



ESCUELAS UNIVERSITARIAS
GIMBERNAT-CANTABRIA

Trabajo fin de grado

**¿ES LA FLEXIÓN LUMBAR EN EL LEVANTAMIENTO
DE CARGAS UN FACTOR DE RIESGO PARA EL DOLOR
DE ESPALDA? – UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA**

*IS LUMBAR FLEXION IN LIFTING LOADS A RISK FACTOR
FOR BACK PAIN? - A SYSTEMATIC REVIEW*

Autora: Clara Castanedo González

Director: Luis Morales Rodríguez-Parets

Titulación: Grado en Fisioterapia

Centro universitario: Escuelas Universitarias Gimbernat - Cantabria

Fecha: 2 de junio de 2022

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD DEL TRABAJO FIN DE GRADO

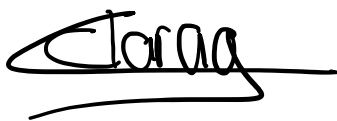
Por medio de la presente, yo CLARA CASTADO GONZÁLEZ alumna del Grado de Fisioterapia de las Escuelas Universitarias Gimbernat-Cantabria, en relación con el Trabajo Fin de Grado (TFG) titulado ‘¿Es la flexión lumbar en el levantamiento de cargas un factor de riesgo para el dolor de espalda? - una revisión sistemática’ declaro que es de mi autoría y original.

Asimismo, declaro que depositando este TFG y firmado el presente documento confirmo que:

- Este TFG es original y he citado las fuentes de información debidamente.
- La autoría del TFG es compartida alumna y director.
- Soy plenamente consciente de que no respetar estos extremos es objeto de sanción por el órgano civil y competente, y asumo mi responsabilidad ante reclamaciones relacionadas con la violación de derechos de propiedad intelectual.

En Santander, a 2 de junio de 2022

Fdo. Clara Castanedo González



ÍNDICE

ABREVIATURAS	4
RESUMEN	5
ABSTRACT	6
1. INTRODUCCIÓN	7
2. MATERIAL Y MÉTODOS	10
2.1. CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN	11
2.2. ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA	12
2.3. EVALUACIÓN METODOLÓGICA	15
3. RESULTADOS	17
4. DISCUSIÓN	21
5. CONCLUSIÓN	24
6. ANEXOS	25
7. BIBLIOGRAFÍA	33

ABREVIATURAS

DL: Dolor Lumbar

BF: Biofeedback

NBF: Non biofeedback

F-SQ: Full squat

H-SQ: High squat

P-SQ: Parallel squat

LBP: Low back pain

NoLBP: Non low back pain

PSFS: Patient specific functional scale

EVA: Escala visual analógica

LMC: Low-load motor control

HLL: High load lifting

OMS: Organización mundial de la salud

RAT: Retroalimentación táctil

RESUMEN

Introducción: El dolor lumbar corresponde a uno de los motivos de consulta más prevalente en los distintos sistemas de salud a nivel mundial. El levantamiento de peso ha sido identificado como un principal factor de riesgo para la exacerbación del dolor lumbar. Además, realizar este movimiento con la “espalda recta” se ha convertido en un principio aceptado por la salud pública y ocupacional.

Objetivo: Analizar la literatura actual disponible y conocer si la flexión lumbar es un factor de riesgo para el dolor lumbar a la hora de realizar levantamientos de cargas.

Material y métodos: Se realizó una búsqueda sistemática en las bases de datos PubMed, Cochrane y BVS de ensayos clínicos publicados desde 2012 hasta la actualidad. Fueron incluidos 10 artículos seleccionados mediante los criterios de inclusión y exclusión.

Resultados: Durante el análisis se ha podido determinar la falta de resultados unificados. En las investigaciones estudiadas se evalúan diferentes cargas y técnicas de levantamiento, con distintos objetivos en cada estudio. No se obtienen resultados significativos para la respuesta a nuestra pregunta de investigación.

Conclusión: Hoy en día, no hay la suficiente evidencia científica que apoye la flexión lumbar en el levantamiento de cargas como un factor de riesgo por sí mismo para el dolor lumbar y por ello se necesita más investigación sobre el tema no solo investigando este factor aislado del resto de factores anatómicos y fisiológicos.

Palabras clave: Dolor lumbar, Levantamiento de peso, Flexión lumbar, Factor de riesgo.

ABSTRACT

Introduction: Low back pain corresponds to one of the most frequent reasons for consultation in the different health systems worldwide. Weightlifting has been identified as a major risk factor for exacerbation of low back pain. In addition, performing this movement with a “straight back” has become an accepted principle of public and occupational health.

Objective: To analyze the current available literature and to know if lumbar flexion is a risk factor for low back pain when lifting loads.

Material and methods: A systematic research was carried out in the PubMed, Cochrane and BVS databases of clinical trials published from 2012 to the present. 10 articles selected using the inclusion and exclusion criteria were included.

Results: During the analysis it was possible to determine the lack of unified results. In the investigations studied, different loads and lifting techniques are evaluated, with different aims in each study. No significant results were obtained to answer our research question.

Conclusion: Nowadays, there is not enough scientific evidence to support lumbar flexion in lifting loads as a risk factor in itself for low back pain and therefore more research is needed on the subject, not only investigating this factor isolated from the rest anatomical and physiological factors.

Key words: Low back pain, Weightlifting, Lumbar flexion, Risk factor.

1. INTRODUCCIÓN

El dolor lumbar (DL) se define como un síntoma musculoesquelético o conjunto de síntomas cuya principal característica es la presencia de dolor focalizado en el segmento distal de la columna vertebral, en el área comprendida entre la zona inferior costal y la región sacra. En ocasiones, puede llegar a comprometer la región glútea. (1) Comprende un amplio espectro de diferentes tipos de dolor, nociceptivo, neuropático, nociplástico o en otras muchas ocasiones dolor no específico. (2)

El dolor lumbar corresponde a uno de los motivos de consulta más prevalente en los distintos sistemas de salud a nivel mundial.(3) La prevalencia estimada a lo largo de la vida puede llegar al 84% y la de dolor lumbar crónico es próxima al 23% con un 11% de la población que reporta invalidez debido a esta situación. (4) La tasa de mortalidad del dolor lumbar es inferior al 0,002% anual, pero presenta una elevada tasa de morbilidad, debido a su gran incidencia y prevalencia. (5) Entre el 15 y el 20% de los adultos presenta este síndrome, siendo en la mayoría de los casos (90%) de origen inespecífico, con mayor prevalencia en el sexo femenino, debido a sus características anatómicas. (6) La etiología del dolor lumbar rara vez se conoce y por tanto se refiere con frecuencia como dolor lumbar no específico. (7)

La OMS determinó en sus criterios de diagnóstico lo siguiente *“El dolor lumbar inespecífico se define como un dolor más o menos intenso, que modifica su intensidad en función de las posturas y la actividad física, se acompaña de dolor con el movimiento y puede asociarse o no a dolor referido o irradiado”* (1)

