



ECUADOR
UNIVERSIDAD
INTERNACIONAL
SEK

“BENEFICIOS Y LIMITACIONES DEL USO DE EXOESQUELETOS OCUPACIONALES PARA LA PREVENCIÓN DE TRASTORNOS MUSCULOESQUELÉTICOS: REVISIÓN SISTEMÁTICA EXPLORATORIA”

AUTOR: DORIS AMANDA PUEBLA FARÍAS

DIRECTOR: ING. MSC. RUBÉN VÁSCONEZ

QUITO- 2020

A pesar del desarrollo tecnológico y la tendencia actual a la automatización y mecanización. En la Industria, muchos trabajadores todavía están expuestos a cargas físicas debido a la manipulación manual de cargas, movimientos repetitivos y posturas forzadas que desencadenan en Trastornos musculoesqueléticos (TME) (1)

Los Trastornos musculoesqueléticos (TME) se definen como “ un conjunto de lesiones inflamatorias o degenerativas de músculos, tendones, articulaciones, ligamentos, nervios, etc.” (2)

La alta incidencia de la patología musculoesquelética en el ámbito laboral es responsable de un incremento en el absentismo laboral, discapacidad y costos económicos por lo tanto pone gran carga sobre los individuos y la sociedad. Es por esta razón que investigadores y profesionales están enfocándose en nuevas intervenciones tecnológicas para prevenirla, como lo es el uso de Exoesqueletos.

Definidos como estructuras mecánicas portátiles que mejoran la capacidad física de una persona, los exoesqueletos ocupacionales están diseñados para ayudar físicamente a los trabajadores a realizar sus tareas y, por lo tanto, reducir su exposición a las demandas físicas asociadas ⁽¹⁾

Los exoesqueletos se pueden clasificar como activos o pasivos y también según la segmento corporal al que están dirigidos como cuerpo superior, inferior y tronco

ACTIVO

Comprende uno o más actuadores que incrementan el poder del ser humano y ayudan a activar las articulaciones. Estos pueden ser motores eléctricos, hidráulicos, músculos neumáticos entre otros. (1)

PASIVO

No utiliza ningún tipo de actuador sino materiales como resortes o amortiguadores con la capacidad de almacenar energía recolectada por el movimiento humano. (1)

El interés de la industria por los exoesqueletos ocupacionales ha incrementado, pues su uso disminuiría las demandas físicas de los trabajadores, lo que teóricamente atenuaría los mecanismos de lesión para los trastornos musculoesqueléticos, sin embargo el uso de esta prometedora tecnología podría entrañar riesgos para la salud y seguridad de los trabajadores (2)

Objetivo: Señalar los efectos protectivos de los exoesqueletos ocupacionales sobre los mecanismos fisiopatológicos que están involucrados en el desarrollo de Trastornos musculoesqueléticos y analizar los posibles efectos adversos y/o limitaciones de su uso

“BENEFICIOS Y LIMITACIONES DEL USO DE EXOESQUELETOS OCUPACIONALES PARA LA PREVENCIÓN DE TRASTORNOS MUSCULOESQUELÉTICOS: REVISIÓN SISTEMÁTICA EXPLORATORIA”

