

# Control motor en la prevención del desorden músculo- esquelético

Motor control in the prevention of musculoskeletal disorder



Ingrid A. Tolosa-Guzmán  
Mónica Mildred Perdomo-Hernández  
María Constanza Trillos-Chacón.



MCT Volumen 14 #2 Julio-Diciembre

Movimiento  
Científico

ISSN-I: 2011-7191 | e-ISSN: 2463-2236

Publicación Semestral

ID: 2011-7197.mct.14203

Title: Motor control in the prevention of musculoskeletal disorder

Título: Control motor en la prevención del desorden músculo-esquelético

Alt Title / Título alternativo:

[en]: Motor Control in the prevention of musculoskeletal Disorder

[es]: Control Motor en la prevención del Desorden Musculo-esquelético

Author (s) / Autor (es):

Tolosa-Guzmán, Perdomo-Hernández & Trillos-Chacón

Keywords / Palabras Clave:

[en]: Motor control, prevention, musculoskeletal disorder.

[es]: control motor, prevención, desórdenes músculo esqueléticos.

Submitted: 2019-11-19

Accepted: 2021-04-16

## Resumen

Los desórdenes musculo esqueléticos (DME) son condiciones de salud que pueden comprometer el movimiento corporal y estar relacionados con la ejecución del gesto laboral. El objetivo de este estudio se centró en documentar el control motor en la prevención del desorden músculo esquelético (DME) para mejorar la capacidad funcional de los trabajadores. Esta exploración se desarrolló entre el año 1992 a 2018, integró la revisión de 43 documentos con las palabras clave control motor, desórdenes músculo esqueléticos, gesto motor y prevención. A partir de esta revisión se presenta la posible correspondencia entre el control motor y el DME y como su abordaje induce a mejoras en la interconexión neuronal que podrán facilitar el desarrollo de tareas dentro de patrones de movimiento funcionales con mayor eficacia y seguridad.

## Abstract

Musculoskeletal disorders (MED) are health conditions that can compromise body movement and be related to the execution of the work gesture. The objective of this study focused on documenting motor control in the prevention of skeletal muscle disorder (MED) to improve worker's functional capacity. This exploration was developed between 1992 and 2018; it integrated the review of 43 documents with the keywords motor control, skeletal muscle disorders, motor gesture and prevention. From this review, a reflection is presented regarding the possible correspondence between the motor control and the DME and how its approach induces improvements in the neuronal interconnection that could facilitate the development of tasks within functional movement patterns with greater efficiency and safety.

## Citar como:

Tolosa-Guzmán, I. A., Perdomo-Hernández, M. M., & Trillos-Chacón., M. C. (2020). Control motor en la prevención del desorden músculo-esquelético. *Movimiento Científico*, 14 (2), 45-52. Obtenido de: <https://revmovimientocientifico.iber.edu.co/article/view/mct.14203>

Ingrid A. Tolosa-Guzmán, Msc Ft. sp  
ORCID: [0000-0001-7824-7386](https://orcid.org/0000-0001-7824-7386)

Source | Filiación:  
Universidad Rosario

BIO:  
Fisioterapeuta  
Magister en Salud ocupacional y ambiental.  
Especialista en Docencia Universitaria. U Rosario

City | Ciudad:  
Bogotá DC [co]

e-mail:  
[ingrid.tolosa@urosario.edu.co](mailto:ingrid.tolosa@urosario.edu.co)

Mónica Mildred Perdomo-Hernández, Msc Ft. sp  
ORCID: [0000-0003-3591-8156](https://orcid.org/0000-0003-3591-8156)

Source | Filiación:  
Universidad Rosario

BIO:  
Fisioterapeuta  
Magister en Salud ocupacional y ambiental.  
Especialista en Riesgos profesionales. U Rosario

City | Ciudad:  
Bogotá DC [co]

e-mail:  
[monica.perdomo@urosario.edu.co](mailto:monica.perdomo@urosario.edu.co)

María Constanza Trillos-Chacón., Msc Ft. sp  
ORCID: [0000-0002-3899-4261](https://orcid.org/0000-0002-3899-4261)

Source | Filiación:  
Universidad Rosario

BIO:  
Fisioterapeuta  
Magister en Salud ocupacional y ambiental.  
Especialista en Terapia Manual. Escuela Colombiana de Rehabilitación.  
Docencia Universitaria. U Rosario

