

Artículo original. Lapso de coactivación paravertebral como referencia para la prevención del dolor lumbar inespecífico. Estudio piloto. Vol. 10, n.º 3; p. 562-585, Septiembre 2024.

<https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.3.11008>

Lapso de coactivación paravertebral como referencia para la prevención del dolor lumbar inespecífico. Estudio piloto

Lapse of coactivation as reference for prevention of nonspecific low back pain. A Pilot study

Julio Martín-Ruiz¹; Laura Ruiz-Sanchis²; Ignacio Tamarit-Grancha³; Luis Baraja-Vegas⁴; Paula Blanco-Giménez^{4*} y Juan Vicente-Mampel⁴

¹Departamento de Salud y Valoración Funcional, Universidad Católica de Valencia, Torrent, Valencia, España;

²Departamento de Dirección deportiva y Didáctica de la Actividad Física, Universidad Católica de Valencia, Torrent, Valencia, España;

³Departamento de Preparación y Acondicionamiento Físico, Universidad Católica de Valencia, Torrent, Valencia, España;

⁴Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud, Departamento de Fisioterapia, Universidad Católica de Valencia, Torrent, Valencia, España.

*Autor de correspondencia: e-mail: paula.blanco@ucv.es

Cronograma editorial: *Artículo recibido 23/06/2024 Aceptado: 20/07/2024 Publicado: 01/09/2024*

<https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.3.11008>

Para citar este artículo utilice la siguiente referencia:

Martín-Ruiz, J.; Ruiz-Sanchis, L.; Tamarit Grancha, I.; Baraja Vegas, L.; Blanco-Giménez, P.; Vicente-Mampel, J. (2024). Lapso de coactivación paravertebral como referencia para la prevención del dolor lumbar inespecífico. Estudio piloto. Sportis Sci J, 10 (3), 562-585 <https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.3.11008>

Contribución autores: Todos los autores contribuyeron de forma equitativa al trabajo.

Financiación: El estudio no obtuvo financiación.

Conflicto de interés: Los autores declaran no tener ningún tipo de conflicto

Aspectos éticos: El estudio declara los aspectos éticos.

Artículo original. Lapso de coactivación paravertebral como referencia para la prevención del dolor lumbar inespecífico. Estudio piloto. Vol. 10, n.º 3; p. 562-585, Septiembre 2024.

<https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.3.11008>

Resumen

El dolor lumbar inespecífico, que afecta al 70% de la población, está vinculado a conductas sedentarias y presenta una desconexión entre anomalías estructurales y la experiencia dolorosa. Actualmente el ejercicio es considerado la primera línea de tratamiento, mejorando la biomecánica y la autogestión del dolor. El objetivo principal de este estudio piloto fue medir antes, y tras un programa de ejercicios, la activación de la musculatura central encargada de la estabilización global y local del tronco, empleando electromiografía de superficie en una hiperflexión de tronco. Se realizó un diseño de estudio prospectivo, cuasi-experimental, incluyendo un grupo de intervención con dos momentos de evaluación (pre-intervención y tras 4 semanas post-intervención). Se observó un descenso significativo del lapso de activación en todos los músculos estudiados tras la finalización del programa: CL derecho e izquierdo con carga ($p = .015$ y $p = .0003$ respectivamente) y MT derecho e izquierdo sin carga ($p = .028$ y $p = .036$ respectivamente), y una alta correlación de este valor con el descenso del dolor lumbar ($\rho = .07$). El descenso del lapso de coactivación, como indicador de mayor y mejor respuesta muscular ante perturbaciones, podría ser una alternativa en la prevención del dolor lumbar inespecífico.

Palabras clave: dolor lumbar, electromiografía, estabilidad raquídea, lapso de activación.

Abstract

Nonspecific low back pain, affecting 70% of the population, is linked to sedentary behaviors and presents a disconnect between structural abnormalities and the pain experience. Currently, exercise is considered the first line of treatment, improving biomechanics and pain self-management. The primary objective of this pilot study was to measure, before and after an exercise program, the activation of the core muscles responsible for global and local trunk stabilization, using surface electromyography during trunk hyperflexion. A prospective, quasi-experimental study design was implemented, including an intervention group with two evaluation points (pre-intervention and 4 weeks post-intervention). A significant reduction in activation time was observed in all muscles studied after completing the program: right and left CL under load ($p = .015$ and $p = .0003$, respectively) and right and left MT without load ($p = .028$ and $p = .036$, respectively), with a strong correlation between this value and the reduction in low back pain ($\rho = .07$). The reduction in coactivation time, as an indicator of improved and more efficient muscle response to disturbances, could be an alternative in the prevention of nonspecific low back pain.

Keywords: activation lapse; electromyography; low back pain; spinal stability.

Artículo original. Lapso de coactivación paravertebral como referencia para la prevención del dolor lumbar inespecífico. Estudio piloto. Vol. 10, n.º 3; p. 562-585, Septiembre 2024.

<https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.3.11008>

Introducción

El dolor lumbar inespecífico es una afección multicomponente (Boussaid et al., 2023) con una estrecha relación entre las conductas sedentarias y el incremento del dolor lumbar en todo tipo de edades (Baradaran Mahdavi, Riahi, Vahdatpour & Kelishadi, 2021; Ogunlana, Govender & Oyewole, 2021). Además, el 70% de la población puede sufrir un episodio de dolor (Sirbu, Onofrei, Szasz & Susan, 2023) que en el 90% de los casos no puede ser atribuida a ninguna causa anatomopatológica específica. Actualmente, el dolor lumbar crónico se caracteriza por una discordancia entre las anomalías estructurales y la experiencia multidimensional del dolor descrita por los sujetos (Othman et al., 2020). Por lo tanto, el perfil clínico es muy variable si se tienen en cuenta los mecanismos del dolor (Wu et al., 2020) y las características biomecánicas que presentan. De hecho, se considera que el tratamiento mediante ejercicio no sólo tiene un impacto sobre el componente biomecánico, sino que también puede mejorar la autogestión por parte del sujeto y su lesión (Hutting, Oswald, Staal & Heerkens, 2020) debido a la relevancia del componente biopsicosocial (Gibbs, Last, Marshall & Jones, 2023). A pesar de ello, publicaciones recientes enfatizan la relevancia de la función del músculo multífido, considerando su pérdida de función como un desencadenante crucial en personas con dolor lumbar crónico (Tieppo Francio, Westerhaus, Carayannopoulos & Sayed, 2023).

Es necesario abrir más líneas de investigación sobre la parte crítica que distingue entre dolor crónico y agudo (Zemková, Kováčiková & Zapletalová, 2020), así como cuáles son los mecanismos biomecánicos que desencadenan los síntomas. De hecho, una de ellas es la vinculación entre una gran flexión del raquis y el dolor lumbar agudo, que necesita ser más estudiada (Saraceni et al., 2020), dado que su evidencia no es suficientemente clara y necesita un mayor número de pruebas que la avalen. Los protocolos con picos de torques de flexión entre 175.1 y 89.7 Nm a 60° concluyeron que la evidencia es muy baja y se debe seguir trabajando en el establecimiento de valores de referencia predeterminados Reyes-Ferrada et al. (2021).

Partiendo del foco de la prevención de lesiones, es fundamental el trabajo sobre la conocida sinergia entre transversos abdominales y multifídus, con la intervención del

Artículo original. Lapso de coactivación paravertebral como referencia para la prevención del dolor lumbar inespecífico. Estudio piloto. Vol. 10, n.º 3; p. 562-585, Septiembre 2024.