INTRODUCCIÓN

MATERIALES Y MÉTODOS

RESULTADOS

DISCUSIÓN

CONCLUSIONES



FIG. 1 HARDIMAN ⁽¹⁾

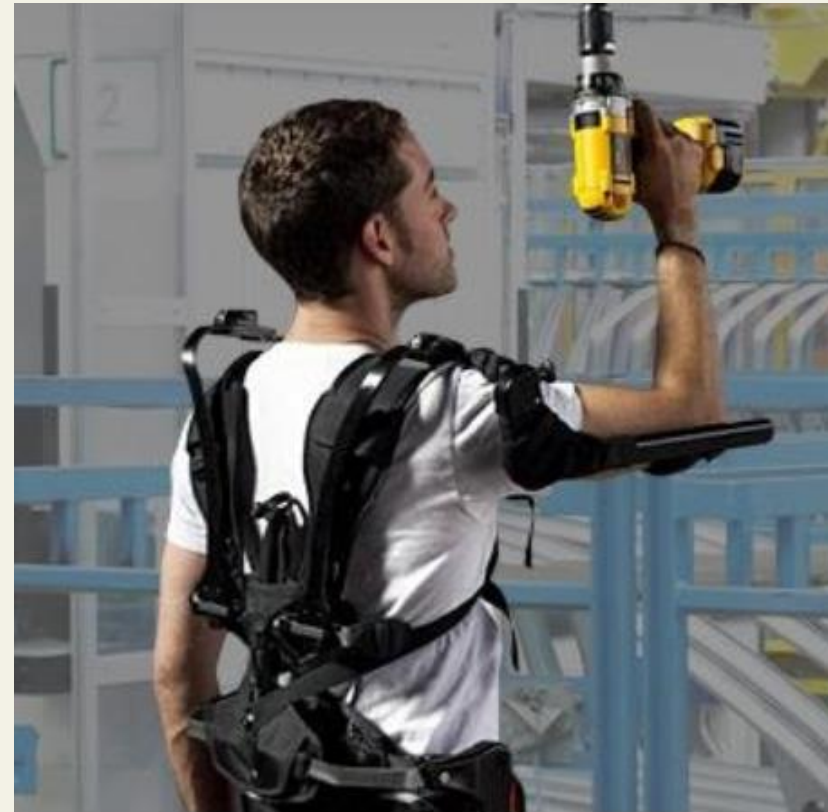


FIG. 2 EXOESQUELETO PASIVO MIEMBRO SUPERIOR ⁽²⁾

1. IMAGEN DISPONIBLE EN: [HTTPS://SITES.GOOGLE.COM/SITE/FGTCE04EQUIPO03TGIGESTION/ORIGEN-DE-LOS-EXOESQUELETOS](https://sites.google.com/site/FGTCE04EQUIPO03TGIGESTION/ORIGEN-DE-LOS-EXOESQUELETOS)

2. IMAGEN DISPOIBLE EN: [HTTPS://WWW.UPI.COM/DEFENSE-NEWS/2018/12/07/NORFOLK-NAVY-SHIPYARD-INTRODUCING-EXOESKELETONS-FOR-WORKERS/2201544203423/?RC_FIFO=2&UR3=1](https://www.upi.com/defense-news/2018/12/07/norfolk-navy-shipyard-introducing-exoskeletons-for-workers/2201544203423/?RC_FIFO=2&UR3=1)

Revisión de literatura científica mediante la metodología de “Scoping Review”

Criterios de inclusión

- Para ser incluidos en la revisión, los documentos debían presentar resultados fisiológicos relacionados con el uso de exoesqueletos destinados a actividades ocupacionales, mismos que deberán estar publicados en idioma inglés, en los últimos 15 años.

Criterios de exclusión

- Se excluyeron artículos relacionados con el uso de exoesqueletos en el área de la rehabilitación física y ámbito militar.

Fuentes de información

- Para identificar documentos potencialmente relevantes, la búsqueda se realizará entre el 26 de abril del 2020 hasta el 30 de mayo del 2020, utilizando las siguientes bases de datos: Medline a través de Pubmed y Scopus, se completó la búsqueda con una revisión de la bibliografía de los artículos seleccionados, a través de lenguaje libre y controlado

Estrategia de búsqueda

- En la base de datos Medline se utilizarán los términos de Medical Subject Headings (MESH): “Exoskeleton Device”. “Musculoskeletal Disease”. “Biomechanical Phenomena”. “upper extremity” en combinación con el operador booleano “and” para recuperar toda la literatura existente en inglés sobre el tema.
- Con respecto a las estrategias de búsqueda en Scopus se emplearon los términos “Exoskeleton”. “Ergonomics”. “Low back”. “low back pain, en combinación con el operador booleano and.
- Búsqueda con revisión de la bibliografía de los artículos seleccionados

Selección de Evidencia

- Tras la búsqueda inicial, en la primera fase de cribado se eliminarán los artículos a partir de la revisión del título y resumen, tras la lectura de los artículos se descartarán aquellos con contenido no relevante tomando en cuenta los criterios de elegibilidad ya descritos.

Síntesis de Resultados

- La extracción de la información de los documentos se realizó tomando en cuenta las características principales del estudio como autores, año, revista, diseño, criterios de inclusión/exclusión, categorización por tipo de exoesqueleto, resultados principales y conclusiones

“BENEFICIOS Y LIMITACIONES DEL USO DE EXOESQUELETOS OCUPACIONALES PARA LA PREVENCIÓN DE TRASTORNOS MUSCULOESQUELÉTICOS: REVISIÓN SISTEMÁTICA EXPLORATORIA”