El levantamiento de peso es una tarea esencial que se requiere en la mayoría de las personas para mantener su independencia, además de en atletas con fines de entrenamiento y rendimiento (8), siendo uno de los factores de riesgo más comunes para el desarrollo y exacerbación del DL (9,10)

Numerosos estudios epidemiológicos tratan la relación entre las cargas físicas y DL, en particular, el levantamiento de peso a alta frecuencia como factor de riesgo para el DL. (11) Si bien el levantamiento ha sido identificado como un principal factor de riesgo para el DL, la investigación no logra establecer una clara conexión entre el DL, postura de levantamiento y peligro para la columna vertebral. (12)

Un concepto erróneo común sobre el dolor lumbar es que la columna es débil y que debe evitarse la flexión lumbar. (13) Se cree que la importancia de la postura correcta para el levantamiento de cargas está fuertemente conectada a la prevención de dolor lumbar. (14)

Hay fuertes creencias entre la población que levantar peso haciendo una flexión lumbar está muy relacionado con el DL.(15) Hacer los levantamientos de peso con una “espalda recta” se ha convertido en un principio aceptado por la salud pública y ocupacional en todo el mundo.(16) La implementación de consejos de levantamientos en el cuidado de la salud y lugares de trabajo no ha ido acompañado de una reducción de dolor lumbar.(17) Los profesionales de la salud asocian una columna flexionada durante el levantamiento con peligro y por lo tanto esto parece influir en la forma en la que las personas levantan objetos en el día a día.(18) Estos, abogan por el consejo de levantar peso con la espalda recta y la industria ha adoptado medidas para reducir la flexión lumbar al levantar cargas.(19) En esta técnica llamada “squat technique” en la que la espalda permanece lo

más recta posible y las rodilla flexionadas, puede entenderse el bajo cumplimiento de esta técnica debido a la alta demanda energética que necesita, (20) produciendo una mayor percepción de esfuerzo y el desarrollo más rápido de fatiga muscular, en comparación con la técnica opuesta “stoop technique” con la espalda encorvada.(21,22)

Durante las últimas décadas, la carga espinal en el “stoop” y en “squat”, han sido muy estudiados y discutidos. (23) Investigaciones recientes sugieren que las diferencias en las cargas espinales entre varios estilos de levantamiento son relativamente pequeños y que una espalda recta (posición neutra), puede no ser siempre la posición óptima. (24) Otros autores sugieren que no hay una única posición óptima (25) y que la técnica de levantamiento debe adaptarse al peso levantado. (26)

La zona neutra de los segmentos espinales se ha medido en muestras de cadáveres. En las columnas in vivo, además de las estructuras pasivas, la rigidez y las características de la musculatura y los tendones también pueden limitar la rotación de la columna lumbar. Cuando el musculo esta inactivo, tiene una rigidez no lineal que es cercana a cero y aumenta a medida que el musculo es alargado más allá de su longitud habitual. Esta rigidez puede limitar el rango de posturas que se pueden lograr sin resistencia. (27)

Las técnicas de levantamiento estándar están bien descritas, la técnica “stoop” se puede cuantificar como $<45^\circ$ de flexión de la rodilla y $\sim 90^\circ$ de flexión del tronco, lo que se corresponde con la descripción de un levantamiento con la espalda. La técnica “squat” se puede cuantificar como una flexión de rodilla de $\sim 135^\circ$ y una flexión de tronco $<30^\circ$, lo que se corresponde con la descripción de un levantamiento con las piernas. La técnica de “semi-squat” utiliza una postura a mitad de camino entre los levantamientos “stoop” y

“squat” que cuantitativamente puede describirse como una flexión de rodilla de $\sim 90^\circ$ y una flexión de tronco de $\sim 45^\circ$. (28)

Está claro que los patrones cinemáticos para las técnicas de stoop, squat y semi-squat son diferentes. Estas diferencias cinemáticas afectarán los patrones de activación muscular, las capacidades de generación de energía y el estrés articular. Si el objetivo es optimizar el movimiento mediante la construcción de tejido, el terapeuta debe considerar prescribir la técnica de levantamiento que produzca la actividad muscular y la generación de energía deseadas en los tejidos objetivo. (29,30)

El objetivo de esta revisión sistemática es analizar la literatura actual disponible y saber si la flexión lumbar es un factor de riesgo para el dolor lumbar a la hora de realizar levantamientos de cargas, ya que hasta el momento no hay estudios que confirmen la mejor forma de levantar objetos pesados, habiendo bastante controversia al respecto.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

El objetivo de esta revisión sistemática es comprobar si se debe evitar la flexión lumbar ante el levantamiento de cargas y si esta es un factor de riesgo para el dolor de espalda.

Se realiza una revisión sistemática a través de ensayos clínicos (controlados aleatorizados y estudios transversales) publicados tanto en inglés como en español en diferentes bases de datos (PubMed, Cochrane y BVS), cuyas publicaciones están comprendidas entre los años 2012 y 2022.

Para la elaboración de esta revisión sistemática, se hace una búsqueda exhaustiva y reproducible de información y datos relevantes a través de distintas bases de datos, palabras clave y criterios de inclusión y exclusión.

2.1. CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

Se establecen los siguientes criterios de inclusión y exclusión para definir la búsqueda bibliográfica.

CRITERIOS DE INCLUSIÓN	CRITERIOS DE EXCLUSIÓN
Estudios en español e inglés	Estudios que no responden a la pregunta de investigación
Estudios posteriores a 2012	Estudios con una conclusión mal definida o confusa
Obtención de más de 5 puntos en la escala CASPe	Estudios piloto (estudios de investigación que se hacen antes de la verdadera investigación)
Estudios transversales	
Ensayos clínicos (controlado aleatorizado)	
Estudios realizados en seres humanos	

Tabla 1. Criterios de inclusión y exclusión

2.2. ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA

Para comenzar la estrategia de búsqueda lo primero a tener en cuenta es el planteamiento de la pregunta de investigación: “¿Cómo afecta la flexión lumbar en el levantamiento de cargas al dolor de espalda?”

Se realiza una búsqueda entre octubre y febrero del 2022, en las siguientes bases de datos:

- PubMed
- BVS
- Cochrane

En un principio se lleva a cabo una **búsqueda inicial** generalizada acerca de la columna lumbar, utilizando el término “lumbar spine”, sin ningún filtro, para obtener un número aproximado de artículos posibles para el desarrollo de esta revisión. En PubMed se encontraron 89.557 resultados, en BVS 60.526 y en Cochrane 8.183.

Para facilitar la búsqueda, se obtienen varias palabras claves relacionadas con el tema a tratar y se realizan distintas combinaciones utilizando los términos booleanos “AND” y “OR” para encontrar el mayor número de artículos posibles.

A continuación, se lleva a cabo una **búsqueda sistemática** añadiendo los filtros mencionados en los criterios de inclusión: ensayos clínicos, ensayos controlados aleatorizados, 10 años de antigüedad, estudios en humanos y el idioma (castellano e inglés).