City | Ciudad:  
Bogotá DC [co]

e-mail:  
[maria.trillos@urosario.edu.co](mailto:maria.trillos@urosario.edu.co)

# Control motor en la prevención del desorden músculo-esquelético

Motor control in the prevention of musculoskeletal disorder

Ingrid A. *Tolosa-Guzmán*

Mónica Mildred **Perdomo-Hernández**

María Constanza **Trillos-Chacón**

## Introducción

Los desórdenes musculo esqueléticos (**DME**) son condiciones *de* salud que afectan de manera estructural y funcional tanto tejidos contráctiles como inertes y pueden generar alteración del movimiento corporal. El incremento de estas patologías ha llevado a que sean consideradas como uno de los principales problemas de salud pública a nivel mundial (*Perdomo Hernández, 2014*), dado a las repercusiones que tienen estos procesos crónicos en los sistemas de salud, el ausentismo laboral, la disminución en la productividad, la pérdida de la funcionalidad y la disminución de la calidad de vida del trabajador (*Badley, 1994*); (*Allaire, 2001*). En Colombia, los DME representan la primera causa de morbilidad laboral con el 88% de todos los casos (*Ministerio de Trabajo, 2013*).

Estudios epidemiológicos, señalan la relación causal entre el esfuerzo físico en el trabajo y el DME de origen ocupacional (*Choobineh, Tabatabaei, Mokhtarzadeh, & Salehi, 2007*). Factores como el ritmo de trabajo, la postura y movimientos repetitivos pueden ser factores desencadenantes del DME en los trabajadores (*Hossain, y otros, 2018*), adicionalmente algunos factores de riesgo psicosocial relacionados con la insatisfacción y el estrés laboral (*David, Woods, Li, & Buckle, 2008*).

Otro factor que puede convertirse en un precursor de un DME en el contexto laboral puede ser el relacionado con el déficit o con la alteración del control motor en el desarrollo de una tarea. Entendiéndose el control motor como la facultad que tiene un sujeto para efectuar movimientos complejos de forma eficaz y con un mínimo de energía, en el cual el sistema nervioso central (SNC) determina las estrategias idóneas para satisfacer un patrón motor adecuado que garantice una correcta estabilidad de la columna, incluso de forma anticipada, para poder emprender una respuesta rápida proporcional a la perturbación generada (Segarra, y otros, 2014).

Cuando se habla de control motor se refiere a dos aspectos importantes: el primero es el control motor aplicado al mantenimiento de la postura y el equilibrio y el segundo es el control motor aplicado a un movimiento específico; siendo el resultado de distintos procesos motores, cognitivos y sensoriales dada la naturaleza y la complejidad del movimiento, así como de los sistemas que interactúan para que se realice el más simple movimiento (Chiel, Ting, Ekeberg, & Hartmann, 2009).

Por lo tanto, es razonable inferir que el entrenamiento del gesto motor laboral a través de actividades funcionales puede llegar a permitir una mejor reorganización de la corteza motora, una mejor coordinación y restauración del control motor de la actividad (Adkins, Boychuk, Remple, & Kleim, 2006), el cual se asociará a la disminución de la carga física impuesta por la tarea. En este sentido, la correcta planeación motora anticipatoria de todo el cuerpo es fundamental en el desarrollo del gesto motor seguro tanto en las tareas manipulativas, de locomoción como en el levantamiento y el transporte de cargas (Skiadopoulos, 2016), de esta manera el control motor se convierte en un elemento protector del DME.

El campo del control motor (CM) está dirigido a comprender el control de aquellos movimientos ya adquiridos y cómo funciona el sistema neuromuscular para activar y coordinar los músculos y extremidades involucradas en el desempeño de una habilidad motora (Latash, Levin, Scholz, & Schöner, 2010). Los factores que afectan el CM incluyen la tarea, el entorno y las capacidades neuromotoras del individuo; para entender este concepto se describen a continuación diferentes teorías que lo explican:

Tabla 1. Teorías de control motor

Teorías de control Motor (CM)	Concepto
Teoría refleja	Los reflejos eran los componentes básicos del comportamiento complejo para lograr un objetivo común. Un estímulo produciría una respuesta, la cual se transformaría en el estímulo de la siguiente respuesta.
Teoría jerárquica	La teoría jerárquica ha evolucionado, reconociéndose que cada nivel puede actuar sobre los otros dependiendo de la actividad, considerándose los reflejos no como único determinante del CM, sino solo uno de los diversos procesos esenciales para la generación y control del movimiento.
Teoría de la programación motora	Introduce el concepto de generadores de patrones centrales (GPC), circuitos neurales espinales específicos capaces de generar por sí mismos movimientos como el caminar y correr, y sobre los cuales los estímulos sensoriales entrarían ejercerían un importante papel modulador.