INTRODUCCIÓN

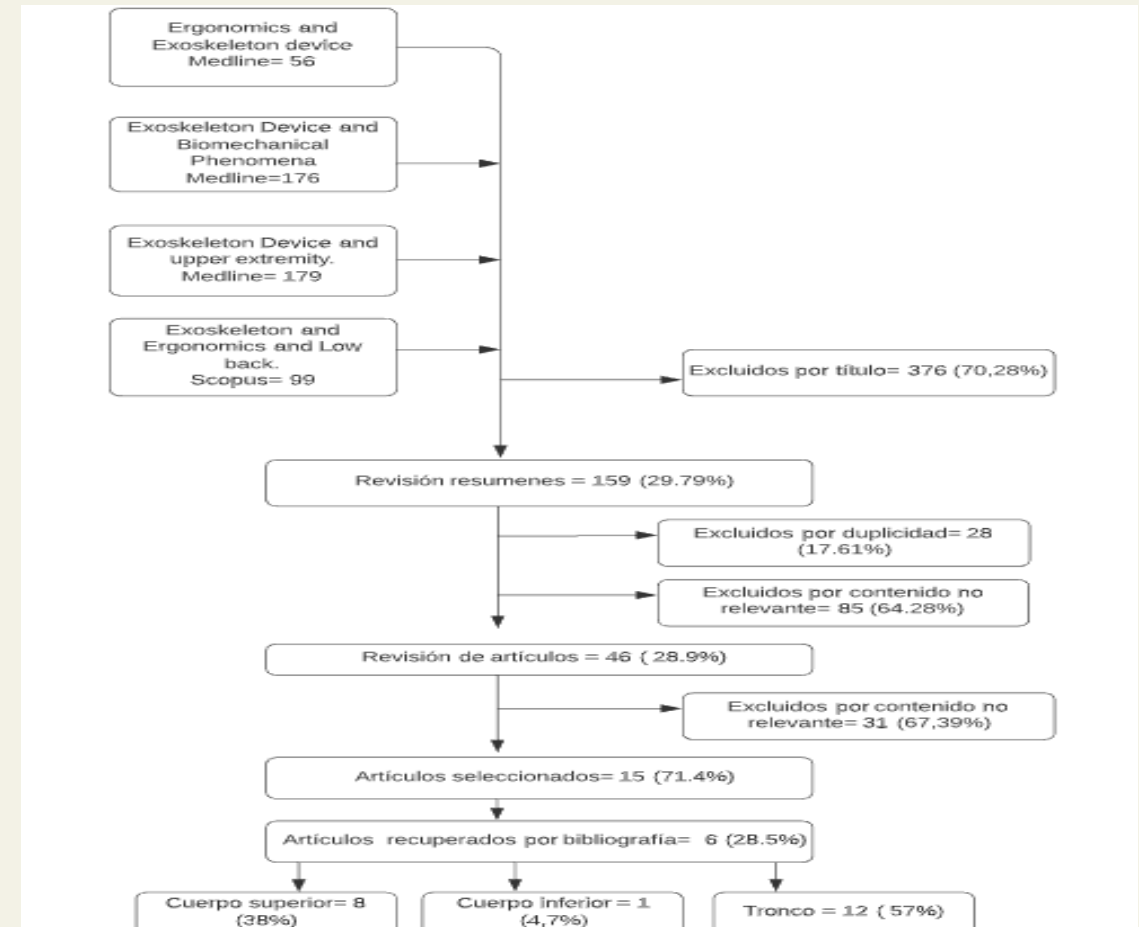
MATERIALES Y MÉTODOS

RESULTADOS

DISCUSIÓN

CONCLUSIONES

Tras llevar a cabo la selección de evidencia se rescataron 21 artículos que describieron 15 diseños diferentes de exoesqueletos.



“BENEFICIOS Y LIMITACIONES DEL USO DE EXOESQUELETOS OCUPACIONALES PARA LA PREVENCIÓN DE TRASTORNOS MUSCULOESQUELÉTICOS: REVISIÓN SISTEMÁTICA EXPLORATORIA”