En la *Tabla 2* se muestran las distintas combinaciones realizadas y los resultados obtenidos en cada base de datos.

BÚSQUEDA SISTEMÁTICA				
PALABRAS CLAVE	BASES DE DATOS	COMBINACIONES	RESULTADOS CON FILTRO	RESULTADOS SIN FILTRO
1. Lumbar spine 2. Flexion 3. Weightlifting 4. Lifting techniques 5. Low back pain 6. Risk factor 7. Lumbar 8. Posture 9. Back 10. Lumbosacral region 11. Movement	PubMED	1# 1, 2	117	4.483
		2# 5 AND 3	1	34
		3# (10 OR 1) AND (3 OR 11 OR 8)	462	10.032
		4# 6, 7, 2	12	270
		5# 9,8 AND 4	23	849
	Cochrane	1# 1, 2	280	405
		2# 5 AND 3	1	7
		3# (10 OR 1) AND (3 OR 11 OR 8)	568	800
		4# 6, 7, 2	27	38
		5# 9,8 AND 4	81	121
	BVS	1# 1, 2	91	1656
2# 5 AND 3		36	90	
3# (10 OR 1) AND (3 OR 11 OR 8)		32	817	
4# 6, 7, 2		4	132	
5# 9,8 AND 4		25	322	
FILTROS				
-10 años				
-Humanos				
-Inglés y español				
-Ensayos clínicos				

Tabla 2. Resumen búsqueda bibliográfica

Por último, se realiza una **búsqueda manual** a través de las bibliografías de artículos obtenidos en la revisión sistemática. En esta última búsqueda se incluyen dos artículos que cumplían los criterios de inclusión anteriormente establecidos.

La *figura 1* muestra los resultados de la búsqueda bibliográfica a través de la cual se han obtenido los artículos necesarios para esta revisión.

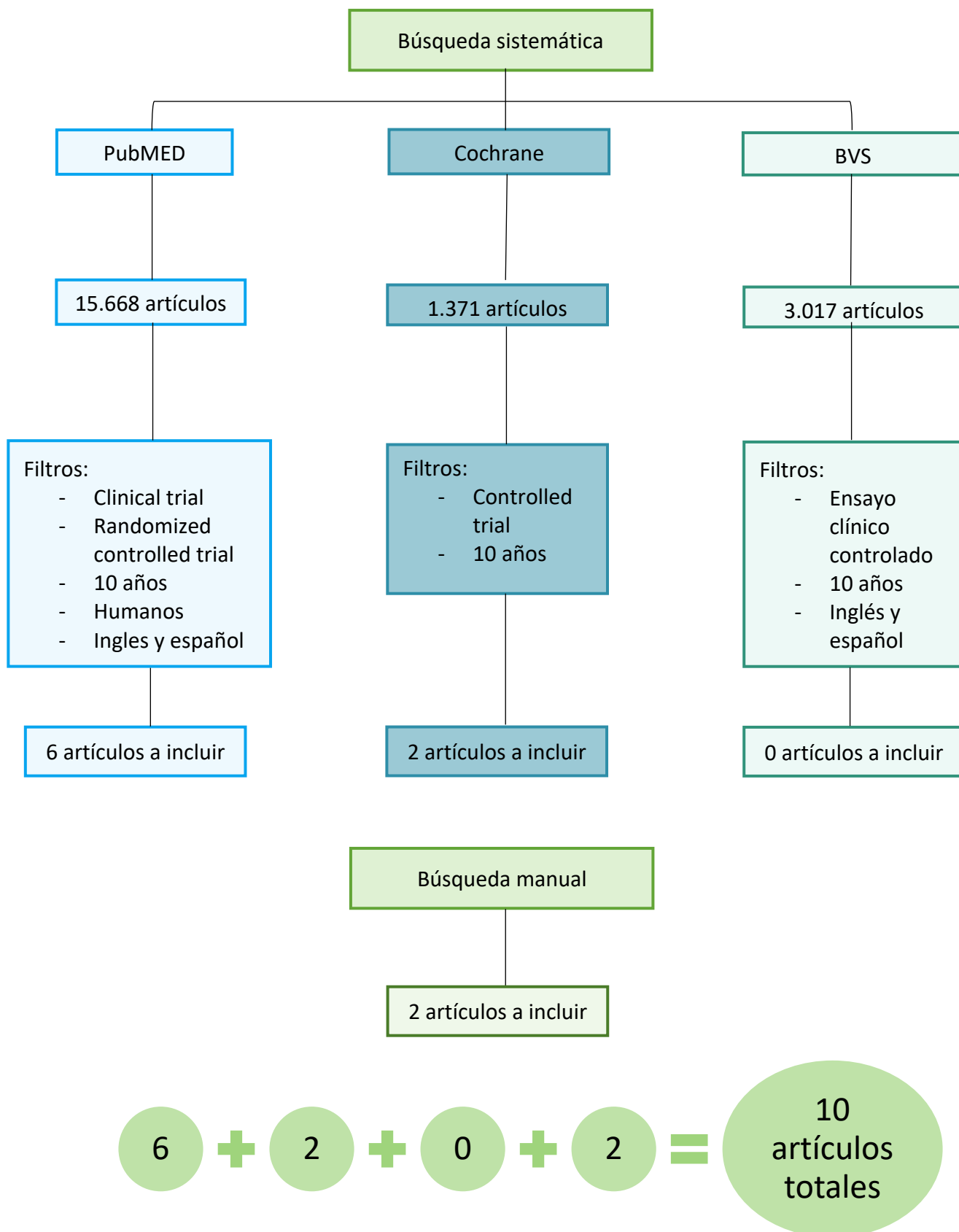


Figura 1. Estrategia de búsqueda y selección de artículos

2.3. EVALUACIÓN METODOLÓGICA

Para evaluar la calidad metodológica de los artículos seleccionados para este estudio, se utiliza la escala CASPe en cada uno de los artículos. Así, se podrán excluir aquellos que obtengan una puntuación inferior a 5 puntos debido a su escasa validez.

Esta escala consta de un total de 11 preguntas a responder, y cada una de ellas se refiere a un aspecto diferente del estudio. Las primeras 3 preguntas de eliminación son clave, ya que, en el caso de obtener una respuesta negativa, indicará que el estudio evaluado no es de calidad. Las 3 siguientes preguntas hacen referencia a los participantes y al cegamiento del estudio. Por último, hay 5 preguntas relacionadas con los resultados.

PREGUNTAS CASPE

1. ¿Se orienta el ensayo a una pregunta claramente definida?
2. ¿Fue aleatoria la asignación de los pacientes a los tratamientos?
3. ¿Fueron adecuadamente considerados hasta el final del estudio todos los pacientes que entraron en él?
4. ¿Se mantuvo el cegamiento?
5. ¿Fueron similares los grupos al comienzo del ensayo?
6. ¿Al margen de la intervención en estudio los grupos fueron tratados de igual modo?
7. ¿Es muy grande el efecto del tratamiento?
8. ¿Cuál es la precisión de este efecto?
9. ¿Puede aplicarse estos resultados en tu medio o población local?
10. ¿Se tuvieron en cuenta todos los resultados de importancia clínica?
11. ¿Los beneficios a obtener justifican los riesgos y los costes?