Teorías de control Motor (CM)	Concepto
Teoría de sistemas	Afirma que “los movimientos no son dirigidos ni central ni periféricamente, sino que emergen de la interacción de muchos sistemas”. Se considera al cuerpo como un sistema mecánico sujeto a fuerzas externas (gravedad) e internas.
Teoría de la acción dinámica	Del estudio de las sinergias surge esta teoría que observa a la persona en movimiento desde una nueva perspectiva. Considerando el principio de autoorganización, afirma que cuando un sistema de partes individuales se une, sus elementos se comportan colectivamente en forma ordenada, no siendo necesario un centro superior que envíe las instrucciones para lograr la acción coordinada.
Teoría del procesamiento de distribución en paralelo	El sistema nervioso operaría tanto mediante procesos en serie (procesando la información a través de una vía única), como en paralelo, interpretando la información por medio de vías múltiples que la analizarían simultáneamente en diferentes formas. Los modelos consisten en elementos que están conectados por circuitos. Al igual que las sinapsis neurales, cada elemento puede ser afectado por los otros de forma positiva o negativa en distinta magnitud.
Teoría orientada a la actividad	El método orientado a la actividad se apoya en el reconocimiento de que el objetivo del CM es el dominio del movimiento para realizar una acción particular, no para efectuar movimientos por el solo hecho de moverse. El control del movimiento se organizaría alrededor de comportamientos funcionales dirigidos a objetivos.
Teoría ecológica	Se centra en cómo se detecta la información del entorno pertinente para las acciones y cómo se utilizan para controlar los movimientos. El individuo explora activamente su entorno, el cual, a su vez, sostiene la actividad del individuo, de tal manera que las acciones están orientadas al ambiente.
Teorías del punto de equilibrio	Se basa en la idea de control con umbrales para la activación de grupos neuronales; proporciona un marco para el análisis de los movimientos voluntarios e involuntarios. En particular, el control de un solo músculo puede describirse adecuadamente con cambios en el umbral de reclutamiento de unidades motoras durante el estiramiento muscular lento (umbral del reflejo de estiramiento tónico).
La hipótesis de la variedad incontrolada	Parte del enfoque del sistema dinámico de los movimientos; Ofrece una caja de herramientas para analizar cambios sinérgicos dentro de conjuntos redundantes de elementos relacionados con la estabilización de variables de desempeño potencialmente importantes

Fuente: (Cano-de-la-Cuerda, y otros, 2015); (Latash, Levin, Scholz, & Schöner, 2010).

“Cabe señalar que existen teorías integradoras como la de los sistemas dinámicos que unen la teoría de los sistemas de Bernstein, la teoría de la acción dinámica y la teoría ecológica de Gibson, y se basan en la interacción de múltiples subsistemas en donde ninguno tiene prioridad sobre el otro o es el único capaz de controlar/ prescribir cómo se desarrollará la acción (López, 2013).

“Control Motor: Proceso a través del cual el sistema nervioso central coordina los movimientos corporales (Zatsiorsky, 2002); (Cano-de-la-Cuerda, y otros, 2015), integra e interpreta la retroalimentación motora y sensitiva que se genera durante un movimiento o previo al mismo

(Hoogenboom, Voight, & Prentice, 2014), e involucra desde estructuras músculo esqueléticas hasta la optimización del movimiento por parte del sistema nervioso central (SNC) (Zatsiorsky, 2002). Por lo anterior, cualquier error en la coordinación muscular aumenta el riesgo de padecer lesiones y DME (Skiadopoulos, 2016).

**Control Motor:** Proceso a través del cual el sistema nervioso central coordina los movimientos corporales (Zatsiorsky, 2002); (Cano-de-la-Cuerda, y otros, 2015), el cual integra e interpreta la retroalimentación motora y sensitiva que se genera durante un movimiento o previo al mismo (Hoogenboom, Voight, & Prentice, 2014), e involucra desde estructuras músculo esqueléticas hasta la optimización del movimiento por parte del sistema nervioso central (SNC) (Zatsiorsky, 2002). Por lo anterior, cualquier error en la coordinación muscular aumenta el riesgo de padecer lesiones y DME (Skiadopoulos, 2016).