INTRODUCCIÓN

MATERIALES Y MÉTODOS

RESULTADOS

DISCUSIÓN

CONCLUSIONES

NOMBRE	TIPO DE EXOESQUELETO	TAREA	TIPO DE INVESTIGACIÓN	RESULTADOS
Ekso Vest	Pasivo EXO (ES)	Tarea por encima del nivel del hombro	Experimental en laboratorio	- Reducción de las demandas físicas de hombro (45%)
Shoulder x	Pasivo EXO (ES)	Tarea por encima del nivel del hombro	Experimental en laboratorio	- Reducción de las demandas físicas de hombro
Robomate	Pasivo EXO (ES)	Tarea por encima del nivel del hombro	Experimental en laboratorio	- Reducción de las demandas físicas de hombro (Deltoides 62%; biceps braquial 49%)
EXAUSS Stronger	Pasivo EXO (ES)	Tareas de manejo manual: levantamiento sagital, transporte	Experimental en laboratorio	- Reducción de las demandas físicas de hombro - Incremento de la actividad del tríceps braquial, extensor plantar - Aumento de tensiones posturales, modificación de la cinemática de ext. Superiores y aumento de las demandas cardiovasculares.
Levitate	Pasivo EXO (ES)	Tarea estática, tarea repetitiva en manipulación manual de materiales, tareas de precisión Tareas estáticas y dinámicas. Industria automotriz	Experimental en entorno laboral (industria automotriz)	- Reduce la fatiga, aumenta el tiempo de resistencia durante tareas evaluadas.
WADE (Wearable Assistive Device)	Pasivo EXO (ES)	Tarea por encima del nivel del hombro	Experimental de laboratorio	- Reducción de las demandas físicas de hombro, dependiendo de la masa de la herramienta utilizada (3 KG: 34% ; 8 KG 45%) - Aumenta la demanda de la musculatura lumbar - Aumento de la frecuencia cardiaca

“BENEFICIOS Y LIMITACIONES DEL USO DE EXOESQUELETOS OCUPACIONALES PARA LA PREVENCIÓN DE TRASTORNOS MUSCULOESQUELÉTICOS: REVISIÓN SISTEMÁTICA EXPLORATORIA”

INTRODUCCIÓN

MATERIALES Y MÉTODOS

RESULTADOS

DISCUSIÓN

CONCLUSIONES

Nombre	Tipo	Tarea	Tipo de investigación	Resultados
Robomate	Pasivo (UB)	- Levantamiento y descenso de carga	Experimental en laboratorio	- Disminución en la actividad del erector de la columna
Laevo V1	Pasivo (UB)	- Flexión estática, Levantamiento y Transporte de carga	Experimental en laboratorio	- Disminución en la actividad de la musculatura lumbar. - Disminución de la actividad del bíceps femoral 24% y trapecio 50% - Aumenta la resistencia - Hiperextensión de la rodillas (flexión) - Disminución del costo metabólico durante levantamiento, incremento del mismo durante el transporte - Incremento de la actividad de los músculos abdominales
HAL (Hybrid Assisted limb)	Activo (UB)	- Levantamiento repetitivo	Experimental en laboratorio	- Aumenta el número máximo de levantamientos, y el tiempo de levantamiento y reduce fatiga
SPEXOR	Pasivo (UB)	- Levantamiento, Transporte de carga, flexión hacia adelante, sentarse y ponerse de pie	Experimental en entorno laboral	- Reduce dolor lumbar en trabajadores con dicho antecedente
Laevo V2	Pasivo (UB)	- Flexión estática	Experimental en laboratorio	- Disminuye actividad de columna vertebral en un 11%- 57% - Reduce compresión discal
WSAD (Wearable stooping-assist device)	Activo (UB)	- Flexión estática	Experimental en laboratorio	- Disminución en la actividad del erector de la columna torácica, del erector de la columna lumbar, dorsal ancho y recto abdominal
BNDR (Bending Non Demand Return)	Pasivo (UB)	- Flexión estática	Experimental en laboratorio	- Aumenta la resistencia para mantener posturas inclinadas y proporciona apoyo para erguir el cuerpo. - Reduce la compresión discal
PLAD (Person lift Augmentation Device)	Pasivo (UB)	- Levantamiento repetitivo, flexión hacia adelante, flexión estática	Experimental en entorno laboral	- Disminución en la actividad de la musculatura lumbar durante levantamiento y flexión estática (20%-25%) - Reduce compresión discal

“BENEFICIOS Y LIMITACIONES DEL USO DE EXOESQUELETOS OCUPACIONALES PARA LA PREVENCIÓN DE TRASTORNOS MUSCULOESQUELÉTICOS: REVISIÓN SISTEMÁTICA EXPLORATORIA”

INTRODUCCIÓN

MATERIALES Y MÉTODOS

RESULTADOS

DISCUSIÓN

CONCLUSIONES

Nombre	Tipo	Tarea	Tipo de investigación	Resultados
Chairless Chair	Pasivo EXO (EI)	- Tarea de montaje simuladas	Experimental de laboratorio	<ul style="list-style-type: none">- En bipedestación redujo la carga física hasta en un 64% con reducción de la actividad del gastrocnemio de un 75%- En sedestación incrementó la actividad del vasto de un 95% - 135%- Mayor incomodidad con el exoesqueleto en posición sentado.

