

Autor/es:

› **José Luis Cebrián Angulo, Silvia Sánchez Serrano**

(Servicio de Comunicación Corporativa y Prevención de **umivale** MCSS nº15)

Título:

› **PÓSTER: ESTUDIO BIOMECÁNICO DE LOS EFECTOS DEL USO DE EXOESQUELETOS LUMBARES EN TRABAJADORES DE PICKING**

Texto: ABSTRACT

INTRODUCCIÓN: Según los últimos datos estadísticos publicados por el Ministerio de Trabajo del total de accidentes de trabajo con baja en jornada acaecidos en España, los sobreesfuerzos físicos suponen la forma de accidente más frecuente (35,5%), siendo principalmente las actividades físicas que los provocan el transporte manual y la manipulación de objetos. En muchos sectores de actividad como el logístico, y en su caso, en los puestos de picking (preparación de pedidos), la manipulación manual de cargas es uno de los principales riesgos ergonómicos, hechos que han motivado la realización del presente **estudio biomecánico de los efectos del uso de exoesqueletos lumbares en este tipo de puesto.**

OBJETIVOS: Analizar, el efecto que un exoesqueleto lumbar (modelo LAEVO) tiene a nivel muscular y postural en puestos de trabajo que requieren de manipulación manual de cargas, concretamente en operarios/as dedicados a la preparación de pedidos (picking).

METODOLOGÍA: Ha consistido en varios pasos: toma de datos antropométricos relativos a los operarios/as, instrumentación y calibración de los equipos de medida, colocación y ajuste del exoesqueleto (en caso de que la prueba incluyera dicho equipo), sincronización de los equipos, registro de medidas empleando electromiografía de superficie en varios grupos musculares y sensores inerciales para captura de movimiento, y finalmente valoración subjetiva de los usuarios mediante cuestionario para valorar la percepción y aceptación del uso de exoesqueletos.

RESULTADOS: Se ha medido el efecto del exoesqueleto en la actividad de los músculos instrumentados (recto femoral, semitendinoso y erector espinal) durante la realización de las tareas de picking (con y sin exoesqueleto). Para ello se han usado los datos de captura de movimiento, las presiones plantares medidas, electromiografías y el peso de la carga manejada. Las tendencias observadas se exponen en el apartado de conclusiones.

CONCLUSIONES: A falta de un estudio a mayor escala que permita su confirmación, podría hacerse la siguiente interpretación de los resultados: El uso del exoesqueleto podría ser beneficioso porque se ha observado una reducción de en torno al 20% en la actividad muscular en el músculo semitendinoso para activaciones medias, bajas y muy bajas, y en el músculo erector espinal derecho para activaciones muy bajas, y un aumento del 10% del rango de flexoextensión en zona lumbar. Esto favorecería una reducción de posibles lesiones por fatiga en estos músculos.

(Se adjunta poster tras este abstract)

INTRODUCCIÓN

Según los últimos datos estadísticos publicados por el Ministerio de Trabajo del total de accidentes de trabajo con baja en jornada acaecidos en España, los **sobresfuerzos físicos** suponen la **forma de accidente más frecuente** (35.5%), siendo principalmente las actividades físicas que los provocan el transporte manual y la manipulación de objetos. En muchos sectores de actividad como el logístico, y en su caso, en los puestos de picking (preparación de pedidos), la manipulación manual de cargas es uno de los principales riesgos ergonómicos, hechos que han motivado la realización del presente estudio biomecánico de los efectos del uso de exoesqueletos lumbares en este tipo de puesto.

DESCRIPCIÓN

En el estudio se ha realizado la **medición y análisis de la actividad muscular, movimiento, posturas y percepción subjetiva en cuatro operarios** (dos hombres y dos mujeres), que ocupan un puesto de picking en un centro logístico del sector alimentación.

Para cada uno de los operarios/as se han registrado datos durante la realización de dos tareas, ambas realizadas en entorno real. La primera de ellas durante la **manipulación de cargas controladas** y la segunda durante la **manipulación de cargas correspondientes a una tarea en condiciones reales** de trabajo. En cada una de las tareas (con cargas controladas y con cargas reales) se han registrado datos con exoesqueleto.

