora como extensora cervical era capaz de modificar los marcadores de degeneración muscular anteriormente nombrados (infiltración grasa y pérdida del área de sección transversal). Tras el programa, no solo se observó una reducción de la infiltración grasa y un aumento del área de sección del multífido cervical, sino también mejoras en la fuerza medida mediante dinamometría y una disminución significativa de la discapacidad cervical. Estos resultados indican que los marcadores de degeneración muscular en cierto tipo de pacientes (como los sujetos con WAD) podrían revertirse con el ejercicio terapéutico (Elliott, et al., 2014; O'leary et al., 2015). Es importante apuntar, sin embargo, que el estudio de O'Leary et al se

realizó con una muestra de tan sólo 5 pacientes con lo que los resultados deben interpretarse con precaución

Hasta la fecha, no se ha probado la eficacia de un programa completo de ejercicios dirigido específicamente a los extensores profundos del cuello ni se ha comparado su eficacia con ejercicios más globales dirigidos a los extensores del cuello. En una revisión sistemática reciente de ensayos clínicos que hubiesen aplicado ejercicio para la musculatura cervical (Villanueva-Ruiz et al., 2022), tan solo uno de los estudios (Suvarnato et al., 2019) había realizado una intervención centrada en la musculatura extensora profunda, pero usando sólo ejercicio isométrico y comparándolo con un entrenamiento para los flexores. Comprender qué tipo de ejercicio (específico o global) para los extensores cervicales consigue el mayor beneficio podría tener importantes implicaciones clínicas a la hora de diseñar programas de rehabilitación eficaces para las personas con dolor cervical idiopático crónico.

II. JUSTIFICACIÓN, HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

1. Justificación

El dolor cervical idiopático presenta unas tasas elevadas de prevalencia en la población general (Bot et al., 2005; Fejer et al., 2006; Ferrari & Russell, 2003; Haldeman, Cassidy, Schubert, & Nygren, 2009; Hoy et al., 2014). Como consecuencia de ello, la carga tanto económica como social consecuencia del dolor cervical es muy alta (Hogg-Johnson et al., 2009b; Manchikanti, Singh, Datta, Cohen, & Hirsch, 2009; Niemeläinen et al., 2006; Vos et al., 2017), y muchos pacientes requerirán una atención sanitaria especializada (Bogduk & McGuirk, 2006).

Los músculos cervicales profundos, tanto los flexores como los extensores cervicales profundos parecen estar especialmente predispuestos a sufrir alteraciones tanto en su estructura como en su función (Falla, Bilenkij, & Jull, 2004). De hecho, se han encontrado cambios funcionales (p.ej. alteraciones de la coordinación neuromuscular) y cambios morfológicos (p.ej. infiltración grasa y atrofia) en estos músculos en personas con dolor cervical idiopático (De Pauw et al., 2016; Elliott et al., 2014).

Las alteraciones de la coordinación neuromuscular entre los flexores profundos y superficiales del cuello han recibido mucha atención en la literatura científica (Falla et al., 2004; Falla, Jull, & Hodges, 2004). Sin embargo, los extensores cervicales no han sido tan estudiados a pesar de que pueden presentar alteraciones tanto estructurales como funcionales similares a las observadas en los flexores cuya relevancia clínica parece evidente. Estudios previos que han implementado ejercicios dirigidos de forma general o

inespecífica al conjunto de los músculos extensores del cuello han demostrado ser efectivos para lograr una reducción en el dolor y la discapacidad cervical, inducir cambios positivos en la coordinación neuromuscular (Falla et al., 2013; Murray et al., 2015; O'leary et al., 2015), y revertir los cambios musculares estructurales observados en dichos músculos (O'leary et al., 2015).

Las alteraciones de la coordinación neuromuscular se consideran importantes en las personas con dolor cervical ya que, aunque inicialmente pueden constituir una respuesta motora adaptativa o fisiológica ante el dolor, su persistencia a largo plazo puede provocar alteraciones en el rendimiento (Sjölander et al., 2008), en la eficiencia (Falla et al., 2003; Falla et al., 2004), en la resistencia (Edmondston et al., 2011; Lee et al., 2005) y en la fuerza de los músculos cervicales (Cagnie et al., 2007; Lindstrøm et al., 2011). Aquellos programas de rehabilitación que incluyan ejercicios que aborden estas deficiencias de coordinación entre los músculos cervicales profundos y superficiales parecen ser pues necesarios para la recuperación en pacientes con dolor cervical crónico (O'leary et al., 2009). Sin embargo, aunque la mayor parte de guías de práctica clínica recomiendan llevar a cabo un trabajo tanto general o inespecífico como específico de la musculatura cervical en sujetos con dolor cervical idiopático, ninguna de las dos opciones (específico vs inespecífico) ha mostrado ser superior a la otra en cuanto a sus efectos (Villanueva-Ruiz et al., 2022).

Evaluar la eficacia de un programa de ejercicios específico centrado en el entrenamiento de los extensores cervicales profundos y valorar las diferencias en cuanto a efectos respecto a un entrenamiento más general o inespecífico de la musculatura extensora podría aportar una valiosa información a nivel clínico

de cara a planificar y prescribir programas de ejercicio terapéutico en pacientes con dolor cervical idiopático.

2. Hipótesis de trabajo

Esta tesis doctoral partió de la hipótesis nula de que **tanto un programa de ejercicio específico dirigido a la musculatura extensora profunda inferior de cuello (EEIPC) como un programa orientado de forma general a los músculos extensores generales del cuello (EGC) obtendrán los mismos efectos en términos de dolor, discapacidad cervical, ROM cervical, sensibilidad a la presión y la postura cervical y torácica en mujeres con dolor cervical idiopático crónico.**

La hipótesis alternativa de esta tesis doctoral fue que **el programa de ejercicios EEIPC tendrá un efecto mayor sobre el dolor, la discapacidad cervical, el ROM cervical, la sensibilidad a la presión y la postura cervical y torácica en comparación con el programa EGC en mujeres con dolor cervical idiopático crónico.**

3. Objetivos

3.1. Objetivo principal

El objetivo principal de esta tesis doctoral fue investigar los efectos sobre la discapacidad cervical de un programa de ejercicios EEIPC en comparación con un programa de ejercicios EGC en mujeres con dolor cervical idiopático crónico.

3.2. Objetivos secundarios

Los objetivos secundarios de esta tesis doctoral fueron determinar los efectos comparativos de los dos programas de ejercicios investigados (EEIPC y EGC) sobre:

- La intensidad del dolor
- El ROM cervical
- La sensibilidad dolorosa a la presión
- La postura cervical y torácica
- El beneficio percibido por el paciente con el tratamiento

III. MATERIAL Y MÉTODOS

MATERIAL Y MÉTODOS

1. Diseño del estudio

Entre octubre de 2016 y julio de 2017 se llevó a cabo en la Universidad de Valencia un ensayo clínico controlado aleatorio con dos brazos de intervención, grupos paralelos y evaluadores cegados, siguiendo las directrices de la guía CONSORT (Altman et al., 2001; O'leary et al., 2015).

El estudio que conforma esta tesis doctoral fue aprobado por el Comité de Ética en Investigación Humana de la Universidad de Valencia (número de referencia H1472552616890) y se llevó a cabo de acuerdo con la Declaración de Helsinki (Apéndice 1).

Este estudio fue registrado prospectivamente en clinicaltrials.gov en octubre de 2016 (NCT02950909).

2. Participantes

Se reclutaron como participantes para esta tesis doctoral a mujeres adultas de edad ≥ 18 años con dolor cervical idiopático crónico de 3 meses o más de duración mediante anuncios distribuidos en centros privados de práctica clínica, centros de salud pública y universidades de la ciudad de Valencia.

Se utilizó como criterio de inclusión la presencia de una intensidad de dolor cervical de leve a moderada, definida como una intensidad de dolor cervical de 30-50/100 mm en la escala analógica visual (EVA) (Altman et al., 2001;

Boonstra, Preuper, Balk, & Stewart, 2014; O'leary et al., 2015). Se excluyeron sujetos que presentasen intensidades de dolor superiores para evitar una posible exacerbación del dolor como consecuencia de los ejercicios.

Con el objetivo de homogeneizar la muestra, y que la presentación clínica de las participantes estuviese relacionada lo máximo posible con los déficits relacionados con el sistema muscular, todas las participantes tuvieron que demostrar un rendimiento deficiente en una prueba de resistencia de los extensores del cuello (Altman et al., 2001; Boonstra et al., 2014; O'leary et al., 2015; Schomacher et al., 2012). Aunque parece ser que dicha prueba no es capaz por sí sola de diferenciar la disfunción específica de los músculos extensores cervicales profundos respecto a la de los extensores superficiales, sí ha mostrado tener relación con el grado de discapacidad cervical, que fue la variable principal en el presente estudio (Kahlaee et al., 2017).

En la prueba de resistencia de los extensores cervicales descrita por Lee et al (Lee et al., 2005), se colocó a los participantes en decúbito prono sobre una camilla, con la cabeza y el cuello sobre el cabezal reclinable y los brazos relajados a lo largo del tronco. Para evitar compensaciones con la columna torácica superior, se colocó una cincha a nivel de la vértebra T2. A continuación, se fijó una correa de velcro alrededor del cráneo, a la altura de la parte superior de los pabellones auriculares. Se colocó después un goniómetro Myrin (LIC rehab vardrum, Solna, Suecia) en la correa de velcro, inmediatamente por encima del extremo superior de la oreja izquierda, permitiendo así su uso como inclinómetro de gravedad en el plano sagital. Se fijó una cinta métrica extensible a la correa de velcro en un punto situado entre las cejas del sujeto, con la bobina colgando a poca distancia del suelo a modo de plomada. Seguidamente, se bajó

el cabezal reclinable (quitando por tanto el soporte para la cabeza y cuello) y se solicitó a las participantes que mantuvieran la cabeza fija en la posición inicial de flexión cráneo-cervical (barbilla retraída) y columna cervical inferior en posición neutra (paralela a la horizontal), a la vez que se ponía en marcha un cronómetro. Para valorar la prueba de resistencia en de los extensores cervicales en segundos, se adaptaron los criterios de interrupción de la prueba de Biering-Sorensen descritos para la columna lumbar (Biering-Sorensen, 1984). En concreto, la prueba se interrumpía si la participante la terminaba debido a fatiga o dolor, o si no podía mantener la cabeza horizontal por más tiempo. Esto último se objetivó con dos criterios: (1) cuando a caja de la cinta métrica suspendida tocaba el suelo durante más de 5 segundos o en más de 5 ocasiones o (2) cuando el goniómetro variaba su lectura en más de 5° durante más de 5 segundos (Lee et al., 2005) (Figura 2). Se consideró que la prueba era apta para la inclusión de la participante en el estudio cuando el tiempo de medición fue inferior a los 250 segundos, lo que refleja un rendimiento ineficiente de los extensores según los datos obtenidos por Parazza et al en sujetos con dolor cervical (Parazza et al., 2014).

Se excluyó a todas aquellas participantes que presentaran alguno de los siguientes criterios:

- Signos neurológicos en la extremidad superior (como síntomas propios de dolor radicular cervical y/o signos de radiculopatía).
- Embarazo.
- Cirugía previa de la columna cervical.
- Haber participado en un programa de ejercicios para el cuello en los 12 meses previos al inicio del estudio.



Figura 2. Prueba de resistencia de los extensores cervicales

Las participantes recibieron toda la información pertinente relativa a los objetivos del estudio, así como sobre los procedimientos y mediciones a realizar y firmaron el consentimiento informado por escrito antes de participar en el estudio (Apéndice 2).

3. Intervenciones

Las participantes del estudio fueron asignadas aleatoriamente a dos grupos de ejercicio: EEIPC y EGC. Ambos programas de ejercicio incluían un total de seis sesiones de tratamiento supervisado por un fisioterapeuta (1 sesión por semana) más un programa de ejercicio domiciliario de seis semanas de

duración (dos sesiones de ejercicio al día). Se indicó a las participantes que realizaran el ejercicio en casa de la misma manera que lo hacían durante las sesiones supervisadas.

La duración del programa de ejercicios se fijó en 6 semanas, ya que parece ser el tiempo mínimo requerido para que se observen efectos positivos en la coordinación neuromuscular con el ejercicio (mayor activación de la musculatura cervical profunda respecto a la musculatura superficial) (Falla et al., 2007; Jull et al., 2009; Lluch et al., 2013).

Cada sesión de ejercicio supervisada tuvo una duración aproximada de 25-30 minutos. Las sesiones de ejercicio domiciliario duraban aproximadamente 20-25 minutos. Tanto en las sesiones supervisadas como las domiciliarias no se permitía la provocación de síntomas ya que la presencia de dolor podría dificultar la adquisición de habilidades motoras e impedir los efectos positivos esperables en la coordinación neuromuscular (Tabla 1). A los participantes se les proporcionó una hoja recordatoria con las instrucciones del programa domiciliario correspondiente para cada grupo (Apéndices 3 y 4) así como un diario de ejercicios para que lo completaran y poder así evaluar el cumplimiento del programa. La asistencia a todas las sesiones supervisadas se registró también en un documento (Apéndice 5).

Los ejercicios que se implementaron en ambos grupos de intervención se extrajeron de investigaciones anteriores centradas en la aplicación de ejercicios sobre los extensores del cuello (Schomacher, Petzke, & Falla, 2012; Schomacher & Falla, 2013; Schomacher et al., 2015).

Ejercicio y pausa	Dosificación	Duración en segundos
Ejercicio isométrico # 1 sedestación	3 series de 6 x 6 s con 6 s de descanso entre cada contracción	108 108
- 3 pausas	1-2 min	360
Ejercicio isométrico #2 Con apoyo en los codos	3 series de 10 x 10 s con 6 s de descanso entre cada contracción	108 108
- 3 pausa	1-2 min	360
Ejercicios dinámicos Con apoyo en los codos	3 series de 6 x 3 s	54
- 2 pausa	1-2 min	240
Duración total de la sesión de ejercicios domiciliaria		1446 s. ~ 24 min.

Tabla 1. Ejemplo de dosificación y duración de los ejercicios para una sola sesión de ejercicio domiciliaria

Independientemente del grupo asignado, todas las participantes del estudio realizaron dos ejercicios isométricos y un ejercicio concéntrico-excéntrico para los extensores del cuello. La única diferencia entre los programas de ambos grupos fue la ubicación de la resistencia aplicada durante los ejercicios. En el grupo EEIPC, la resistencia se aplicó en la columna cervical inferior, concretamente en el arco vertebral de C4 (Schomacher et al., 2012) mientras que en el grupo EGC se aplicó en el occipital.

Los ejercicios isométricos se repitieron durante 3 series de 6 repeticiones de 6 segundos, con 6 segundos de descanso entre repeticiones. Se permitió un descanso de 1-2 minutos entre series. Los ejercicios concéntricos-excéntricos se repitieron durante 3 series de 10 repeticiones (2-3 segundos concéntricos, 2-3 segundos excéntricos), sin descanso entre repeticiones.

La duración y el número de ejercicios se eligieron según la experiencia de los autores, dada la falta de pruebas sobre la dosis óptima de ejercicio para las personas con dolor cervical (Price, Rushton, Tyros, Tyros, & Heneghan, 2020; Wilhelm et al., 2020) (Tabla 1).

Se animó a las participantes de ambos grupos a realizar un esfuerzo máximo durante la ejecución de todos los ejercicios. Se ha demostrado que, con este esfuerzo máximo subjetivo, la activación del músculo semiespinoso del cuello durante el ejercicio EEIPC medida con electromiografía, fue de entre el 20% y el 25% de la máxima contracción voluntaria (MCV) de dicho músculo. La activación del esplenio de la cabeza durante el ejercicio EGC empleando el esfuerzo máximo subjetivo fue de aproximadamente el 50% de la MCV (Schomacher et al., 2015). Por lo tanto, para obtener una intensidad de activación muscular lo más óptima posible a nivel clínico en la que se garantice el mayor porcentaje de contracción de la musculatura profunda, se pidió a los participantes que realizaran todos los ejercicios con su máximo nivel de esfuerzo sin dolor.

Todas las intervenciones fueron realizadas por un fisioterapeuta con 17 años de experiencia en la aplicación de los programas de ejercicio investigados en pacientes con dolor cervical. A todas las participantes se les indicó que siguieran tomando su medicación actual pero que no iniciaran nuevos tratamientos durante el tiempo que duró el estudio.

A continuación, se desarrollan los detalles de los programas de ejercicios EEIPC y EGC.

3.1. Programa de ejercicios específicos para los extensores profundos inferiores del cuello (EEIPC)

Este grupo realizó dos ejercicios isométricos y un ejercicio concéntrico-excéntrico centrado en los extensores profundos inferiores del cuello.

Para enfatizar la activación de los extensores profundos inferiores del cuello, como el semiespinoso del cuello, durante los ejercicios isométricos, el terapeuta aplicó una resistencia localizada mediante los dedos pulgar e índice a la altura del arco vertebral de C4 empujando en dirección ventral-craneal, aproximadamente de forma paralela a la superficie de la articulación cigapofisaria (Schomacher et al., 2013). Se pidió a la paciente que resistiera al máximo dicho empuje durante 10 segundos graduando el desarrollo de la máxima fuerza posible, pero sin dolor. Se indicó a las participantes que informaran de la aparición de dolor con la contracción. En caso de que reportaran dolor, se graduó la resistencia aplicada manualmente al ejercicio hasta el límite admitido por la participante. Por lo contrario, si no indicaban dolor, se aumentó la resistencia consecuentemente. Los dos ejercicios isométricos se realizaron en posición de sedestación y en bipedestación reclinadas hacia delante frente a una mesa y con un apoyo en ambos antebrazos (Tabla 2).

Se eligió aplicar la resistencia en C4 para los extensores cervicales profundos inferiores para facilitar la activación en los músculos extensores profundos de la columna cervical inferior. Los resultados actuales muestran que la resistencia manual colocada sobre el arco vertebral de un determinado nivel cervical puede enfatizar la activación del semiespinoso del cuello en relación con el esplenio de la cabeza directamente caudal a la ubicación de la resistencia en

comparación con la resistencia aplicada en otros lugares (p.ej. el occipital)
(Schomacher et al., 2015).

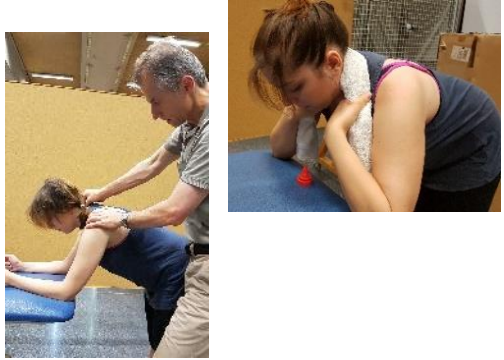
Ejercicio isométrico en sedestación		
Instrucciones	Dosificación	Ilustración
<p>Siéntese en una posición cómoda y recta con la espalda apoyada en el respaldo. Mantenga el cuello estable/inmóvil 10 segundos contra la presión del terapeuta en el cuello (o la toalla en el ejercicio domiciliario).</p>	<p>3 series (con 1-2 minutos de descanso) de 10 x 10 segundos de repeticiones (con 3 segundos de descanso).</p>	
Ejercicio isométrico en posición de bipedestación con codos apoyados		
Instrucciones	Dosificación	Ilustración
<p>Apóyate en los antebrazos de pie frente a una mesa. Alinear la cabeza en la prolongación recta del cuerpo. Mantenga el cuello estable/inmóvil 10 segundos contra la presión del terapeuta en el cuello (o la toalla en el ejercicio domiciliario).</p>	<p>3 series (con 1-2 minutos de descanso) de 10 x 10 segundos de repeticiones (con 3 segundos de descanso).</p>	

Tabla 2. programa de ejercicios específicos para los extensores profundos inferiores del cuello (EEIPC).


Ejercicio concéntrico-excéntrico		
Instrucciones	Dosificación	Ilustración
<p>Apóyate en los antebrazos de pie frente a una mesa. Coloca un pequeño objeto entre los codos.</p> <p>Comienza a bajar la cabeza entre los codos y luego levántala lo más posible. Mantén siempre la mirada en el objeto que está entre tus codos.</p> <p>Realiza cada movimiento durante 2-3 segundos (1 segundo hacia arriba y 1 segundo hacia abajo) sin ninguna pausa para llegar a las 10 repeticiones (hacia arriba y hacia abajo).</p>	<p>3 series (con 1-2 minutos de descanso) de 10 repeticiones dinámicas (sin descanso entre las repeticiones).</p>	

Tabla 2. programa de ejercicios específicos para los extensores profundos inferiores del cuello (EEIPC) (cont).

Además de estos ejercicios isométricos, las participantes de este grupo realizaron un ejercicio concéntrico-excéntrico de extensión cervical desde una posición de pie, apoyadas en los codos sobre una camilla. Se pidió a las participantes que fijaran la mirada en un objeto colocado entre ambos codos, enfatizando así la flexión cervical superior mientras se extendía el cuello para enfatizar la extensión cervical inferior y, en consecuencia, activar preferentemente los músculos extensores profundos del cuello (Jull et al., 2018; Schomacher et al., 2013; Schomacher et al., 2015).

Los ejercicios incluidos en el programa domiciliario fueron similares a los realizados bajo supervisión, pero la resistencia manual del terapeuta fue sustituida por una toalla sostenida por el paciente.

3.2. Programa de ejercicios para los extensores generales del cuello (EGC)

Las participantes de este grupo realizaron dos ejercicios isométricos dirigidos a la activación general o inespecífica de todos los músculos extensores del cuello mediante una presión aplicada por el terapeuta en el occipital en dirección ventral (Schomacher et al., 2012). Se pidió a la paciente que resistiera a la presión del terapeuta al máximo durante 10 segundos, pero sin dolor.

Se instruyó a las participantes para que informaran de la aparición del dolor con la resistencia hacia la presión del terapeuta. Los dos ejercicios isométricos se realizaron en sedestación y en bipedestación, reclinadas frente a una mesa, con un apoyo en ambos antebrazos (Tabla 3).

Un estudio previo (Elliott, et al., 2010) no mostró ninguna diferencia significativa en la actividad del músculo esplenio de la cabeza a nivel de C5-C6 entre la posición neutra y la posición de extensión cráneo-cervical. A los sujetos de ese estudio se les pidió que empujaran contra una resistencia isométrica con sólo el 20% de la MCV mientras que en el presente estudio se pidió una contracción máxima sin dolor. Además, el estudio de Elliot et al. se basó en una resonancia magnética funcional del músculo cuya validez aún no está demostrada, tal como afirman los autores en su publicación. Los ejercicios empleados en esta tesis doctoral se basan en estudios realizados con EMG. Por tanto, se adoptó la posición craneocervical neutra como posición para realizar los ejercicios por cuestiones prácticas y por la facilidad del paciente para poder adoptar esta posición en comparación con otros rangos de movilidad del segmento cráneo-cervical.