**Gesto Motor:** se define como la base de una conducta adaptativa por medio de la cual un individuo interactúa con un ambiente físico. Estas conductas pueden ser analizadas en tres aspectos: la acción, el movimiento y el proceso neuromotor. El “gesto” supone la canalización de procesos motores, psicológicos y sociales capaces de expresar el movimiento de un individuo frente a las demandas o de una tarea o actividad laboral (Orozco Acosta, Tolosa-Guzmán, Trillos, Perdomo, & Vélez, 2014), sin dejar de lado los procesos cognitivos.

## Materiales y métodos

Se realizó una revisión delimitada de la literatura empleando como términos MESH (Medical Subject Headings) Motor activity, primary prevention, musculoskeletal pain, Absenteeism, Burnout, Professional, physical work parameters, electromyography, brain MRI patterns, risk workers, ergonomics. combinados con el operador booleano AND, en las bases de datos PubMed, Science Direct, Redalyc, Scielo, Elsevier y Google scholar.

Como criterios de inclusión se definieron artículos científicos publicados entre el periodo de tiempo de selección año 1992 a 2018, que incluyeran las palabras clave seleccionadas, sin importar el tipo de diseño del estudio y cuyo idioma fuera español o inglés. De igual manera se adicionaron artículos a partir de la revisión de las referencias bibliográficas de los ya seleccionados, así como textos académicos, tesis y working paper que abordaban el tema de control motor.

Como criterios de exclusión después de la lectura de artículos científicos, se definieron aquellos documentos escritos en lengua distinta a la mencionada en los criterios de inclusión, artículos repetidos y estudios que no respondían a la pregunta o que no tenían relación con esta.



Gráfico 1 Selección de estudios

## Resultados

A partir de la revisión de artículos científicos y el análisis de la información, se consideraron un total de 34 artículos y 9 referencias correspondientes a otras fuentes: cuatro libros, un documento técnico, dos tesis, una publicación periódica y un working paper, para el desarrollo de la reflexión del control motor como elemento integrador en programas de prevención del DME ocupacional, en la ventana de tiempo de 1992 y 2018.

La revisión de la literatura permitió establecer algunos términos y conceptos relacionados con el control motor y la relación con factores de riesgo ante la demanda física de una tarea impuesta en el medio laboral.

Como lo señala Repetto, la unidad funcional del movimiento humano la constituye el gesto motor entendido como un conjunto de movimientos realizados simultánea y sucesivamente con una finalidad en común, el cual encuentra la eficacia, entendida como la optimización del gesto a partir de la biomecánica (Repetto, 2005). El gesto motor a nivel periférico incluye la activación de cadenas cinemáticas musculares y miofasciales que garantizan no solo el movimiento sino el mantenimiento postural, así como las descargas de peso adecuadas para la ejecución de la tarea.

Las patologías crónicas desencadenadas por alteración en el control motor han sido relacionadas con alteraciones en el SNC y con la hipersensibilidad de los receptores nociceptivos periféricos, lo cual se encuentra frecuentemente asociado a un ciclo de hipervigilancia de los estímulos sensoriales (Fuentes Márquez, 2018). En estas mismas condiciones estudios han determinado cambios en el reclutamiento muscular, en los que se ha identificado el deterioro de otros elementos del control motor en personas con dolor lumbar relacionados con cambios en el control del equilibrio y en aspectos sensoriales (Hodges & Moseley, 2003); modificaciones que pueden conducir a cambios estructurales en el sistema músculo esquelético ya que su funcionamiento normal es el resultado de la suma de aspectos estructurales, biomecánicos y neuromusculares (Torres Cueco, 2008).

El análisis de la evidencia permitió determinar que la fatiga laboral es un fenómeno complejo principalmente en las actividades que demandan alta carga física, donde el tiempo de recuperación es limitado, genera modificaciones y adaptaciones a nivel cerebral (Useche, 1992); a su vez origina cambios en los patrones motores de la ejecución de las tareas, los cuales hacen que se cree un círculo vicioso entre la carga física y las transformaciones en el gesto laboral.

El desarrollo del DME podría estar relacionado con una alteración en el control motor, dada por modificaciones en el SNC, el cual monitorea la progresión de la tarea y ajusta el patrón de movimiento ante las demandas contextuales impuestas.