ARTÍCULO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	R
Michael Von Arx et al. 2021.(18)	Si	No	Si	No	No	Si	Si	N/S	Si	Si	Si	7/11
Ali Shahvarpour et al. 2018.(31)	Si	No	Si	No	No	Si	Si	N/S	Si	Si	Si	7/11
Mark Boocock et al. 2019.(32)	Si	Si	Si	No	N/S	Si	Si	N/S	Si	Si	Si	8/11
Jesús G. Pallarés et al. 2019.(33)	Si	Si	No	No	Si	Si	Si	N/S	Si	Si	Si	8/11
Suman K. Chowdhury et al. 2018.(34)	Si	No	Si	No	Si	Si	Si	N/S	No	Si	Si	7/11
Nic Saraceni et al. 2021.(35)	Si	No	Si	No	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si	8/11
								CI = 95%				
Akio Yamamoto et al. 2017.(36)	Si	No	Si	No	Si	Si	Si	N/S	No	Si	Si	7/11
Shawn M. Beaudette et al. 2018. (37)	Si	No	Si	No	Si	Si	Si	N/S	Si	Si	Si	8/11
Mohamad Y. Fares et al. 2020. (38)	Si	No	Si	No	No	Si	N/S	N/S	Si	Si	Si	6/11
Björn a Asa et Al. 2015.(39)	Si	Si	No	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	/11
								CI = 95%				

Tabla 3. Resultados CASPe

3. RESULTADOS

Respecto a **Michael Von Arx et al. 2021** (18) tiene como objetivo evaluar las diferencias en la carga espinal entre levantamiento de peso con un estilo libre, stoop (espalda encorvada y piernas rectas) y squat (flexionando rodillas y espalda recta). Se divide la muestra en 3 grupos, cada uno con un tipo de levantamiento y se les pide hacer 5 levantamientos de una caja de 15 kilos desde el suelo hasta posición erguida. Para ello se colocan unos marcadores en distintos puntos del cuerpo y hay 16 cámaras que miden el movimiento. Se analizan las cargas continuas, los picos de carga y el ángulo de lordosis lumbar y la duración del movimiento. ANOVA revela diferencias significantes entre los distintos estilos ($p < 0,001$). Los resultados obtenidos muestran que el levantamiento encorvado produce una menor carga y compresión total que el levantamiento en sentadilla. Las cargas de cizallamiento son por lo general más grande en toda la zona lumbar excepto en L5-S1. Por último, las cargas de cizallamiento anterior son mayores en levantamiento en sentadilla en el segmento L5-S1, donde ocurren la mayoría de espondilolistesis y hernias discales.

El estudio de **Ali Shahvarpour et al. 2018** (31) tiene como objetivo evaluar los efectos inmediatos del uso de dos tipos de cinturón lumbar y evaluar las variables relacionadas con el dolor durante estas actividades que se perciben generalmente como una amenaza para la espalda baja. Se observó que el uso generalizado del cinturón en ambas tareas hizo que disminuyeran los grados de flexión lumbar y aumentara la flexión torácica, sobre todo en los participantes con DL, tanto en tareas de máxima flexión y extensión como en tareas de manejo de cargas. En los 12 meses siguientes se observó una disminución del 13%, 14% y 45% en el dolor, la discapacidad percibida y el número de días con DL respectivamente en comparación con el grupo control.

En cuanto a **Mark Boocock et al. 2019** (32) tiene como objetivo determinar la capacidad del aparato para modificar la postura lumbosacra en respuesta a la biorretroalimentación externa en tiempo real durante una tarea de levantamiento repetitiva. Los resultados muestran que el grupo de biofeedback (BF) tenía una menor flexión lumbar. Ambos aumentaron el porcentaje de flexión lumbosacra (LSF), pero el grupo sin biofeedback (NBF) lo hizo a más rápido ($p < 0,001$). Los momentos de flexión pasiva máxima en estructuras espinales fueron mayores en NBF ($p < 0,001$).

Respecto a **Jesús G. Pallarés et al. 2019** (33) tiene como objetivo proporcionar evidencia sobre la incidencia de lesiones y molestias provocadas tras un entrenamiento de “squat” a diferentes profundidades. Se puede observar que el ejercicio full-squat (F-SQ) fue el único que produjo mejores significativas en todos los parámetros de rendimiento neuromuscular para las tres variaciones de sentadilla después de las 10 semanas de entrenamiento ($p < 0,05$). Los tres grupos percibieron un aumento significativo del índice de dolor después de la intervención ($p < 0,05$), pero más agudo en el grupo high squat (H-SQ). Por último, H-SQ fue el único grupo en percibir un incremento significativo en los índices de rigidez y discapacidad física funcional ($p < 0,05$).

Suman K. Chowdhury et al. 2018 (34) tiene como objetivo examinar la cinemática de la articulación facetaria lumbar in vivo durante el levantamiento dinámico y los efectos de la carga levantada. Los resultados de ANOVA revelaron un efecto de la carga significativo en todos los segmentos en la postura de flexión de tronco de entre 40 y 20°, mientras que en las articulaciones facetarias de L4-L5 el efecto significativo se mostró en la postura de tronco flexionado de 60°. Las articulaciones facetarias L5-S1 mostraron

patrones cinemáticos distintos al resto de articulaciones. En esta se observó una menor flexión en todas las instancias del tiempo.

Respecto a **Nic Saraceni et al. 2021** (35) tiene como objetivo investigar si la cinemática lumbar y de las extremidades inferiores son diferentes entre los grupos con y sin antecedentes de dolor lumbar durante el levantamiento. En los resultados se puede ver que el grupo “low back pain” (LBP) tiene una técnica distinta al “no low back pain” (NoLBP), siendo más despacio y con mayor flexión de rodillas, en patrón de sentadilla. A medida que se avanza en repeticiones ambos grupos adquieren una técnica similar, siendo más cautos el grupo que padece dolor lumbar. En la fase de descenso, la flexión lumbar máxima y la inclinación de tórax permanecieron menos flexionadas en el grupo LBP durante toda la tarea. Por último, el parámetro de inclinación pélvica en el despegue de la caja está asociado con un incremento de la rampa de dolor en el grupo LBP ($p=0,042$).

El trabajo de **Akio Yamamoto et al. 2017** (36) tiene como objetivo investigar la validez de las medidas del movimiento lumbar obtenidas a partir de los sensores de estiramiento para poder monitorizar movimientos que incrementen el dolor lumbar. Se obtienen valores de $p<0,05$ en los tres movimientos realizados, flexo-extensión, inclinación y rotación de tronco. Los resultados obtenidos muestran que los datos de los sensores están correlacionados con los movimientos lumbares reales.