<https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.3.11008>

diafragma, como parte principal en la estabilización central del tronco (Sannasi et al., 2023). En las posiciones que presentan cierta complejidad, se tiende a una mayor activación muscular y peor control postural (Salamat et al., 2024), a pesar de ello existe un vacío con respecto a si hay un lapso temporal o de proporcionalidad entre músculos que ejecutan la acción y su coactivación. Todo ello puede determinar que el momento en el que existe el riesgo de lesión aumente. Los antecedentes de esta problemática fueron planteados por Hodges y Richardson (1996), que indicaban retardo en la acción del transverso de 50ms en acciones unilaterales del miembro superior. Allison y Morris posteriormente (2008), matizaron que la demora se debía a cuestiones mecánicas como la rotación que se produce, en contraposición a la acción bilateral, sin necesidad de este movimiento angular. La mayor sincronía en ejercicios de carácter bilateral puede ayudar a reprogramar la musculatura profunda y acondicionarla para tareas funcionales diarias. El objetivo de este estudio piloto fue medir antes, tras un programa de ejercicios, la activación de la musculatura central encargada de la estabilización global y local del tronco, empleando electromiografía de superficie en una hiperflexión de tronco. Adicionalmente, calcular los lapsos de activación de cada grupo muscular de forma bilateral para vincularlo con el nivel de dolor lumbar percibido antes y después del programa de acondicionamiento. Los registros podrían ser adecuados para identificar los tiempos de referencia de activación que deben darse para una buena prevención de dolor lumbar inespecífico y diferenciar las necesidades individuales en la prescripción de ejercicio físico.

Material y métodos

Diseño de estudio y aproximación experimental al problema

Se realizó un diseño de estudio prospectivo, cuasi-experimental, incluyendo un grupo de intervención con dos momentos de evaluación (pre-intervención y 4 semanas post-intervención). Las personas que recogieron los datos y analizaron los resultados no conocían la secuencia aplicada en las intervenciones. El estudio se ajustó a las directrices CONSORT (Bennett, 2005) y se diseñó sobre la base de la Declaración de Helsinki para garantizar los derechos fundamentales de la investigación en seres humanos. Este proyecto fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad Católica

Artículo original. Lapso de coactivación paravertebral como referencia para la prevención del dolor lumbar inespecífico. Estudio piloto. Vol. 10, n.º 3; p. 562-585, Septiembre 2024.

<https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.3.11008>

de Valencia (número de referencia: UCV UCV/2022-2023/076). Todos los participantes incluidos en el estudio firmaron el consentimiento informado.

Participantes y recolección de los datos

La muestra la conformaron ocho hombres y dos mujeres entre los 20 y 25 años, estudiantes de posgrado universitario. Todos los participantes fueron diagnosticados con dolor lumbar crónico inespecífico por un traumatólogo clínico y reclutados a través de posters informativos entre junio de 2022 y abril de 2023 en Valencia. Los requisitos de inclusión fueron: (i) ser sujetos sedentarios, (ii) haber presentado dolor lumbar inespecífico de manera persistente, (iii) no haber realizado actividad física durante las últimas 48 horas y (iv) firmar el consentimiento informado proporcionado por el responsable de la investigación. En la Tabla 1, se encuentran los datos descriptivos de la muestra. Todos los participantes fueron aleatorizados en la primera sesión y guiados en la realización de los ejercicios por un profesional experimentado.

Tabla1
Datos descriptivos de la muestra (N=10)

	Global	Hombre	Mujer
N	10	7	3
Edad	23.20 ± 1.40	23.14 ± 1.46	23.33 ± 1.53
Peso	82.55 ± 23.42	94.5 ± 16.46	54.67 ± 1.53
Talla	1.75 ± 0.10	1.80 ± 0.07	1.63 ± 0.06
Envergadura	178 ± 0.12	1.84 ± 0.08	1.64 ± 0.04

Variables Primarias

Evaluación de la actividad electromiográfica

Se realizaron dos sesiones de medición, con un intervalo de cuatro semanas durante las que se llevó a cabo un programa de ejercicios preventivos de forma autónoma. Se solicitó a los participantes que lo realizan con una frecuencia semanal de al menos tres días.

En la primera sesión de medición, se firmó el consentimiento informado para realizar la investigación y se efectuaron las mediciones antropométricas del peso (Seca 750, Hamburgo, Alemania), la talla (Seca 213, Hamburgo, Alemania) y la envergadura utilizando una plantilla centimetrada. Las pruebas de valoración que se llevaron a cabo

Artículo original. Lapso de coactivación paravertebral como referencia para la prevención del dolor lumbar inespecífico. Estudio piloto. Vol. 10, n.º 3; p. 562-585, Septiembre 2024.

<https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.3.11008>

fueron: 1) prueba funcional de flexión de tronco sin carga y con carga 2) valoración del dolor lumbar percibido en cada una de las variantes de la prueba funcional y 3) prueba de contracción máxima isométrica de musculatura torácica y lumbar. Para la objetivación de cada una de estas pruebas, se empleó la electromiografía superficial.

Con el sujeto en posición de bipedestación, se secó del posible sudor la zona destinada a la colocación de electrodos marcada al inicio de la sesión, utilizando algodón. Con alcohol impregnado en otra porción de este material, se limpió la zona, y con una máquina de afeitar desechable se rasuró la zona dejándola libre de posibles interferencias al adhesivo del electrodo y de distorsiones de la señal eléctrica por impedancia. Seguidamente, se volvió a limpiar la zona con alcohol y se secó con algodón para que la piel estuviera limpia y seca. La colocación de electrodos fue la siguiente:

- Cuadrado lumbar: A la altura de la 3ª vértebra lumbar, a 2 cm hacia el exterior y colocados de forma paralela.
- Multífidos torácico: A la altura de la 7ª vértebra torácica, en línea con el vértice escapular, se sitúa el primer electrodo 2 cm hacia el exterior. El segundo se ubica debajo y de forma oblicua hacia el exterior.

En todos los casos, 2 electrodos se situaron con una separación máxima de 2 cm entre ellos en el vientre muscular, y un tercero (de toma de tierra) se dispuso de forma perpendicular a los anteriores. La colocación fue bilateral, y el orden por número de canal fue la siguiente: canal 1, cuadrado lumbar derecho; canal 2, cuadrado lumbar izquierdo, canal 3, multífidos torácico derecho; canal 4, multífidos torácico izquierdo. Los electrodos empleados fueron del modelo Lessa Pediatric Electrode de 30 mm. de diámetro. Se colocaron según indica la SENIAM (2017) y Criswell (2010).

Para el registro electromiográfico, se empleó el dispositivo modelo Megawin ME6000-T8 (Bittium Corporation, Oulu, Finlandia), de 8 canales, con un peso de 344 gr. La frecuencia de muestreo fue de 1Khz, y cada uno de los registros almacenados tuvo una duración de 5 segundos. Los datos se convirtieron de analógico a digital (12-bit; DAQCard-700; National Instrument, Austin, USA), desde el Software Biomonitor Megawin ME6000-T8 y se guardaron en un disco duro para su protección y posterior

Artículo original. Lapso de coactivación paravertebral como referencia para la prevención del dolor lumbar inespecífico. Estudio piloto. Vol. 10, n.º 3; p. 562-585, Septiembre 2024.

<https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.3.11008>

análisis, en archivos con la extensión .ASC. Para el análisis de la señal, se utilizó un programa específico, Matlab (R2023a) (Mathworks Inc., Natick, USA).