Tarea con cargas controladas

Se han seleccionado tres tipos de cargas correspondientes a 16 kg, 24 kg y 30 kg. La tarea realizada consiste en trasladar dos cargas de cada peso, desde su palet de almacenaje hasta un palet colocado a 1.5 m de distancia, de forma manual (Figura 1).



Figura 1

Tarea con cargas reales

Se ha realizado el registro en tiempo real de la tarea de preparación de cargas de mercancías según la consulta de registros en PDA (simulando condiciones reales de trabajo), la recogida manual de los paquetes en huecos de picking y la descarga manual sobre el palet de una transpaleta automotriz (Figura 2).

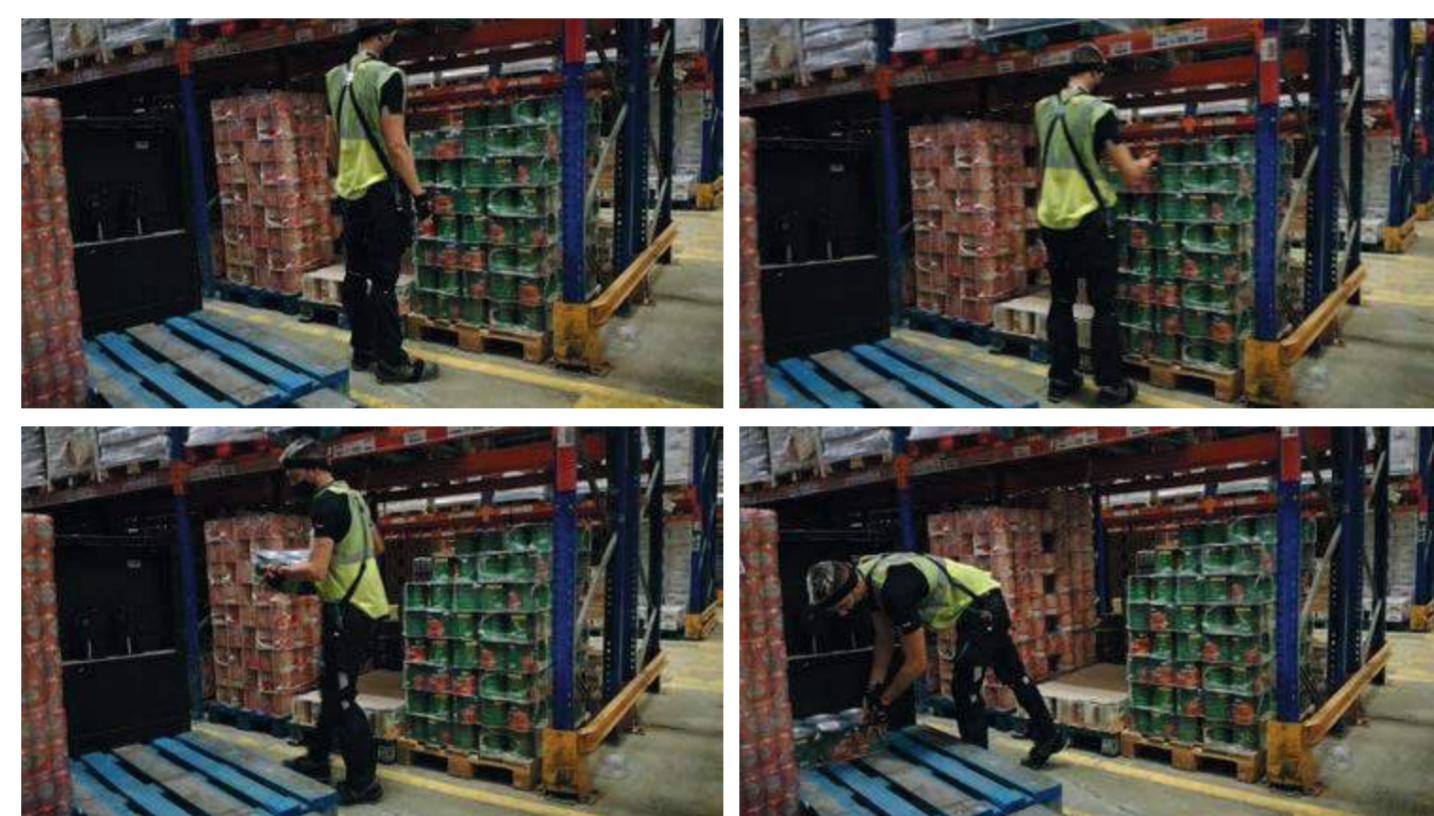


Figura 2

OBJETIVOS

El **objetivo principal** del estudio es **analizar, el efecto que un exoesqueleto lumbar (modelo LAEVO) tiene a nivel muscular y postural** en puestos de trabajo que requieren de manipulación manual de cargas, concretamente en operarios/as dedicados a la preparación de pedidos (picking).

Como **objetivos secundarios**:

- **Conocer los cambios posturales** en tareas con manipulación manual de cargas debidos a la introducción de un exoesqueleto lumbar.
- **Cuantificar los cambios en los esfuerzos musculares** realizados por los operarios/as asociados al uso de un exoesqueleto lumbar.
- **Conocer la percepción subjetiva** de los operarios/as asociada a la introducción de un exoesqueleto lumbar.

METODOLOGÍA

Para el desarrollo del estudio se han empleado los siguientes **materiales**:

Hoja de registro de datos: Se ha utilizado una plantilla para la recopilación de datos tales como el identificador de sujeto, sexo, altura, peso, duración de la prueba, incidencias durante el ensayo, medidas antropométricas, etc. que servirán posteriormente como datos de entrada para la configuración del equipo de captura de movimiento.