El artículo de **Shawn M. Beaudette et al. 2018** (37) es un estudio publicado en 2020 que tiene como objetivo determinar si la retroalimentación táctil se puede usar para ajustar la postura de flexión dinámica de la columna al redistribuir la flexión en varios segmentos

de movimiento de la columna y ver si puede mejorar la propiocepción en los movimientos repetidos de flexión y limitar los factores de riesgo mecánicos para el dolor lumbar. Los resultados muestran un efecto significativo para los datos obtenidos de flexión torácica y de flexión lumbar ($p=0,001$). En este estudio se observa que la presencia de un estímulo táctil limita exitosamente el último rango de movimiento de la flexión, pero no limita el recorrido medio de esta.

En el caso de **Mohamad Y. Fares et al. 2020** (38) investiga la naturaleza y causa del dolor lumbar en adolescentes que entrenan levantamiento de peso con el objetivo de extrapolarlo a medidas preventivas adecuadas. En este estudio se observa a 96 pacientes con una media de edad de 21 años que realizan entrenamiento con cargas. Tras varias entrevistas se obtienen los siguientes resultados, el 46% de los pacientes tienen un dolor localizado en la zona lumbar sin irradiaciones y el 35 y 21% tiene irradiación hacia la pierna izquierda y derecha respectivamente. El 87% presentan el dolor en las zonas L4-L5 y L5-S1. Este dolor lumbar viene definido por técnicas incorrectas de ejercicios como sentadilla y peso muerto.

Por último, **Björn a Asa et Al. 2015** (39) tiene como objetivo comparar los efectos de los ejercicios de control motor a baja carga y ejercicios de levantamiento de cargas elevadas en un estudio en el que también se incluyó la educación sobre los mecanismos del dolor en la rehabilitación. Para ello escogen 70 participantes y les dividen en dos grupos, low-load motor control (LMC) y high load lifting (HLL) y se realiza un entrenamiento de 12 semanas. En este estudio se evaluaron las escalas PSFS y EVA. Al inicio y a los 2 meses, los participantes contestaron un cuestionario y realizaron una batería de pruebas de rendimiento físico. A los 12 meses, se enviaron los cuestionarios a los domicilios de cada

participante. En los resultados se observó un incremento significativo en la puntuación de PSFS ($p < 0,001$) y un decrecimiento de los resultados en la escala EVA ($p < 0,001$). Ambos grupos de intervención aumentaron significativamente el rendimiento en las pruebas de rendimiento físico ($p < 0,05$). En el test de control de movimiento, hubo diferencias en los resultados a favor del grupo LMC.

4. DISCUSIÓN

Esta revisión tiene como objetivo esclarecer si la flexión lumbar se debe añadir a los factores de riesgo del dolor lumbar en el levantamiento de cargas.

Para ello, se realizó una búsqueda sistemática de la evidencia científica disponible en los últimos 10 años por medio de diferentes bases de datos. Se obtuvieron numerosos resultados los cuales fueron filtrados mediante los criterios de inclusión y exclusión definidos en un principio. De esta manera, se consiguió reducir la búsqueda a 10 artículos con los cuales se realizó esta revisión sistemática.

Inicialmente hubo grandes dificultades a la hora de encontrar artículos actuales que respondieran la pregunta de investigación. Muchos de los artículos encontrados de manera manual, respondían a la pregunta de investigación planteada pero debido a ser muy antiguos no pudieron ser incluidos en este estudio.

En la primera búsqueda sistemática tras plantearse los criterios de inclusión y exclusión, muchos artículos fueron descartados ya que pocos cumplían con todos los criterios de inclusión.

En relación con la metodología de los artículos incluidos, existen varios aspectos que pueden ser considerados como limitaciones a la hora de obtener una conclusión.

En primer lugar, debido a la escasa literatura encontrada, se han incluido artículos en los que el tamaño de la muestra difiere mucho, el cual varía desde 6 y 11 participantes, siendo muy reducido en los estudios de Akio Yamamoto et al. 2017 (36) y Suman K. Chowdhury et al. 2018 (34) hasta 93 participantes en Mohamad Y. Fares et al. 2020 (38).

En cuanto al género, hay estudios como Jesús G. Pallarés et al. 2019 (33) y Shawn M. Beaudette et al. 2018 (37) en los que la muestra al completo son hombres, por lo que no se podría aplicar a una población femenina creando sesgos. Además, el resto de los artículos incluidos tienen una predominancia en la muestra del sexo masculino.

En lo que a los métodos de intervención respecta, resulta complicado sacar conclusiones claras de todos ellos ya que sus objetivos son muy diferentes entre sí. A pesar de la disparidad de objetivos en estos estudios, las intervenciones planteadas son similares en la mayoría de los estudios, pero posteriormente cada investigación analiza puntos diferentes.

Michael von Arx et al. 2021 (18), Mark Boocock et al. 2019 (32), Suman K. Chowdhury et al. 2018 (34) y Nic Saraceni et al. 2021 (35) realizan un tipo de intervención basada en el estudio y observación de la técnica de levantamiento de cargas desde el suelo.

Björn a Aasa et Al. 2015 (39) en cambio, compara dos métodos de entrenamiento, control motor y entrenamiento a cargas altas.

En el caso de Akio Yamamoto et al. 2017 (36) y Shawn M. Beaudette et al. 2018 (37) se centran en evaluar un sistema de sensores y retroalimentación táctil para medir el movimiento lumbar y mejorar la propiocepción en determinados movimientos que requirieran flexión de columna.

Ali Shahvarpour et al. 2018 (31) evalúa los efectos del cinturón lumbar y variables relacionadas con el dolor en levantamiento de peso y movimiento de máxima flexión y extensión.

En cuanto a las limitaciones presentadas en este estudio, cabe destacar el escaso número de investigaciones que se centran en responder esta pregunta de investigación con tanta controversia en la actualidad. No hay ningún artículo cuyo objetivo sea específicamente saber si la flexión lumbar es uno de los factores de riesgo para el dolor lumbar, por ello se ha centrado la búsqueda en artículos que hablen sobre el tema a pesar de no ser su principal fuente de estudio. La mayoría de los artículos encontrados tienen una muestra demasiado pequeña para poder ser extrapolable a la población general.

Como se menciona anteriormente debido a la disparidad de objetivos y métodos de estudio es complicado sacar una conclusión de los resultados obtenidos en cada una de las investigaciones, aunque todos ellos traten en cierto modo el tema que se está estudiando en esta revisión.

En futuras investigaciones sería de interés tener en cuenta las limitaciones mencionadas anteriormente para obtener una mejor calidad en los estudios. Debería encaminarse a

realizar estudios con muestras de mayor tamaño, mejorando a su vez la calidad metodológica.