Respecto a la revisión de artículos que abordan estudios sobre programas de prevención la gran mayoría presentan diseños centrados en educación, en pausas activas, en ergonomía participativa (Hagberg, y otros, 2012), entre otros. Sin embargo, es limitado el número de investigaciones que abordan programas de control motor a través del entrenamiento sensorial y motor en tareas específicas para la prevención del DME.

Segarra y colaboradores (2014) señalan que, para satisfacer los retos de un control motor adecuado, el SNC debe aplicar estrategias que permitan regular el movimiento. Para ello, el SNC debe ajustar

cuidadosamente las fuerzas internas y externas con un patrón muscular que facilite el movimiento en la trayectoria deseada y al mismo tiempo resistir cualquier perturbación. A partir de lo cual se establece necesario integrar en el diseño de programas de prevención las siguientes perspectivas: habilidades paramétricas del movimiento requeridas para la tarea, desarrollo de estrategias anticipatorias del movimiento, disponibilidad propioceptiva adecuada y contemplar los procesos de aprendizaje propios del trabajador.

## Discusión

El DME es una condición de salud en la población trabajadora de alta prevalencia, que al contar con una etiología multifactorial requiere para su intervención abordar diversos factores de riesgo. Los más comúnmente reportados son los biomecánicos que pueden estar asociados con posturas forzadas, vibración y movimientos repetidos, entre otros (Choobineh, Tabatabaei, Mokhtarzadeh, & Salehi, 2007); (Punnett & Wegman, 2004); (Sim, Lacey, & Lewis, 2006).

Las altas exigencias cognitivas son consideradas otro factor de riesgo que influye en el desempeño físico y éste a su vez en el procesamiento cognitivo, lo que invita a un análisis de las capacidades, limitaciones físicas y cognitivas de los trabajadores, reconociendo la interacción de las funciones cerebrales en el desarrollo del gesto laboral (Mehta & Parasuraman, 2013).

Estudios en el campo de la Neuroergonomía han integrado teorías y principios de la neurociencia, la ergonomía y los factores humanos proporcionando información valiosa sobre la función y el comportamiento del cerebro en los entornos de trabajo (Parasuraman, 2011). Esto permite ampliar el análisis, la comprensión e intervención de los DME en el contexto laboral. Del mismo modo establecer evaluaciones que identifiquen la interacción entre las demandas físicas y cognitivas, entendiendo que el trabajo impone demandas combinadas en el proceso productivo (Mehta & Parasuraman, 2013).

Otros estudios han identificado la importancia de la sinergia muscular al momento de efectuar un movimiento; la co-activación de los músculos profundos en sinergia con los músculos superficiales es un elemento relevante para estabilizar los segmentos móviles y garantizar la ejecución de un movimiento eficiente (Latash & Zatsiorsky, 2016). Por lo anteriormente expuesto también se podría relacionar el DME como una consecuencia de una alteración en el comando central o de estructuras periféricas en la zona de demanda biomecánica, aunque aún no es muy claro si primero se generan estos cambios o si la pérdida del control motor puede ser la desencadenante de estos (Torres Cueco, 2008).

Cuando ocurren lesiones o daños en el aparato locomotor se presentan alteraciones en los patrones de movimiento, esto puede traer como consecuencia problemas asociados a la autonomía y al control para desplazarse, ejercer fuerza o realizar movimientos. En algunas ocasiones incluso llega a limitar la capacidad individual para ejecutar las tareas domésticas y cotidianas más simples (Castillo-Martínez, y otros, 2008).

Investigaciones han mostrado que el entrenamiento del control motor en la población trabajadora contribuye en la prevención y control de la sintomatología del dolor lumbar, a través de la capacitación en el gesto motor seguro, programas de acondicionamiento físico y ejercicios de estabilización vertebral específicos, enmarcados en escuelas terapéuticas basadas en la

técnica de CORE (Vélez, Perdomo, & Miranda, 2011). Sin embargo, otros estudios han mostrado que los ejercicios CORE van en contravía con los principios de entrenamiento y aprendizaje motor, al estar fuera del contexto del movimiento fisiológico normal (Lederman, 2010).