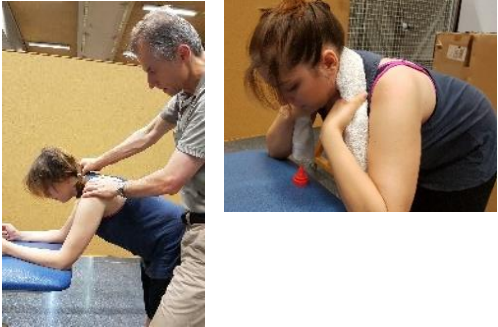
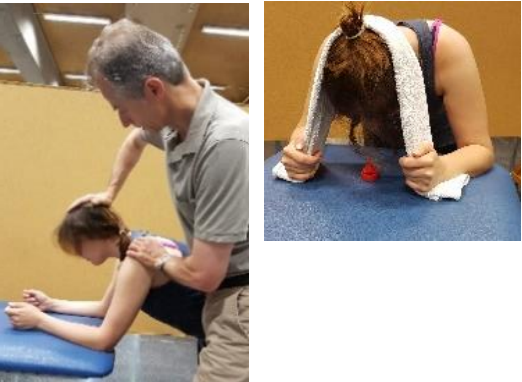
Ejercicio isométrico en posición de bipedestación con codos apoyados		
Instrucciones	Dosificación	Ilustración
<p>Apóyate en los antebrazos de pie frente a una mesa. Alinear la cabeza en la prolongación recta del cuerpo. Mantenga el cuello estable/inmóvil 10 segundos contra la presión del terapeuta en el cuello (o la toalla en el ejercicio domiciliario).</p>	<p>3 series (con 1-2 minutos de descanso) de 10 x 10 segundos de repeticiones (con 3 segundos de descanso).</p>	
Ejercicio isométrico en posición de bipedestación con codos apoyados		
Instrucciones	Dosificación	Ilustración
<p>Apóyate en los antebrazos de pie frente a una mesa. Alinear la cabeza en la prolongación recta del cuerpo. Mantén el cuello estable/inmóvil 10 segundos contra la presión del terapeuta en el cuello (o la toalla en el HEP).</p>	<p>3 series (con 1-2 minutos de descanso) de 10 x 10 segundos de repeticiones (con 3 segundos de descanso).</p>	

Tabla 3. programa de ejercicios para los extensores generales del cuello (EGC)

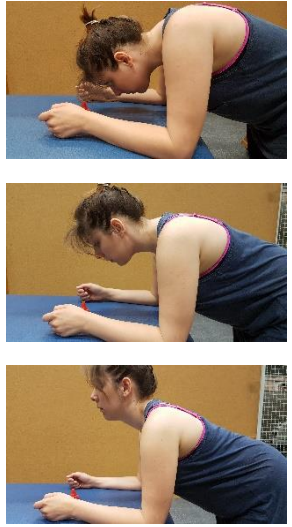
Ejercicio concéntrico-excéntrico		
Instrucciones	Dosificación	Ilustración
<p>Apóyate en los antebrazos de pie frente a una mesa. Coloca un pequeño objeto entre tus manos. Empieza a bajar la cabeza entre las manos y luego levántala lo más posible. Mantén siempre la mirada en el objeto que está entre tus manos.</p> <p>Realiza cada movimiento durante 2-3 segundos (1 segundo hacia arriba y 1 segundo hacia abajo) sin ninguna pausa, de modo que las 10 repeticiones (hacia arriba y hacia abajo).</p>	<p>3 series (con 1-2 minutos de descanso) de 10 repeticiones dinámicas (sin descanso entre las repeticiones).</p>	

Tabla 3. programa de ejercicios para los extensores generales del cuello (EGC) (cont)

De forma similar al grupo de ejercicios EEIPC, las participantes del grupo EGC también realizaron un ejercicio concéntrico-excéntrico de extensión cervical desde una posición de pie, con los codos apoyados. Se les pidió a las participantes que fijara su mirada en un objeto situado esta vez entre ambas manos (en vez de entre los codos como en el otro grupo), mientras realizaban la extensión del cuello. De este modo, la extensión se producía en toda la columna cervical, por lo que el trabajo se dirigía a todos los extensores del cuello en conjunto.

Los ejercicios incluidos en el programa de ejercicios en casa eran similares a los realizados en las sesiones supervisadas, pero sustituyendo la resistencia manual del terapeuta por una pared o una toalla sostenida por la paciente.

4. Procedimiento experimental

La variable primaria de medición de los resultados de este estudio fue la discapacidad cervical medida mediante el Índice de Discapacidad Cervical (NDI). Las variables secundarias fueron la intensidad del dolor, el ROM cervical, los umbrales de dolor por presión (PPT), la postura cervical y torácica y el beneficio percibido por el paciente con el tratamiento, con el objetivo de obtener más información sobre los efectos de ambos tipos de ejercicio sobre parámetros relacionados con el dolor y la función cervical. Además, todos estos parámetros suelen evaluarse con frecuencia en la práctica clínica.

Todas las variables se midieron al inicio e inmediatamente después de la aplicación de los programas de ejercicios (a las 6 semanas), excepto el NDI, que también se midió a los 6 meses tras finalizar el tratamiento. El beneficio percibido por el paciente con el tratamiento sólo se evaluó inmediatamente después de la intervención.

Un investigador, cegado al tipo de intervención aplicada a cada sujeto, se encargó de medir todas las variables de resultado. La valoración de la postura cervical y torácica, así como el ROM cervical se hizo en sedestación, mientras que la medición de los PPTs se hizo en decúbito prono. Las variables de medición de los resultados se valoraron en el siguiente orden: intensidad del dolor, NDI, beneficio percibido por el paciente con el tratamiento, ROM cervical, postura cervical y torácica y PPTs. Se seleccionó este orden con el fin de minimizar los cambios de posición de las participantes del estudio.

Por tanto, el orden establecido para el procedimiento experimental de este estudio fue el siguiente:

1. Aplicación de los criterios de inclusión y exclusión a las participantes.
2. Realización del test de resistencia de los extensores cervicales.
3. Cumplimentación de la EVA y NDI.
4. Evaluación de la posturas cervical y torácica en sedestación en 3 posiciones (relajado, recto y corregido por el evaluador) mediante la toma de fotografías laterales.
5. Evaluación en sedestación el ROM cervical.
6. Evaluación en decúbito prono de los PPTs.
7. Asignación del tipo de intervención
8. Reevaluación en la semana 7 siguiendo el mismo orden establecido en los puntos 3-6.
9. Reevaluación a los seis meses de seguimiento del NDI y del nivel de cumplimiento del régimen de ejercicios después del programa de ejercicios.

5. Variables de medición de los resultados del tratamiento

5.1. Discapacidad cervical

La discapacidad cervical se evaluó mediante el cuestionario Neck Disability Index (NDI) (Andrade Ortega, Delgado Martínez, & Ruiz, 2010). Se trata de una herramienta clínica diseñada para evaluar el dolor percibido y la discapacidad en pacientes con dolor de cuello (Vernon & Mior, 1991; Vernon 2008). En este estudio se utilizó la versión española del NDI validada por Andrade Ortega et al (2010) (Apéndice 6).

El cuestionario NDI consta de un total de 10 ítems, cada uno con seis opciones posibles que van de 0 a 5 (puntuación total de 0 a 50) (Vernon, 2008; Young et al., 2009). Las puntuaciones más altas en el NDI indican niveles más altos de discapacidad cervical. La fiabilidad test-retest del NDI es alta, con un Coeficiente de correlación intraclass (ICC) de 0,93 (McCarthy, Grevitt, Silcocks, & Hobbs, 2007). La diferencia mínima clínicamente importante (MCID) del NDI se ha estimado en 8,5 puntos (McCarthy et al., 2007).

5.2. Intensidad del dolor

Los participantes calificaron la intensidad en reposo de su dolor de cuello en una EVA de 0 a 100 mm (0= sin dolor, 100= el peor dolor imaginable). La EVA ha demostrado ser una herramienta válida y fiable para medir la intensidad del dolor. La MCID de la EVA es de 30 mm (Lee, Hobden, Stiell, & Wells, 2003).

5.3. Rango de movimiento cervical (ROM)

El ROM cervical activo se midió con un dispositivo goniométrico cervical CROM (Performance Attainment Associates, St Paul, EE.UU.) (Figura 3).

Las participantes estaban sentadas con el torso apoyado en el respaldo, las rodillas y las caderas en 90° de flexión y las manos descansando cómodamente sobre los muslos.

Se realizaron tres mediciones de cada movimiento (flexión, extensión, inclinación lateral izquierda y derecha, rotación izquierda y derecha) en un orden aleatorio y se utilizó la media para el análisis posterior. Para el análisis del ROM

cervical se tomó la media entre la flexión lateral y las rotaciones izquierda y derecha. Las mediciones del ROM cervical han demostrado ser fiables (ICC: 0,89-0,98) (Audette, Dumas, Côté, & De Serres, 2010; Bisset, Evans, & Tuttle, 2015).



Figura 3. Dispositivo goniométrico cervical CROM utilizado para medir la amplitud del movimiento cervical.

5.4. Umbrales de dolor a la presión (PPTs)

Los pacientes con dolor cervical han mostrado tener unos PPTs más bajos en comparación con los sujetos asintomáticos (Schomacher et al., 2013). Por lo

tanto, para evaluar los efectos hipoalgésicos de ambas intervenciones con ejercicio, no sólo se midió la intensidad del dolor (EVA) sino también los PPTs.

Los PPTs se registraron con un algómetro digital (Somedic Production, Estocolmo, Suecia; figura 4) colocado sobre las articulaciones cigapofisarias de C2 y C5, con la punta del algómetro colocada en un ángulo de 45° entre el plano frontal y el sagital, perpendicularmente a la piel. Se escogió el lado más doloroso reportado por la participante, o en el lado derecho cuando ambos lados referían ser igualmente dolorosos. Además, se eligió también un lugar remoto en el tibial anterior derecho para medir el PPT, situado 1 cm lateral a la espina tibial y 5 cm distal a la tuberosidad tibial, para evaluar la hiperalgesia generalizada (Bisset et al., 2015). Se marcaron y fotografiaron los lugares dónde se medían los PPTs, ya que se ha demostrado que esto mejora la fiabilidad de las mediciones de los PPTs (Vatine, Shapira, Magora, Adler, & Magora, 1993).

Durante la medición de los PPTs, se presionó con una sonda algométrica de 1 cm² a una velocidad de 1Kg/cm² por segundo (Lluch et al., 2014). Para estandarizar la velocidad de aplicación, el investigador responsable de esta medición practicó, una semana antes del estudio, a realizar aumentos lineales de la presión hasta alcanzar 5kg/cm² durante un tiempo de 5 s siguiendo las recomendaciones de algunos autores (Fischer, 1987).

Antes de las mediciones formales, se llevó a cabo una fase de familiarización, en la que se instruyó a las participantes sobre el procedimiento y el examinador practicó con ellas en un lugar remoto (antebrazo). Tras ello, se pidió a las participantes que indicaran cuándo la presión pasaba a ser dolorosa, lo que se corresponde con la definición de PPT.

Se realizaron cuatro mediciones consecutivas de los PPTs con 30 segundos de descanso entre mediciones. No se informó a las participantes de sus puntuaciones para evitar que el sesgo del sujeto pudiera influir en los resultados. Se descartó la primera medición y se utilizó la media de las otras tres para el análisis estadístico (Schomacher et al., 2013; Shiau et al., 2003) .

La algometría de presión ha demostrado ser un método válido y fiable para medir los PPTs (Vanderweeen, Oostendorp, Vaes, & Duquet, 1996), con una buena fiabilidad test-retest en las mediciones realizadas en los músculos del cuello (ICC= [2,1]=.75-.95) (Rebbeck et al., 2015; Walton, Levesque, Payne, & Schick, 2014).



Figura 4. Algómetro digital (Somedic Production, Estocolmo, Suecia)

5.5. Postura cervical y torácica

Las participantes se colocaron sentadas en un taburete sin respaldo, con las rodillas y las caderas en 90° de flexión y los pies apoyados en el suelo. Se colocó una línea vertical en la espalda como referencia. Se colocaron

marcadores anatómicos reflectantes en el trago de la oreja, la apófisis espinosa de la 7ª vértebra cervical y la apófisis espinosa de la 7ª vértebra torácica. La identificación de C7 a nivel superficial mediante la palpación y con la ayuda de movimientos pasivos de flexo-extensión ha mostrado ser un proceso de detección con una fiabilidad inter-examinador aceptable (Robinson, Robinson, Bjørke, & Kvale, 2009).

Las participantes adoptaron tres posturas consecutivas: postura "relajada", postura recta activa y postura corregida por el terapeuta (Falla, O'Leary, Fagan, & Jull, 2007).

Para la postura "relajada" se dejó libremente a las participantes que adoptaran una postura de forma espontánea (Figura 5a).

La postura recta activa se consideró aquella adoptada por la participante tras recibir la orden verbal de "siéntese recta lo mejor que pueda", sin ninguna otra corrección o instrucción (Figura 5b).

Finalmente, la postura corregida por el terapeuta se correspondía a una postura erguida corregida por el examinador, que incluía una posición pélvica neutra (sin inclinación anterior ni posterior, es decir, con la parte dorsal del sacro en posición vertical, lordosis lumbar neutra y cifosis torácica (Falla et al., 2007) (Figura 5c).



Figura 5. Posturas incluidas en el análisis de la postura sentada.

Postura "relajada": adoptada espontáneamente por la participante (Figura 5a); Postura recta activa: postura adoptada por la participante tras recibir la orden verbal de "síntese recta lo mejor que pueda" (Figura 5b); y Postura corregida por el terapeuta: postura erguida corregida por el examinador (Falla et al., 2007) (Figura 5c).

Se tomaron fotos en las tres posturas utilizando una cámara digital (Canon Ixus 107) con un trípode situado ortogonalmente al plano sagital a la altura de la 7ª vértebra cervical. Los ángulos se midieron en cada postura mediante un software electrónico (Kinovea, Association Kinovea, Francia). Para este estudio se usaron como referencia dos ángulos para medir la postura: el ángulo cervical y el ángulo torácico.

El ángulo cervical se calculó utilizando una línea trazada desde el trago de la oreja hasta la 7ª vértebra cervical subtendida a la horizontal (Falla et al., 2007; Watson & Trott, 1993) (Figura 6).

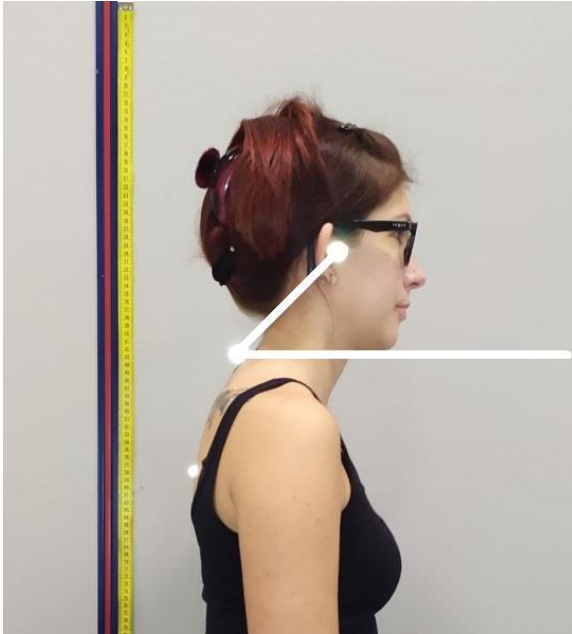


Figura 6. Ángulo cervical.

El ángulo torácico se calculó como el ángulo entre la línea horizontal y la línea trazada desde la 7^a apófisis espinosa cervical hasta la 7^a apófisis espinosa torácica (Falla et al., 2007) (Figura 7).



Figura 7. Ángulo Torácico.

Tanto la medición de los ángulos cervicales como la de los torácicos han mostrado ser válidos y fiables en personas con dolor de cuello [fiabilidad inter-observador (ICC=0,994) e intra-observador (ICC=0,988-0,998)] (Falla, Fagan, Thompson, & Jull, 2003). Los métodos de medición de la postura del cuello mediante fotogrametría parecen ser los más fiables y poseer los niveles más fuertes de evidencia en la actualidad (Mylonas et al., 2022; Niamh, Martin, Julia, Duncan, & Tumelo, 2022).

5.6. Beneficio percibido por el paciente con el tratamiento (GROC)

La escala GROC se utilizó sólo al final de la intervención de ejercicio asignada para cuantificar la mejora o el deterioro percibidos por las participantes. La escala GROC de 15 puntos se calificó de -7 ("mucho peor") a 0 ("más o menos igual") a +7 ("mucho mejor"), tal y como describen Jaeschke et al. (1989). La MCID se ha notificado como un cambio de 3 puntos respecto al valor inicial (Jaeschke, Singer, & Guyatt, 1989).

6. Tamaño de la muestra

El cálculo del tamaño de la muestra se basó en un cambio de 8,5 puntos en el NDI, que se ha determinado como un cambio clínicamente relevante en personas con dolor de cuello (Pool, Ostelo, Hoving, Bouter, & de Vet, 2007). Según el cálculo del tamaño muestral, se precisaban 40 participantes (20 por grupo) para detectar una diferencia de 8,5 puntos en el NDI dada una potencia

del 90%, un nivel de significación del 5% y una desviación estándar de 8 (MacDermid et al., 2009). Se estimó una tasa de abandono del 15%, aumentando por ello la muestra a un total de 46 sujetos (23 por grupo).

7. Aleatorización y cegamiento

Se asignó aleatoriamente un número igual de participantes a los dos grupos de intervención: EEIPC y EGC. La asignación aleatoria de los tratamientos se realizó mediante sobres opacos sellados en una aleatorización por bloques de proporción 1:1. Las participantes no conocían el grupo al que habían sido asignadas. El examinador encargado de la recogida de datos de las variables también desconocía a qué grupo pertenecía cada participante evaluada.

8. Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó con el programa estadístico SPSS V25.0 y se llevó a cabo según un análisis por intención de tratar.

Se utilizó un análisis inferencial que incluía pruebas paramétricas y de chi cuadrado para examinar las diferencias basales entre los grupos de intervención en las características clínicas y de edad de los pacientes.

Se realizaron modelos lineales mixtos con análisis de medidas repetidas, modelos de efectos aleatorios y máxima verosimilitud restringida para modelar el efecto de la intervención en el tiempo para las variables de medición de los

resultados. Se modelaron los efectos aleatorios de los individuos y los efectos fijos del grupo (EEIPC y EGC), el tiempo (inicial y posterior a la intervención) y el grupo x tiempo. La medida de seguimiento se incluyó en el análisis para la variable NDI.

Se utilizaron comparaciones por pares con ajuste de Bonferroni cuando el efecto de interacción grupo x tiempo o tiempo era significativo y se calcularon las puntuaciones de cambio para la post-intervención y el seguimiento (sólo para el NDI) en comparación con la línea de base para examinar si se superaba la MCID dentro o entre grupos.

Los resultados se presentan en la sección siguiente como media y desviación estándar tanto en el texto como en las figuras. El nivel de significación estadístico se fijó en $p < 0,05$.

IV. RESULTADOS

RESULTADOS

De los 73 posibles participantes elegibles, 27 fueron excluidos durante el cribado. Los motivos de exclusión se presentan en la Figura 8. La muestra final incluyó a 46 pacientes (23 en el grupo EEIPC y 23 en el grupo EGC), de los cuales 43 fueron incluidos en el análisis (Figura 8).

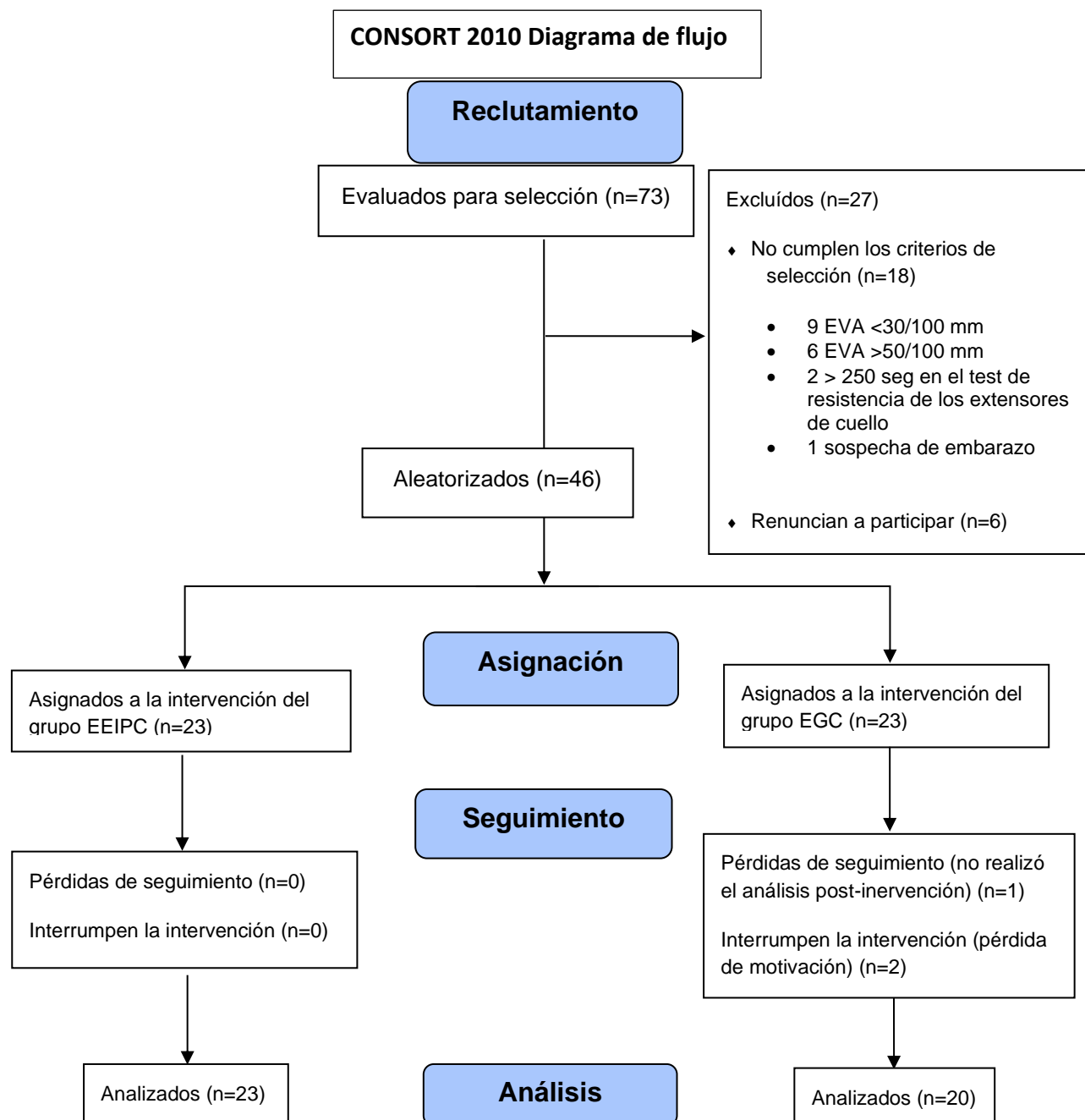


Figura 8. Flujo y retención de los participantes

Las tablas 4 a 8 resumen los resultados de cada una de las variables de medición de los resultados al inicio y después de la intervención para los dos grupos de intervención (EEIPC y EGC), así como los cambios intra e inter-grupos.

1. Intensidad del dolor y discapacidad cervical

La tabla 4 detalla los resultados de la EVA y el NDI al inicio y después de la intervención para los grupos de ejercicio EEIPC y EGC, así como los cambios intra e inter-grupos para el NDI.