Cuestionarios subjetivos de valoración: Para el análisis de valoración subjetiva de la dificultad de realización de tareas durante el uso del exoesqueleto, la comodidad, el confort y el ajuste, se ha utilizado un cuestionario específico.

Exoesqueleto: El exoesqueleto utilizado para la realización de los ensayos ha sido el exoesqueleto lumbar de la marca comercial Laevo (Figura 3). Cada tarea se ha realizado dos veces, una sin exoesqueleto y otra con exoesqueleto, colocando y ajustando el exoesqueleto a cada operario/a.

Equipo de electromiografía superficial: Noraxon EMG, dotado de 8 sensores. Cada sensor precisa de 2 electrodos para su adhesión a la piel. Los sensores se comunican con la base receptora Uffium conectada a un ordenador (Figura 4). Se han colocado los sensores de EMG en los siguientes músculos de acuerdo con los criterios de SENIAM: recto femoral (lado dominante), semitendinoso (lado dominante), erector espinal izquierdo y erector espinal derecho.



Figura 4

Software para la medida de movimientos humanos (XSENS) a partir de un conjunto de sensores inerciales (Figura 5). Se instrumenta a cada operario/a con 17 sensores inerciales de movimiento utilizando una chaqueta y cinchas de sujeción. Posteriormente se introducen las medidas antropométricas del operario/a en el software de medida para escalar el modelo a las medidas reales.



Figura 5

Plantillas de registro de fuerzas plantares (LOADSOL): se colocan plantillas en el interior del calzado del operario/a y se procede a su calibración. El objetivo de dichas plantillas es obtener las presiones plantares a partir de las cuales estimar la carga vertical soportada por los operarios/as en cada instante de tiempo (Figura 6).