En primer lugar, se aplicó un filtro pasabanda *Butterworth* de cuarto orden, de entre 20 y 400 Hz. para el filtrado de la señal, descartando las frecuencias inespecíficas. A continuación, se realizó el rectificado de la señal o RMS (*Root Mean Square*) dividiendo el tramo de medición en 100 puntos. Por último, se realizó el segmentado recogiendo los 3 segundos centrales de la señal, recogiendo el espectro completo.

La prueba de medición consistía en cuatro ejercicios, dos dinámicos (Figura 1) y dos isométricos. El orden habitual de ejercicios de esta naturaleza es realizar la parte isométrica máxima en primer lugar para posteriormente realizar la parte dinámica. En el presente estudio se decidió hacer de manera inversa para evitar condicionar los ejercicios funcionales tras una activación máxima previa.

En el primer ejercicio el sujeto debía situarse en posición de bipedestación bipodal con la separación de pies a distancia biacromial. Se debía realizar una flexión de tronco sin flexión de rodillas hasta tocar el suelo. En caso de no poder hacerlo por rigidez de la musculatura lumbar-crural, se permitía una leve flexión de rodillas. El segundo era una réplica del primero, aunque en este caso se debía recoger una pesa de 3.5 kg del suelo situada 50 cm por delante de los pies. Ambos ejercicios se repetían tres veces y se almacenaba aquella repetición de cada uno en la que menor lapso empleara entre los músculos analizados. Tras la ejecución de cada uno de los ejercicios, el sujeto debía indicar su valoración del dolor con una escala de valoración analógica (EVA).

Figura 1

Representación de los ejercicios de evaluación



Nota: Hiperflexión de tronco sin carga (izquierda) y con carga (derecha).

Artículo original. Lapso de coactivación paravertebral como referencia para la prevención del dolor lumbar inespecífico. Estudio piloto. Vol. 10, n.º 3; p. 562-585, Septiembre 2024.

<https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.3.11008>

Se han recogido los datos de la amplitud media suavizada de la señal con la función *smoothdata*, los picos de cada uno de los músculos y los respectivos tiempos de activación, para diferenciar el lapso transcurrido entre el primero y el último.

Los siguientes dos ejercicios consistieron en la ejecución del test isométrico Biering-Sorensen. Se tuvo en cuenta la máxima contracción voluntaria isométrica (MCVI) bilateral diferenciando la musculatura torácica y la del cuadrado lumbar. Se realizó dos veces cada prueba, para evitar errores de medida a consecuencia de la lógica inexperiencia en principiantes y se recogió el resultado máximo para normalizar los datos de los ejercicios dinámicos, con dos minutos de pausa entre cada una de ellas para evitar cuadros de fatiga, en línea con estudios similares (Koumantakis & Oldham, 2021).

En el caso del multifidus torácico, se situó al participante en posición de tendido prono, sobre la camilla ocupando la superficie del cuerpo hasta quedar libre la parrilla costal contra gravedad, cruzando los brazos hasta tocar con la mano el hombro contrario. Las piernas se sujetaron con dos cinchas (una bajo los glúteos y otra a la altura de la pierna) para poder desarrollar mayor fuerza. Bajo la resistencia de una barra bloqueada, se solicitó la extensión del raquis contrayendo la musculatura dorsal.

Con el cuadrado lumbar, se varió la posición del cuerpo hasta quedar el tronco desde la cadera, libre de apoyo. Bajo la resistencia de la barra como en el caso anterior, se realizó una extensión del raquis contrayendo la musculatura lumbar. En ambos ejercicios se ejerció la fuerza posible durante cinco segundos.

Protocolo de ejercicio

El programa entre ambas valoraciones consistió en una batería de cinco ejercicios de estabilización y fortalecimiento de la columna lumbar, que debían realizarse con una frecuencia de tres días por semana durante cuatro semanas. Los ejercicios se basaron en el protocolo de Falla et al. (2017), específicamente en la fase 2A, que lo componen ejercicios de postura y alineamiento, cuya descripción es la siguiente (Figura 2):

- 1) Cat-camel: Desde cuadrupedia, realizar extensión gradual de raquis manteniendo la posición 2-3 seg y flexionar y mantener la posición igualmente 2-3 seg.

Artículo original. Lapso de coactivación paravertebral como referencia para la prevención del dolor lumbar inespecífico. Estudio piloto. Vol. 10, n.º 3; p. 562-585, Septiembre 2024.

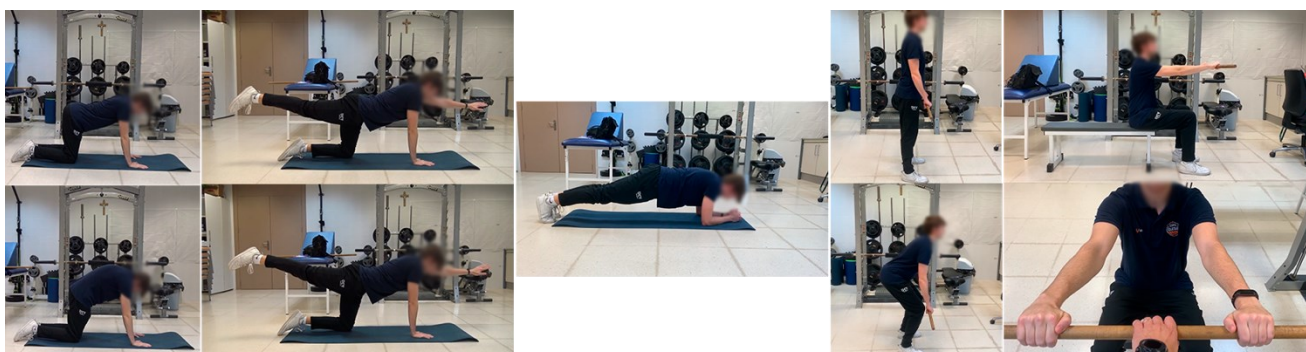
<https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.3.11008>

- 2) Bird-dog. Desde cuadrupedia, flexionar un hombro alineado con el raquis y girar sobre el eje longitudinal, realizar una extensión de cadera-rodilla de la pierna contraria.
- 3) Puente abdominal. Desde tendido prono con apoyo de antebrazos y pies juntos, se eleva la cadera del suelo con el raquis alineado y se mantiene la posición.
- 4) Peso muerto: Desde bipedestación bipodal, realizar flexo-extensión de rodillas a 120º transportando la carga cerca del cuerpo.
- 5) Lumbar isométrico progresivo: Desde sedestación, con agarre en un apoyo fijo, realizar extensión del raquis en sentido contrario al apoyo (la fotografía es una referencia).

En todos los casos, se realizaron 3x10 repeticiones, excepto en la plancha con 3x20 seg de mantenimiento de la posición.

Figura 2

Representación de los ejercicios del programa



Nota: De izquierda a derecha: 1) Cat-camel 2) Bird-dog 3) Plancha tendido prono 4) Peso muerto 5) Isometría.

Aleatorización y enmascaramiento

Todos los participantes fueron aleatorizados por dos profesionales del ejercicio con más de 10 años de experiencia. Uno se encargó de pautar el ejercicio, y el otro de realizar las evaluaciones y recogida de datos, garantizando que este quedase totalmente cegado sobre la intervención que recibieron los participantes. El análisis estadístico fue realizado por un investigador independiente a partir de la elaboración de una lista de números aleatorios utilizando una fórmula de Excel, lo que permitió cegar tanto a quienes recolectaron los datos como a quienes analizaron los resultados. Se utilizó una secuencia por bloques de dos participantes para la aleatorización de la muestra. Debido

Artículo original. Lapso de coactivación paravertebral como referencia para la prevención del dolor lumbar inespecífico. Estudio piloto. Vol. 10, n.º 3; p. 562-585, Septiembre 2024.