Medida	EGC	EEIPC	Valores de cambio inter-grupos
NDI (0-50)			
Basal	8.74±4.59	10.09±3.38	
Post-intervención	4.00±2.63	4.00±2.81	
Valores de cambio	-4.73 (-6.57, -2.91)***	-6.09 (-7.75, -4.42)***	0.00 (-1.71, 1.71)
Seguimiento	4.26±3.28	5.35±3.97	
Valores de cambio	-4.47 (-6.41, -2.53)***	-4.74 (-6.50, -2.97)***	1.09 (-1.22, 3.39)
EVA (mm)			
Basal	37.50±61.77	36.73±76.29	
Post-intervención	15.87±17.03	15.87±17.03	
Valores de cambio	-18.00 (-26.24, -9.76)***	-20.87 (-28.55, -13.19)***	-2.87 (-14.51, 7.25)

Tabla 4. Datos de los resultados para el dolor y la discapacidad cervical.

Los datos se expresan como media, desviación estándar, frecuencia (proporción) o diferencia de medias (intervalo de confianza del 95%). EGC, programa de ejercicios para los extensores generales del cuello. EEIPC, programa de ejercicios específicos para los extensores inferiores profundos del cuello. NDI, Índice de Discapacidad Cervical. EVA, escala visual analógica.

Se encontró un efecto principal para el tiempo sin interacción por grupos para el NDI ($F [1,41] = 68,703$, $p < 0,001$ y $F [1,41] = 1,031$, $p = 0,361$, respectivamente) (Figura 9).

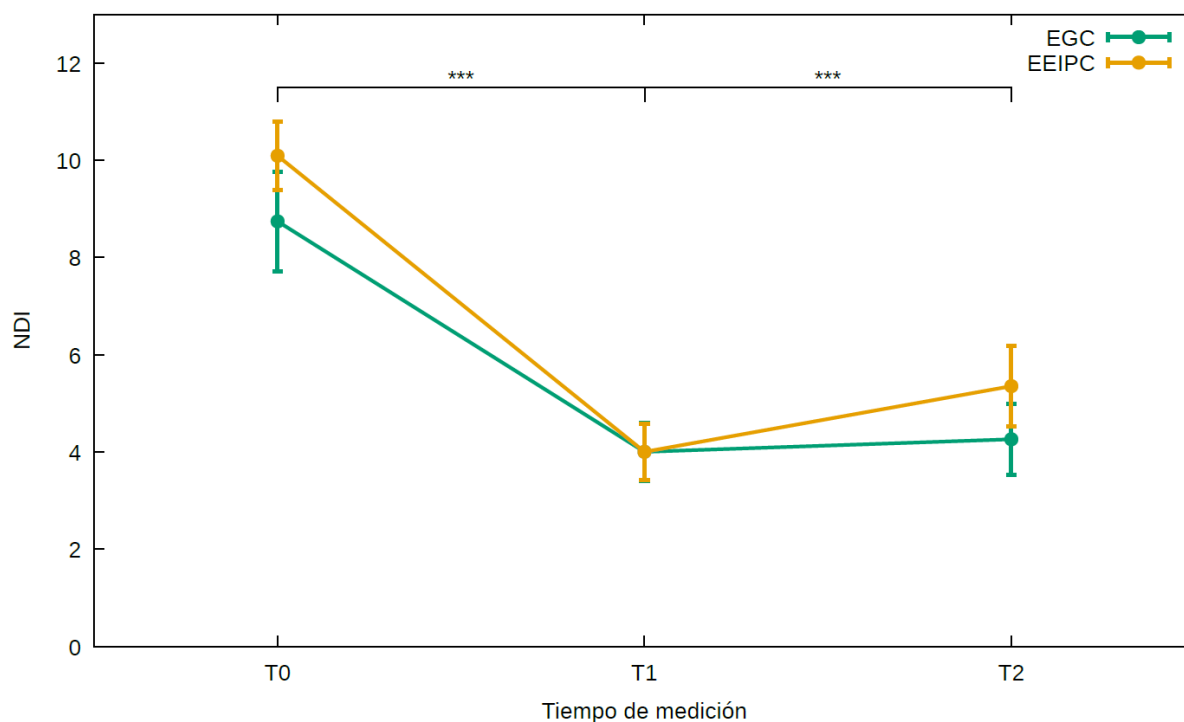


Figura 9. NDI. Los datos se expresan como media y error estándar.

*T0, línea de base; T1, post-intervención; T2, 6 meses de seguimiento. EGC, programa de ejercicios para los extensores generales del cuello. EEIPC, programa de ejercicios específicos para los extensores inferiores profundos del cuello. NDI, Índice de Discapacidad Cervical. Post-hoc: *** $p \leq 0,001$*

Los grupos de ejercicio EEIPC y EGC mostraron reducciones similares en el NDI tras la intervención (diferencia media dentro del grupo [DM]= -6,09; intervalo de confianza [IC] del 95%: -7,75, -4,42 y -4,73; IC del 95%: -6,57, -2,91 respectivamente) y en el seguimiento (-4,47; IC del 95%: -6,41, -2,53 y -4,74; IC del 95%: -6,50, -2,97), en comparación con el valor inicial. Estos cambios no superaron la MCID de la variable de discapacidad cervical. Se obtuvieron resultados similares en la intensidad del dolor (EVA), sin efectos significativos en

la interacción grupo y tiempo, pero con un efecto principal significativo para el tiempo (DM dentro del grupo= -20,87mm; IC del 95%: -28,55, -13,19 y -18,00mm; IC del 95%: (-26,24, -9,76) respectivamente para los grupos EEIPC y EGC).

2. ROM cervical

la tabla 5 se muestran los datos referentes a cada una de las mediciones del ROM para ambos grupos de intervención y los resultados de la comparación inter-grupos.

Medida	EGC	EEIPC	Valores de cambio inter-grupos
ROM flexión (°) Basal Post-intervención Valores de cambio	53.30±15.56 66.10±28.97 12.50 (3.46, 21.54)***	48.61±10.50 60.47±10.29 11.87 (3.44, 20.30)***	-5.62 (-18.66, 7.41)
ROM extensión (°) Base Post-intervención Valores de cambio	63.35±13.31 78.95±11.92 15.70 (8.80, 22.60)***	67.74±14.00 82.70±11.95 17.13 (10.69, 23.57)***	-2.96 (-7.68, 1.76)
ROM inclinación lateral (°) Basal Post-intervención Valores de cambio	39.40±10.46 47.45±8.18 8.05 (4.38, 11.72)***	40.86±6.71 50.43±6.29 9.56 (6.15, 12.98)***	-2.99 (-7.45, 1.48)
ROM rotación (°) Basal Post-intervención Valores de cambio	63.85±10.76 76.35±7.34 12.50 (7.80, 17.20)***	63.78±9.64 81.52±9.13 17.74 (13.35, 22.13)***	-5.17 (-10.33, 0.02)

Tabla 5. Datos de los resultados para el ROM cervical.

Los datos se expresan como media y desviación estándar, frecuencia (proporción) o diferencia de medias (intervalo de confianza del 95%). EGC, programa de ejercicios para los extensores generales del cuello. EEIPC, programa de ejercicios específicos para los extensores inferiores profundos del cuello. ROM, rango de movilidad.

Los modelos lineales mixtos no mostraron una interacción significativa entre el tiempo y el grupo para ninguna dirección del ROM cervical (flexión ($p = 0,918$), extensión ($p = 0,899$), flexión lateral ($p = 0,108$) y rotación ($p = 0,108$)). Sin embargo, hubo un efecto principal para el tiempo en el que los dos grupos de intervención (EEIPC y EGC) mostraron ganancias similares en el ROM cervical después del tratamiento en todas las direcciones: flexión (MD dentro del grupo = $11,87^\circ$; IC 95%: 3,44, 20,30] y $12,50^\circ$; IC 95%: 3,46, 21. 54 respectivamente), extensión (DM dentro del grupo = $17,13^\circ$; IC 95%: 10,69, 23,57 y $15,70^\circ$; IC 95%: 8,80, 22,60 respectivamente), flexión lateral (DM dentro del grupo = $9,56^\circ$; IC 95%: 6,15, 12,98 y $8,05^\circ$; IC 95%: 4,38, 11,72 respectivamente) y rotación (DM dentro del grupo = $17,74^\circ$; IC 95%: 13,35, 22,13 y $12,50^\circ$; IC 95%: 7,80, 17,20) (Figura 10).

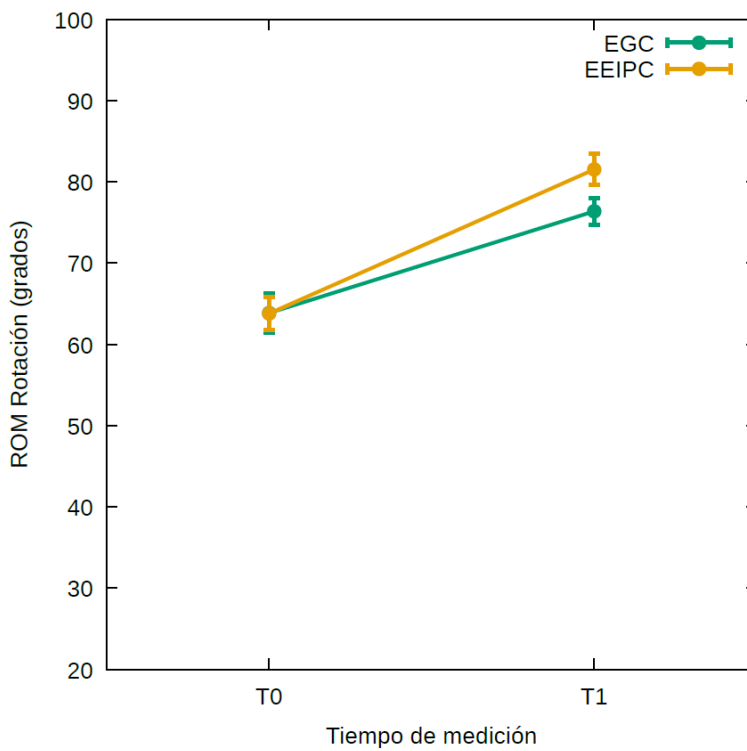
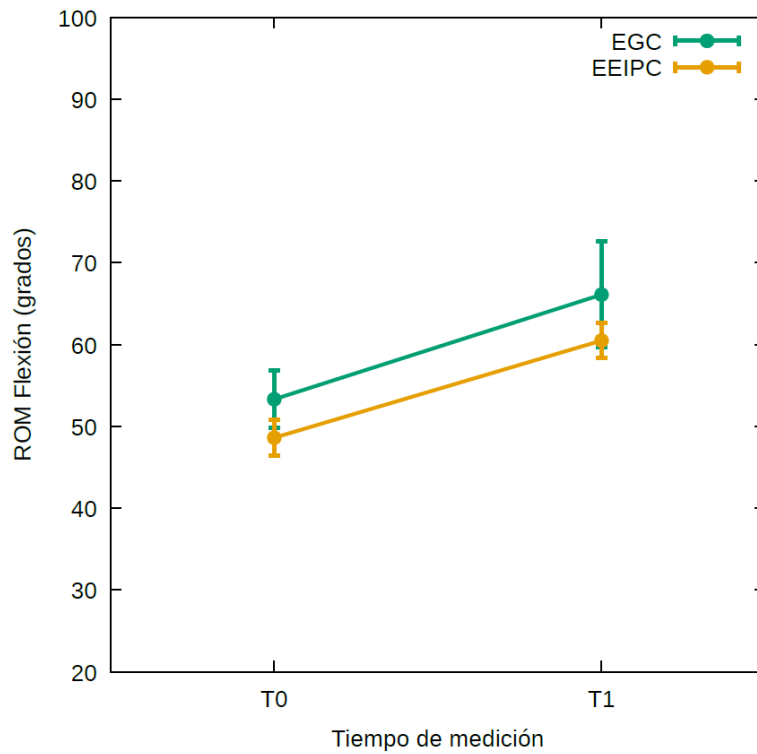


Figura 10. ROM cervical.

Los datos se expresan como la media y el error estándar. T0, línea de base; T1, post-intervención. ROM, rango de movilidad (en grados) para flexión, extensión, rotación e inclinación lateral. EGC, programa de ejercicios para los extensores generales del cuello. EEIPC, programa de ejercicios específicos para los extensores inferiores profundos del cuello.

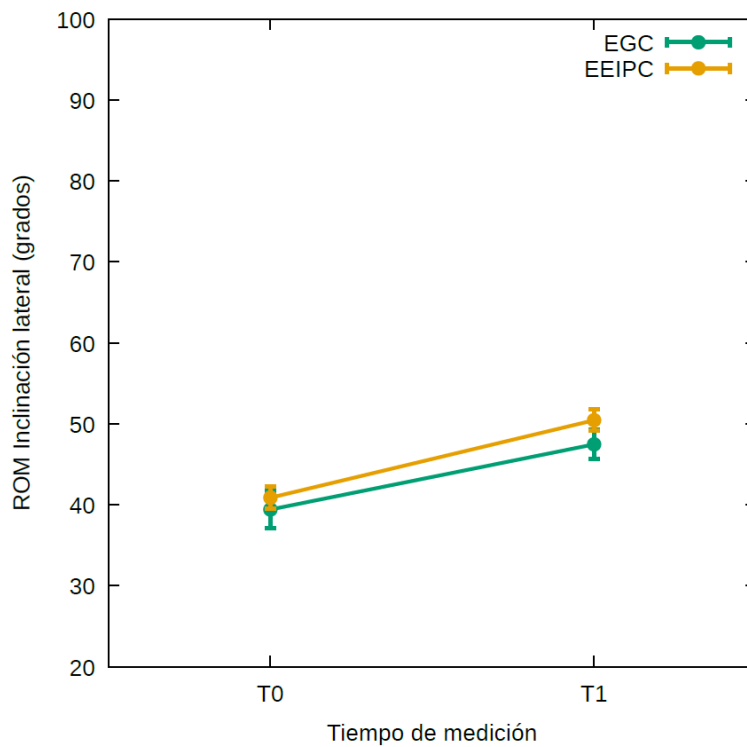
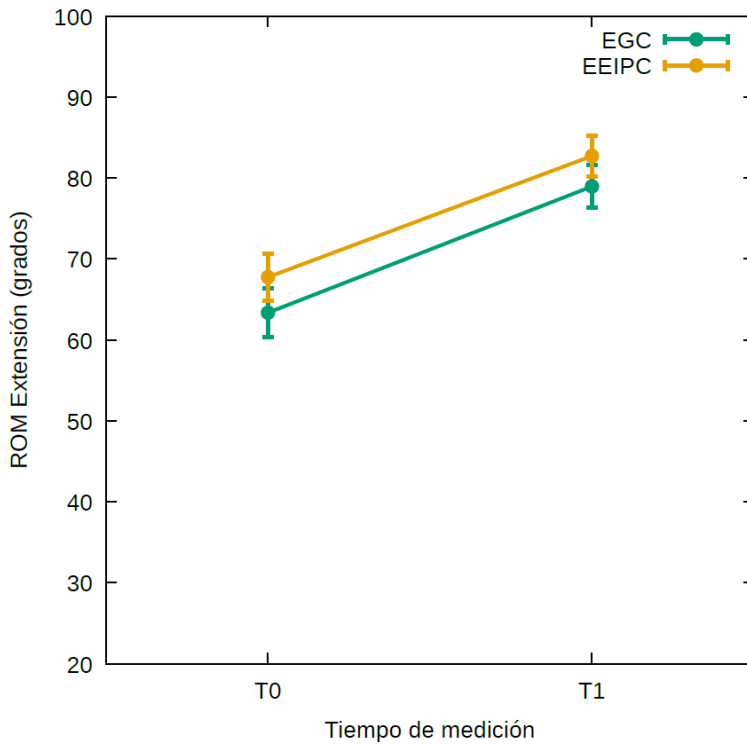


Figura 10. ROM cervical (cont).

Los datos se expresan como la media y el error estándar. T0, línea de base; T1, post-intervención. ROM, rango de movilidad (en grados) para flexión, extensión, rotación e inclinación lateral. EGC, programa de ejercicios para los extensores generales del cuello. EEIPC, programa de ejercicios específicos para los extensores inferiores profundos del cuello.

3. PPTs

En la tabla 6 se expone un resumen de los resultados de los PPTs, tanto para ambos grupos de intervención como la relación entre los mismos.

Medida	EGC	EEIPC	Valores de cambio inter-grupos
PPT C2 (kPa)			
Basal	181.60±71.15	186.57±81.52	
Post-intervención	236.85±87.84	276.83±111.12	
Valores de cambio	55.25 (7.57, 102.92)*	90.26 (45.81, 134.72)***	-39.98 (-102.34, 22.39)
PPT C5 (kPa)			
Basal	171.60±77.83	171.83±86.65	
Post-intervención	211.25±66.41	262.65±104.61	
Valores de cambio	39.65 (1.00, 84.53)*	90.83 (48.97, 132.69)***	-51.40 (-106.34, 3.53)
PPT Tibial anterior (kPa)			
Basal	313.25±117.94	275.83±105.42	
Post-intervención	405.55±129.51	399.30±196.13	
Valores de cambio	92.30 (16.89, 167.71)*	123.49 (53.16, 193.80)**	-6.25 (-110.33, 97.84)

Tabla 6. Datos de los resultados para los PPTs.

Los datos se expresan como la media y desviación estándar, frecuencia (proporción) o diferencia de medias (intervalo de confianza del 95%). EGC, programa de ejercicios para los extensores generales del cuello. EEIPC, programa de ejercicios específicos para los extensores inferiores profundos del cuello. PPT C2, umbral de dolor a la presión medido en el nivel C2. PPT C5, umbral de dolor a la presión medido en el nivel C5. PPT TA, umbral de dolor a la presión medido en el tibial anterior.

No se observó ninguna interacción significativa entre el tiempo y el grupo para ninguno de los PPTs: PPT C2 ($p = 0,284$), PPT C5 ($p = 0,118$) y PPT Tibial Anterior ($p = 0,545$), pero se observó un efecto principal para el tiempo en el ambos grupos de intervención mostraron un aumento similar de todos los PPTs inmediatamente después de la intervención: PPT C2 (DM dentro del grupo= 90,26; IC 95%: 45,81, 134,72 y 55,25; IC 95%: 7,57, 102,92 respectivamente), PPT C5 (DM dentro del grupo= 90,83; IC 95%: 48,97, 132,69 y 39,65; IC 95%:

1,00, 84,53 respectivamente) y PPT Tibial Anterior (DM dentro del grupo= 92,30; IC 95%: 16,89, 167,71 y 123,49; IC 95%: 53,16, 193,80) (Figura 11).

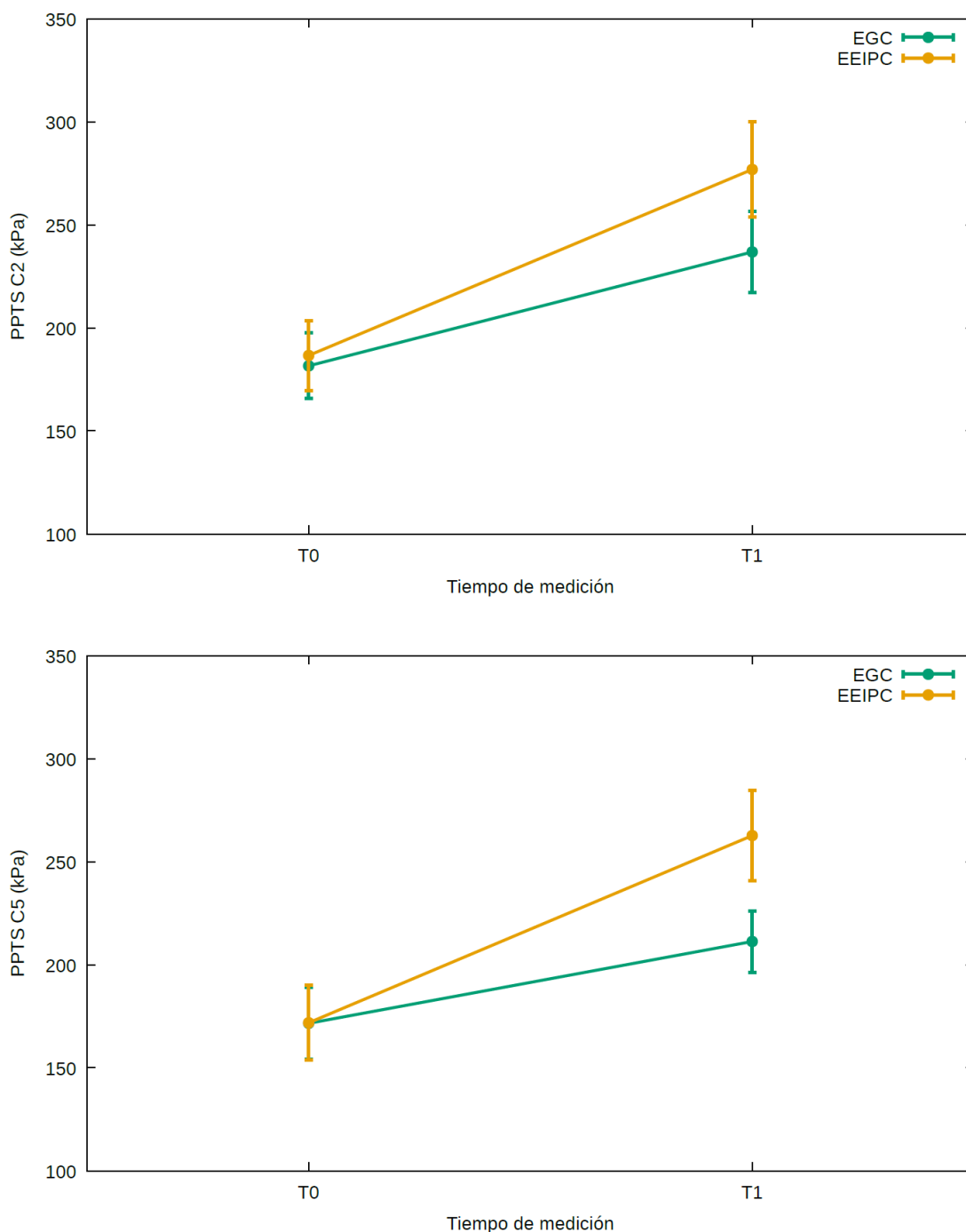


Figura 11. PPT.

Los datos se expresan como la media y el error estándar.

T0, línea de base; T1, post-intervención. PPTs C2, umbral de dolor a la presión medido en el nivel C2. PPTs C5, umbral de dolor a la presión medido en el nivel C5. PPTs tibial anterior, umbral de dolor a la presión medido en el tibial anterior. EGC, programa de ejercicios para los extensores generales del cuello. EEIPC, programa de ejercicios específicos para los extensores inferiores profundos del cuello.