Figura 6

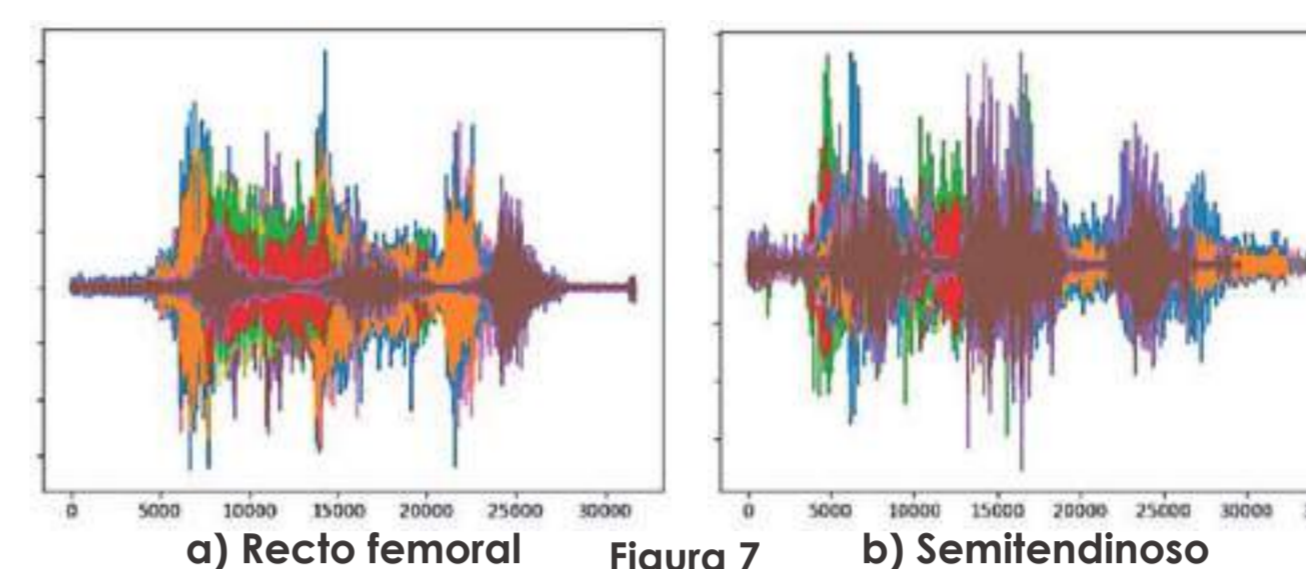


Figura 7

Se ha evaluado la **carga muscular mediante electromiografía de superficie (EMG)** en los grupos musculares indicados, en unos casos para analizar si potencialmente podrían ver reducida su actividad y, en otros, por la posibilidad de encontrar efectos adversos por un incremento de su actividad.

Figura 7 Ejemplo activaciones musculares de todos los registros realizados, para tarea con cargas controladas, normalizadas por sujeto.

También se ha llevado a cabo la **captura de movimiento de los trabajadores** durante el desarrollo de las tareas mediante el uso de **sensores inerciales** colocados en cabeza, tronco y extremidades superiores e inferiores, permitiendo la monitorización de las articulaciones de interés para el estudio (Figura 8).