<https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.3.11008>

a la imposibilidad de mantener cegados tanto a los participantes como al profesional que aplicaba el protocolo de ejercicio, se decidió implementar un diseño de simple ciego, enmascarando al responsable de recoger los datos.

Análisis estadístico

Cálculo de las variables de simetría y sinergia.

Para calcular los índices de simetría y sinergia de los ejercicios se han seguido fórmulas cuyos índices varían de 0 a infinito, siendo el cero la simetría o sinergia perfecta y cuanto más elevado es el valor más se aleja de la simetría o sinergia.

$$\text{simetríaCL} = \log\left(\frac{CL_{der}}{CL_{izq}}\right); \text{simetríaMT} = \log\left(\frac{MT_{der}}{MT_{izq}}\right)$$

$$\text{sinergia} = \log\left(\frac{CL_{der} + CL_{izq}}{MT_{der} + MT_{izq}}\right)$$

Donde: CL es cuadrado lumbar y MT es multífidus torácico.

Análisis descriptivos

Los datos se han descrito mediante medias y desviaciones estándar, así como medianas y rangos intercuartílicos para las variables cuantitativas continuas y mediante proporciones para las variables cualitativas.

Comparaciones múltiples

Para determinar los cambios en las variables analizadas relativas al lapso, la activación muscular, las simetrías de los músculos de las mismas zonas, las sinergias musculares y el dolor percibido durante el ejercicio, antes y después de la realización de las sesiones, se realizaron comparaciones múltiples mediante tests de Wilcoxon.

Análisis de correlaciones

La diferencia en los lapsos y la escala EVA en la medición *pre* con respecto a la medición *post*, tanto en los ejercicios sin carga como con carga, queda definida de la siguiente manera:

$$\text{LapsoSC} = \text{Lapso totalSCpost} - \text{Lapso totalSCpre}$$

$$\text{LapsoCC} = \text{Lapso totalCCpost} - \text{Lapso totalCCpre}$$

$$\text{EVA SC} = \text{EVA SCpost} - \text{EVA SCpre}$$

Artículo original. Lapso de coactivación paravertebral como referencia para la prevención del dolor lumbar inespecífico. Estudio piloto. Vol. 10, n.º 3; p. 562-585, Septiembre 2024.

<https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.3.11008>

$$EVA\ CC = EVA\ CC_{post} - EVA\ CC_{pre}$$

Donde: SC.= Sin carga, CC.= Con carga, pre.=antes del programa, post.= tras el programa.

En todos los análisis se ha utilizado $\alpha=0.05$.

Todos los análisis se han realizado con R (R Core Team, 2022) v.4.2.2. La lectura de las tablas de datos se ha realizado con el paquete openxlsx (Schauberger, Walker & Braglia, 2020) v. 4.2.5 (para archivos xlsx) y/o con haven (Wickham & Miller, 2019) v.2.5.0 (para archivos sav). Los gráficos se han realizado con ggplot2 (Wickham, 2016) v.3.3.6 ggpubr (Kassambara, 2020) v.0.4.0 y otras funciones integradas en los paquetes ya mencionados.

Resultados

En la Tabla 2, están reflejadas las comparaciones múltiples. No se han encontrado variaciones significativas tras la aplicación del programa en activación muscular, simetría, sinergia y percepción del dolor.

Tabla 2

Cambios en activación muscular, simetría, sinergia y dolor tras la aplicación del programa

	Pre	Post	p-valor
Cuadrado lumbar der. SC	72.36 ± 115.53	69.81 ± 104.43	1.000
Cuadrado lumbar der. CC	121.25 ± 173.59	70.23 ± 69.17	0.878
Cuadrado lumbar izq. SC	96.30 ± 158.98	41.28 ± 37.73	0.382
Cuadrado lumbar izq. CC	195.20 ± 339.87	47.30 ± 31.48	0.065
Escala EVA SC	0.88 ± 0.83	0.88 ± 1.36	0.651
Escala EVA CC	1.20 ± 1.03	0.62 ± 0.74	0.241
Multífidus torácico der. SC	25.06 ± 20.35	23.49 ± 8.1	0.645
Multífidus torácico der. CC	77.46 ± 64.91	63.75 ± 50.81	0.959
Multífidus torácico izq. SC	37.83 ± 40.28	24.16 ± 17.48	0.878
Multífidus torácico izq. CC	54.06 ± 37.68	65.28 ± 54.47	1.000
Simetría CL SC	0.14 ± 0.14	0.14 ± 0.16	1.000
Simetría CL CC	0.24 ± 0.18	0.16 ± 0.16	0.382
Simetría MT SC	0.23 ± 0.14	0.19 ± 0.15	0.382
Simetría MT CC	0.23 ± 0.18	0.17 ± 0.12	0.645
Sinergia SC	0.39 ± 0.42	0.31 ± 0.24	0.645
Sinergia CC	0.33 ± 0.43	0.25 ± 0.19	1.000

Nota: der.=derecho. izq.=izquierdo. SC.=Sin carga. CC.=Con carga.

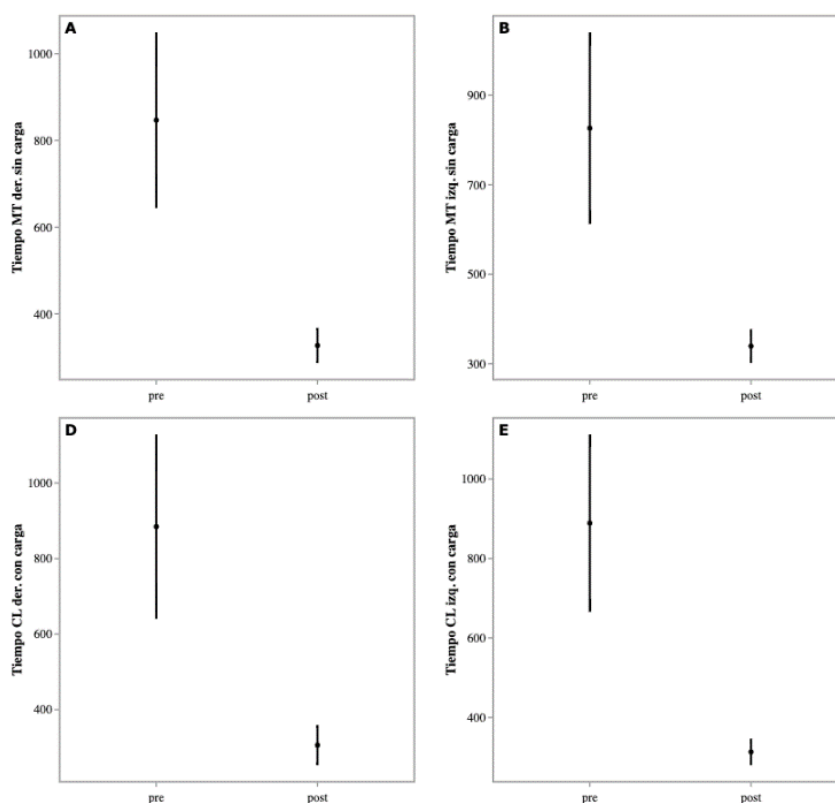
Artículo original. Lapso de coactivación paravertebral como referencia para la prevención del dolor lumbar inespecífico. Estudio piloto. Vol. 10, n.º 3; p. 562-585, Septiembre 2024.