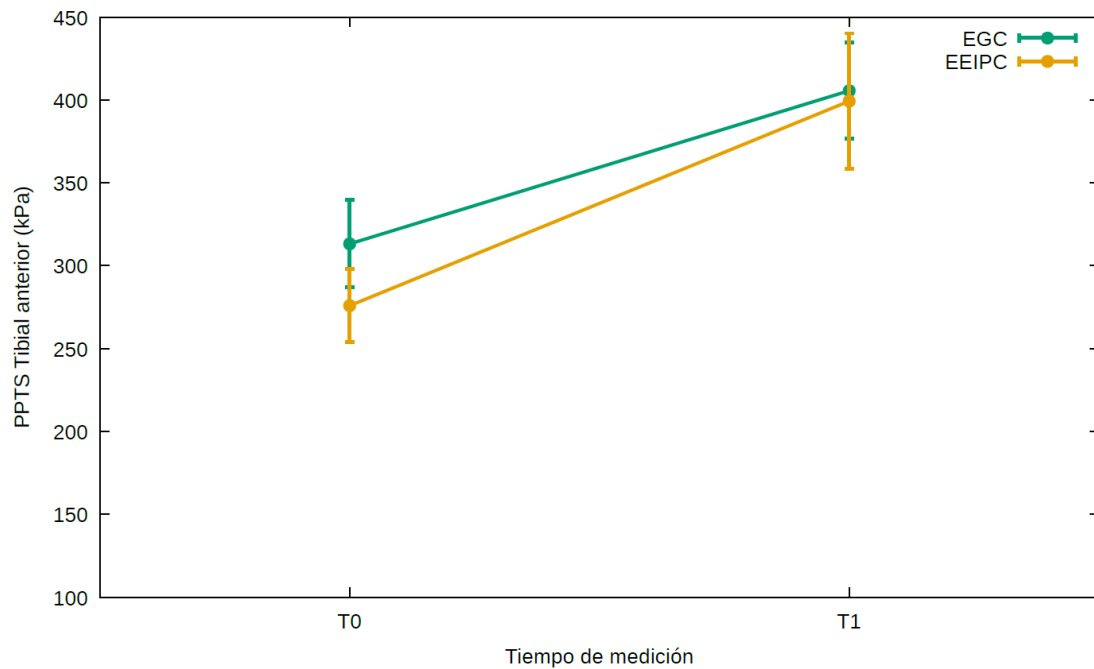


Figura 11. PPT (cont).

Los datos se expresan como la media y el error estándar.

T0, línea de base; T1, post-intervención. PPTs C2, umbral de dolor a la presión medido en el nivel C2. PPTs C5, umbral de dolor a la presión medido en el nivel C5. PPTs tibial anterior, umbral de dolor a la presión medido en el tibial anterior. EGC, programa de ejercicios para los extensores generales del cuello. EEIPC, programa de ejercicios específicos para los extensores inferiores profundos del cuello.

4. Postura cervical y torácica

En la tabla 7 se aporta un resumen de los resultados de las mediciones relativas al estudio de la postura (ángulo cervical y ángulo torácico para cada una de las tres posturas evaluadas), al inicio y después de la intervención para los dos grupos de intervención (EEIPC y EGC), así como los cambios intra-grupos e inter-grupos.

Medida	EGC	EEIPC	Valores de cambio inter-grupos
Ángulo cervical relajada (°)			
Basal	49.95±5.97	47.00±5.18	
Post-intervención	51.90±5.61	50.48±5.48	
Valores de cambio	1.95 (0.17, 4.07)*	3.47 (1.41, 5.55)**	-1.42 (-4.93, 2.08)
Ángulo torácico relajada (°)			
Basal	122.84±5.90	122.91±5.76	
Post-intervención	118.74±4.79	122.05±6.41	
Valores de cambio	-4.11 (-6.99, 1.22)	-0.86 (-3.55, 1.82)	-3.31 (-6.93, 0.32)
Ángulo cervical recta (°)			
Basal	55.05±5.37	51.45±4.81	
Post-intervención	55.25±5.03	53.27±4.28	
Valores de cambio	0.20 (-1.82, 2.22)	1.82 (-3.74, 0.11)	-1.98 (-0.93, 4.88)
Ángulo torácico recta (°)			
Basal	114.55±7.10	113.18±5.54	
Post-intervención	113.05±4.30	114.82±4.93	
Valores de cambio	-1.50 (-4.34, 1.34)	1.63 (-1.07, 4.34)	-1.77 (-4.67, 1.13)
Ángulo cervical corregida (°)			
Basal	55.10±5.44	53.73±4.74	
Post-intervención	55.00±5.10	53.82±5.11	
Valores de cambio	-0.10 (-2.14, 1.94)	0.09 (-1.85, 2.04)	-1.18 (-4.37, 2.00)
Ángulo torácico corregida (°)			
Basal	115.40±6.92	113.05±5.23	
Post-intervención	114.95±4.37	115.45±4.56	
Valores de cambio	-0.45 (-3.11, 2.21)	2.41 (-0.13, 4.95)	-0.51 (-3.30, 2.29)

Tabla 7. Datos de los resultados para las mediciones posturales cervicales y torácicas.

Los datos se expresan como la media y desviación estándar, la frecuencia (proporción) o la diferencia de medias (intervalo de confianza del 95%). EGC, programa de ejercicios para los extensores generales del cuello. EEIPC, programa de ejercicios específicos para los extensores inferiores profundos del cuello. Las mediciones vienen expresadas en grados goniométricos.

No se observó una interacción significativa entre el tiempo y el grupo ni un efecto principal del tiempo para ninguna medida del ángulo cervical (ángulo

cervical en posición relajada, $p = 0,304$; ángulo cervical en posición recta activa, $p = 0,247$ y ángulo cervical en posición corregida por el terapeuta, $p = 0,892$) ni para ningún ángulo torácico (ángulo torácico en posición relajada, $p = 0,104$; ángulo torácico en posición recta activa, $p = 0,114$ y ángulo torácico en posición corregida por el terapeuta, $p = 0,124$). No obstante, se observó un efecto principal del tiempo para el ángulo cervical en posición relajada (DM dentro del grupo: $3,47^\circ$; IC del 95%: 1,41, 5,55 y 1,95; IC del 95%: 0,17, 4,07 para EEIPC y EGC, respectivamente). Los resultados se muestran en la Figura 12 (postura relajada), Figura 13 (postura recta activa) y Figura 14 (postura corregida por el terapeuta).

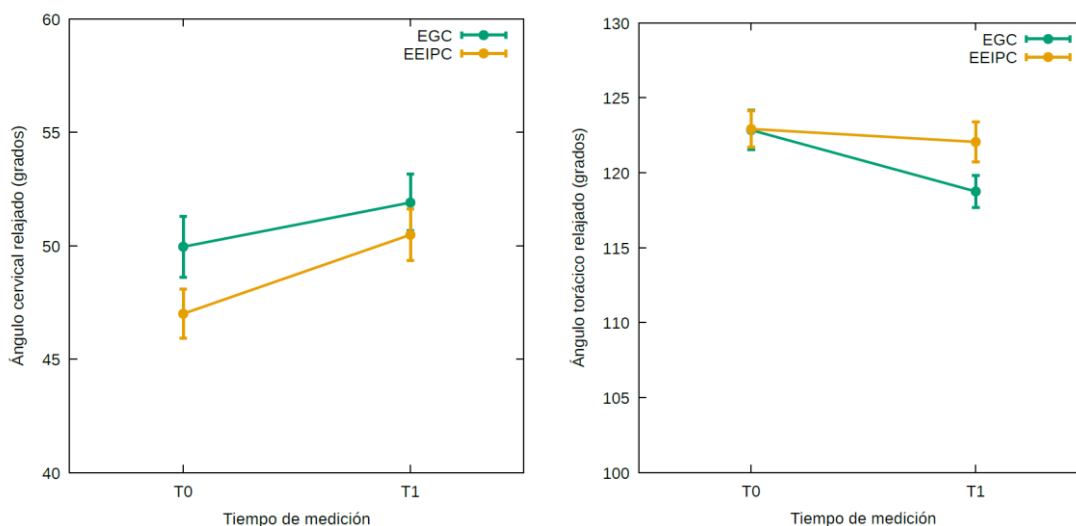


Figura 12. Postura en posición relajada.

Los datos se expresan como la media y el error estándar.

T0, línea de base; T1, post-intervención. Ángulo cervical relajado y ángulo torácico relajado (en grados). EGC, programa de ejercicios para los extensores generales del cuello. EEIPC, programa de ejercicios específicos para los extensores inferiores profundos del cuello.

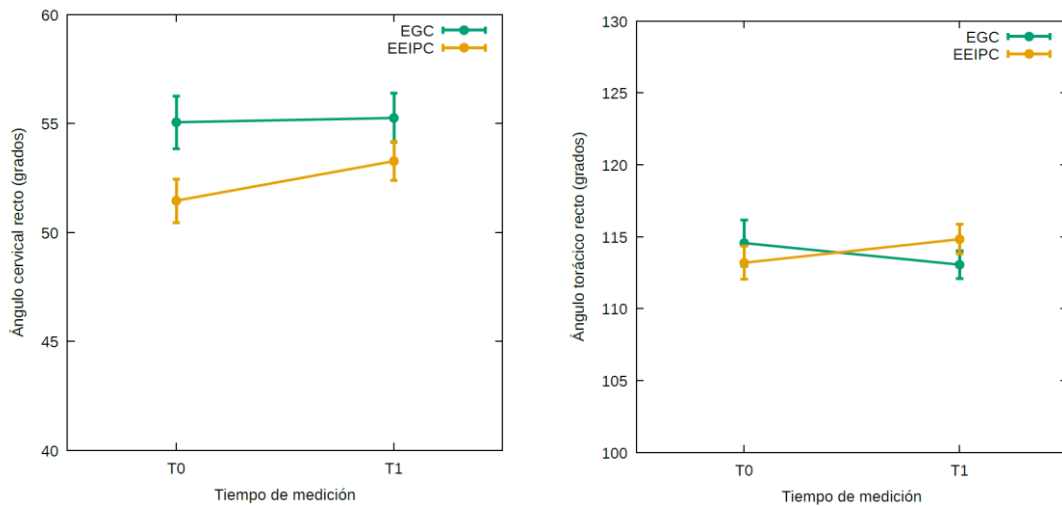


Figura 13. Postura en posición recta activa.

Los datos se expresan como la media y el error estándar.

T0, línea de base; T1, post-intervención. Ángulo cervical y ángulo torácico en postura recta activa (en grados). EGC, programa de ejercicios para los extensores generales del cuello. EEIPC, programa de ejercicios específicos para los extensores inferiores profundos del cuello.

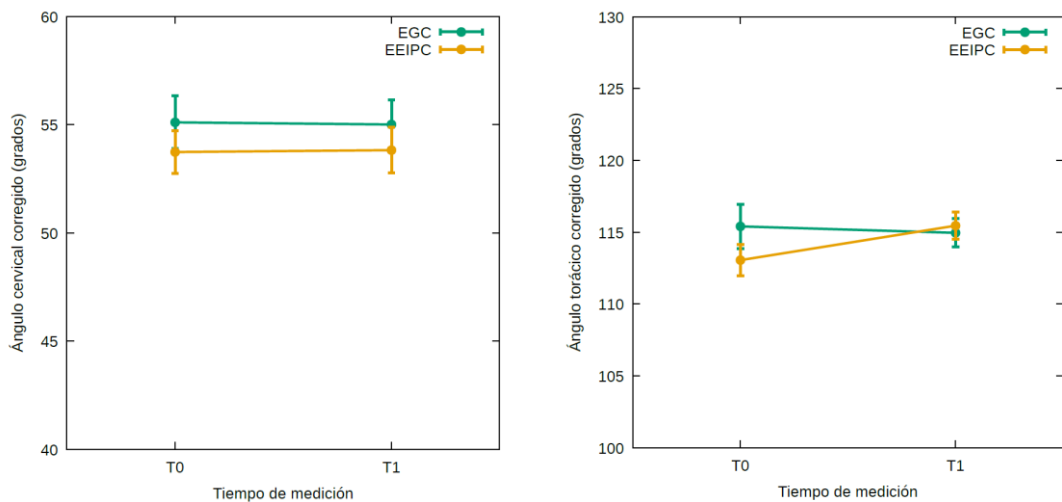


Figura 14. Postura en posición corregida por el terapeuta.

Los datos se expresan como la media y el error estándar.

T0, línea de base; T1, post-intervención. Ángulo cervical y ángulo torácico en postura corregida por el terapeuta (en grados). EGC, programa de ejercicios para los extensores generales del cuello. EEIPC, programa de ejercicios específicos para los extensores inferiores profundos del cuello.

5. Beneficio percibido por el paciente con el tratamiento (GROC)

En la tabla 8 se muestran el resumen de la medición del GROC en ambos grupos y la comparativa entre ellos.

Medida	EGC	EEIPC
GROC Post-intervención	3.79±1.39	3.55±1.66

Tabla 8. Datos de los resultados para el beneficio percibido por el paciente con el tratamiento.

Los datos se expresan como la media y desviación estándar, la frecuencia (proporción) o la diferencia de medias (intervalo de confianza del 95%). GROC, valoración global del cambio. EGC, programa de ejercicios para los extensores generales del cuello. EEIPC, programa de ejercicios específicos para los extensores inferiores profundos del cuello.

No se encontraron diferencias significativas inter-grupos en el GROC. En ambos grupos de intervención, los cambios en el GROC mostraron una tendencia positiva y estos cambios superaron la MCID descrita para el GROC (media de 3,55±1,66. para el grupo EEIPC y 3,79±1,39 para el grupo EGC).

La tabla 4 (en la página siguiente) resume la interacción entre tiempo y grupos y el efecto principal para todas las variables.

Medida	Efecto
NDI Interacción Grupo*tiempo Efecto principal	F (1,41) = 1.031, $p = 0.361$ F (1,41) = 68.703, $p < 0.001$
ROM flexión Interacción Grupo*tiempo Efecto principal	F (1,41) = 0.011, $p = 0.918$ F (1,41) = 15.841, $p < 0.001$
ROM extensión Interacción Grupo*tiempo Efecto principal	F (1,41) = 0.016, $p = 0.899$ F (1,41) = 37.022, $p < 0.001$
ROM inclinación lateral Interacción Grupo*tiempo Efecto principal	F (1,41) = 0.373, $p = 0.545$ F (1,41) = 50.358, $p < 0.001$
ROM rotación Interacción Grupo*tiempo Efecto principal	F (1,41) = 2.707, $p = 0.108$ F (1,41) = 90.178, $p < 0.001$
PPT C2 Interacción Grupo*tiempo Efecto principal	F (1,41) = 2.835, $p = 0.284$ F (1,41) = 18.431, $p < 0.001$
PPT C5 Interacción Grupo*tiempo Efecto principal	F (1,41) = 2.555, $p = 0.118$ F (1,41) = 17.244, $p < 0.001$
PPT Tibial anterior Interacción Grupo*tiempo Efecto principal	F (1,41) = 0.373, $p = 0.545$ F (1,41) = 17.860, $p < 0.001$
Ángulo cervical relajada (°) Interacción Grupo*tiempo Efecto principal	F (1,41) = 1.084, $p = 0.304$ F (1,41) = 13.707, $p = 0.001$
Ángulo torácico relajada (°) Interacción Grupo*tiempo Efecto principal	F (1,41) = 2.766, $p = 0.104$ F (1,41) = 6.500, $p = 0.015$
Ángulo cervical recta (°) Interacción Grupo*tiempo Efecto principal	F (1,41) = 1.378, $p = 0.247$ F (1,41) = 2.143, $p = 0.151$
Ángulo torácico recta (°) Interacción Grupo*tiempo Efecto principal	F (1,41) = 2.615, $p = 0.114$ F (1,41) = 0.005, $p = 0.944$
Ángulo cervical corregida (°) Interacción Grupo*tiempo Efecto principal	F (1,41) = 0.019, $p = 0.892$ F (1,41) = 0.000, $p = 0.995$
Ángulo torácico corregida (°) Interacción Grupo*tiempo Efecto principal	F (1,41) = 2.471, $p = 0.124$ F (1,41) = 1.160, $p = 0.288$

Tabla 9. interacción entre tiempo y grupos y el efecto principal para todas las variables.

V. DISCUSIÓN

DISCUSIÓN

Este es el primer estudio, según el conocimiento de los autores, que ha comparado los efectos clínicos de dos tipos de entrenamiento dirigidos a los músculos extensores cervicales, uno específico para los extensores cervicales profundos y otro más inespecífico dirigido a los músculos extensores cervicales en general en pacientes con dolor cervical idiopático.

Los principales hallazgos de la presente tesis doctoral sugieren que **un programa de ejercicio terapéutico de la musculatura extensora de cuello puede aportar beneficios en mujeres con dolor cervical idiopático crónico en términos de dolor y discapacidad cervical, ROM cervical y sensibilidad al dolor, independientemente si dicho programa se orienta específicamente a los músculos extensores inferiores profundos cervicales (EEIPC) o de forma general a los extensores (EGC) .**

Los ejercicios globales para los extensores del cuello han demostrado provocar una reducción significativa del dolor y la discapacidad cervical, una mejora de la función de los músculos cervicales (p.ej. en la coordinación neuromuscular) (Falla et al., 2013; Murray et al., 2015; O'Leary et al., 2012) y cambios positivos en los parámetros musculares estructurales (p.ej. la infiltración grasa) (O'leary et al., 2015). En el único estudio que hasta la fecha había realizado un entrenamiento específico del músculo semiespinoso del cuello, dicho entrenamiento se limitó a contracciones isométricas de baja intensidad (Suvarnato et al., 2019). La dosificación en cuanto a tiempo e intensidad del ejercicio fueron significativamente menores que en el presente estudio. Además,

el estudio de Suvarnato et al. presentó un riesgo elevado de sesgo al ser analizado en una reciente revisión sistemática (Villanueva-Ruiz et al., 2022). En dicho estudio, tampoco se realizaron ejercicios de tipo dinámico y no se compararon los ejercicios dirigidos al semiespinoso del cuello ejercicios orientados a los músculos extensores de forma más global (de hecho, se compararon con un trabajo de la musculatura profunda del cuello). Aunque los resultados del entrenamiento del semiespinoso del cuello también fueron positivos en cuanto a dolor y discapacidad cervical, éstos fueron inferiores a los obtenidos en el presente trabajo (Suvarnato et al., 2019).

Estudios previos han demostrado una menor activación de los extensores profundos del cuello (semiespinoso del cuello) en comparación con los superficiales (esplenio de la cabeza) en pacientes con dolor cervical (Schomacher & Falla, 2011; Schomacher et al., 2012). Además, algunos ejercicios específicos han demostrado producir una mayor activación de los extensores cervicales profundos en comparación con los extensores superficiales (Schomacher et al., 2013; Schomacher et al., 2015). Sin embargo, no estaba claro si estos ejercicios específicos dirigidos a los extensores cervicales profundos producían mejores resultados clínicos en comparación con ejercicios más globales o inespecíficos para los extensores (Garzonio, Arbasetti, Geri, Testa, & Carta, 2022).

El estudio planteado en la presente tesis doctoral es, hasta donde sabemos, el primero en haber comparado una intervención específica versus una inespecífica para la musculatura extensora cervical. En general, **los resultados apoyan la eficacia del entrenamiento específico de los músculos extensores profundos inferiores cervicales, aunque dicho**

entrenamiento no fue superior a un enfoque de ejercicios más general o inespecífico dirigido a los extensores.

A continuación, con el propósito de facilitar el seguimiento y la comprensión de la información aportada en la discusión, se ha estructurado ésta conforme a las diferentes variables de medición de los resultados consideradas en esta tesis doctoral.

1. Intensidad del dolor y discapacidad cervical

En la presente tesis doctoral, se obtuvieron resultados similares en términos de dolor y discapacidad cervical con ambos tipos de ejercicios dirigidos a los extensores cervicales (específicos versus inespecíficos o generales).

Previamente al presente estudio, otros trabajos habían investigado la eficacia en términos de dolor y discapacidad cervical con la implementación de diferentes tipos de ejercicios para el cuello. Por ejemplo, estudios anteriores no mostraron diferencias en cuanto a la reducción del dolor y la discapacidad cervical entre programas de ejercicios de control motor de la musculatura cervical y programas de ejercicios generales. Estos programas iban dirigidos tanto a músculos cervicales flexores como extensores (Hanney, Kolber, & Cleland, 2010; Martin-Gomez et al., 2019). Algunas de estas intervenciones centradas en el entrenamiento de músculos cervicales específicos han demostrado, en comparación con otros tipos de entrenamiento, obtener mejoras significativas sobre el dolor con un tamaño del efecto moderado. Por lo contrario, estas mejoras significativas no se observan si la variable analizada es la discapacidad de los pacientes (Martin-Gomez et al., 2019). Sin embargo, en la mayoría de

estos estudios se ha centrado el interés en el entrenamiento de los músculos flexores sin prestarle atención a la musculatura extensora.

El dolor y la discapacidad cervical medidos con el NDI mejoraron significativamente después del tratamiento en ambos grupos (de $10,09 \pm 3,38$ a $4,00 \pm 2,81$ puntos en el grupo EGC y $8,74 \pm 4,59$ puntos a $4,00 \pm 2,63$ puntos en el grupo EEIPC). Las mejoras observadas en el NDI en el presente estudio no superaron la MCID reportada para el NDI (8,5 puntos) en ninguno de los dos grupos de intervención ($-4,76/50$ para el grupo EGC y $-6,09/50$ para el grupo EEIPC) (Pool et al., 2007). La mejora de los valores del NDI se mantuvo en mayor medida a los 6 meses de seguimiento en el grupo EGC que en el grupo EEIPC, aunque las diferencias entre los dos grupos respecto a los cambios del NDI en ese periodo de tiempo siguieron siendo pequeñas. Los bajos valores en el NDI reportados en tiempo basal en ambos grupos podrían explicar la falta de cambios clínicamente relevantes observadas en el NDI. Además, seis semanas de ejercicios podrían ser un tiempo demasiado corto para que se produjeran efectos sustanciales en esta variable (Hanney et al., 2010).

2. ROM cervical

En nuestro estudio, el ROM cervical mejoró en todas las direcciones en ambos grupos tras el tratamiento. El aumento del ROM tras la intervención fue mayor que los valores de la MCID para el ROM reportados por Jørgensen et al para todas las direcciones de movimiento (Jørgensen, Ris, Juhl, Falla, & Juul-Kristensen, 2017). Al igual que con las otras variables, el aumento del ROM cervical fue ligeramente mayor en el grupo de entrenamiento específico de los

extensores cervicales profundos (EEIPC para todas las direcciones excepto la flexión, aunque estas diferencias no fueron estadísticamente significativas.

Estudios anteriores han obtenido mejoras similares en el ROM cervical utilizando ejercicios de coordinación neuromuscular centrados en los flexores profundos del cuello (O'Leary et al., 2012; Yadav & Goyal, 2015) y ejercicios de fortalecimiento general de los flexores y extensores cervicales (Freimann, Merisalu, & Pääsuke, 2015; Ylinen, Häkkinen, Nykänen, Kautiainen, & Takala, 2007) en pacientes con dolor cervical.

Futuros estudios podrían evaluar si las mejoras en el ROM cervical son específicas según la dirección del ejercicio empleado.

3. PPTs

La sensibilidad mecánica a la presión (PPTs) disminuyó en ambos grupos de ejercicio tras el tratamiento, tal como indica el aumento observado en los PPTs. Tras el tratamiento, los PPTs experimentaron cambios positivos (aumento de los PPTs) en ambos grupos de intervención no sólo a nivel local, sino también en los PPTs medidos en un lugar remoto. No obstante, aunque se observó un aumento ligeramente mayor de los PPTs tanto locales como remotos en el grupo de ejercicio específico (EEIPC), las diferencias inter-grupos no fueron estadísticamente significativas.