Es así, como el control motor hace parte de un conjunto de estrategias para la prevención del DME, con elementos fundamentales como los propuestos por Passier y McPhail a saber: estrategias organizacionales, prácticas de trabajo, carga de trabajo o asignación de trabajo, educación y entrenamiento, condición y capacidad física, ambiente de trabajo y equipamiento (Passier & McPhail, 2011). Esto sin dejar de lado que el éxito de las intervenciones preventivas de los DME debe caracterizarse por intervenciones diseñadas individualmente, intensivas, integrales y sostenidas en el tiempo (Melhorn & Gardner, 2004).

Mehta & Parasuraman han demostrado que a través de los métodos de neuroimagen se evidencian diferencias en las respuestas autónomas entre el trabajo físico tanto estático como dinámico a diferentes intensidades, repeticiones y duraciones (Mehta & Parasuraman, 2013).

## CONCLUSIONES

Esta revisión permite reflexionar frente a como el control motor debe ser analizado en la ejecución de una tarea, con el fin de identificar las características propias de cada trabajador frente al gesto motor. Al ser éste una conducta adaptativa en la cual el individuo interactúa con el entorno es importante determinar la exigencia física y cognitiva de la tarea, así como la capacidad funcional del trabajador, la cual estará mediada por las experiencias del aprendizaje del gesto motor, el control postural, las características antropométricas, fisiológicas y biomecánicas.

La exploración de las representaciones cerebrales tomando en consideración las capacidades físicas, cognitivas y afectivas que involucra un trabajador en el desarrollo de una tarea, cobran relevancia al momento del diseño e implementación de estrategias de prevención para el DME de origen laboral.

Así mismo es necesario considerar en la creación de los programas de prevención del DME, acciones que integren las habilidades paramétricas del movimiento requeridas para la tarea, el desarrollo de estrategias anticipatorias del movimiento, la capacidad de integración sensorial, así como los procesos de aprendizaje propios del trabajador.

Los programas de prevención de los DME deberían contemplar la interrelación dinámica entre la percepción, la cognición y los sistemas de acción a partir del principio de auto-organización establecido por la teoría de los sistemas dinámicos, la cual contempla las deficiencias estructurales multisistémicas y las deficiencias funcionales derivadas de la relación del individuo, la tarea y el entorno en el que se desarrolla.

De igual manera se evidenció que la prevención del DME se ha abordado en diversas perspectivas, sin embargo, los estudios con relación al control motor y las funciones cerebrales en programas de prevención que desarrollen habilidades motoras funcionales y específicas en el trabajador son limitados y abren un interesante campo de investigación