<https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.3.11008>

En la Figura 3, se observan los cambios significativos de los cuatro grupos musculares estudiados (MTder sin carga $p = .028$, MTizq sin carga $p = .036$, CLder con carga $p = .015$, CLizq con carga $p = .00031$), que descienden el lapso de coactivación tras la aplicación del programa de ejercicios.

Figura 3

Lapso temporal de MTder, MTizq, CLder y CLizq antes y después de la aplicación del programa



En la Tabla 3, puede observarse que no ha habido correlaciones significativas entre la máxima contracción voluntaria isométrica y el lapso temporal de coactivación sin carga (SC) y con carga (CC).

Artículo original. Lapso de coactivación paravertebral como referencia para la prevención del dolor lumbar inespecífico. Estudio piloto. Vol. 10, n.º 3; p. 562-585, Septiembre 2024.

<https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.3.11008>

Tabla 3

Correlaciones entre la MCVI y el lapso de coactivación

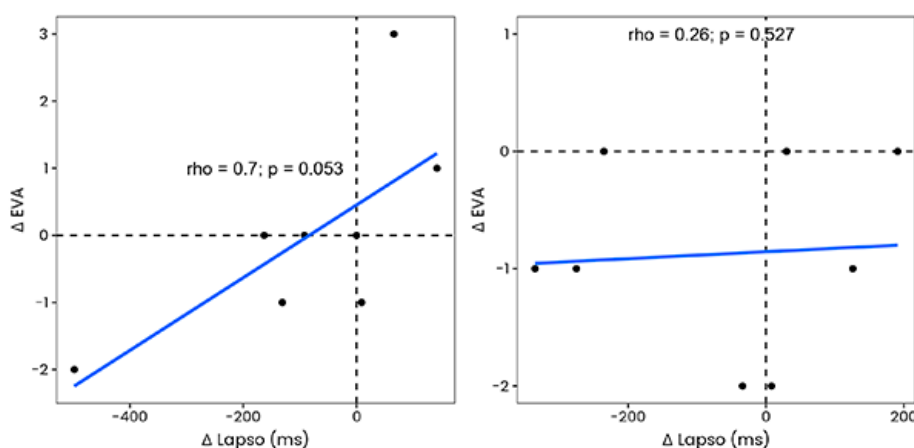
Variable	Diferencia lapso SC	p-valor SC	Diferencia lapso CC	p-valor CC
MCVI Cuadrado lumbar der.	-0.332 [-0.84 - 0.486]	0.422	-0.179 [-0.785 - 0.601]	0.671
MCVI Cuadrado lumbar izq.	-0.318 [-0.835 - 0.499]	0.443	-0.208 [-0.796 - 0.582]	0.620
MCVI Multifidus torácico der.	-0.106 [-0.754 - 0.647]	0.802	-0.153 [-0.774 - 0.618]	0.718
MCVI Multifidus torácico izq.	-0.354 [-0.847 - 0.467]	0.390	-0.114 [-0.758 - 0.642]	0.787

Nota: SC.= Sin carga. CC.= Con carga. MCVI.= Máxima contracción voluntaria isométrica. der.=derecho. izq.=izquierdo. SC.=Sin carga. CC.=Con carga.

La Figura 4, muestra la correlación positiva entre el lapso lumbar y la escala EVA ($\rho = 0.7$ p -valor = .05) sin carga, evidenciando que aquellos participantes con mayor mejora también obtienen valores más bajos de dolor.

Figura 4

Lapso temporal de MTder, MTizq, CLder y CLizq antes y después de la aplicación del programa



Discusión

Las valoraciones funcionales, concretamente las que incluyen electromiografía de superficie, suponen una prueba objetiva para establecer tanto el nivel de partida como la predicción de la mejora de variables como la fuerza (Martín-Ruiz et al., 2024)

Artículo original. Lapso de coactivación paravertebral como referencia para la prevención del dolor lumbar inespecífico. Estudio piloto. Vol. 10, n.º 3; p. 562-585, Septiembre 2024.

<https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.3.11008>

en el dolor lumbar inespecífico. La finalidad última, es analizar la neutralidad del raquis, tal y como indican Brown et al. (2006), que puede identificarse por el nivel de simetría entre grupos musculares, que, en el presente estudio, tanto sin carga como con ella, no ha sufrido cambios significativos (rango desde $p = .382$ a $p = 1.000$) en ejercicios bilaterales, en sintonía como lo comentado por Hodges y Richardson (1996) y Allison y Morris (2008). En cuanto a la simetría, en este trabajo, tampoco se han encontrado cambios significativos en la activación muscular (rango desde $p = .279$ a $p = .574$) o las sinergias entre músculos (rango desde $p = .645$ a $p = 1.000$). Sin embargo, sí se ha encontrado un cambio importante en el lapso de coactivación muscular. Tras el programa ha descendido el tiempo de aplicación de fuerza en cada uno de los grupos musculares y en contextos distintos: cuadrado lumbar derecho e izquierdo con carga ($p = .015$ y $p = .0003$ respectivamente) y multifídus torácico derecho e izquierdo sin carga ($p = .028$ y $p = .036$ respectivamente). Este cambio resulta muy relevante al estar en la línea de lo expuesto por Ippersiel et al. (2021) que midieron la activación muscular diferenciada en músculos dorsales, señalando al multifídus como estabilizador local importante al realizar este tipo de estudios de simetría/asimetría. En lo referente al dolor, se observa una disminución aislada sin cambios resaltables ($p = .0241$), pero en la correlación con el lapso de coactivación, recoge cambios significativos en el sentido de que a menor lapso, el dolor también desciende ($\rho = .07$, $p\text{-valor} = .05$).

Estudios recientes han demostrado que la edad, la naturaleza del dolor, la capacidad en la realización de los recursos cognitivos, las demandas atencionales y el entorno externo son factores que afectan a los patrones de coordinación. Como se ha expuesto anteriormente, se observó un cambio no significativo de tendencia en la simetría muscular y activación, y un factor determinante que influye en esta variable es la dificultad o complejidad de las tareas cognitivas (Pourahmadi et al., 2023). La demanda cognitiva puede afectar negativamente al control postural al competir con los recursos atencionales necesarios para el procesamiento sensoriomotor (Pourahmadi et al., 2023). Es conocida la estrategia sinérgica en el tronco en personas con dolor lumbar inespecífico (Saito, Yokoyama, Sasaki & Nakazawa, 2023), haciendo que los estabilizadores globales tengan menor variación, y que sea mayor en los locales. Esto refleja que cuando el gesto es más exigente, también lo es la complejidad motora, como

Artículo original. Lapso de coactivación paravertebral como referencia para la prevención del dolor lumbar inespecífico. Estudio piloto. Vol. 10, n.º 3; p. 562-585, Septiembre 2024.

<https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.3.11008>

indican Viggiani et al. (2020), al afirmar que las personas con dolor lumbar tienen menor coactivación en extensores del tronco, y que la línea de prescripción debe enfocarse a estos músculos, como se ha visto en la presente investigación.