Sería de utilidad la realización de estudios con el objetivo específico de determinar si la flexión lumbar en el levantamiento de peso es por sí misma un factor de riesgo o en cambio va asociada a las características de cada individuo, ayudando a esclarecer estas diferencias de evidencia y a entender mejor el dolor lumbar.

5. CONCLUSIÓN

La creencia sobre los riesgos de levantar cargas con una columna lumbar flexionada y el desarrollo de dolor lumbar está muy arraigada en nuestra sociedad, no solo en la población general, sino también en el sector de la medicina y fisioterapia.

El dolor lumbar es una entidad multidimensional, sus características y forma de desarrollarse depende de muchos factores, esta es la razón por la que hacer un estudio analizando un único factor de riesgo hace muy complicado la obtención de una conclusión clara.

Hoy en día, como se puede observar en esta revisión, no hay la suficiente evidencia científica que apoye la flexión lumbar en el levantamiento de cargas como un factor de riesgo por sí mismo para el dolor lumbar.

6. ANEXOS

AUTOR Y AÑO	ESTUDIO Y OBJETIVO	PARTICIPANTES	CRITERIOS DE INCLUSIÓN/EXCLUSIÓN	INTERVENCIÓN	RESULTADOS
Michael von Arx et al. 2021. (18)	Estudio transversal. Comparar la compresión y el cizallamiento anteroposterior y cargas totales de la columna lumbar entre el freestyle, squat y stoop lifting.	N = 30 adultos (20 hombres y 10 mujeres)	<ul style="list-style-type: none"> - Edad entre 18 y 65 años - Habilidad para hacer el levantamiento requerido - Comprensión del alemán 	Se pide hacer 5 levantamientos de una caja de 15 kilos desde el suelo de tres maneras diferentes. Se colocan marcadores en las apófisis espinosas de C7 a sacro y se utiliza un sistema de captura de movimiento de 16 cámaras	“Stoop” produce cargas totales y compresivas más bajas que “squat”. Las cargas de cizallamiento fueron mayores en “stoop” excepto en L5/S1. No se encuentran diferencias significativas entre “squat” y “freestyle”
Ali Shahvarpour et al. 2018. (31)	Ensayo clínico. Evaluar efectos del cinturón lumbar y variables relacionadas con el dolor en levantamiento de peso y movimiento de máxima flexión y extensión	N = 60 adultos (20 controles y 40 LBP)	<ul style="list-style-type: none"> - Edad entre 18 y 65 años Grupo con LBP: <ul style="list-style-type: none"> - Trabajar en el momento del estudio - Dolor lumbar al menos de 4 semanas - Sin dolor radicular 	Se les somete a: <ul style="list-style-type: none"> - Movimientos de máxima flexión y extensión consecutivas - Manejo de cargas 	Uso de cinturón lumbar disminuye la flexión lumbar y aumenta la flexión torácica. El dolor lumbar disminuye con el uso de cualquiera de los dos tipos de cinturón
Mark Boocock et al. 2019. (32)	Ensayo clínico. Analizar la capacidad de	N = 36 adultos sanos	<ul style="list-style-type: none"> - Edad entre 25 y 27 - No dolor lumbar 	Levantamiento de peso (13 kg) a frecuencia de 10	La biorretroalimentación sobre la flexión

	modificar la postura lumbosacra durante tareas de levantamiento repetitivas a través del biofeedback		- Sin experiencia en el manejo de cargas	levantamientos/minuto durante el tiempo que pudieran.	lumbar durante el levantamiento repetitivo permitió a los pacientes evitar el rango final de flexión lumbar y redujo la carga en estructuras finales pasivas
Jesús G. Pallarés et al. 2019.(33)	Ensayo clínico. Proporcionar evidencia sobre la incidencia de lesiones y molestias provocadas tras un entrenamiento de “squat” a diferentes profundidades.	N = 53 hombres	- Tener fuerza a 1RM - No tener limitaciones físicas, problemas de salud ni patologías musculoesqueléticas	GC: se le pidió no realizar cualquier otra actividad fuera de su actividad física habitual durante la intervención GE: programa de resistencia de 10 semanas utilizando la misma carga relativa y solo difiriendo en la profundidad de la sentadilla	Los 3 grupos percibieron un aumento significativo en el índice de dolor tras la intervención. En F-SQ y P-SQ fueron similares, pero más agudo en H-SQ. $P < 0,05$. F-SQ, fue el único en percibir cambios en todos los parámetros de rendimiento neuromuscular en las tres variantes de sentadilla. El grupo H-SQ fue el único que reportó aumentos significativos en los índices de rigidez y

					discapacidad funcional física.
Suman K. Chowdhury et al. 2018.(34)	Ensayo clínico. Examinar la cinemática de la articulación facetaria lumbar in vivo durante el levantamiento dinámico y los efectos de la carga levantada	N = 11 jóvenes sanos	<ul style="list-style-type: none"> - No haber padecido ningún trastorno espinal. - No padecer dolor de espalda 	Los participantes realizan un levantamiento de 3 pesos diferentes desde posición de tronco flexionado a posición erguida en 2 segundos, mientras que un equipo de radiografía reporta una imagen constante de la zona lumbar	Se encontraron efectos de carga significativos en la flexión ($p= 0,003$), la inclinación ($p= 0,001$) y la traslación supero-inferior de las articulaciones facetarias ($p=0,003$). Los efectos de la carga fueron destacados en la fase media del rango de movimiento más que en la fase final de la tarea. Esto indica que durante el levantamiento, el efecto de la carga no depende solo de la flexión lumbar sino también de la naturaleza dinámica.
Nic Saraceni et al. 2021.(35)	Estudio transversal. Investigar si la cinemática lumbar y de las EEII son	N = 41 (21 con LBP y 20 sin LBP)	<ul style="list-style-type: none"> - Mayores de 18 años - Actualmente trabajando en oficios manuales que requieran 	Los participantes realizan un a prueba de 100 levantamientos de peso donde la	El grupo LBP utiliza una técnica diferente al NoLBP, más despacio y en forma

	diferentes entre los grupos con y sin antecedentes de dolor lumbar durante el levantamiento		levantamientos más de 20 horas semanales	cinética y cinemática lumbar y de extremidad inferior son medidas durante la actividad, reportando cada 10 levantamientos la intensidad de LBP	de sentadilla. En cambio, al final de la actividad ambos grupos muestran una técnica similar (encorvamiento) y más rápida. Una de las 21 variables estudiadas (inclinación pélvica en el despegue de la caja) está asociada con la rampa de dolor en el grupo LBP (p=0,042)
Akio Yamamoto et al. 2017.(36)	Ensayo clínico. Investigar la validez de las medidas del movimiento lumbar obtenidas a partir de los sensores de estiramiento	N = 6 adultos jóvenes (mujeres:hombres =1:1)	No se contemplan criterios de inclusión	Los participantes (con 4 sensores de estiramiento colocados en la zona lumbar) realizan 7 tipos diferentes de movimientos lumbares, a la velocidad de un metrónomo que marca 30 veces por minuto. Los movimientos requeridos están compuestos de los tres	Se obtienen datos significativos (p<0,05) para los tres movimientos estudiados (flexo-extensión (r=0,68), inclinación (r=0,60) y rotación (r=0,72)) y están altamente correlacionados con los ángulos de los movimientos lumbares reales.