Estudios previos han evidenciado una disminución de los PPTs en las facetas articulares de los niveles C2 y C3 en sujetos con dolor cervical. Dicha disminución mostró una correlación con la pérdida de fuerza en la musculatura

extensora cervical, en concreto del músculo semiespinoso del cuello, al realizar contracciones isométricas y contracciones multidireccionales isométricas de 15N y 30N (referencia). Dicho estudio concluyó que existe una correlación directa entre los PPTs de la región cervical y la actividad y especificidad direccional del músculo semiespinoso del cuello (Schomacher et al., 2013).

En el presente estudio, las participantes experimentaron un cambio positivo en los PPTs no sólo a nivel local en la columna cervical, sino también en un lugar remoto, con un aumento ligeramente mayor, aunque no estadísticamente significativo de los PPTs en el grupo EEIPC en comparación con el grupo EGC. Los cambios positivos en las PPT locales tras los dos programas de ejercicio podrían reflejar una regulación a la baja de los mecanismos de sensibilización periférica por la influencia del ejercicio, mientras que los cambios en la sensibilidad generalizada estarían más relacionados con los efectos del ejercicio sobre los mecanismos de sensibilización central (Law & Sluka, 2017; Lima, Abner, & Sluka, 2017; Rebbeck et al., 2015; Sluka, Frey-Law, & Hoeger Bement, 2018).

A diferencia de otras condiciones como el WAD o el dolor radicular, que presentan hiperalgesia tanto local como generalizada (Meeus, Roussel, Truijen, & Nijs, 2010), el dolor cervical idiopático crónico parece presentar únicamente hiperalgesia local (Malfliet et al., 2015). Sin embargo, cuando la evaluación de la hiperalgesia se realiza mediante la medición de los PPTs, los resultados no parecen ser concluyentes, mostrándose en el dolor cervical idiopático crónico tanto hiperalgesia local como generalizada (Malfliet et al., 2015), de forma similar al presente estudio. Esto quizá se deba a la existencia de subgrupos diferentes de dolor idiopático crónico con mecanismos del dolor diferentes (Malfliet et al.,

2015). La identificación de estos subgrupos podría ser de ayuda a la hora de seleccionar tratamientos más específicos para los pacientes con dolor cervical idiopático lo cual repercutiría en la obtención de mejores resultados (Fillingim, Loeser, Baron, & Edwards, 2016; Sterling, Jull, Vicenzino, & Kenardy, 2004; Sterling, 2011).

Nuestros resultados están en consonancia con estudios anteriores que muestran una hipoalgesia inducida por el ejercicio en personas con dolor musculoesquelético crónico (Karlsson et al., 2015; Rice et al., 2019; Vægter, Handberg, & Graven-Nielsen, 2015; Wewege & Jones, 2021; Ylinen, et al., 2005). Varios mecanismos (p.ej. interacciones entre el sistema opioide con los sistemas endocannabinoide y serotoninérgico, papel potencial de los sistemas nervioso e inmunitario autónomos, entre otros) podrían explicar los efectos moduladores del dolor obtenidos con las dos intervenciones de ejercicio evaluadas (Naugle, Fillingim, & Riley, 2012; Rebbeck et al., 2015; Rice et al., 2019; Sluka et al., 2018; Sterling, 2011), a pesar de que estos mecanismos no fueron investigados específicamente en el presente estudio.

4. Postura cervical y torácica

Los resultados aportados por el presente trabajo no muestran un efecto significativo con la implementación de ninguno de los dos programas de ejercicio sobre la postura, excepto en el ángulo cervical en posición relajada en el que se observó un efecto principal del tiempo entre los dos grupos.

La evidencia acerca de los efectos del ejercicio dirigido a los músculos extensores cervicales del cuello sobre la postura es escasa. Alpayci e Ilter

(Alpayci & Ilter, 2017) encontraron un aumento en la lordosis cervical en reposo después de implementar un programa de ejercicios isométricos de 12 semanas de duración dirigido a los extensores cervicales. Se ha demostrado previamente que los sujetos con dolor cervical pueden presentar dificultades para mantener una postura sentada erguida mientras realizan una tarea sencilla y repetitiva delante de un ordenador (Falla et al., 2007). Además, su capacidad para mantener una postura erguida mejoró tras entrenar específicamente los flexores profundos del cuello mediante un ejercicio de corrección postural (Falla et al., 2007; Lee, Park, & Kim, 2013b).

Según los resultados del presente estudio, y en contra de lo que cabría esperar, el grupo que entrenó específicamente los extensores profundos inferiores del cuello (EEIPC) no obtuvo mejores resultados relacionados en parámetros relacionados con la postura en comparación con el grupo EGC. La única medida en la que se apreció un cambio significativo fue tras el tratamiento fue en el ángulo cervical en posición relajada en ambos grupos (DM dentro del grupo: 3,47° ; IC del 95%: 1,41, 5,55 y 1,95; IC del 95%: 0,17, 4,07 para EEIPC y EGC, respectivamente), aunque no se observaron diferencias significativas inter-grupos en esta medida. Otros programas de entrenamiento de los extensores cervicales que usaron ejercicio isométrico, reportaron cambios positivos no solo en la mejora del dolor cervical, sino también en la morfología de la lordosis cervical en reposo (Alpayci & Ilter, 2017).

A pesar de que en este estudio la evaluación de la postura se llevó a cabo mientras las participantes se encontraban en posición de sedestación sin realizar ninguna otra tarea durante la medición y en un periodo corto de tiempo, se ha observado que los pacientes con dolor cervical tienen dificultades para mantener

la postura mientras realizan una determinada tarea y esa capacidad se puede entrenar con un programa de ejercicios dirigido a entrenar los músculos flexores cervicales profundos (Falla et al., 2007). No obstante, actualmente la relación entre la postura y el dolor cervical, y la influencia que la postura cervical pueda tener sobre la función y la presencia de síntomas o cambios patológicos a nivel cervical sigue siendo controvertida (Correia et al., 2021; Mahmoud, Hassan, Abdelmajeed, Moustafa, & Silva, 2019). Por un lado, algunos autores sostienen que la pérdida de la lordosis cervical altera la biomecánica normal de la región cervical y provoca un desequilibrio sagital cervical (Lv et al., 2018; Scheer et al., 2013; Shedid & Benzel, 2007). Se ha observado que el ángulo cervical en los pacientes con dolor cervical es significativamente menor que en los sujetos asintomáticos y que existe una correlación negativa moderada entre el ángulo cervical y la discapacidad cervical. Los pacientes con un menor ángulo cervical parecen mostrar una mayor postura adelantada de la cabeza, y cuanto mayor es esta postura adelantada de la cabeza, mayor es la discapacidad reportada mediante el Northwick Neck Pain Questionnaire (Yip, Chiu, & Poon, 2008). La magnitud del ángulo torácico como la posición de los hombros presenta diferencias en los sujetos sintomáticos respecto a los sujetos que no presentan síntomas. Estos cambios en la postura van asociados a una actividad anticipatoria aumentada del trapecio superior en sujetos con dolor al adoptar determinadas posturas como situar las manos en reposo sobre un teclado, no observándose este aumento de la actividad en sujetos asintomáticos (Szeto, Straker, & O'Sullivan, 2009). Sin embargo, otros autores defienden que las variaciones respecto a los valores normativos de la postura de la columna cervical no pueden correlacionarse con la clínica que vaya a desarrollar el sujeto

y, por tanto, no puede establecerse una correlación de causalidad directa entre alteración de la postura y dolor cervical (Andias & Silva, 2019; Slater, Korakakis, O'Sullivan, Nolan, & O'Sullivan, 2019). Los estudios ecográficos no han encontrado una relación directa entre el área de sección transversal de la musculatura o la disminución de la resistencia muscular (valorada con test de resistencia de los flexores y de los extensores) y la posición adelantada de la cabeza. Sin embargo, en sujetos con dolor cervical sí se encontró relación entre tamaño del músculo, resistencia de los músculos y la posición adelantada de la cabeza (Ghamkhar & Kahlaee, 2019). Por otro lado, se han observado correlaciones entre la actividad electromiográfica en músculos como el trapecio, los escalenos, el esternocleidomastoideo o los esplenios y la postura, aunque existe disparidad de resultados entre estos estudios (Florencio et al., 2018; Lee, Han, Cheon, Park, & Yong, 2015). Esto podría interpretarse como que ciertas posturas no se asociarían inmediatamente con el dolor cervical en el momento de la evaluación o que la alteración de la postura no era una causa del dolor cervical sino una estrategia motora adoptada por el sujeto que padece dolor cervical con el objetivo de modificar sus síntomas (Korakakis et al., 2021; Slater et al., 2019).

Prospectivamente no se ha podido establecer que la adopción frecuente de posiciones consideradas incorrectas en la columna cervical, como la postura adelantada de la cabeza o la sedestación en posición de “slump” durante edades tempranas (adolescencia), sean predictoras de padecer en un futuro dolor cervical (Jahre et al., 2021). Un estudio reciente no encontró diferencias significativas en el patrón de reclutamiento de musculatura cervical extensora y periescapular al realizar movimientos de hombro entre los sujetos con y sin

posición adelantada de la cabeza en reposo (Kwon, 2022). También al subclasificar en clústeres de sujetos dependiendo de la postura adoptada espontáneamente por participantes jóvenes cabe señalar que no se pudo establecer una relación directa entre el tipo de postura adoptado y la presencia o no de dolor cervical. Sin embargo, al incluirse en el análisis de estos clústeres factores psicosociales de los participantes sí se encontró una relación entre la postura y ciertos perfiles psicosociales como tendencias depresivas o estilos de vida más activos (Richards, Beales, Smith, O'Sullivan, & Straker, 2016). Por este motivo, deberían tenerse en cuenta numerosas variables psicosociales, además de las puramente biomecánicas a la hora de valorar la postura adoptada por los sujetos o al intentar establecer relaciones causales entre la postura y el dolor (Candan, Sahin, & Akoğlu, 2019; Linton, 2000; Prins, Crous, & Louw, 2008). Esto llevaría a plantearse que la propia percepción que tuviese un sujeto de lo que creyese ser una postura óptima estará influida por estas variables psicosociales además de por la presencia o no de dolor que esté experimentando (Edmondston, et al., 2007; Korakakis et al., 2021).

En la actualidad, tampoco existe un consenso sobre cuáles son los valores que deben considerarse normales dentro de una postura alineada. Aunque la mayoría de los clínicos considera que la postura es un factor importante a tener en cuenta en el abordaje del paciente con dolor cervical, las posturas escogidas por los profesionales como correctas diferían entre sí en gran medida, a pesar de que las justificaciones que daban para la elección de las mismas sí resultaban similares (Korakakis et al., 2019). Del mismo modo, los propios pacientes no son capaces de determinar una postura cervical “ideal” y tienen dificultades a la hora de corregir la propia postura cervical, a pesar de que la mayoría tiene la

convicción de que su propia postura no es la más correcta desde un punto de vista biomecánico (Korakakis et al., 2021). Ciertos autores consideran que las dificultades para establecer relaciones de causalidad entre la postura y la clínica de los pacientes, e incluso de determinar qué posturas son las adecuadas deberían hacer a los clínicos el replantearse la relevancia de la postura y su modificación como parte del tratamiento de los pacientes con dolor. Es más, el hecho de que el propio paciente lo perciba como un factor relevante podría convertirse en un elemento nocéxico que contribuya negativamente a su clínica (Slater et al., 2019).

Los cambios observados en el presente estudio tras el tratamiento cuando se valoró la postura en posición relajada podrían deberse tanto a la modificación por la disminución de los síntomas de posturas antálgicas adoptadas para evitar la provocación del dolor o la mejora del sentido cinestésico, como a la modificación de la conducta por reactividad psicológica de los sujetos al ser observados. A diferencia del dolor provocado por acontecimientos traumáticos como el WAD (Sterling et al., 2004; Sterling, & Kenardy, 2008; Treleaven, Jull, & Sterling, 2003), el dolor de cuello no traumático, especialmente si se trata de dolor de intensidad moderada-baja, no parece estar relacionado con las alteraciones del sentido cinestésico postural (Rix & Bagust, 2001; Zito, Jull, & Story, 2006). La creencia en la existencia de una postura “correcta” está muy extendida, a pesar de que actualmente no hay pruebas suficientes de que la postura sea una causa específica del dolor cervical que respalden la elección de dichas posturas sobre las demás (Korakakis et al., 2021; Slater et al., 2019).

Futuros estudios deberían aclarar la relación entre la postura y el dolor cervical y el papel potencial del ejercicio, incluidos los ejercicios dirigidos a los

músculos extensores cervicales, para modificar la postura en personas con dolor cervical.

5. Beneficio percibido por el paciente con el tratamiento (GROC)

La percepción global de la mejora fue positiva en ambos grupos y, al igual que el resto de las variables, esta mejora no fue significativamente diferente entre los dos grupos de intervención. Aunque el GROC ha recibido críticas porque su naturaleza retrospectiva no refleja con exactitud el cambio a lo largo del tiempo, los seguimientos de menos de tres meses podrían reducir los sesgos asociados a la memoria de los pacientes (Bobos, MacDermid, Nazari, & Furtado, 2019).

6. Implicaciones clínicas

A nuestro parecer, los resultados presentados en el presente trabajo podrían suponer ciertos avances en el ámbito clínico y científico, aportando datos que pueden ayudar a la toma de decisiones a la hora de elaborar un programa de ejercicio terapéutico en pacientes con dolor cervical idiopático en el que se considere prestar especial atención específica a la musculatura extensora cervical. Además, esta tesis doctoral, además de proporcionar un programa estructurado de ejercicios que es efectivo para la mejora de parámetros como el dolor y la discapacidad cervical, puede permitir en el futuro abrir el debate sobre la necesidad o no de ser específicos en el entrenamiento selectivo de ciertos grupos musculares, lo que podría ayudar a los clínicos a seleccionar la intervención más efectiva para cada paciente.

Sin embargo, deberían tenerse en cuenta ciertos factores a la hora de llevar a la práctica tanto el programa de ejercicios presentado en este trabajo como los resultados obtenidos. Respecto a la percepción del propio paciente y la adherencia al ejercicio, cualquier diseño de programa de ejercicios debería tener en cuenta las preferencias del paciente y adaptarse no solo en términos de criterios clínicos, sino considerar factores personales como el tiempo disponible del paciente, su estilo de vida, implicación y el riesgo de recurrencia del cuadro (de Campos et al., 2021).

Los ejercicios generales no centrados específicamente en músculos concretos de la columna cervical, sino de forma general en la musculatura del cuello, la cintura escapular o las extremidades superiores, han demostrado producir una buena activación de los músculos extensores cervicales y disminuir el dolor de los pacientes (Andersen et al., 2008; Blangsted, Sjøgaard, Hansen, Hannerz, & Sjøgaard, 2008; Gao et al., 2020; Lange, Toft, Myburgh, & Sjøgaard, 2013; Sihawong, Janwantanakul, Sitthipornvorakul, & Pensri, 2011; Zebis et al., 2011). Una de las ventajas de estos ejercicios es la sencillez para los pacientes a la hora de realizarlos. Esta sencillez también es aplicable para el propio terapeuta. Esta característica permite que el tratamiento pueda realizarse por el propio paciente en programas domiciliarios y mejorar la adherencia al tratamiento (Dalager et al., 2015; Gao et al., 2020).

Otro factor a tener en cuenta en la prescripción de un programa de ejercicios para los extensores cervicales sería la dosificación personalizada del ejercicio para cada paciente, aunque actualmente aún no se conoce cuál sería la dosificación óptima y qué criterios deberían tenerse en cuenta para realizar esta adaptación a la hora de prescribir ejercicio para el dolor cervical (Price et

al., 2020; Wilhelm et al., 2020). El hecho de que la intensidad de los ejercicios fuera gestionada por los propios pacientes podría no sólo mejorar la adherencia al tratamiento, sino también evitar efectos negativos como las reagudizaciones y el dolor de aparición tardía. Sin embargo, el que las MCV entre las participantes fuese tan variable no permitió determinar si determinada intensidad en la ejecución de los ejercicios pudiera obtener mejores resultados respecto a otras. Como señalan Blomgren et al., los ejercicios ejecutados con contracciones de intensidad alta son necesarios para mejorar la fuerza y la resistencia de los músculos cervicales, lo que no se puede lograr adecuadamente utilizando solo ejercicios de baja carga como el entrenamiento del control motor (Blomgren, Strandell, Jull, Vikman, & Røijezon, 2018). De igual modo, parece ser que el ejercicio de baja intensidad es insuficiente para activar los mecanismos de modulación del dolor en pacientes con dolor crónico (Niamh et al., 2022). Sin embargo, en pacientes con dolor cervical a veces es difícil trabajar con contracciones máximas o submáximas, tanto por la aparición de dolor como por la posible hipervigilancia y cinesiofobia subyacentes (Bonilla-Barba et al., 2020). Las dificultades en la coordinación entre los grupos musculares para realizar un movimiento preciso en pacientes con dolor cervical, podría justificar la recomendación de un trabajo previo de control motor antes del entrenamiento de fuerza (Peolsson, Anneli, Peterson, Trygg, & Nilsson, 2016).

También debería tenerse en consideración que, aunque actualmente el ejercicio terapéutico es una de las opciones con resultados más esperanzadores en el tratamiento conservador del dolor cervical idiopático, siempre debería integrarse dentro de un programa de tratamiento multimodal, junto con otras opciones terapéuticas como la educación del paciente, terapia manual o

tratamiento analgésico farmacológico (Hidalgo et al., 2017; Jull et al., 2018). Sin embargo, los tipos de modalidades, dosificación y combinaciones de todos estos tratamientos requieren mayor investigación (De Pauw et al., 2015).

7. Limitaciones

Hay algunas limitaciones que deben reconocerse en este estudio:

En **primer lugar**, se ha demostrado que la evaluación de la postura mediante marcadores de superficie no proporciona información real sobre la alineación segmentaria de la columna vertebral (Johnson, 1998). Sin embargo, estudios anteriores que utilizaron la misma metodología que en el presente estudio (Falla et al., 2007) han demostrado una buena capacidad de respuesta de las mediciones de la postura al tratamiento.

En **segundo lugar**, sólo se incluyeron mujeres con dolor cervical crónico idiopático, por lo que nuestros resultados no pueden generalizarse a poblaciones de hombres con dolor cervical crónico idiopático o a sujetos con dolor de cuello de origen traumático (WAD), ya que este último grupo presenta características diferentes (Coppieters et al., 2017). Además, aunque el tamaño de la muestra estaba justificado, sigue siendo pequeño y, dada la gran heterogeneidad en la presentación clínica entre las personas con dolor cervical crónico, estos resultados deberían confirmarse en tamaños de muestra mayores.

En **tercer lugar**, el hecho de que todos los participantes presentaran un dolor de naturaleza leve-moderada también debería tenerse en cuenta a la hora

de extrapolar los resultados a una población con dolor cervical de mayor intensidad.

En **cuarto lugar**, el diseño del presente ensayo clínico, al no incluir a un grupo control ni a un grupo placebo, no permite discernir si los efectos de los dos programas de ejercicio investigados son superiores a no hacer nada o a una intervención placebo.

En **quinto lugar**, debido a la naturaleza de los ejercicios, la progresión de la carga a lo largo del programa fue ajustada por la propia participante, aumentando la intensidad de la carga siempre que este aumento no provocase la aparición de dolor. Tal vez una progresión de la carga diferente habría logrado resultados distintos. En este estudio no se usó la fuerza como criterio de inclusión debido a la gran variabilidad de resultados obtenidos en esta variable cuando se han comparado sujetos con dolor cervical versus asintomáticos. En concreto, se ha observado que la fuerza es significativamente menor en sujetos con dolor cervical en comparación con sujetos sanos en un 18% (Lindstrøm, Graven-Nielsen, & Falla, 2012), 22,6% (Lindstrøm et al., 2011), 25,9% (Chiu & Lo, 2002), 29% (Ylinen, Salo, Nykänen, Kautiainen, & Häkkinen, 2004), 66% (Pearson, Ivancic, Ito, & Panjabi, 2004) e incluso hasta un 90% (Prushansky, Gepstein, Gordon, & Dvir, 2005). Un estudio más reciente no encontró diferencias en la fuerza entre 746 sujetos con dolor cervical y 3547 sujetos sin dolor de cuello, que fueron examinados debido a otro problema de salud (Kauther, Piotrowski, Hussmann, Lendemans, & Wedemeyer, 2012; Kauther, 2013). En consecuencia, se puede concluir que la alteración de la fuerza no es una característica distintiva clara entre los pacientes con dolor cervical y los sujetos sanos (Sarig-Bahat, 2013).

En **sexto lugar**, el estudio con resonancia magnética funcional de Elliot et al. (Elliott et al., 2010) mostró una activación acentuada de los extensores cervicales profundos cuando se empujaba la cabeza hacia atrás de forma isométrica (permitiendo que la columna cervical superior se mantuviese en extensión) con un 20% de la MCV. En nuestro estudio se utilizaron ejercicios basados en estudios de EMG con una contracción muscular máxima sin dolor en la que la región craneocervical se mantenía en posición neutra. La posición de la cabeza podría haber influido en nuestros resultados, aunque actualmente se desconoce la influencia que puede tener una posición específica de la columna cervical superior en la capacidad de contracción de los extensores cervicales profundos.

Por último y en séptimo lugar, los ejercicios implementados en este estudio no se ajustaron a las deficiencias neuromusculares de cada individuo, sino que se aplicó el mismo tratamiento a todos los sujetos pertenecientes al mismo grupo. De hecho, el único criterio de inclusión relacionado con las deficiencias neuromusculares que se usó en el presente estudio fue que todas las participantes debían demostrar un rendimiento deficiente (< 250 segundos) en una prueba de resistencia de los extensores del cuello (Schomacher et al., 2012). Dicha prueba no se relaciona específicamente con ninguna de las intervenciones de ejercicio de los extensores evaluadas en este estudio. A diferencia de lo que ocurre con los flexores cervicales profundos (donde la prueba de flexión craneocervical ha sido validada como prueba para medir la coordinación neuromuscular entre flexores cervicales superficiales y profundos) (Jull et al., 2018), no existe actualmente ninguna prueba validada para evaluar la coordinación neuromuscular de la musculatura extensora cervical. Por ello, se

decidió utilizar en el presente trabajo una de las pocas pruebas objetivables descritas en la literatura para los extensores del cuello (la prueba de resistencia del cuello), a pesar de ser conscientes de que mide un constructo (la resistencia) diferente a la coordinación neuromuscular y, por lo tanto, no sería la prueba más adecuada para evaluar si las participantes realmente necesitaban un enfoque terapéutico de entrenamiento de la coordinación neuromuscular característico del grupo de ejercicios EEIPC. A pesar de ser una prueba que no es capaz de diferenciar la disfunción específica de los músculos extensores cervicales profundos, sí que ha demostrado una relación directa entre valores bajos en la prueba de resistencia de los extensores cervicales y mayores niveles de discapacidad cervical (Kahlaee et al., 2017).

Se podrían haber encontrado resultados diferentes de haberse realizado una evaluación neuromuscular más exhaustiva al inicio del estudio y las intervenciones de ejercicio se hubieran seleccionado teniendo en cuenta los resultados de esta evaluación en cada una de las participantes (Falla & Hodges, 2017). Sin embargo, un reciente meta-análisis concluye que aquellos estudios donde se usaron criterios específicos a la hora de seleccionar pacientes (p.ej. utilizando el test de flexión cráneo-cervical para valorar los flexores cervicales profundos) no obtuvieron mejores resultados a aquellos estudios que por lo contrario no lo hicieron (Villanueva-Ruiz et al., 2022). Pruebas más funcionales (aunque no específicas para el control motor) como el test utilizado en nuestro estudio podrían ayudar a seleccionar qué pacientes son mejores candidatos para un trabajo específico de la musculatura del cuello (Villanueva-Ruiz et al., 2022).