En el caso del dolor, la literatura publicada sugiere que la actividad física puede mejorar las adaptaciones algésicas potencialmente impulsadas por el sistema nervioso central y los factores del sistema inmunitario (Song et al., 2022). En este sentido, la percepción subjetiva del dolor ayuda a determinar el nivel de sintomatología, principalmente a través de la escala analógica del dolor, ampliamente utilizada en la práctica de actividad física para el dolor lumbar (Roren et al., 2023), capaz de testar contracciones isométricas o dinámicas sin diferencia (Alarab, Shameh & Ahmad, 2023), y que es habitual en los programas de intervención para personas con dolor lumbar crónico inespecífico (Mirshahi, Najafi, Golbakhsh, Mirshahi & Pishkuhi, 2023). Varios autores afirman que la activación muscular puede comprometer el control motor y la estabilidad del tronco, y provocar lesiones como el dolor lumbar (Sepiddar, Barati & Yarahmadi, 2024). Sin embargo, en el presente estudio no se han encontrado cambios destacables en la disminución de este, aunque sí en su relación con el lapso de coactivación. La reducción de este lapso de coactivación puede mejorar la percepción del dolor, de forma más concreta, la sensibilización central (McKune, Murrell, Nolan, White & Wright, 2015). A pesar de no poder identificar el umbral temporal ideal de respuesta muscular, el descenso significativo en el tiempo de coactivación refleja una mejor reacción a la perturbación, ya comentada por Cholewicki et al. (2000) y una capacidad incrementada de reclutamiento en la unidad de tiempo (Mesfar et al., 2022), cada vez más apreciado en el ámbito de la actividad orientada a la mejora del fitness muscular (Pethick, Taylor & Harridge, 2022).

Ha sido relevante el uso de la electromiografía de superficie, ya que permite observar las compensaciones musculares que se producen cuando hay dolor lumbar (Puranik & Shenoy, 2023) o si existe riesgo de aparición durante la movilización de cargas (Varrecchia et al., 2023), así como durante la valoración diferenciada de cada grupo muscular (Ylinen et al., 2024).

En el caso concreto de la flexión del tronco, realizar ejercicios de flexibilidad de la cadena posterior favorecería la extensibilidad isquiotibial y una correcta alineación

Artículo original. Lapso de coactivación paravertebral como referencia para la prevención del dolor lumbar inespecífico. Estudio piloto. Vol. 10, n.º 3; p. 562-585, Septiembre 2024.

<https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.3.11008>

torácica, aspecto que propicia una mayor curvatura pélvica al realizar una flexión máxima del tronco (Muyor, López-Miñarro & Casimiro, 2012). En la programación de ejercicios, es habitual centrarse en los estabilizadores globales y locales, destacando estos últimos por su alta incidencia en la hipertrofia del transversal abdominal (Niewiadomy et al., 2021). Añadir ejercicios de fortalecimiento del suelo pélvico también podría contribuir a la reducción del dolor lumbar y debería ser una parte importante de los programas de acondicionamiento físico (Kazeminia, Rajati & Rajati, 2023). Este aspecto se ha demostrado en ámbitos como el educativo (Ito et al., 2023), primordial en adquisición de hábitos preventivos, mostrando efectos positivos en la ROM tras una aplicación continuada de estiramientos estáticos (Santonja, Sainz De Baranda, Rodríguez, López & Canteras, 2007) y corrobora el hecho de que la práctica de actividad física es el método más efectivo para la adquisición de seguridad muscular y articular, así como para reducir la percepción del dolor (González, Ubago-Jiménez, Castro-Sánchez, García-Martínez & Sánchez-Zafra, 2019).

Limitaciones y futuras líneas de investigación

Es importante comprender la diversidad dentro de las poblaciones afectadas por el dolor lumbar crónico (CLBP), resulta fundamental para adaptar las intervenciones y mejorar los resultados. Para los clínicos e investigadores es importante tener en cuenta los resultados expuestos en la presente investigación con el fin de ofrecer cuidados personalizados y optimizar la efectividad prescriptiva, considerando la variabilidad demográfica y la heterogeneidad clínica. La principal limitación de este estudio reside en la presencia de una baja muestra homogénea, ya que existe evidencia consistente de que las diferencias en expectativas y tratamientos pueden surgir debido a diversos factores, como las preferencias individuales, creencias culturales, experiencias previas con la atención médica, la gravedad del dolor y los factores psicosociales subyacentes, no incluidos en esta investigación. En lo referente a los resultados preliminares, la electromiografía de superficie puede resultar de mucha utilidad en estudios futuros, concretamente la electromiografía de alta densidad a la hora de localizar la topografía del dolor lumbar y las variaciones que se producen en cada tipo de movimiento (Jiang, Xue & Li, 2019).

Artículo original. Lapso de coactivación paravertebral como referencia para la prevención del dolor lumbar inespecífico. Estudio piloto. Vol. 10, n.º 3; p. 562-585, Septiembre 2024.

<https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.3.11008>

Conclusiones

Los resultados muestran un descenso del lapso de coactivación, indicador de mayor y mejor respuesta muscular ante perturbaciones tras un acondicionamiento extensivo de la musculatura paravertebral, vinculada al descenso de la percepción del dolor, a pesar de no poder concretarse el umbral temporal ideal de activación. La mayor tendencia a la simetría y sinergia muscular tras la aplicación de un breve programa de acondicionamiento demuestra la eficacia de dar continuidad a un programa de ejercicios accesible y fácilmente reproducible para lograr objetivos preventivos.

Referencias bibliográficas

- Alarab, A., Shameh, R. A., y Ahmad, M. S. (2023). Muscle contraction exercise for low back pain. *Hong Kong Physiotherapy Journal: Official Publication of the Hong Kong Physiotherapy Association Limited = Wu Li Chih Liao*, 43(1), 53-60.
- Allison, G. T., y Morris, S. L. (2008). Transversus abdominis and core stability: Has the pendulum swung? *British Journal of Sports Medicine*, 42(11), 930-931.
[doi:10.1136/bjsm.2008.048637](https://doi.org/10.1136/bjsm.2008.048637)
- Baradaran Mahdavi, S., Riahi, R., Vahdatpour, B., y Kelishadi, R. (2021). Association between sedentary behavior and low back pain; A systematic review and meta-analysis. *Health Promotion Perspectives*, 11(4), 393-410.
[doi:10.34172/hpp.2021.50](https://doi.org/10.34172/hpp.2021.50)
- Bennett, J. A. (2005). The consolidated standards of reporting trials (CONSORT): Guidelines for reporting randomized trials. *Nursing Research*, 54(2), 128-132.
[doi:10.1097/00006199-200503000-00007](https://doi.org/10.1097/00006199-200503000-00007)
- Boussaid, S., Daldoul, C., Rekik, S., Jammali, S., Cheour, E., Sahli, H., y Elleuch, M. (2023). Low back pain among students of medical university of tunis. *Current*

Artículo original. Lapso de coactivación paravertebral como referencia para la prevención del dolor lumbar inespecífico. Estudio piloto. Vol. 10, n.º 3; p. 562-585, Septiembre 2024.

<https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.3.11008>

Rheumatology Reviews, 19(2), 205-213.

[doi:10.2174/1573397118666220821143041](https://doi.org/10.2174/1573397118666220821143041)

Brown, S. H., Vera-Garcia, F. J., y McGill, S. M. (2006). Effects of abdominal muscle coactivation on the externally preloaded trunk: Variations in motor control and its effect on spine stability. *Spine*, 31(13), 387.

[doi:10.1097/01.brs.0000220221.57213.25](https://doi.org/10.1097/01.brs.0000220221.57213.25)

Cholewicki, J., Simons, A. P., y Radebold, A. (2000). Effects of external trunk loads on lumbar spine stability. *Journal of Biomechanics*, 33(11), 1377-1385.

[doi:10.1016/s0021-9290\(00\)00118-4](https://doi.org/10.1016/s0021-9290(00)00118-4)

Crisswell, E. (2010). *Cram's introduction to surface electromyography, 2d ed.* Portland: Ringgold, Inc.

Falla, D., y Hodges, P. W. (2017). Individualized exercise interventions for spinal pain. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 45(2), 105-115.