## REFERENCIAS

- Adkins, D. L., Boychuk, J., Remple, M. S., & Kleim, J. A. (1 de Diciembre de 2006). Motor training induces experience-specific patterns of plasticity across motor cortex and spinal cord. *Journal of Applied Physiology*, 101(6), 1776-1782. doi:[10.1152/jappphysiol.00515.2006](https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00515.2006).
- Allaire, S. H. (Marzo de 2001). Update on work disability in rheumatic diseases. *Current Opinion in Rheumatology*, 13(2), 93-98. doi:[10.1097/00002281-200103000-00001](https://doi.org/10.1097/00002281-200103000-00001)
- Badley, E. M. (Marzo de 1994). Relative importance of musculoskeletal disorders as a cause of chronic health problems, disability, and health care utilization: findings from the 1990 Ontario Health Survey. *The Journal of Rheumatology*, 21(3), 505-514. Obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8006895/>
- Cano-de-la-Cuerda, R., Molero-Sánchez, A., Carratalá-Tejada, M., Alguacil-Diego, I. M., Molina-Rueda, F., Miangolarra-Page, J. C., & Torricelli, D. (Enero-Febrero de 2015). Teorías y modelos de control y aprendizaje motor. Aplicaciones clínicas en neurorrehabilitación. *Neurología*, 30(1), 32-41. doi:[10.1016/j.nrl.2011.12.010](https://doi.org/10.1016/j.nrl.2011.12.010)
- Castillo-Martínez, J. A., Orozco Acosta, R. A., Trillos-Chacon, M. C., Peñuela Díaz, I. A., Rodríguez Ferro, M. E., & Piedrahita Lopera, H. H. (2008). Claves para prevenir lesiones osteomusculares en el trabajo. Fascículo Interactivo 13. (U. d. Rosario, Ed.) Bogotá, Colombia. Obtenido de <https://repository.urosario.edu.co/handle/10336/3418>
- Chiel, H. J., Ting, L. H., Ekeberg, Ö., & Hartmann, M. J. (14 de Octubre de 2009). The Brain in Its Body: Motor Control and Sensing in a Biomechanical Context. *Journal of Neuroscience*, 29(41), 12807-12814. doi:<https://www.jneurosci.org/content/29/41/12807>
- Choobineh, A., Tabatabaei, S. H., Mokhtarzadeh, A., & Salehi, M. (Septiembre de 2007). Musculoskeletal problems among workers of an Iranian rubber factory. *Journal of Occupational Health*, 49(5), 418-423. doi:[10.1539/joh.49.418](https://doi.org/10.1539/joh.49.418)
- David, G., Woods, V., Li, G., & Buckle, P. (Enero de 2008). The development of the Quick Exposure Check (QEC) for assessing exposure to risk factors for work-related musculoskeletal disorders. *Applied Ergonomics*, 39(1), 57-69. doi:[10.1016/j.apergo.2007.03.002](https://doi.org/10.1016/j.apergo.2007.03.002)
- Fuentes Márquez, P. A. (Septiembre de 2018). Caracterización del dolor y alteraciones músculo-esqueléticas en pacientes con dolor pélvico crónico. Propuesta de intervención terapéutica. Tesis Doctoral. Granada, España: Universidad de Granada. Obtenido de <https://digibug.ugr.es/handle/10481/54634>
- Hagberg, M., Saverio Violante, F., Bonfiglioli, R., Descatha, A., Gold, J., Evanoff, B., & Sluiter, J. K. (2012). Prevention of musculoskeletal disorders in workers: classification and health surveillance – statements of the Scientific Committee on Musculoskeletal Disorders of the International Commission on Occupational Health. *BMC Musculoskeletal Disord*, 13(109). doi:[10.1186/1471-2474-13-109](https://doi.org/10.1186/1471-2474-13-109)
- Hodges, P. W., & Moseley, G. L. (Agosto de 2003). Pain and motor control of the lumbopelvic region: effect and possible mechanisms. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 13(4), 361-370. doi:[10.1016/s1050-6411\(03\)00042-7](https://doi.org/10.1016/s1050-6411(03)00042-7)
- Hoogenboom, B. J., Voight, M. L., & Prentice, W. E. (2014). *Musculoskeletal Interventions. The techniques for Therapeutic Exercise* (3 ed.). Estados Unidos: McGraw Hill.
- Hossain, M. D., Aftab, A., Al Imam, M. H., Mahmud, I., Chowdhury, I. A., Kabir, R. I., & Sarker, M. (6 de Julio de 2018). Prevalence of work related musculoskeletal disorders (WMSDs) and ergonomic risk assessment among readymade garment workers of Bangladesh: A cross sectional study. *PLoS One*, 13(7). doi:[10.1371/journal.pone.0200122](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200122)
- Latash, M. L., & Zatsiorsky, V. M. (2016). *Biomechanics and Motor Control: Defining Central Concepts*. Londres, Inglaterra: Academic Press. doi:<https://doi.org/10.1016/C2013-0-18342-0>
- Latash, M. L., Levin, M. F., Scholz, J. P., & Schöner, G. (2010). Motor control theories and their applications. *Medicina (Kaunas)*, 46(6), 382-392. Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3017756/>
- Lederman, E. (Enero de 2010). The myth of core stability. *Journal of bodywork and movement therapies*, 14(1), 84-98. doi:[10.1016/j.jbmt.2009.08.001](https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2009.08.001)
- López, M. J. (Noviembre de 2013). Teorías del control motor, principios de aprendizaje motor y concepto Bobath. A propósito de un caso en terapia ocupacional. *Revista electrónica de terapia ocupacional Galicia*, 10(18). Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4509143>