VI. CONCLUSIONES

CONCLUSIONES GENERALES

Las conclusiones generales alcanzadas en esta tesis doctoral son:

1. Un programa de ejercicios de 6 semanas de duración dirigido a músculos extensores del cuello, tanto si se aplica de forma específica a los extensores cervicales profundos como de forma más general a los extensores, tiene efectos positivos en cuanto a la mejora de la discapacidad cervical, intensidad del dolor cervical, ROM cervical, sensibilidad dolorosa a la presión, postura cervical en posición sentada relajada y el beneficio percibido por el paciente con el tratamiento en mujeres con dolor cervical idiopático crónico.
2. A pesar de la mejoría observada en todas las variables estudiadas tras la aplicación de ambos programas de ejercicio (específico y general para los extensores cervicales), no se encontraron diferencias significativas en estas variables entre ambas intervenciones.
3. Los resultados de esta tesis doctoral remarcan la importancia de incorporar el trabajo mediante ejercicio terapéutico en la musculatura extensora cervical en mujeres con dolor cervical idiopático crónico y cuestionan la necesidad de implementar ejercicios específicos dirigidos a la musculatura extensora cervical profunda de cara a la obtención de resultados clínicos.

GENERAL CONCLUSIONS

The general conclusions reached in this doctoral thesis are as follows:

1. A 6-week exercise programme targeting extensor muscles of the neck, whether applied specifically to the deep cervical extensors or more generally to the extensors, has positive effects in terms of improvement in cervical disability, cervical pain intensity, cervical ROM, painful pressure sensitivity, cervical posture in relaxed sitting position and patient perceived benefit with treatment in women with chronic idiopathic cervical pain.
2. Despite the improvement observed in all the variables studied after the application of both exercise programmes (specific and general for the cervical extensors), no significant differences were found in these variables between the two interventions.
3. The results of this doctoral thesis highlight the importance of incorporating therapeutic exercise work on the cervical extensor musculature in women with chronic idiopathic neck pain and question the need to implement specific exercises aimed at the deep cervical extensor musculature in order to obtain clinical results.

Financiación

Esta investigación no ha recibido ninguna subvención específica de organismos de financiación del sector público, comercial o sin ánimo de lucro.

VII. BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

- Alonso-Garcia, M., & Sarria-Santamera, A. (2020). The economic and social burden of low back pain in Spain: A national assessment of the economic and social impact of low back pain in Spain. *Spine*, 45(16), E1026-E1032. doi:10.1097/BRS.0000000000003476 [doi]
- Alpayci, M., & Ilter, S. (2017). Isometric exercise for the cervical extensors can help restore physiological lordosis and reduce neck pain: A randomized controlled trial. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 96(9), 621-626.
- Altman, D. G., Schulz, K. F., Moher, D., Egger, M., Davidoff, F., Elbourne, D., . . . Lang, T. (2001). The revised CONSORT statement for reporting randomized trials: Explanation and elaboration. *Annals of Internal Medicine*, 134(8), 663-694.
- Andersen, L. L., Kjaer, M., Sögaard, K., Hansen, L., Kryger, A. I., & Sjøgaard, G. (2008). Effect of two contrasting types of physical exercise on chronic neck muscle pain. *Arthritis Care & Research: Official Journal of the American College of Rheumatology*, 59(1), 84-91.
- Anderson, J. S., Hsu, A. W., & Vasavada, A. N. (2005). Morphology, architecture, and biomechanics of human cervical multifidus. *Spine*, 30(4), E86-E91.
- Andias, R., & Silva, A. G. (2019). A systematic review with meta-analysis on

functional changes associated with neck pain in adolescents.

Musculoskeletal Care, 17(1), 23-36.

Andrade Ortega, J. A., Delgado Martínez, A. D., & Ruiz, R. A. (2010). Validation of the spanish version of the neck disability index. *Spine*, 35(4)
doi:10.1097/BRS.0b013e3181afea5d

Audette, I., Dumas, J., Côté, J. N., & De Serres, S. J. (2010). Validity and between-day reliability of the cervical range of motion (CROM) device. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 40(5), 318-323.

Bexander, C. S., Mellor, R., & Hodges, P. W. (2005). Effect of gaze direction on neck muscle activity during cervical rotation. *Experimental Brain Research*, 167(3), 422-432.

Bier, J. D., Scholten-Peeters, W. G., Staal, J. B., Pool, J., van Tulder, M. W., Beekman, E., . . . Verhagen, A. P. (2018). Clinical practice guideline for physical therapy assessment and treatment in patients with nonspecific neck pain. *Physical Therapy*, 98(3), 162-171.

Biering-Sorensen, F. (1984). A one-year prospective study of low back trouble in a general population: The prognostic value of low back history and physical measurements. *Dan Med Bull*, 31, 362-375.

Binder, A. (2008). Clinical evidence: Neck pain. *Clin Evid*, 11(3), 1-34.

Binder, A. I. (2007). Cervical spondylosis and neck pain. *BMJ (Clinical Research Ed.)*, 334(7592), 527-531. doi:334/7592/527 [pii]

- Bisset, L. M., Evans, K., & Tuttle, N. (2015). Reliability of 2 protocols for assessing pressure pain threshold in healthy young adults. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 38(4), 282-287.
- Blangsted, A. K., Sjøgaard, K., Hansen, E. A., Hannerz, H., & Sjøgaard, G. (2008). One-year randomized controlled trial with different physical-activity programs to reduce musculoskeletal symptoms in the neck and shoulders among office workers. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, , 55-65.
- Blanpied, P. R., Gross, A. R., Elliott, J. M., Devaney, L. L., Clewley, D., Walton, D. M., . . . Beattie, P. (2017). Neck pain: Revision 2017: Clinical practice guidelines linked to the international classification of functioning, disability and health from the orthopaedic section of the american physical therapy association. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 47(7), A1-A83.
- 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.
- Blouin, J., Siegmund, G. P., Carpenter, M. G., & Inglis, J. T. (2007). Neural control of superficial and deep neck muscles in humans. *Journal of Neurophysiology*, 98(2), 920-928.
- Bobos, P., MacDermid, J., Nazari, G., & Furtado, R. (2019). Psychometric properties of the global rating of change scales in patients with neck

disorders: A systematic review with meta-analysis and meta-regression.

BMJ Open, 9(11), e033909-2019. doi:10.1136/bmjopen-2019-033909 [doi]

Bobos, P., Billis, E., Papanikolaou, D., Koutsojannis, C., & MacDermid, J. C. (2016). Does deep cervical flexor muscle training affect pain pressure thresholds of myofascial trigger points in patients with chronic neck pain? A prospective randomized controlled trial. *Rehabilitation Research and Practice*, 2016

Bogduk, N. (2009). On the definitions and physiology of back pain, referred pain, and radicular pain. *Pain*, 147(1-3), 17-19.
doi:10.1016/j.pain.2009.08.020 [doi]

Bogduk, N. (2011). The anatomy and pathophysiology of neck pain. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 22(3), 367-82, vii.
doi:10.1016/j.pmr.2011.03.008 [doi]

Bogduk, N., & Marsland, A. (1988). The cervical zygapophysial joints as a source of neck pain. *Spine*, 13(6), 610-617.

Bogduk, N., & McGuirk, B. (2006). *Management of acute and chronic neck pain, an evidence-based approach volume 17* (1st editio ed.). Edimburg: Elsevier.

Bogduk, N., & Aprill, C. (1993). On the nature of neck pain, discography and cervical zygapophysial joint blocks. *Pain*, 54(2), 213-217.

Bogduk, N., & Yoganandan, N. (2001). Biomechanics of the cervical spine part 3: Minor injuries. *Clinical Biomechanics*, 16(4), 267-275.

Bonilla-Barba, L., Florencio, L. L., Rodríguez-Jiménez, J., Falla, D., Fernández-de-Las-Peñas, C., & Ortega-Santiago, R. (2020). Women with mechanical neck pain exhibit increased activation of their superficial neck extensors when performing the cranio-cervical flexion test. *Musculoskeletal Science and Practice*, 49, 102222.

Boonstra, A. M., Preuper, H. R. S., Balk, G. A., & Stewart, R. E. (2014). Cut-off points for mild, moderate, and severe pain on the visual analogue scale for pain in patients with chronic musculoskeletal pain. *Pain®*, 155(12), 2545-2550.

Bot, S. D., van der Waal, J. M., Terwee, C. B., van der Windt, D. A., Schellevis, F. G., Bouter, L. M., & Dekker, J. (2005). Incidence and prevalence of complaints of the neck and upper extremity in general practice. *Annals of the Rheumatic Diseases*, 64(1), 118-123. doi:64/1/118 [pii]

Boyd-Clark, L., Briggs, C., & Galea, M. (2001). Comparative histochemical composition of muscle fibres in a pre-and a postvertebral muscle of the cervical spine. *The Journal of Anatomy*, 199(6), 709-716.

Cagnie, B., Cools, A., De Loose, V., Cambier, D., & Danneels, L. (2007). Differences in isometric neck muscle strength between healthy controls and women with chronic neck pain: The use of a reliable measurement. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 88(11), 1441-1445.

Cagnie, B., O'leary, S., Elliott, J., Peeters, I., Parlevliet, T., & Danneels, L. (2011). Pain-induced changes in the activity of the cervical extensor muscles evaluated by muscle functional magnetic resonance imaging. *The*

Clinical Journal of Pain, 27(5), 392-397.

Candan, S. A., Sahin, U. K., & Akoğlu, S. (2019). The investigation of work-related musculoskeletal disorders among female workers in a hazelnut factory: Prevalence, working posture, work-related and psychosocial factors. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 74, 102838.

Carroll, L. J., Hogg-Johnson, S., van der Velde, G., Haldeman, S., Holm, L. W., Carragee, E. J., . . . Peloso, P. M. (2009). Course and prognostic factors for neck pain in the general population: Results of the bone and joint decade 2000–2010 task force on neck pain and its associated disorders. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 32(2), S87-S96.

Childress, M., & Stueck, S. J. (2020). Neck pain: Initial evaluation and management. *American Family Physician*, 102(3), 150-156.

Childs, J. D., Cleland, J. A., Elliott, J. M., Teyhen, D. S., Wainner, R. S., Whitman, J. M., . . . Delitto, A. (2008). Neck pain: Clinical practice guidelines linked to the international classification of functioning, disability, and health from the orthopaedic section of the american physical therapy association. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 38(9), A1-A34.

Childs, J. D., Fritz, J. M., Flynn, T. W., Irrgang, J. J., Johnson, K. K., Majkowski, G. R., & Delitto, A. (2004). A clinical prediction rule to identify patients with low back pain most likely to benefit from spinal manipulation: A validation study. *Annals of Internal Medicine*, 141(12), 920-928.

- 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. doi:10.1191/0269215502cr550oa
- Cooper, G., Bailey, B., & Bogduk, N. (2007). Cervical zygapophysial joint pain maps. *Pain Medicine*, 8(4), 344-353.
- Coppieters, I., De Pauw, R., Kregel, J., Malfliet, A., Goubert, D., Lenoir, D., . . . Meeus, M. (2017). Differences between women with traumatic and idiopathic chronic neck pain and women without neck pain: Interrelationships among disability, cognitive deficits, and central sensitization. *Physical Therapy*, 97(3), 338-353.
- Correia, I. M. T., Ferreira, A. S., Fernandez, J., Reis, F. J. J., Nogueira, L. A. C., & Meziat-Filho, N. (2021). Association between text neck and neck pain in adults. *Spine*, 46(9), 571-578. doi:10.1097/BRS.0000000000003854 [doi]
- Côté, P., Wong, J. J., Sutton, D., Shearer, H. M., Mior, S., Randhawa, K., . . . Yu, H. (2016). Management of neck pain and associated disorders: A clinical practice guideline from the ontario protocol for traffic injury management (OPTIMa) collaboration. *European Spine Journal*, 25(7), 2000-2022.
- Dalager, T., Bredahl, T. G., Pedersen, M. T., Boyle, E., Andersen, L. L., & Sjøgaard, G. (2015). Does training frequency and supervision affect compliance, performance and muscular health? A cluster randomized controlled trial. *Manual Therapy*, 20(5), 657-665.

- Danna-Dos-Santos, A., Degani, A. M., & Latash, M. L. (2007). Anticipatory control of head posture. *Clinical Neurophysiology*, *118*(8), 1802-1814.
- de Campos, T. F., Maher, C. G., Fuller, J. T., Steffens, D., Attwell, S., & Hancock, M. J. (2021). Prevention strategies to reduce future impact of low back pain: A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, *55*(9), 468-476. doi:10.1136/bjsports-2019-101436 [doi]
- De Pauw, R., Coppieters, I., Kregel, J., De Meulemeester, K., Danneels, L., & Cagnie, B. (2016). Does muscle morphology change in chronic neck pain patients?—A systematic review. *Manual Therapy*, *22*, 42-49.
- De Pauw, R., Kregel, J., De Blaiser, C., Van Akeleyen, J., Logghe, T., Danneels, L., & Cagnie, B. (2015). Identifying prognostic factors predicting outcome in patients with chronic neck pain after multimodal treatment: A retrospective study. *Manual Therapy*, *20*(4), 592-597.
- Dewitte, V., Peersman, W., Danneels, L., Bouche, K., Roets, A., & Cagnie, B. (2016). Subjective and clinical assessment criteria suggestive for five clinical patterns discernible in nonspecific neck pain patients. A delphi-survey of clinical experts. *Manual Therapy*, *26*, 87-96.
- Dieterich, A. V., Andrade, R. J., Le Sant, G., Falla, D., Petzke, F., Hug, F., & Nordez, A. (2017). Shear wave elastography reveals different degrees of passive and active stiffness of the neck extensor muscles. *European Journal of Applied Physiology*, *117*(1), 171-178.
- Edmondston, S. J., Chan, H. Y., Ngai, G. C. W., Warren, M. L. R., Williams, J.

- M., Glennon, S., & Netto, K. (2007). Postural neck pain: An investigation of habitual sitting posture, perception of 'good' posture and cervicothoracic kinaesthesia. *Manual Therapy, 12*(4), 363-371.
- 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.
- Elliott, J., Sterling, M., Noteboom, J., Darnell, R., Galloway, G., & Jull, G. (2008). Fatty infiltrate in the cervical extensor muscles is not a feature of chronic, insidious-onset neck pain. *Clinical Radiology, 63*(6), 681-687.
- Elliott, J. M., O'Leary, S. P., Cagnie, B., Durbridge, G., Danneels, L., & Jull, G. (2010). Craniocervical orientation affects muscle activation when exercising the cervical extensors in healthy subjects. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 91*(9), 1418-1422.
- Elliott, J. M., O'Leary, S., Sterling, M., Hendrikz, J., Pedler, A., & Jull, G. (2010). Magnetic resonance imaging findings of fatty infiltrate in the cervical flexors in chronic whiplash. *Spine, 35*(9), 948-954.
- Elliott, J. M., Pedler, A. R., Jull, G. A., Van Wyk, L., Galloway, G. G., & O'leary, S. P. (2014). Differential changes in muscle composition exist in traumatic and nontraumatic neck pain. *Spine, 39*(1), 39-47.
- Elliott, J., Jull, G., Noteboom, J. T., Darnell, R., Galloway, G., & Gibbon, W. W. (2006). Fatty infiltration in the cervical extensor muscles in persistent

whiplash-associated disorders: A magnetic resonance imaging analysis.
Spine, 31(22), E847-E855.

Elliott, J., Sterling, M., Noteboom, J. T., Treleaven, J., Galloway, G., & Jull, G. (2009). The clinical presentation of chronic whiplash and the relationship to findings of MRI fatty infiltrates in the cervical extensor musculature: A preliminary investigation. *European Spine Journal*, 18(9), 1371-1378.

Enthoven, P., Skargren, E., & Oberg, B. (2004). Clinical course in patients seeking primary care for back or neck pain: A prospective 5-year follow-up of outcome and health care consumption with subgroup analysis. *Spine*, 29(21), 2458-2465. doi:00007632-200411010-00020 [pii]

Falla, D., & Hodges, P. W. (2017). Individualized exercise interventions for spinal pain. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 45(2), 105-115. doi:10.1249/JES.0000000000000103 [doi]

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. doi:ptj.20060009 [pii]

Falla, D., Lindstrøm, R., Rechter, L., Boudreau, S., & Petzke, F. (2013). Effectiveness of an 8-week exercise programme on pain and specificity of neck muscle activity in patients with chronic neck pain: A randomized controlled study. *European Journal of Pain*, 17(10), 1517-1528.

Falla, D. L., Campbell, C. D., Fagan, A. E., Thompson, D. C., & Jull, G. A. (2003). Relationship between cranio-cervical flexion range of motion and

pressure change during the cranio-cervical flexion test. *Manual Therapy*, 8(2), 92-96.

Falla, D., Bilenkij, G., & Jull, G. (2004). Patients with chronic neck pain demonstrate altered patterns of muscle activation during performance of a functional upper limb task. *Spine*, 29(13), 1436-1440.

Falla, D., & Farina, D. (2007). Neural and muscular factors associated with motor impairment in neck pain. *Current Rheumatology Reports*, 9(6), 497-502. doi:10.1007/s11926-007-0080-4

Falla, D., Farina, D., Dahl, M. K., & Graven-Nielsen, T. (2007). Muscle pain induces task-dependent changes in cervical agonist/antagonist activity. *Journal of Applied Physiology*, 102(2), 601-609.

Falla, D., Farina, D., Dahl, M. K., & Graven-Nielsen, T. (2008). Pain-induced changes in cervical muscle activation do not affect muscle fatigability during sustained isometric contraction. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 18(6), 938-946.

Falla, D., Jull, G., & Hodges, P. (2004). Feedforward activity of the cervical flexor muscles during voluntary arm movements is delayed in chronic neck pain. *Experimental Brain Research*, 157(1), 43-48.

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.

Falla, D., O'Leary, S., Fagan, A., & Jull, G. (2007). Recruitment of the deep

cervical flexor muscles during a postural-correction exercise performed in sitting. *Manual Therapy*, 12(2), 139-143.

Falla, D., Rainoldi, A., Jull, G., Stavrou, G., & Tsao, H. (2004). Lack of correlation between sternocleidomastoid and scalene muscle fatigability and duration of symptoms in chronic neck pain patients. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*, 34(3-4), 159-165.

Falla, D., Rainoldi, A., Merletti, R., & Jull, G. (2003). Myoelectric manifestations of sternocleidomastoid and anterior scalene muscle fatigue in chronic neck pain patients. *Clinical Neurophysiology*, 114(3), 488-495.

Fejer, R., Kyvik, K. O., & Hartvigsen, J. (2006). The prevalence of neck pain in the world population: A systematic critical review of the literature. *European Spine Journal*, 15(6), 834-848.

Fernández-De-Las-Peñas, C., Albert-Sanchís, J. C., Buil, M., Benitez, J. C., & Albuquerque-Sendín, F. (2008). Cross-sectional area of cervical multifidus muscle in females with chronic bilateral neck pain compared to controls. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 38(4), 175-180.

Ferrari, R., & Russell, A. S. (2003). Regional musculoskeletal conditions: Neck pain. *Best Practice & Research. Clinical Rheumatology*, 17(1), 57-70.
doi:S1521694202000979 [pii]

Fillingim, R. B., Loeser, J. D., Baron, R., & Edwards, R. R. (2016). Assessment of chronic pain: Domains, methods, and mechanisms. *The Journal of Pain*, 17(9), T10-T20.

- Fischer, A. A. (1987). Pressure algometry over normal muscles. standard values, validity and reproducibility of pressure threshold. *Pain*, 30(1), 115-126.
- Florencio, L. L., Ferracni, G. N., Chaves, T. C., Palacios-Ceña, M., Ordás-Bandera, C., Speciali, J. G., . . . Fernández-de-Las-Peñas, C. (2018). Analysis of head posture and activation of the cervical neck extensors during a low-load task in women with chronic migraine and healthy participants. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 41(9), 762-770.
- Freimann, T., Merisalu, E., & Pääsuke, M. (2015). Effects of a home-exercise therapy programme on cervical and lumbar range of motion among nurses with neck and lower back pain: A quasi-experimental study. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 7(1), 1-7.
- Fritz, J. M., & Brennan, G. P. (2007). Preliminary examination of a proposed treatment-based classification system for patients receiving physical therapy interventions for neck pain. *Physical Therapy*, 87(5), 513-524.
- Gao, Y., Kristensen, L. A., Grøndberg, T. S., Murray, M., Sjøgaard, G., & Sjøgaard, K. (2020). *Electromyographic evaluation of specific elastic band exercises targeting neck and shoulder muscle activation*
doi:10.3390/app10030756
- Garzonio, S., Arbasetti, C., Geri, T., Testa, M., & Carta, G. (2022). Effectiveness of specific exercise for deep cervical muscles in nonspecific neck pain: A systematic review and meta-analysis. *Physical Therapy*, 102(5), pzac001.

- Gellhorn, A. C. (2011). Cervical facet-mediated pain. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 22(3), 447-58, viii.
doi:10.1016/j.pmr.2011.02.006 [doi]
- Ghamkhar, L., & Kahlaee, A. H. (2019). Is forward head posture relevant to cervical muscles performance and neck pain? A case–control study. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 23(4), 346-354.
- Gogia, P. P., & Sabbahi, M. A. (1994). Electromyographic analysis of neck muscle fatigue in patients with osteoarthritis of the cervical spine. *Spine*, 19(5), 502-506. doi:10.1097/00007632-199403000-00002 [doi]
- Greiner, T. M., Bedford, M. E., & Walker, R. A. (2004). Variability in the human M. spinalis capitis and cervicis: Frequencies and definitions. *Annals of Anatomy-Anatomischer Anzeiger*, 186(2), 185-191.
- Grubb, S. A., & Kelly, C. K. (2000). Cervical discography:: Clinical implications from 12 years of experience. *Spine*, 25(11), 1382-1389.
- Guzman, J., Hurwitz, E. L., Carroll, L. J., Haldeman, S., Côté, P., Carragee, E. J., . . . Hogg-Johnson, S. (2009). A new conceptual model of neck pain: Linking onset, course, and care: The bone and joint decade 2000–2010 task force on neck pain and its associated disorders. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 32(2), S17-S28.
- Haldeman, S., Carroll, L., & Cassidy, J. D. (2010). Findings from the bone and joint decade 2000 to 2010 task force on neck pain and its associated disorders. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 52(4), 424-

427. doi:10.1097/JOM.0b013e3181d44f3b [doi]

Haldeman, S., Cole, L., Cassidy, J. D., Schubert, J., & Nygren, A. (2009). The bone and joint decade 2000-2010 task force on neck pain and its associated disorders: Executive summary. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 32(2 Suppl), S7-9.

doi:10.1016/j.jmpt.2008.11.005 [doi]

Hanney, W. J., Kolber, M. J., & Cleland, J. A. (2010). Motor control exercise for persistent nonspecific neck pain. *Physical Therapy Reviews*, 15(2), 84-91.