				movimientos uniaxiales del tronco.	
Shawn M. Beaudette et al. 2018.(37)	Ensayo clínico. Determinar si la retroalimentación táctil puede mejorar la propiocepción durante los movimientos repetidos de flexión	N = 24 hombres sanos sin patología lumbar	<ul style="list-style-type: none"> - No tener dolor ni en la región lumbar ni en las extremidades inferiores. - No tener alergias diagnosticas a ningún tipo de adhesivo 	Los participantes son equipados con 57 marcadores para rastrear el movimiento de flexión de la columna en los distintos segmentos.	La retroalimentación táctil localizada provocó una redistribución del movimiento de flexión de la columna (lumbar frente a torácica) y de los segmentos intervertebrales (C7-T1 y L5-S1) (p=0,001). También limitó con éxito la flexión en el rango final pero no la flexión funcional de la columna en el rango medio. Por último, la RAT ubicada en T10 incrementó la variabilidad de la flexión torácica. (p<0,001)
Mohamad Y. Fares et al. 2020.(38)	Ensayo clínico. Investigar la naturaleza y causa del dolor lumbar en	N = 93 adultos con dolor lumbar (87 hombres y 6 mujeres)	<ul style="list-style-type: none"> - No tener patologías congénitas - No tener enfermedades sistémicas 	Se explora el posicionamiento de la espalda durante la técnica de	El 46% de los pacientes encuentran dolor localizado. El 54% de los pacientes

	adolescentes que entrenan levantamiento de peso con el objetivo de extrapolarlo a medidas preventivas adecuadas		<ul style="list-style-type: none"> - No tener fracturas ni dolor por intervenciones quirúrgicas 	levantamiento de pesas juntos con otros hábitos de ejercicio	refieren dolor irradiados hacia EEII. La mayor parte de ellos localizan su dolor entre L4/L5 y L5/S1
Björn a Aasa et Al. 2015.(39)	Estudio controlado aleatorizado. Comparar los efectos de los ejercicios de control motor a baja carga y ejercicios de levantamiento de cargas elevadas	N = 70 adultos (25-60 años) con dolor lumbar nociceptivo	<ul style="list-style-type: none"> - Dolor lumbar al menos durante 3 meses - Dolor con un componente nociceptivo dominante, que se agrave en determinadas posturas o movimientos. - Con dolor referido hacia pierna o no. 	<p>Se divide la muestra en dos grupos LMC y HLL y se realiza un entrenamiento de 12 sesiones durante 8 semanas.</p> <ul style="list-style-type: none"> - LMC: se realiza de manera individual. <p>Nivel 1: encontrar posición neutra de la región lumbopélvica y control de movimientos de columna lumbar con mínimo esfuerzo mientras mueven brazos y piernas</p> <p>Nivel 2: control movimientos lumbares en actividades que les producen dolor</p>	La intervención LMC mostró una mejoría significativa ($p < 0,001$) mayor en actividad, control de movimiento y rendimiento en pruebas de resistencia de la musculatura del tronco en comparación con HLL. Ambas intervenciones mostraron efectos significativos similares ($p < 0,001$) a lo largo del tiempo con respecto a la intensidad del dolor y la fuerza de levantamiento máxima.

				<p>mecánico nociceptivo. Entrenamiento de músculos estabilizadores globales para controlar los movimientos en todo el rango articular. Nivel 3: control de movimientos dinámicos de la columna en tareas que los pacientes encontraron anteriormente difícil/dolorosas de realizar</p> <ul style="list-style-type: none"> - HLL: en grupos de 5 personas. <p>Se elige el peso muerto como ejercicio representativo. Se les enseña la técnica y el fisioterapeuta adecua el peso necesario según la previa anamnesis. La carga se va aumentando de manera progresiva en el transcurso de la</p>	<p>La mayoría de los pacientes de ambos grupos alcanzaron una mejoría clínicamente significativa ($p < 0,001$) en la intensidad del dolor y la actividad con el tiempo</p>
--	--	--	--	---	--

				intervención. Se les pide a los participantes utilizar la misma técnica de levantamiento en sus actividades de la vida diaria.	
--	--	--	--	--	--

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Casado Morales I, Queraltó JM, Fernández JV. Etiología, cronificación y tratamiento del dolor lumbar Aetiology, chronification, and treatment of low back pain. 2008;19(3).
2. Knezevic NN, Candido KD, Vlaeyen JWS, van Zundert J, Cohen SP. Low back pain. Vol. 398, The Lancet. Elsevier B.V.; 2021. p. 78–92.
3. Santos C, Donoso R, Ganga M, Eugenin O, Lira F, Santelices JP. DOLOR LUMBAR: REVISIÓN Y EVIDENCIA DE TRATAMIENTO. Revista Médica Clínica Las Condes. 2020 Sep;31(5–6):387–95.
4. Mitrano CK, Medina Gatica V, Aguilera Fuenzalida P, Carrasco N, Verdejo CB, Saldías Peñafiel F. Evaluación diagnóstica del paciente con dolor lumbar en la Unidad de Emergencia SERIES CLÍNICAS DE MEDICINA DE URGENCIA. Vol. 28, Revista Chilena de Medicina intensiva. 2013.
5. Ángel García D, nicolás M, saturno Hernández P, López soriano F, Ángel García D. Clinical approach to chronic lumbar pain: a systematic review of recommendations included in existing practice guidelines Correspondencia. Vol. 38, An. Sist. Sanit. Navar. 2015.
6. Lizier DT, Perez MV, Sakata RK. Exercises for treatment of nonspecific low back pain. Vol. 62, Revista Brasileira de Anestesiologia. 2012. p. 838–46.
7. Spinal manipulative therapy for chronic low back pain. Vol. 49, Drug and Therapeutics Bulletin. 2011. p. 41.
8. Goncharenko IM, Komleva NE, Chekhonatsky AA. Lower back pain at workplace: Prevalence and risk factors. Russian Open Medical Journal. 2020 Jun 1;9(2).
9. Saraceni N, Kent ; Peter, Ng L, Campbell A, Straker ; Leon, O'sullivan P. To flex or not to flex? Is there a relationship between lumbar spine flexion during lifting and low back pain? A systematic review with meta-analysis [Internet]. Available from: www.jospt.org
10. Coenen P, Gouttebauge V, van der Burght ASAM, van Dieën JH, Frings-Dresen MHW, van der Beek AJ, et al. The effect of lifting during work on low back pain: A health impact assessment based on a meta-analysis. Vol. 71, Occupational and Environmental Medicine. BMJ Publishing Group; 2014. p. 871–7.
11. Dreischarf M, Rohlmann A, Graichen F, Bergmann G, Schmidt H. In vivo loads on a vertebral body replacement during different lifting techniques. Journal of Biomechanics. 2016 Apr 11;49(6):890–5.
12. Schaafsma FG, Anema JR, van der Beek AJ. Back pain: Prevention and management in the workplace. Vol. 29, Best Practice and Research: Clinical Rheumatology. Bailliere Tindall Ltd; 2015. p. 483–94.
13. Rialet-Micoulau J, Lucas V, Demoulin C, Pitance L. Misconceptions of physical therapists and medical doctors regarding the impact of lifting a light load on low back pain. Brazilian Journal of Physical Therapy. 2022 Jan 1;26(1).