“BENEFICIOS Y LIMITACIONES DEL USO DE EXOESQUELETOS OCUPACIONALES PARA LA PREVENCIÓN DE TRASTORNOS MUSCULOESQUELÉTICOS: REVISIÓN SISTEMÁTICA EXPLORATORIA”

INTRODUCCIÓN

MATERIALES Y MÉTODOS

RESULTADOS

DISCUSIÓN

CONCLUSIONES

La mayoría de los exoesqueletos dirigidos a la extremidad superior evaluaron tareas realizadas por encima de la cabeza. Evaluando los beneficios de estos dispositivos sobre la actividad de la musculatura del hombro.

Todos los diseños demostraron reducciones en la actividad muscular del hombro, pero esa reducción no fue uniforme entre los músculos que movilizan el hombro, se evidenció más beneficio para el deltoides anterior.

Albadukarim et al. 2014 reportó que la disminución de la actividad muscular del hombro dependía de la masa de la herramienta manipulada. A mayor masa mayor beneficio, para el dispositivo WADE.

El diseño Exhaus Stronger aumento las demandas en el tríceps braquial, musculo antagonista en el movimiento de hombro en tarea con brazos elevados, esta asincronía entre los músculos agonistas y antagonistas incrementa el riesgo de Síndrome de pinzamiento del maguito rotador.

Adicionalmente existe un riesgo en otros segmentos corporales, pues se evidenció un incremento de las demandas físicas del extensor plantar (EXHAUSS STRONGER) y la columna lumbar.

“BENEFICIOS Y LIMITACIONES DEL USO DE EXOESQUELETOS OCUPACIONALES PARA LA PREVENCIÓN DE TRASTORNOS MUSCULOESQUELÉTICOS: REVISIÓN SISTEMÁTICA EXPLORATORIA”

INTRODUCCIÓN

MATERIALES Y MÉTODOS

RESULTADOS

DISCUSIÓN

CONCLUSIONES

Los exoesqueletos del tronco evaluaron principalmente los beneficios de estos dispositivos en relación a su efecto sobre los mecanismos del dolor lumbar y lesión discal, evaluando así la actividad muscular de la columna vertebral, fatiga y las fuerzas de compresión discales.

Con el uso de exoesqueletos se demostró una reducción en la actividad de la musculatura espinal, disminución de la compresión discal durante las tareas de elevación, descenso de cargas y flexión estática, así como disminución de la fatiga y un incremento en el rendimiento durante tareas de flexión estática y levantamiento repetitivo, uno de los modelos adicionalmente reportó beneficio para el bíceps femoral y el trapecio, disminuyendo la actividad muscular de estos, sin embargo también se documentó aumento de la actividad muscular de los antagonistas y modificaciones posturales. Adicionalmente ningún estudio valoró jornadas laborales completas, que son necesarias para dar un resultado más realista.

En lo que respecta al exoesqueleto de miembro inferior se documentó un potencial beneficio para la prevención de los TME durante la bipedestación debido a la importante disminución de las cargas físicas, no así para la sedestación donde se evidenció un incremento importante en la actividad del vasto y una disminución de la actividad del músculo gastrocnemio baja en relación a la postura de pie

Limitaciones:

La presente revisión exploratoria está limitada principalmente por que el autor no es una persona experta en temas de biomecánica e ingeniería, conocimiento que resulta fundamental a la hora de recolectar la evidencia a ser analizada.

A nivel del hombro los principales beneficios descritos son: disminución de las demandas físicas y fatiga muscular, lo que contrarrestaría el apareamiento de dolor, trastornos articulares y lesiones de tejidos blandos, sobretodo en tareas que se realizan sobre el nivel del hombro.

En cuanto a los beneficios sobre la columna lumbar se describen igualmente disminución de las demandas físicas, disminución de la fatiga y reducción de las cargas físicas sobre la columna lumbar lo que disminuiría el dolor en esta zona, así como el riesgo de lesiones discales.

Para los exoesqueletos de extremidades inferiores se identificó únicamente un artículo que describió una importante reducción en la carga física de las extremidades inferiores disminuyendo así el riesgo asociado a la postura de pie prolongada

Los beneficios potenciales de los exoesqueletos ocupacionales sobre todo para extremidades superiores y región lumbar están claramente documentados, sin embargo, la mayoría de los estudios son experimentos de laboratorio, por lo cual son necesarias más investigaciones que evalúen la aplicación de estos dispositivos en entornos laborales evaluando jornadas de trabajo completas, así como las consecuencias sobre la salud y seguridad de los usuarios a corto y largo plazo.

Es importante también tomar en cuenta otros mecanismos involucrados en la patología musculoesquelética, evaluando no solamente la actividad de la musculatura local, sino también tomando en cuenta grupos musculares antagonistas, costos metabólicos y el estudio de las adaptaciones posturales a corto y largo plazo..

GRACIAS

Agosto-2020