Hidalgo, B., Hall, T., Bossert, J., Dugeny, A., Cagnie, B., & Pitance, L. (2017). The efficacy of manual therapy and exercise for treating non-specific neck pain: A systematic review. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 30(6), 1149-1169.

Hogg-Johnson, S., van der Velde, G., Carroll, L. J., Holm, L. W., Cassidy, J. D., Guzman, J., . . . Carragee, E. (2009a). The burden and determinants of neck pain in the general population: Results of the bone and joint decade 2000–2010 task force on neck pain and its associated disorders. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 32(2), S46-S60.

Hogg-Johnson, S., van der Velde, G., Carroll, L. J., Holm, L. W., Cassidy, J. D., Guzman, J., . . . Carragee, E. (2009b). The burden and determinants of neck pain in the general population: Results of the bone and joint decade 2000–2010 task force on neck pain and its associated disorders. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 32(2), S46-S60.

- 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. doi:10.1136/annrheumdis-2013-204431 [doi]
- Hoy, D., Protani, M., De, R., & Buchbinder, R. (2010). The epidemiology of neck pain. *Best Practice & Research Clinical Rheumatology*, 24(6), 783-792.
- Jaeschke, R., Singer, J., & Guyatt, G. H. (1989). Measurement of health status: Ascertaining the minimal clinically important difference. *Controlled Clinical Trials*, 10(4), 407-415.
- Jahre, H., Grotle, M., Småstuen, M., Guddal, M. H., Smedbråten, K., Richardsen, K. R., . . . Øiestad, B. E. (2021). Risk factors and risk profiles for neck pain in young adults: Prospective analyses from adolescence to young adulthood—The north-trøndelag health study. *PloS One*, 16(8), e0256006.
- Johnson, G. M. (1998). The correlation between surface measurement of head and neck posture and the anatomic position of the upper cervical vertebrae. *Spine*, 23(8), 921-927.
- Jorgensen, R., Ris, I., Juhl, C., Falla, D., & Juul-Kristensen, B. (2017). Responsiveness of clinical tests for people with neck pain. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 18(1), 548-017. doi:10.1186/s12891-017-1918-1 [doi]
- Jull, G., Falla, D., Treleaven, J., & O'Leary, S. (2018). Management of neck pain

disorders: A research informed approach.

Jull, G., Falla, D., Vicenzino, B., & Hodges, P. (2009). The effect of therapeutic exercise on activation of the deep cervical flexor muscles in people with chronic neck pain. *Manual Therapy, 14*(6), 696-701.

Kahlaee, A. H., Rezasoltani, A., & Ghamkhar, L. (2017). Is the clinical cervical extensor endurance test capable of differentiating the local and global muscles? *The Spine Journal, 17*(7), 913-921.

Karimi, N., Rezasoltani, A., Rahnama, L., Noori-Kochi, F., & Jaberzadeh, S. (2016). Ultrasonographic analysis of dorsal neck muscles thickness changes induced by isometric contraction of shoulder muscles: A comparison between patients with chronic neck pain and healthy controls. *Manual Therapy, 22*, 174-178.

Karlsson, L., Gerdle, B., Ghafouri, B., Bäckryd, E., Olausson, P., Ghafouri, N., & Larsson, B. (2015). Intramuscular pain modulatory substances before and after exercise in women with chronic neck pain. *European Journal of Pain, 19*(8), 1075-1085.

Kauther, M. D. (2013). Answer to the letter to the editor of hilla sarig bahat entitled "do these large numbers contrast multiple smaller-number prior studies?": Re: Kauther et al. 2012, cervical range of motion and strength in 4,293 young male adults with chronic neck pain. eu. *European Spine Journal, 22*(5), 1193-1194. doi:10.1007/s00586-012-2639-7

Kauther, M. D., Piotrowski, M., Hussmann, B., Lendemans, S., & Wedemeyer,

- C. (2012). Cervical range of motion and strength in 4,293 young male adults with chronic neck pain. *European Spine Journal : Official Publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*, 21(8), 1522-1527.
- Keshner, E. A. (2003). Head-trunk coordination during linear anterior-posterior translations. *Journal of Neurophysiology*, 89(4), 1891-1901.
- Kim, C., Lee, S., Lim, S., & Choi, Y. (2018). Impact of fat infiltration in cervical extensor muscles on cervical lordosis and neck pain: A cross-sectional study. *Clinics in Orthopedic Surgery*, 10(2), 197-203.
- Kjaer, P., Kongsted, A., Hartvigsen, J., Isenberg-Jørgensen, A., Schiøttz-Christensen, B., Søbørg, B., . . . Lauridsen, H. H. (2017). National clinical guidelines for non-surgical treatment of patients with recent onset neck pain or cervical radiculopathy. *European Spine Journal*, 26(9), 2242-2257.
- Korakakis, V., O'Sullivan, K., O'Sullivan, P. B., Evagelinou, V., Sotiralis, Y., Sideris, A., . . . Giakas, G. (2019). Physiotherapist perceptions of optimal sitting and standing posture. *Musculoskeletal Science and Practice*, 39, 24-31.
- Korakakis, V., O'Sullivan, K., Whiteley, R., O'Sullivan, P. B., Korakaki, A., Kotsifaki, A., . . . Giakas, G. (2021). Notions of “optimal” posture are loaded with meaning. perceptions of sitting posture among asymptomatic members of the community. *Musculoskeletal Science and Practice*, 51, 102310.

- Kwon, O. (2022). Comparison of muscle thickness and changing ratio for cervical flexor muscles during the craniocervical flexion test between subjects with and without forward head posture. *Phys Ther*, 29(3), 180-186.
- Lange, B., Toft, P., Myburgh, C., & Sjøgaard, G. (2013). Effect of targeted strength, endurance, and coordination exercise on neck and shoulder pain among fighter pilots: A randomized-controlled trial. *The Clinical Journal of Pain*, 29(1), 50-59.
- Lau, H. M., Chiu, T. T., & Lam, T. H. (2010). Measurement of craniovertebral angle with electronic head posture instrument: Criterion validity. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 47(9), 911-918.
doi:10.1682/jrrd.2010.01.0001 [doi]
- Law, L. F., & Sluka, K. A. (2017). How does physical activity modulate pain? *Pain*, 158(3), 369-370. doi:10.1097/j.pain.0000000000000792 [doi]
- Lecompte, J., Maïsetti, O., Guillaume, A., & Portero, P. (2007). Agonist and antagonist EMG activity of neck muscles during maximal isometric flexion and extension at different positions in young healthy men and women. *Isokinetics and Exercise Science*, 15(1), 29-36.
- Lee, H., Nicholson, L. L., & Adams, R. D. (2005). Neck muscle endurance, self-report, and range of motion data from subjects with treated and untreated neck pain. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 28(1), 25-32.
- Lee, J. S., Hobden, E., Stiell, I. G., & Wells, G. A. (2003). Clinically important

- change in the visual analog scale after adequate pain control. *Academic Emergency Medicine*, 10(10), 1128-1130.
- Lee, K., Han, H., Cheon, S., Park, S., & Yong, M. (2015). The effect of forward head posture on muscle activity during neck protraction and retraction. *Journal of Physical Therapy Science*, 27(3), 977-979.
- Lee, M., Park, S., & Kim, J. (2013a). Effects of neck exercise on high-school students' neck–shoulder posture. *Journal of Physical Therapy Science*, 25(5), 571-574.
- Lee, M., Park, S., & Kim, J. (2013b). Effects of neck exercise on high-school students' neck–shoulder posture. *Journal of Physical Therapy Science*, 25(5), 571-574.
- Lima, L. V., Abner, T. S., & Sluka, K. A. (2017). Does exercise increase or decrease pain? central mechanisms underlying these two phenomena. *The Journal of Physiology*, 595(13), 4141-4150.
- Lindstrøm, 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.
- Lindstrøm, R., Schomacher, J., Farina, D., Rechter, L., & Falla, D. (2011). Association between neck muscle coactivation, pain, and strength in women with neck pain. *Manual Therapy*, 16(1), 80-86.
- Linton, S. J. (2000). A review of psychological risk factors in back and neck

pain. *Spine*, 25(9), 1148-1156.

Lluch, E., Arguisuelas, M. D., Coloma, P. S., Palma, F., Rey, A., & Falla, D. (2013). Effects of deep cervical flexor training on pressure pain thresholds over myofascial trigger points in patients with chronic neck pain. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 36(9), 604-611.

Lluch, E., Schomacher, J., Gizzi, L., Petzke, F., Seegar, D., & Falla, D. (2014). Immediate effects of active cranio-cervical flexion exercise versus passive mobilisation of the upper cervical spine on pain and performance on the cranio-cervical flexion test. *Manual Therapy*, 19(1), 25-31.

Lucas, N., Macaskill, P., Irwig, L., Moran, R., & Bogduk, N. (2009). Reliability of physical examination for diagnosis of myofascial trigger points: A systematic review of the literature. *The Clinical Journal of Pain*, 25(1), 80-89.

Lv, Y., Tian, W., Chen, D., Liu, Y., Wang, L., & Duan, F. (2018). The prevalence and associated factors of symptomatic cervical spondylosis in chinese adults: A community-based cross-sectional study. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 19(1), 1-12.

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. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 39(5), 400-417.

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.

Malfliet, A., Kregel, J., Cagnie, B., Kuipers, M., Dolphens, M., Roussel, N., . . . Nijs, J. (2015). Lack of evidence for central sensitization in idiopathic, non-traumatic neck pain: A systematic review. *Pain Physician*, 18(3), 223-235.

Manchikanti, L., Singh, V., Datta, S., Cohen, S. P., & Hirsch, J. A. (2009). Comprehensive review of epidemiology, scope, and impact of spinal pain. *Pain Physician*, 12(4), E35.

Martin-Gomez, C., Sestelo-Diaz, R., Carrillo-Sanjuan, V., Navarro-Santana, M. J., Bardon-Romero, J., & Plaza-Manzano, G. (2019). Motor control using cranio-cervical flexion exercises versus other treatments for non-specific chronic neck pain: A systematic review and meta-analysis. *Musculoskeletal Science and Practice*, 42, 52-59.

Matsumoto, M., Okada, E., Ichihara, D., Watanabe, K., Chiba, K., Toyama, Y., . . . Hashimoto, T. (2012). Changes in the cross-sectional area of deep posterior extensor muscles of the cervical spine after anterior decompression and fusion: 10-year follow-up study using MRI. *European Spine Journal*, 21(2), 304-308.

Mayoux-Benhamou, M., Revel, M., & Vallee, C. (1997). Selective electromyography of dorsal neck muscles in humans. *Experimental Brain Research*, 113(2), 353-360.

Mayoux-Benhamou, M., Wybier, M., & Revel, M. (1989). Strength and cross-

sectional area of the dorsal neck muscles. *Ergonomics*, 32(5), 513-518.

McCarthy, M. J. H., Grevitt, M. P., Silcocks, P., & Hobbs, G. (2007). The reliability of the vernon and mior neck disability index, and its validity compared with the short form-36 health survey questionnaire. *European Spine Journal : Official Publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*, 16(12), 2111-2117.

Meeus, M., Roussel, N. A., Truijen, S., & Nijs, J. (2010). Reduced pressure pain thresholds in response to exercise in chronic fatigue syndrome but not in chronic low back pain: An experimental study. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 42(9), 884-890.

Meyer, J. J., Berk, R. J., & Anderson, A. V. (1993). Recruitment patterns in the cervical paraspinal muscles during cervical forward flexion: Evidence of cervical flexion-relaxation. *Electromyography and Clinical Neurophysiology*, 33(4), 217-223.

Mitsutake, T., Sakamoto, M., Chyuda, Y., Oka, S., Hirata, H., Matsuo, T., . . . Horikawa, E. (2016). Greater cervical muscle fat infiltration evaluated by magnetic resonance imaging is associated with poor postural stability in patients with cervical spondylotic radiculopathy. *Spine*, 41(1), E8-E14.

Murray, M., Lange, B., Nørnberg, B. R., Søggaard, K., & Sjøgaard, G. (2015). Specific exercise training for reducing neck and shoulder pain among military helicopter pilots and crew members: A randomized controlled trial protocol. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 16(1), 1-11.

- Myburgh, C., Larsen, A. H., & Hartvigsen, J. (2008). A systematic, critical review of manual palpation for identifying myofascial trigger points: Evidence and clinical significance. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 89(6), 1169-1176.
- Mylonas, K., Tsekoura, M., Billis, E., Aggelopoulos, P., Tsepis, E., & Fousekis, K. (2022). Reliability and validity of non-radiographic methods of forward head posture measurement: A systematic review. *Cureus*, 14(8)
- Nagai, T., Schilaty, N. D., Krause, D. A., Crowley, E. M., & Hewett, T. E. (2020). Sex differences in ultrasound-based muscle size and mechanical properties of the cervical-flexor and-extensor muscles. *Journal of Athletic Training*, 55(3), 282-288.
- Nakashima, H., Yukawa, Y., Suda, K., Yamagata, M., Ueta, T., & Kato, F. (2015). Abnormal findings on magnetic resonance images of the cervical spines in 1211 asymptomatic subjects. *Spine*, 40(6), 392-398.
doi:10.1097/BRS.0000000000000775 [doi]
- Naugle, K. M., Fillingim, R. B., & Riley III, J. L. (2012). A meta-analytic review of the hypoalgesic effects of exercise. *The Journal of Pain*, 13(12), 1139-1150.
- Niamh, M., Martin, R., Julia, H., Duncan, S., & Tumelo, D. (2022). Is low intensity exercise sufficient to induce exercise-induced pain threshold modulation in people with persistent pain? *Musculoskeletal Science and Practice*, , 102643.
- Niemeläinen, R., Videman, T., & Battié, M. (2006). Prevalence and

characteristics of upper or mid-back pain in finnish men. *Spine*, 31(16), 1846-1849.

Okada, E., Matsumoto, M., Ichihara, D., Chiba, K., Toyama, Y., Fujiwara, H., . . . Ogawa, J. (2009). Aging of the cervical spine in healthy volunteers: A 10-year longitudinal magnetic resonance imaging study. *Spine*, 34(7), 706-712.

Okada, E., Matsumoto, M., Ichihara, D., Chiba, K., Toyama, Y., Fujiwara, H., . . . Takahata, T. (2011). Cross-sectional area of posterior extensor muscles of the cervical spine in asymptomatic subjects: A 10-year longitudinal magnetic resonance imaging study. *European Spine Journal*, 20(9), 1567-1573.

O'Leary, S., Cagnie, B., Reeve, A., Jull, G., & Elliott, J. M. (2011). Is there altered activity of the extensor muscles in chronic mechanical neck pain? A functional magnetic resonance imaging study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 92(6), 929-934.

O'leary, S., Falla, D., Elliott, J. M., & Jull, G. (2009). Muscle dysfunction in cervical spine pain: Implications for assessment and management. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 39(5), 324-333.

O'Leary, S., Jull, G., Kim, M., Uthairhup, S., & Vicenzino, B. (2012). Training mode-dependent changes in motor performance in neck pain. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 93(7), 1225-1233.

O'leary, S., Jull, G., Van Wyk, L., Pedler, A., & Elliott, J. (2015). Morphological changes in the cervical muscles of women with chronic whiplash can be

modified with exercise—a pilot study. *Muscle & Nerve*, 52(5), 772-779.

Palacios-Ceña, D., Albaladejo-Vicente, R., Hernández-Barrera, V., Lima-Florencio, L., Fernández-de-Las-Peñas, C., Jimenez-Garcia, R., . . . Perez-Farinos, N. (2021). Female gender is associated with a higher prevalence of chronic neck pain, chronic low back pain, and migraine: Results of the spanish national health survey, 2017. *Pain Medicine*, 22(2), 382-395.

Palacios-Ceña, D., Alonso-Blanco, C., Hernández-Barrera, V., Carrasco-Garrido, P., Jiménez-García, R., & Fernández-de-las-Peñas, C. (2015). Prevalence of neck and low back pain in community-dwelling adults in Spain: An updated population-based national study (2009/10–2011/12). *European Spine Journal*, 24(3), 482-492.

Panjabi, M. M. (1992). The stabilizing system of the spine. part I. function, dysfunction, adaptation, and enhancement. *Journal of Spinal Disorders*, 5, 383.

Panjabi, M. M., Cholewicki, J., Nibu, K., Grauer, J., Babat, L. B., & Dvorak, J. (1998). Critical load of the human cervical spine: An in vitro experimental study. *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)*, 13(1), 11-17.

Parazza, S., Vanti, C., O'Reilly, C., Villafañe, J. H., Tricás Moreno, J. M., & Estébanez De Miguel, E. (2014). The relationship between cervical flexor endurance, cervical extensor endurance, VAS, and disability in subjects with neck pain. *Chiropractic & Manual Therapies*, 22(1), 10.

Passias, P. G., Segreto, F. A., Bortz, C. A., Horn, S. R., Frangella, N. J., Diebo,

- B. G., . . . Lafage, R. (2018). Fatty infiltration of cervical spine extensor musculature. *Clinical Spine Surgery*, 31(10), 428-434.
- Pearson, A. M., Ivancic, P. C., Ito, S., & Panjabi, M. M. (2004). Facet joint kinematics and injury mechanisms during simulated whiplash. *Spine*, 29(4), 390-397.
- Pearson, I., Reichert, A., De Serres, S. J., Dumas, J., & Côté, J. N. (2009). Maximal voluntary isometric neck strength deficits in adults with whiplash-associated disorders and association with pain and fear of movement. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 39(3), 179-187.
- Peolsson, A. L., Peolsson, M. N., & Jull, G. A. (2013). Cervical muscle activity during loaded arm lifts in patients 10 years postsurgery for cervical disc disease. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 36(5), 292-299.
- Peolsson, A., Peterson, G., Trygg, J., & Nilsson, D. (2016). Multivariate analysis of ultrasound-recorded dorsal strain sequences: Investigation of dynamic neck extensions in women with chronic whiplash associated disorders. *Scientific Reports*, 6(1), 1-11.
- Pool, J. J. M., Ostelo, R. W. J. G., Hoving, J. L., Bouter, L. M., & de Vet, H. (2007). Minimal clinically important change of the neck disability index and the numerical rating scale for patients with neck pain. *Spine*, 32(26), 3047-3051.
- Price, J., Rushton, A., Tyros, I., Tyros, V., & Heneghan, N. R. (2020).

Effectiveness and optimal dosage of exercise training for chronic non-specific neck pain: A systematic review with a narrative synthesis. *PloS One*, 15(6), e0234511.

Prins, Y., Crous, L., & Louw, Q. (2008). A systematic review of posture and psychosocial factors as contributors to upper quadrant musculoskeletal pain in children and adolescents. *Physiotherapy Theory and Practice*, 24(4), 221-242.

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

Rebbeck, T., Moloney, N., Azoory, R., Hübscher, M., Waller, R., Gibbons, R., & Beales, D. (2015). Clinical ratings of pain sensitivity correlate with quantitative measures in people with chronic neck pain and healthy controls: Cross-sectional study. *Physical Therapy*, 95(11), 1536-1546.

Reddy, R. S., Meziat-Filho, N., Ferreira, A. S., Tedla, J. S., Kandakurti, P. K., & Kakaraparathi, V. N. (2021). Comparison of neck extensor muscle endurance and cervical proprioception between asymptomatic individuals and patients with chronic neck pain. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 26, 180-186.

Rice, D., Nijs, J., Kosek, E., Wideman, T., Hasenbring, M. I., Koltyn, K., . . . Polli, A. (2019). Exercise-induced hypoalgesia in pain-free and chronic pain populations: State of the art and future directions. *The Journal of Pain*, 20(11), 1249-1266.

- Richards, K. V., Beales, D. J., Smith, A. J., O'Sullivan, P. B., & Straker, L. M. (2016). Neck posture clusters and their association with biopsychosocial factors and neck pain in Australian adolescents. *Physical Therapy, 96*(10), 1576-1587.
- Rix, G. D., & Bagust, J. (2001). Cervicocephalic kinesthetic sensibility in patients with chronic, nontraumatic cervical spine pain. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 82*(7), 911-919.
- Robinson, R., Robinson, H. S., Bjørke, G., & Kvale, A. (2009). Reliability and validity of a palpation technique for identifying the spinous processes of C7 and L5. *Manual Therapy, 14*(4), 409-414.
- 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 (Clinical Research Ed.), 368*, m791. doi:10.1136/bmj.m791 [doi]
- Sarig-Bahat, H. (2013). Do these large numbers contrast multiple smaller-number prior studies? : RE: Kauther et al. 2012, cervical range of motion and strength in 4,293 young male adults with chronic neck pain. *European spine journal 21:1522-1527. European Spine Journal : Official Publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society, 22*(5), 1191-1192.
- Scheer, J. K., Tang, J. A., Smith, J. S., Acosta, F. L., Protopsaltis, T. S., Blondel,

B., . . . Lafage, V. (2013). Cervical spine alignment, sagittal deformity, and clinical implications: A review. *Journal of Neurosurgery: Spine*, *19*(2), 141-159.

Schomacher, J., Boudreau, S. A., Petzke, F., & Falla, D. (2013). Localized pressure pain sensitivity is associated with lower activation of the semispinalis cervicis muscle in patients with chronic neck pain. *The Clinical Journal of Pain*, *29*(10), 898-906.

Schomacher, J., Erlenwein, J., Dieterich, A., Petzke, F., & Falla, D. (2015). Can neck exercises enhance the activation of the semispinalis cervicis relative to the splenius capitis at specific spinal levels? *Manual Therapy*, *20*(5), 694-702. doi:10.1016/j.math.2015.04.010

Schomacher, J., & Falla, D. (2011). Reduced specificity of semispinalis cervicis activity in women with persistent neck pain. *European Journal of Pain Supplements*, *5*(S1), 41.

Schomacher, J., & Falla, D. (2013). Function and structure of the deep cervical extensor muscles in patients with neck pain. *Manual Therapy*, *18*(5), 360-366.

Schomacher, J., Farina, D., Lindstroem, R., & Falla, D. (2012). Chronic trauma-induced neck pain impairs the neural control of the deep semispinalis cervicis muscle. *Clinical Neurophysiology*, *123*(7), 1403-1408. doi:10.1016/j.clinph.2011.11.033

Schomacher, J., Petzke, F., & Falla, D. (2012). Localised resistance selectively

activates the semispinalis cervicis muscle in patients with neck pain.

Manual Therapy, 17(6), 544-548. doi:10.1016/j.math.2012.05.012

Shedid, D., & Benzel, E. C. (2007). Cervical spondylosis anatomy:

Pathophysiology and biomechanics. *Neurosurgery*, 60(suppl_1), S1-7.

Shiau, Y., Peng, C., Wen, S., Lin, L., Wang, J., & Lou, K. (2003). The effects of masseter muscle pain on biting performance. *Journal of Oral Rehabilitation*, 30(10), 978-984.

Shin, D., Shin, J., Koyanagi, A., Jacob, L., Smith, L., Lee, H., . . . Song, T.

(2022). Global, regional, and national neck pain burden in the general population, 1990–2019: An analysis of the global burden of disease study 2019. *Frontiers in Neurology*, 13

Sihawong, R., Janwantanakul, P., Sitthipornvorakul, E., & Pensri, P. (2011).

Exercise therapy for office workers with nonspecific neck pain: A systematic review. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 34(1), 62-71.

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.

Slater, D., Korakakis, V., O'Sullivan, P., Nolan, D., & O'Sullivan, K. (2019). “Sit up straight”: Time to re-evaluate. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 49(8), 562-564.