[doi:10.1249/JES.0000000000000103](https://doi.org/10.1249/JES.0000000000000103)

Gibbs, M. T., Last, T., Marshall, P., y Jones, M. D. (2023). Are the attitudes and beliefs of australian exercise-based practitioners associated with their use of, and confidence in, treatment modalities for people with chronic low back pain?

Musculoskeletal Care, [doi:10.1002/msc.1852](https://doi.org/10.1002/msc.1852)

González Valero, G., Ubago-Jiménez, J. L., Castro-Sánchez, M., García-Martínez, I., y Sánchez-Zafra, M. (2019). Prevención y tratamiento de lesiones lumbares con herramientas físico-médicas: Una revisión sistemática. *Sportis*, 5(2), 232-249.

[doi:https://doi.org/10.17979/sportis.2019.5.2.3409](https://doi.org/10.17979/sportis.2019.5.2.3409)

Hodges, P. W., y Richardson, C. A. (1996). Inefficient muscular stabilization of the lumbar spine associated with low back pain. A motor control evaluation of transversus abdominis. *Spine*, 21(22), 2640-2650. [doi:10.1097/00007632-199611150-00014](https://doi.org/10.1097/00007632-199611150-00014)

Artículo original. Lapso de coactivación paravertebral como referencia para la prevención del dolor lumbar inespecífico. Estudio piloto. Vol. 10, n.º 3; p. 562-585, Septiembre 2024.

<https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.3.11008>

Hutting, N., Oswald, W., Staal, J. B., y Heerkens, Y. F. (2020). Self-management support for people with non-specific low back pain: A qualitative survey among physiotherapists and exercise therapists. *Musculoskeletal Science & Practice*, 50, 102269.

Ippersiel, P., Preuss, R., Fillion, A., Jean-Louis, J., Woodrow, R., Zhang, Q., y Robbins, S. M. (2021). Inter-joint coordination and the flexion-relaxation phenomenon among adults with low back pain during bending. *Gait & Posture*, 85, 164-170.

Ito, T., Sugiura, H., Ito, Y., Narahara, S., Natsume, K., Takahashi, D., . . . Ochi, N. (2023). Relationship between low-back pain and flexibility in children: A cross-sectional study. *PloS One*, 18(11), e0293408.
<http://doi.org/10.1371/journal.pone.0293408>

Jiang, N., Xue, J., y Li, G. (2019). Assessment of lumbar muscles coordinated activity based on high-density surface electromyography: A pilot study. *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Annual International Conference, 2019*, 2238-2241.

Kassambara, A. (2020). Ggpubr:“ggplot2” based publication ready plots. 2020. *R Package Version 0.4.0*,

Kazeminia, M., Rajati, F., y Rajati, M. (2023). The effect of pelvic floor muscle-strengthening exercises on low back pain: A systematic review and meta-analysis on randomized clinical trials. *Neurological Sciences: Official Journal of the Italian Neurological Society and of the Italian Society of Clinical Neurophysiology*, 44(3), 859-872.

Koumantakis, G. A., y Oldham, J. A. (2021). Paraspinal strength and electromyographic fatigue in patients with sub-acute back pain and controls: Reliability, clinical applicability and between-group differences. *World Journal of Orthopedics*, 12(11), 816-832. [doi:10.5312/wjo.v12.i11.816](https://doi.org/10.5312/wjo.v12.i11.816)

Artículo original. Lapso de coactivación paravertebral como referencia para la prevención del dolor lumbar inespecífico. Estudio piloto. Vol. 10, n.º 3; p. 562-585, Septiembre 2024.

<https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.3.11008>

Martín-Ruiz, J., Peris-Perales, J., Ferrer-Adelantado, M., Gallego-Cerveró, C., Tamarit-Grancha, I., y Ruiz-Sanchis, L. (2024). Efectos de un programa de actividad física de corrección postural y activación muscular para la prevención del dolor lumbar en alumnado de educación física de 3º y 4º de educación secundaria obligatoria (effects of a physical activity program of postural correction and muscle activation for the prevention of low back pain in physical education students in 5th and 6th grade of compulsory secondary education). *Retos*, 56, 732-743. [doi:10.47197/retos.v56.102974](https://doi.org/10.47197/retos.v56.102974)

McKune, C. M., Murrell, J. C., Nolan, A. M., White, K. L., y Wright, B. D. (2015). Nociception and pain. *Veterinary Anesthesia and Analgesia: The Fifth Edition of Lumb and Jones*, 584-623. [doi:10.1002/9781119421375.ch29](https://doi.org/10.1002/9781119421375.ch29)

Mesfar, A., Hammami, R., Selmi, W., Gaied-Chortane, S., Duncan, M., Bowman, T. G., . . . van den Tillaar, R. (2022). Effects of 8-week in-season contrast strength training program on measures of athletic performance and lower-limb asymmetry in male youth volleyball players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(11), 6547. [doi:10.3390/ijerph19116547](https://doi.org/10.3390/ijerph19116547)

Mirshahi, M., Najafi, R., Golbakhsh, M., Mirshahi, A., y Pishkuhi, M. A. (2023). Effectiveness of a core stability exercise program on pain and function in musicians with chronic low back pain: A randomized controlled trial. *Medical Problems of Performing Artists*, 38(4), 207-213. [doi:10.21091/mppa.2023.4025](https://doi.org/10.21091/mppa.2023.4025)

Muyor, J. M., López-Miñarro, P. A., y Casimiro, A. J. (2012). Effect of stretching program in an industrial workplace on hamstring flexibility and sagittal spinal posture of adult women workers: A randomized controlled trial. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 25(3), 161-169. [doi:10.3233/BMR-2012-0323](https://doi.org/10.3233/BMR-2012-0323)

Niewiadomy, P., Szuścik-Niewiadomy, K., Kuszewski, M. T., Kochan, M., Pawlukiewicz, M., Rychlik, M., y Piątkowska, K. (2021). Assessment of the influence of global and local exercises on core stabilization mechanisms:

Artículo original. Lapso de coactivación paravertebral como referencia para la prevención del dolor lumbar inespecífico. Estudio piloto. Vol. 10, n.º 3; p. 562-585, Septiembre 2024.

<https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.3.11008>

Randomized controlled trial. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 61(1), 44-52. [doi:10.23736/S0022-4707.20.11086-7](https://doi.org/10.23736/S0022-4707.20.11086-7)

Ogunlana, M. O., Govender, P., y Oyewole, O. O. (2021). Prevalence and patterns of musculoskeletal pain among undergraduate students of occupational therapy and physiotherapy in a south african university. *Hong Kong Physiotherapy Journal: Official Publication of the Hong Kong Physiotherapy Association Limited = Wu Li Chih Liao*, 41(1), 35-43. [doi:10.1142/S1013702521500037](https://doi.org/10.1142/S1013702521500037)

Othman, R., Dassanayake, S., Jayakaran, P., Tumilty, S., Swain, N., y Mani, R. (2020). Relationships between psychological, social, physical activity, and sleep measures and somatosensory function in individuals with spinal pain: A systematic review and meta-analysis. *The Clinical Journal of Pain*, 36(2), 124-134. [doi:10.1097/AJP.0000000000000775](https://doi.org/10.1097/AJP.0000000000000775)

Pethick, J., Taylor, M. J. D., y Harridge, S. D. R. (2022). Aging and skeletal muscle force control: Current perspectives and future directions. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 32(10), 1430-1443. [doi:10.1111/sms.14207](https://doi.org/10.1111/sms.14207)

Pourahmadi, M., Negahban, H., Koes, B. W., Fernández-de-Las-Peñas, C., Ebrahimi Takamjani, I., y Bahramian, M. (2023). The effect of dual-task conditions on postural control in adults with low back pain: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 18(1), 555. [doi:10.1186/s13018-023-04035-6](https://doi.org/10.1186/s13018-023-04035-6)

Puranik, S., y Shenoy, S. (2023). Surface electromyography analysis of core stabilizing muscles during isometric shoulder contractions in athletes with low back pain. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 36, 364-369. [doi:10.1016/j.jbmt.2023.04.019](https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2023.04.019)

R Core Team. (2022). R: A language and environment for statistical computing. R foundation for statistical computing. (*R Foundation for Statistical Computing*,

Artículo original. Lapso de coactivación paravertebral como referencia para la prevención del dolor lumbar inespecífico. Estudio piloto. Vol. 10, n.º 3; p. 562-585, Septiembre 2024.