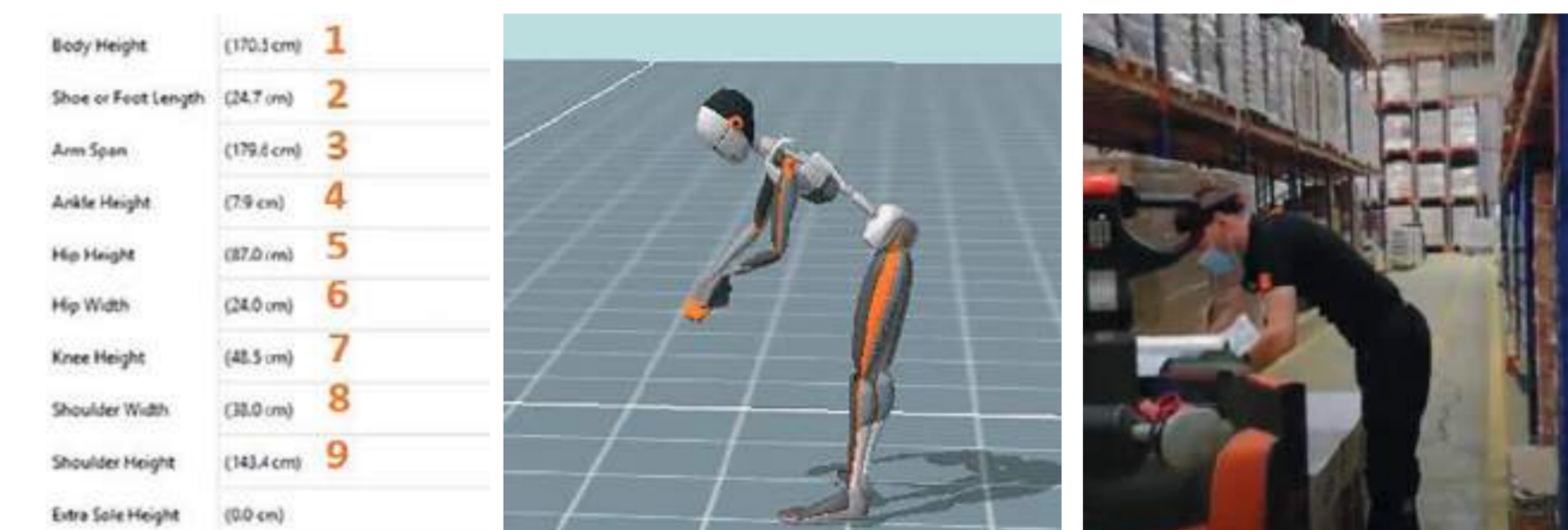


Figura 8

El **protocolo de medida** ha consistido en cuatro pasos fundamentales: **toma de datos** relativos a los operarios/as, **instrumentación y calibración de los equipos de medida**, **colocación y ajuste del exoesqueleto** (en caso de que la prueba incluyera dicho equipo), **sincronización de los equipos**, **registro de medidas** y **valoración subjetiva** de los usuarios mediante cuestionario para valorar la percepción y aceptación del uso de exoesqueletos.

RESULTADOS

Se ha medido el **efecto del exoesqueleto en la actividad de los músculos instrumentados** durante la realización de las tareas (con y sin exoesqueleto). Para ello se han usado los datos de **captura de movimiento de cada medida**, las **presiones plantares medidas** y el **peso de la carga manejada**.

Para analizar las señales, se han establecido **cinco umbrales de activación**:

- Actividad muscular máxima (95%)
- Actividad muscular alta (75%)
- Actividad muscular media (50%)
- Actividad muscular baja (25%)
- Actividad muscular mínima (5%)

De manera análoga al análisis de la actividad muscular, el modelo proporciona **los ángulos articulares y los momentos articulares**. Con ello, se ha realizado un **análisis de los rangos de movimiento articular**.

Adicionalmente se ha calculado el **porcentaje de aumento/disminución de la activación muscular y de los rangos articulares** en cada caso, donde porcentajes positivos indican disminución de la actividad muscular o del rango con la condición "uso de exoesqueleto" y porcentajes negativos indican aumento de la activación muscular o del rango con el "uso de exoesqueleto".

El análisis de los datos cuando los operarios/as trabajan con cargas reales, son difícilmente interpretables y comparables debido a la gran variabilidad que existe en cuanto a las cargas manipuladas se refiere, debido a esto, los resultados y conclusiones han sido elaborados a partir del análisis realizado en la tarea con cargas controladas.