Sluka, K. A., Frey-Law, L., & Hoeger Bement, M. (2018). Exercise-induced pain and analgesia? underlying mechanisms and clinical translation. *Pain, 159 Suppl 1*, S91-S97. doi:10.1097/j.pain.0000000000001235 [doi]

Smeal, W. L., Tyburski, M., & Alleva, J. (2004). Discogenic/radicular pain. *Disease-a-Month, 50*(12), 636-669.

Smith, A. C., Albin, S. R., Abbott, R., Crawford, R. J., Hoggarth, M. A., Wasielewski, M., & Elliott, J. M. (2020). Confirming the geography of fatty infiltration in the deep cervical extensor muscles in whiplash recovery. *Scientific Reports, 10*(1), 1-8.

Sterling, M., Jull, G., Vicenzino, B., & Kenardy, J. (2004). Characterization of acute whiplash-associated disorders. *Spine, 29*(2), 182-188.
doi:10.1097/01.BRS.0000105535.12598.AE [doi]

Sterling, M. (2011). Pressure algometry: What does it really tell us? *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy, 41*(9), 623-624.
doi:<https://www.jospt.org/doi/10.2519/jospt.2011.0106>

Sterling, M., & Kenardy, J. (2008). Physical and psychological aspects of whiplash: Important considerations for primary care assessment. *Manual Therapy, 13*(2), 93-102.

Stokes, M., Hides, J., Elliott, J., Kiesel, K., & Hodges, P. (2007). Rehabilitative ultrasound imaging of the posterior paraspinal muscles. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy, 37*(10), 581-595.

Suvarnato, T., Puntumetakul, R., Uthairakul, S., & Boucaut, R. (2019). Effect of

specific deep cervical muscle exercises on functional disability, pain intensity, craniovertebral angle, and neck-muscle strength in chronic mechanical neck pain: A randomized controlled trial. *Journal of Pain Research*, 12, 915-925. doi:10.2147/JPR.S190125 [doi]

Szeto, G. P. Y., Straker, L. M., & O'Sullivan, P. B. (2009). Neck–shoulder muscle activity in general and task-specific resting postures of symptomatic computer users with chronic neck pain. *Manual Therapy*, 14(3), 338-345.

Takebe, K., Vitti, M., & Basmajian, J. V. (1974). The functions of semispinalis capitis and splenius capitis muscles: An electromyographic study. *The Anatomical Record*, 179(4), 477-480.

Taylor, J. R., & Taylor, M. M. (1996). Cervical spinal injuries: An autopsy study of 109 blunt injuries. *Journal of Musculoskeletal Pain*, 4(4), 61-80.

Taylor, J., Twomey, L., & Kakulas, B. (1998). Dorsal root ganglion injuries in 109 blunt trauma fatalities. *Injury*, 29(5), 335-339.

Torres-Cueco, R. (2008). *La columna cervical; sindromes clinicos Y su tratamiento manipulativo*. Madrid: Ed. Médica Panamericana.

Torres-Cueco, R. (2017). In Torres-Cueco R. (Ed.), *Essential guide to the cervical spine: Clinical assessment and therapeutic approaches / clinical syndromes and manipulative treatment* (1st ed.) Elsevier Health Sciences.

Tough, E. A., White, A. R., Richards, S., & Campbell, J. (2007). Variability of criteria used to diagnose myofascial trigger point pain syndrome--evidence from a review of the literature. *The Clinical Journal of Pain*, 23(3), 278-286.

doi:10.1097/AJP.0b013e31802fda7c [doi]

- Treleaven, J., Jull, G., & Sterling, M. (2003). Dizziness and unsteadiness following whiplash injury: Characteristic features and relationship with cervical joint position error. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 35(1), 36-43.
- Tsiringakis, G., Dimitriadis, Z., Triantafylloy, E., & McLean, S. (2020). Motor control training of deep neck flexors with pressure biofeedback improves pain and disability in patients with neck pain: A systematic review and meta-analysis. *Musculoskeletal Science and Practice*, , 102220.
- Uhlig, Y., Weber, B. R., Grob, D., & Müntener, M. (1995). Fiber composition and fiber transformations in neck muscles of patients with dysfunction of the cervical spine. *Journal of Orthopaedic Research*, 13(2), 240-249.
- Vægter, H. B., Handberg, G., & Graven-Nielsen, T. (2015). Isometric exercises reduce temporal summation of pressure pain in humans. *European Journal of Pain*, 19(7), 973-983.
- Vanderweeen, L., Oostendorp, R., Vaes, P., & Duquet, W. (1996). Pressure algometry in manual therapy. *Manual Therapy*, 1(5), 258-265.
- Vasavada, A. N., Li, S., & Delp, S. L. (1998). Influence of muscle morphometry and moment arms on the moment-generating capacity of human neck muscles. *Spine*, 23(4), 412-422.
- Vasseljen, O., Woodhouse, A., Bjørngaard, J. H., & Leivseth, L. (2013). Natural course of acute neck and low back pain in the general population: The HUNT study. *Pain®*, 154(8), 1237-1244.

- Vatine, J., Shapira, S. C., Magora, F., Adler, D., & Magora, A. (1993). Electronic pressure algometry of deep pain in healthy volunteers. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 74*(5), 526-530.
- Vernon, H., & Mior, S. (1991). The neck disability index: A study of reliability and validity. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics, 14*(7), 409-415.
- Vernon, H. (2008). The neck disability index: State-of-the-art, 1991-2008. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics, 31*(7), 491-502.
- Villanueva-Ruiz, I., Falla, D., & Lascurain-Aguirrebeña, I. (2022). Effectiveness of specific neck exercise for nonspecific neck pain; usefulness of strategies for patient selection and tailored Exercise—A systematic review with meta-analysis. *Physical Therapy, 102*(2), pzab259.
- Vos, C. J., Verhagen, A. P., Passchier, J., & Koes, B. W. (2008). Clinical course and prognostic factors in acute neck pain: An inception cohort study in general practice. *Pain Medicine, 9*(5), 572-580.
- Vos, T., Abajobir, A. A., Abate, K. H., Abbafati, C., Abbas, K. M., Abd-Allah, F., . . . Abera, S. F. (2017). Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 328 diseases and injuries for 195 countries, 1990–2016: A systematic analysis for the global burden of disease study 2016. *The Lancet, 390*(10100), 1211-1259.
- Walton, D. M., Levesque, L., Payne, M., & Schick, J. (2014). Clinical pressure pain threshold testing in neck pain: Comparing protocols, responsiveness,

and association with psychological variables. *Physical Therapy*, 94(6), 827-837.

Wang, W. T., Olson, S. L., Campbell, A. H., Hanten, W. P., & Gleeson, P. B. (2003). Effectiveness of physical therapy for patients with neck pain: An individualized approach using a clinical decision-making algorithm. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 82(3), 203-218.

Wang, X., Huang, K., He, J., Wu, T., Rong, X., & Liu, H. (2022). Fatty infiltration in cervical extensor muscle: Is there a relationship with cervical sagittal alignment after anterior cervical discectomy and fusion? *BMC Musculoskeletal Disorders*, 23(1), 1-9.

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.

Wewege, M. A., & Jones, M. D. (2021). Exercise-induced hypoalgesia in healthy individuals and people with chronic musculoskeletal pain: A systematic review and meta-analysis. *The Journal of Pain*, 22(1), 21-31.

Wilhelm, M. P., Donaldson, M., Griswold, D., Learman, K. E., Garcia, A. N., Learman, S. M., & Cleland, J. A. (2020). The effects of exercise dosage on neck-related pain and disability: A systematic review with meta-analysis. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 50(11), 607-621.

Yadav, H., & Goyal, M. (2015). Efficacy of muscle energy technique and deep neck flexors training in mechanical neck pain-a randomized clinical trial.

International Journal of Therapies and Rehabilitation Research, 4(1), 52.

Yajima, H., Nobe, R., Takayama, M., & Takakura, N. (2022). The mode of activity of cervical extensors and flexors in healthy adults: A cross-sectional study. *Medicina*, 58(6), 728.

Yip, C. H. T., Chiu, T. T. W., & Poon, A. T. K. (2008). The relationship between head posture and severity and disability of patients with neck pain. *Manual Therapy*, 13(2), 148-154.

Ylinen, J., Häkkinen, A., Nykänen, M., Kautiainen, H., & Takala, E. (2007). Neck muscle training in the treatment of chronic neck pain: A three-year follow-up study. *Europa Medicophysica*, 43(2), 161-169.

Ylinen, J., Salo, P., Nykänen, M., Kautiainen, H., & Häkkinen, A. (2004). Decreased isometric neck strength in women with chronic neck pain and the repeatability of neck strength measurements. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 85(8), 1303-1308.
doi:10.1016/j.apmr.2003.09.018

Ylinen, J., Takala, E., Kautiainen, H., Nykänen, M., Häkkinen, A., Pohjolainen, T., . . . Airaksinen, O. (2005). Effect of long-term neck muscle training on pressure pain threshold: A randomized controlled trial. *European Journal of Pain*, 9(6), 673-681.

Young, B. A., Walker, M. J., Strunce, J. B., Boyles, R. E., Whitman, J. M., & Childs, J. D. (2009). Responsiveness of the neck disability index in patients with mechanical neck disorders. *The Spine Journal : Official Journal of the*

North American Spine Society, 9(10), 802-808.

doi:10.1016/j.spinee.2009.06.002 [doi]

Zebis, M. K., Andersen, L. L., Pedersen, M. T., Mortensen, P., Andersen, C. H., Pedersen, M. M., . . . Mortensen, O. S. (2011). Implementation of neck/shoulder exercises for pain relief among industrial workers: A randomized controlled trial. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 12(1), 1-9.

Zito, G., Jull, G., & Story, I. (2006). Clinical tests of musculoskeletal dysfunction in the diagnosis of cervicogenic headache. *Manual Therapy*, 11(2), 118-129.

VIII. APÉNDICES

APÉNDICE 1: Aprobación del Comité de Ética

D. José María Montiel Company, Profesor Contratado Doctor Interino del departamento de Estomatología, y Secretario del Comité Ético de Investigación en Humanos de la Comisión de Ética en Investigación Experimental de la Universitat de València,

CERTIFICA:

Que el Comité Ético de Investigación en Humanos, en la reunión celebrada el día 5 de septiembre de 2016, una vez estudiado el proyecto de investigación titulado:

“Efecto de diferentes ejercicios sobre el dolor, la discapacidad y la activación de los extensores cervicales profundos y superficiales en población con dolor cervical crónico”, número de procedimiento H1472552616890,

cuyo responsable es D. Moisés Giménez Costa, ha acordado informar favorablemente el mismo dado que se respetan los principios fundamentales establecidos en la Declaración de Helsinki, en el Convenio del Consejo de Europa relativo a los derechos humanos y cumple los requisitos establecidos en la legislación española en el ámbito de la investigación biomédica, la protección de datos de carácter personal y la bioética.

Y para que conste, se firma el presente certificado en Valencia, a seis de septiembre de dos mil dieciséis.



APÉNDICE 2: Modelos de consentimiento informado

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Estimado Sr./Sra.:

Este estudio tiene como objetivo estudiar el efecto de diferentes ejercicios sobre el dolor, la discapacidad y la actividad de diferentes músculos cervicales. Su participación en el mismo, aparte de aportarle los posibles beneficios del tratamiento, será de utilidad para futuros avances en el manejo del dolor cervical.

Solicitamos su colaboración para:

- Cumplimentación de una serie de cuestionarios relacionados con el dolor y discapacidad cervical.
- Análisis del rango de movimiento de cervical y de la postura en posición sentada.
- Medición del umbral de dolor a la presión cervical mediante un algómetro de presión.
- Medición mediante electromiografía intramuscular con hilo fino y de superficie de la musculatura cervical.

El tiempo aproximado total para estas mediciones es de 2 horas. Se le realizarán estas mediciones al inicio y al finalizar el estudio. El tratamiento tiene una duración de seis semanas con una breve revisión semanal.

Los riesgos de la participación en el estudio son: leve dolor, pequeño hematoma (infrecuente) e infección (muy rara) debido a la inserción de la aguja. Las condiciones estériles del estudio y la realización por una neurofisióloga experta disminuyen al mínimo dichos riesgos.

Su participación en este estudio no es obligatoria, puede renunciar a participar en el en cualquier momento, sin ninguna justificación y sin que dicha decisión tenga consecuencia alguna.

En caso de participar, sus datos personales se mantendrán en la confidencialidad durante todo el estudio y tras el mismo, en estricto cumplimiento de la Ley Orgánica 15/1999, del 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal.

He leído detenidamente este Consentimiento Informado, he preguntado al fisioterapeuta responsable de mi valoración todas las dudas y cuestiones que he estimado pertinentes y he sido respondido satisfactoriamente, por lo que presto mi consentimiento para ser incluido / a en este estudio.

D. / D^a. : _____ con DNI: _____

Fecha: _____ Firma: _____

CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA USO DE LA IMAGEN

D./D^a _____

con DNI _____

De acuerdo con lo establecido en la Ley Orgánica 15/1999 de Protección de datos de Carácter Personal, autorizo a que mi imagen durante la realización del estudio pueda ser utilizada para la difusión científica o para la enseñanza en la universidad.

Firmado:

Investigador Principal
Moisés Giménez Costa
Profesor asociado del Departamento de Fisioterapia
Facultad de Fisioterapia
Universitat de València








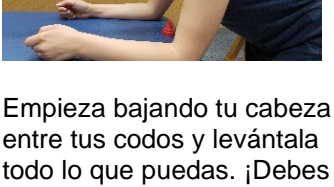
APÉNDICE 3: Hoja de ejercicios para pacientes del grupo EEIPC

1º y 2º ejercicios: Mantener una contracción estática con máximo esfuerzo y sin dolor durante 6 segundos. Repetir la contracción 6 veces con 6 segundos de descanso entre las contracciones. Descansar 1-2 minutos entre cada una de las 3 series.

Recuerda: 3 series (con descanso de 1-2 minutos) de 6 repeticiones (con descanso de 6 seg.).

3º ejercicio: Realizar cada movimiento durante 2-3 segundos (arriba 1 seg y abajo 1 seg) sin pausas por lo que las 6 repeticiones (arriba y abajo) duren en total 20-30 seg. Repite 3 series con 1-2 min de descanso entre cada una de las 3 series.

Recuerda: 3 series (con 1-2 min de Descanso) de 6 repeticiones dinámicas (sin descanso entre repeticiones).

1º ejercicio	2º ejercicio	3º ejercicio
<p>Posición inicial:</p>  <p>“Siéntate en una posición cómoda y recta con la espalda apoyada contra el respaldo”</p> <p>Preparación de la toalla:</p>  <p>ENROLLA la toalla.</p> 	<p>Posición inicial:</p>  <p>“Apóyate en tus codos de pie frente a la mesa. Coloca un objeto pequeño entre tus codos. Alinea tu cabeza en línea recta con tu cuerpo.”</p>	<p>Posición inicial:</p>  <p>“Apóyate en tus codos de pie frente a la mesa. Coloca un objeto pequeño entre tus codos.”</p>  
 <p>“Coloca la toalla o un cinturón alrededor de la mitad de tu cuello y manténlo estable e inmóvil mientras tiras con ambas manos con la toalla hacia delante”</p>	 <p>“Intenta mantener la Mirada sobre el objeto. Pon la toalla o un cinturón alrededor de la mitad de tu cuello y aprieta contra ella sin que se mueva.”</p>	  <p>Empieza bajando tu cabeza entre tus codos y levántala todo lo que puedas. ¡Debes poder ver el objeto entre tus codos en todo momento!</p>












APÉNDICE 4: Hoja de ejercicios para pacientes del grupo EGC

1º y 2º ejercicios: Mantener una contracción estática con máximo esfuerzo y sin dolor durante 6 segundos. Repetir la contracción 6 veces con 6 segundos de descanso entre las contracciones. Descansar 1-2 minutos entre cada una de las 3 series.

Recuerda: 3 series (con descanso de 1-2 minutos) de 6 repeticiones (con descanso de 6 seg.).

3º ejercicio: Realizar cada movimiento durante 2-3 segundos (arriba 1 seg y abajo 1 seg) sin pausas por lo que las 6 repeticiones (arriba y abajo) duren en total 20-30 seg. Repite 3 series con 1-2 min de descanso entre cada una de las 3 series.

Recuerda: 3 series (con 1-2 min de Descanso) de 6 repeticiones dinámicas (sin descanso entre repeticiones).

1º ejercicio	2º ejercicio	3º ejercicio
<p>Posición inicial:</p>  <p>Siéntate en una posición cómoda y recta con la espalda apoyada contra el respaldo y la cabeza apoyada en la pared.</p>	<p>Posición inicial:</p>  <p>Apóyate en tus codos de pie frente a la mesa. Coloca un objeto pequeño entre tus manos. Alinea tu cabeza en línea recta con tu cuerpo.”</p>  <p>Dobla la toalla.</p> 	<p>Posición inicial:</p>  <p>“Apóyate en tus codos de pie frente a la mesa. Coloca un objeto pequeño entre tus manos.”</p> 
 <p>Presiona con tu cabeza contra la pared lo más fuerte que puedas sin dolor.</p>	 <p>“Intenta mantener la mirada sobre el objeto. Pon la toalla alrededor de la parte de detrás de la cabeza y aprieta contra ella sin que se mueva.”</p> 	  <p>Empieza bajando tu cabeza entre tus manos y levántala todo lo que puedas. ¡Debes poder ver el objeto entre tus manos en todo momento!</p>

APÉNDICE 5: Hojas de control de asistencia de los participantes y diario de cumplimiento de los ejercicios

Patient data collection sheet

Item	Content	Done
Name, forename		
ID number or EMG-registration		
Date of initial examination		
Date of 1st assessment		
Date of the start of the exercise program		
1 st exercise supervision		
2 nd exercise supervision		
3 rd exercise supervision ^d		
4 th exercise supervision		
5 th exercise supervision		
6 th exercise supervision		
Date of the end of the exercise program		
Date of follow-up		

Diario de ejercicios

Realiza los ejercicios durante 10-20 min dos veces al día.

Por favor, anota en la casilla "comentarios" si has tenido algún dolor o molestia ese día durante y después de los ejercicios, describiendo la intensidad con números del 0 (no dolor/molestia) a 10 (máximo dolor/molestia). Anota también, en caso de que no puedas realizar o completar los ejercicios, la causa de esto.

Sema na	Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes		Sábado		Domingo	
	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde
1														
Comentarios														
2														
Comentarios														
3														
Comentarios														
4														
Comentarios														
5														
Comentarios														
6														
Comentarios														

APÉNDICE 6: Neck Disability Index (Versión española)

Nombre y apellidos:

Fecha:

Este cuestionario ha sido diseñado para aportarnos información sobre cuánto interfiere el dolor cervical en sus actividades cotidianas. Por favor, conteste a todas las secciones, y en cada una, marque solamente la opción que sea correcta en su caso. Somos conscientes 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 cervical que está padeciendo actualmente (no a las que haya podido padecer en fases previas más o menos intensas que la actual).

Pregunta I: Intensidad Del Dolor cervical

- No tengo dolor en este momento.
- El dolor es muy leve en este momento.
- El dolor es moderado en este momento.
- El dolor es fuerte en este momento.
- El dolor es muy fuerte en este momento.
- En este momento el dolor es el peor que uno se puede imaginar.

Pregunta II: Cuidados Personales (Lavarse, Vestirse, etc.)

- Puedo cuidarme con normalidad sin que me aumente el dolor.
- Puedo cuidarme con normalidad, pero esto me aumenta el dolor.
- Cuidarme me duele de forma que tengo que hacerlo despacio y con cuidado.
- Aunque necesito alguna ayuda, me las arreglo para casi todos mis cuidados.
- Todos los días necesito ayuda para la mayor parte de mis cuidados.
- No puedo vestirme, me lavo con dificultad y me quedo en la cama.

Pregunta III: Levantar Pesos

- Puedo levantar objetos pesados sin aumento del dolor.
- Puedo levantar objetos pesados, pero me aumenta el dolor.
- El dolor me impide levantar objetos pesados del suelo, pero lo puedo hacer si están colocados en un sitio fácil como, por ejemplo, en una mesa.
- El dolor me impide levantar objetos pesados del suelo, pero puedo levantar objetos medianos o ligeros si están colocados en un sitio fácil.
- Sólo puedo levantar objetos muy ligeros.
- No puedo levantar ni llevar ningún tipo de peso.

Pregunta IV: Lectura

- Puedo leer todo lo que quiera sin que me duela el cuello.
- Puedo leer todo lo que quiera con un dolor leve en el cuello.
- Puedo leer todo lo que quiera con un dolor moderado en el cuello.
- No puedo leer todo lo que quiero debido a un dolor moderado en el cuello.
- Apenas puedo leer por el gran dolor que me produce en el cuello.
- No puedo leer nada en absoluto.

Pregunta V: Dolor de Cabeza

- No tengo ningún dolor de cabeza.
- A veces tengo un pequeño dolor de cabeza.
- A veces tengo un dolor moderado de cabeza.
- Con frecuencia tengo un dolor moderado de cabeza.
- Con frecuencia tengo un dolor fuerte de cabeza.
- Tengo dolor de cabeza casi continuo.

Pregunta VI: Concentrarse en Algo

- Me concentro totalmente en algo cuando quiero sin dificultad.
- Me concentro totalmente en algo cuando quiero con alguna dificultad.
- Tengo alguna dificultad para concentrarme cuando quiero.
- Tengo bastante dificultad para concentrarme cuando quiero.
- Tengo mucha dificultad para concentrarme cuando quiero.
- No puedo concentrarme nunca.

Pregunta VII: Trabajo y Actividades Habituales

- Puedo trabajar todo lo que quiero.
- Puedo hacer mi trabajo habitual, pero no más.
- Puedo hacer casi todo mi trabajo habitual, pero no más.
- No puedo hacer mi trabajo habitual.
- A duras penas puedo hacer algún tipo de trabajo.
- No puedo trabajar en nada.

Pregunta VIII: Conducción de Vehículos

- Puedo conducir sin dolor cervical.
- Puedo conducir todo lo que quiero, pero con un ligero dolor cervical.
- Puedo conducir todo lo que quiero, pero con un moderado dolor cervical.
- No puedo conducir todo lo que quiero debido al dolor cervical.
- Apenas puedo conducir debido al intenso dolor cervical.
- No puedo conducir nada por el dolor cervical.

Pregunta IX: Sueño

- No tengo ningún problema para dormir.
- El dolor cervical me hace perder menos de 1 hora de sueño cada noche.
- El dolor cervical me hace perder de 1 a 2 horas de sueño cada noche.
- El dolor cervical me hace perder de 2 a 3 horas de sueño cada noche.
- El dolor cervical me hace perder de 3 a 5 horas de sueño cada noche.
- El dolor cervical me hace perder de 5 a 7 horas de sueño cada noche.

Pregunta X: Actividades de Ocio

- Puedo hacer todas mis actividades de ocio sin dolor cervical.
- Puedo hacer todas mis actividades de ocio con algún dolor cervical.
- No puedo hacer algunas de mis actividades de ocio por el dolor cervical.
- Sólo puedo hacer unas pocas actividades de ocio por el dolor del cuello.
- Apenas puedo hacer las cosas que me gustan debido al dolor del cuello.
- No puedo realizar ninguna actividad de ocio.