- Mehta, R. K., & Parasuraman, R. (23 de Diciembre de 2013). Neuroergonomics: a review of applications to physical and cognitive work. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7(889). doi:[10.3389/fnhum.2013.00889](https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00889)
- Melhorn, J. M., & Gardner, P. (Febrero de 2004). How we prevent prevention of musculoskeletal disorders in the workplace. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 419, 285-296. doi:[10.1097/00003086-200402000-00045](https://doi.org/10.1097/00003086-200402000-00045)
- Ministerio de Trabajo. (2013). *II Encuesta Nacional de Condiciones de Seguridad y Salud en el Trabajo en el Sistema General de Riesgos Laborales*. Bogotá: Grafiq Editores S.A.S. Obtenido de <https://fasecolda.com/cms/wp-content/uploads/2019/08/ii-encuesta-nacional-seguridad-salud-trabajo-2013.pdf>
- Orozco Acosta, A., Tolosa-Guzmán, I., Trillos, M. C., Perdomo, M., & Vélez, C. L. (Enero de 2014). *Fundamentación del fisioterapeuta rosarista en el área de salud y trabajo*. Documento de investigación(18). Bogotá, Colombia: Universidad del Rosario. Obtenido de <https://repository.urosario.edu.co/bitstream/handle/10336/4972/BI%2018%20Rehabilitaci%C3%B3n%20Web.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=De%20esta%20manera%2C%20las%20acciones,producci%C3%B3n%2C%20y%20se%20dirigen%20a%3A&text=Analizar%2C%20evaluar%20y%20diag>
- Parasuraman, R. (24 de Mayo de 2011). Neuroergonomics: Brain, cognition, and performance at work. *Current directions in psychological science*, 20(3), 181-186. doi:[10.1177/0963721411409176](https://doi.org/10.1177/0963721411409176)
- Passier, L., & McPhail, S. (25 de Junio de 2011). Work related musculoskeletal disorders amongst therapists in physically demanding roles: qualitative analysis of risk factors and strategies for prevention. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 12(24). doi:[10.1186/1471-2474-12-24](https://doi.org/10.1186/1471-2474-12-24)
- Perdomo Hernández, M. (Septiembre - Diciembre de 2014). Grado de pérdida de capacidad laboral asociada a la comorbilidad de los desórdenes músculo esqueléticos en la Junta de Calificación de Invalidez, Huila, 2009-2012. *Revista de la Universidad Industrial de Santander Salud*, 46(3), 249-258. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/suis/v46n3/v46n3a05.pdf>
- Punnett, L., & Wegman, D. H. (Febrero de 2004). Work-related musculoskeletal disorders: the epidemiologic evidence and the debate. *Journal of electromyography and kinesiology*, 14(1), 13-23. doi:[10.1016/j.jelekin.2003.09.015](https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2003.09.015)
- Repetto, A. (2005). *Bases biomecánicas para el análisis del movimiento humano*. (Edición en CD Rom ed.). Buenos Aires, Argentina. Obtenido de <http://weblog.maimonides.edu/deportes/archives/basesbiomecnicas.pdf>
- Segarra, V., Heredia, J. R., Peña, G., Sampietro, M., Moyano, M., Mata, F., . . . Martín, F. D. (2014). Core y sistema de control neuro-motor: mecanismos básicos para la estabilidad del raquis lumbar. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*, 28(3), 521-529. doi:[10.1590/S1807-55092014005000005](https://doi.org/10.1590/S1807-55092014005000005)
- Sim, J., Lacey, R. J., & Lewis, M. (19 de Septiembre de 2006). The impact of workplace risk factors on the occurrence of neck and upper limb pain: a general population study. *BMC Public Health*, 6(234). doi:[10.1186/1471-2458-6-234](https://doi.org/10.1186/1471-2458-6-234)
- Skiadopoulos, A. (26 de Enero de 2016). *Análisis biomecánico y caracterización de la intervención muscular y la calidad de control motor en el contexto de la manipulación manual de cargas*. Tesis Doctoral. Badajoz, España: Universidad de Extremadura. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10662/3819>
- Torres Cueco, R. (2008). *La Columna Cervical: Evaluación Clínica y Aproximaciones Terapéuticas: Principios anatómicos y funcionales, exploración clínica y técnicas de tratamiento* (Vol. 1). Madrid, España: Médica Panamericana.
- Useche, L. G. (1992). Fatiga Laboral. *Avances en Enfermería*, 10(1), 89-103. Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/avenferm/article/view/16689/17585>
- Vélez, C. L., Perdomo, M., & Miranda, T. (2011). Implementación de 'Escuela de espalda' mediante la técnica de 'Core' en una fábrica de geotextiles para la prevención del dolor lumbar. *Revista Ciencias de la Salud*, 9(1), 57-71. Obtenido de <https://revistas.urosario.edu.co/index.php/revsalud/article/view/1549>
- Zatsiorsky, V. M. (2002). *Kinetics of human motion*. Estados Unidos: Human Kinetics.