<https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.3.11008>

Reyes-Ferrada, W., Chirosa-Rios, L., Rodriguez-Perea, A., Jerez-Mayorga, D., y Chirosa-Rios, I. (2021). Isokinetic trunk strength in acute low back pain patients compared to healthy subjects: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(5), 2576.
[doi:10.3390/ijerph18052576](https://doi.org/10.3390/ijerph18052576)

Roren, A., Daste, C., Coleman, M., Rannou, F., Freyssenet, D., Moro, C., . . . Nguyen, C. (2023). Physical activity and low back pain: A critical narrative review. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 66(2), 101650.
[doi:10.1016/j.rehab.2022.101650](https://doi.org/10.1016/j.rehab.2022.101650)

Saito, H., Yokoyama, H., Sasaki, A., y Nakazawa, K. (2023). Muscle synergy patterns as altered coordination strategies in individuals with chronic low back pain: A cross-sectional study. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, 20(1), 69.
[doi:10.1186/s12984-023-01190-z](https://doi.org/10.1186/s12984-023-01190-z)

Salamat, S., Talebian, S., Maroufi, N., Kalbassi, G., Salamat, D., y O'Sullivan, K. (2024). People with low back pain exhibit higher trunk muscle activity and impaired postural control during static and dynamic functional tasks: A cross-sectional study. *Journal of Applied Biomechanics*, 40(1), 1-8.
[doi:10.1123/jab.2023-0033](https://doi.org/10.1123/jab.2023-0033)

Sannasi, R., Dakshinamurthy, A., Dommerholt, J., Desai, V., Kumar, A., y Sugavanam, T. (2023). Diaphragm and core stabilization exercises in low back pain: A narrative review. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 36, 221-227.
[doi:10.1016/j.jbmt.2023.07.008](https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2023.07.008)

Santonja, F., Sainz De Baranda, P., Rodríguez, P., López, P., y Canteras, M. (2007). Effects of frequency of static stretching on straight-leg raise in elementary school children. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 47(3), 304-308.

Saraceni, N., Kent, P., Ng, L., Campbell, A., Straker, L., y O'Sullivan, P. (2020). To flex or not to flex? is there a relationship between lumbar spine flexion during

Artículo original. Lapso de coactivación paravertebral como referencia para la prevención del dolor lumbar inespecífico. Estudio piloto. Vol. 10, n.º 3; p. 562-585, Septiembre 2024.

<https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.3.11008>

lifting and low back pain? A systematic review with meta-analysis. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 50(3), 121-130.
[doi:10.2519/jospt.2020.9218](https://doi.org/10.2519/jospt.2020.9218)

Schauberger, P., Walker, A., y Braglia, L. (2020). Openxlsx: Read, write and edit xlsx files. *R Package Version*, 4(5)

SENIAM. (2017). Sensor locations. Recuperado de
http://seniam.org/sensor_location.htm

Sepiddar, F., Barati, A. H., y Yarahmadi, Y. (2024). The effect of pelvic clock exercises on pain reduction and lumbopelvic proprioception in middle-aged women with chronic nonspecific low back pain (CNSLBP). *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 38, 615-620. [doi:10.1016/j.jbmt.2023.11.019](https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2023.11.019)

Sirbu, E., Onofrei, R. R., Szasz, S., y Susan, M. (2023). Predictors of disability in patients with chronic low back pain. *Archives of Medical Science*, 19(1), 94-100.
[doi:10.5114/aoms.2020.97057](https://doi.org/10.5114/aoms.2020.97057)

Song, J. S., Yamada, Y., Kataoka, R., Wong, V., Spitz, R. W., Bell, Z. W., y Loenneke, J. P. (2022). Training-induced hypoalgesia and its potential underlying mechanisms. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 141, 104858.
[doi:10.1016/j.neubiorev.2022.104858](https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2022.104858)

Tieppo Francio, V., Westerhaus, B. D., Carayannopoulos, A. G., y Sayed, D. (2023). Multifidus dysfunction and restorative neurostimulation: A scoping review. *Pain Medicine (Malden, Mass.)*, 24(12), 1341-1354. [doi:10.1093/pm/pnad098](https://doi.org/10.1093/pm/pnad098)

Varrecchia, T., Ranavolo, A., Chini, G., De Nunzio, A. M., Draicchio, F., Martinez-Valdes, E., . . . Conforto, S. (2023). High-density surface electromyography allows to identify risk conditions and people with and without low back pain during fatiguing frequency-dependent lifting activities. *Journal of Electromyography and*

Artículo original. Lapso de coactivación paravertebral como referencia para la prevención del dolor lumbar inespecífico. Estudio piloto. Vol. 10, n.º 3; p. 562-585, Septiembre 2024.

<https://doi.org/10.17979/sportis.2024.10.3.11008>

Kinesiology: Official Journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology, 73, 102839. [doi:10.1016/j.jelekin.2023.102839](https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2023.102839)

Viggiani, D., Nelson-Wong, E., Davidson, B. S., y Callaghan, J. P. (2020). A comparison of trunk control in people with no history, standing-induced, and recurrent low back pain during trunk extension. *The Journal of Manual & Manipulative Therapy*, 28(2), 94-102. [doi:10.1080/10669817.2019.1701834](https://doi.org/10.1080/10669817.2019.1701834)

Wickham, H. (2016). *Ggplot2: Elegant graphics for data analysis* springer-verlag New York; 2009.

Wickham, H., y Miller, E. (2019). Haven: Import and export “SPSS”, “Stata” and “SAS” files. 2019. *Avaiable at: [https://Cran.R-Project.Org/Package= Haven](https://Cran.R-Project.Org/Package=Haven)* (Accessed June 01, 2020),

Wu, A., March, L., Zheng, X., Huang, J., Wang, X., Zhao, J., . . . Hoy, D. (2020). Global low back pain prevalence and years lived with disability from 1990 to 2017: Estimates from the global burden of disease study 2017. *Annals of Translational Medicine*, 8(6), 299. [doi:10.21037/atm.2020.02.175](https://doi.org/10.21037/atm.2020.02.175)

Ylinen, J., Pasanen, T., Heinonen, A., Kivistö, H., Kautiainen, H., y Multanen, J. (2024). Trunk muscle activation of core stabilization exercises in subjects with and without chronic low back pain. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, [doi:10.3233/BMR-230043](https://doi.org/10.3233/BMR-230043)

Zemková, E., Kováčiková, Z., y Zapletalová, L. (2020). Is there a relationship between workload and occurrence of back pain and back injuries in athletes? *Frontiers in Physiology*, 11, 894. [doi:10.3389/fphys.2020.00894](https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00894)