14. Caneiro JP, O'Sullivan P, Smith A, Ovrebeek IR, Tozer L, Williams M, et al. Physiotherapists implicitly evaluate bending and lifting with a round back as dangerous. *Musculoskeletal Science and Practice*. 2019 Feb 1;39:107–14.
15. Darlow B, Perry M, Stanley J, Mathieson F, Melloh M, David Baxter G, et al. Cross-sectional survey of attitudes and beliefs about back pain in New Zealand. *BMJ Open* [Internet]. 2014;4:4725. Available from: <http://bmjopen.bmj.com/>
16. Hogan DAM, Greiner BA, O'Sullivan L. The effect of manual handling training on achieving training transfer, employee's behaviour change and subsequent reduction of work-related musculoskeletal disorders: A systematic review. Vol. 57, *Ergonomics*. 2014. p. 93–107.
17. Martimo KP, Verbeek J, Karppinen J, Furlan AD, Takala EP, Kuijjer PPFM, et al. Effect of training and lifting equipment for preventing back pain in lifting and handling: Systematic review. *BMJ*. 2008 Feb 23;336(7641):429–31.
18. von Arx M, Liechti M, Connolly L, Bangerter C, Meier ML, Schmid S. From Stoop to Squat: A Comprehensive Analysis of Lumbar Loading Among Different Lifting Styles. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. 2021 Nov 4;9.
19. Nolan D, O'Sullivan K, Stephenson J, O'Sullivan P, Lucock M. What do physiotherapists and manual handling advisors consider the safest lifting posture, and do back beliefs influence their choice? *Musculoskeletal Science and Practice*. 2018 Feb 1;33:35–40.
20. van Dieën JH, Hoozemans MJM, Toussaint HM. Stoop or squat: a review of biomechanical studies on lifting technique [Internet]. Available from: www.elsevier.com/locate/clinbiomech
21. Hagen KB, Hallén J, Harms-Ringdahl K. Physiological and subjective responses to maximal repetitive lifting employing stoop and squat technique. Vol. 67, *Applied Journal of Physiology and Occupational Physiology @ Spfingerverlag*. 1993.
22. Kumar S. The physiological cost of three different methods of lifting in sagittal and lateral planes. *Ergonomics*. 1984;27(4):425–33.
23. Hsiang SM, Brogmus GE, Courtney TK. Low back pain (LBP) and lifting technique-A review. Vol. 19, *International Journal of Industrial Ergonomics*. 1997.
24. Khoddam-Khorasani P, Arjmand N, Shirazi-Adl A. Effect of changes in the lumbar posture in lifting on trunk muscle and spinal loads: A combined in vivo, musculoskeletal, and finite element model study. *Journal of Biomechanics*. 2020 May 7;104.
25. Burgess-Limerick R. Squat, stoop, or something in between? Vol. 31, *International Journal of Industrial Ergonomics*. 2003.
26. Wang Z, Wu L, Sun J, He L, Wang S, Yang L. Squat, stoop, or semi-squat: A comparative experiment on lifting technique. *Journal of Huazhong University of Science and Technology - Medical Science*. 2012 Aug;32(4):630–6.
27. Maduri A, Pearson BL, Wilson SE. Lumbar-pelvic range and coordination during lifting tasks. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2008 Oct;18(5):807–14.

28. Washmuth NB, McAfee AD, Bickel CS. Lifting Techniques: Why Are We Not Using Evidence To Optimize Movement? *International Journal of Sports Physical Therapy*. 2022 Jan 1;
29. van der Have A, van Rossom S, Jonkers I. Squat lifting imposes higher peak joint and muscle loading compared to stoop lifting. *Applied Sciences (Switzerland)*. 2019 Sep 1;9(18).
30. Mawston G, Holder L, O'Sullivan P, Boocock M. Flexed lumbar spine postures are associated with greater strength and efficiency than lordotic postures during a maximal lift in pain-free individuals. *Gait and Posture*. 2021 May 1;86:245–50.
31. Shahvarpour A, Preuss R, Sullivan MJL, Negrini A, Larivière C. The effect of wearing a lumbar belt on biomechanical and psychological outcomes related to maximal flexion-extension motion and manual material handling. *Applied Ergonomics*. 2018 May 1;69:17–24.
32. Boocock M, Naudé Y, Taylor S, Kilby J, Mawston G. Influencing lumbar posture through real-time biofeedback and its effects on the kinematics and kinetics of a repetitive lifting task. *Gait and Posture*. 2019 Sep 1;73:93–100.
33. Pallarés JG, Cava AM, Courel-Ibáñez J, González-Badillo JJ, Morán-Navarro R. Full squat produces greater neuromuscular and functional adaptations and lower pain than partial squats after prolonged resistance training. *European Journal of Sport Science*. 2020 Jan 2;20(1):115–24.
34. Chowdhury SK, Byrne RM, Zhou Y, Zhang X. Lumbar Facet Joint Kinematics and Load Effects During Dynamic Lifting. *Human Factors*. 2018 Dec 1;60(8):1130–45.
35. Saraceni N, Campbell A, Kent P, Ng L, Straker L, O'Sullivan P. Exploring lumbar and lower limb kinematics and kinetics for evidence that lifting technique is associated with LBP. *PLoS ONE*. 2021 Jul 1;16(7 July).
36. Yamamoto A, Nakamoto H, Yamaji T, Ootaka H, Bessho Y, Nakamura R, et al. Method for measuring tri-axial lumbar motion angles using wearable sheet stretch sensors. *PLoS ONE*. 2017 Oct 1;12(10).
37. Beaudette SM, Pinto BL, Brown SHM. Tactile Feedback can be Used to Redistribute Flexion Motion Across Spine Motion Segments. *Annals of Biomedical Engineering*. 2018 Jun 1;46(6):789–800.
38. Fares MY, Fares J, Salhab HA, Khachfe HH, Bdeir A, Fares Y. Low Back Pain Among Weightlifting Adolescents and Young Adults. *Cureus*. 2020 Jul 11;
39. Aasa B, Berglund L, Michaelson P, Aasa U. Individualized low-load motor control exercises and education versus a high-load lifting exercise and education to improve activity, pain intensity, and physical performance in Patients with Low BACK pain: A Randomized controlled trial. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. 2015 Feb 1;45(2):77–85.