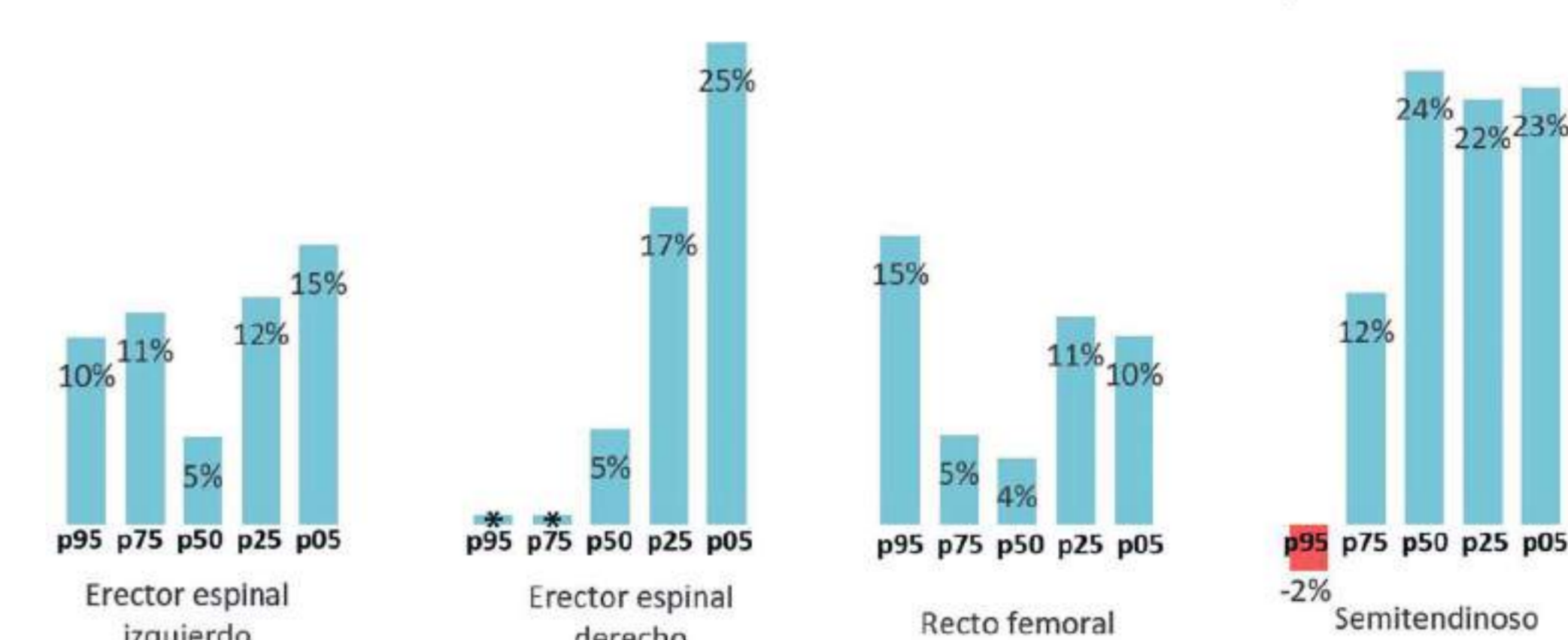
Los resultados del estudio estadístico tanto del análisis de activaciones musculares como de rangos articulares **no mostraron diferencias estadísticamente significativas** ni en el caso de la tarea con cargas controladas ni en la tarea con cargas reales, **pero sí permiten observar tendencias**, las cuales se exponen en el apartado de conclusiones.

CONCLUSIONES

A **falta de un estudio a mayor escala que permita su confirmación**, podría hacerse la siguiente interpretación de los resultados: **El uso del exoesqueleto podría ser beneficioso porque:**

- Se ha observado una **reducción de en torno al 20% en la actividad muscular en el músculo semitendinoso** para activaciones medias, bajas y muy bajas, y en el **músculo erector espinal derecho para activaciones muy bajas. Esto favorecería una reducción de posibles lesiones por fatiga en estos músculos**. Hay que tener en cuenta que las actividades realizadas durante la tarea de cargas controladas no eran simétricas en cuanto a esfuerzos, además, todos los operarios eran diestros. Esto podría haber provocado un mayor esfuerzo en erector espinal derecho, que con el uso del exoesqueleto se ve disminuido en mayor porcentaje en comparación con el erector espinal izquierdo.

REDUCCIÓN DE LA ACTIVIDAD MUSCULAR CON EXOESQUELETO



*No es posible realizar el estudio estadístico por falta de datos en los registros. Los porcentajes calculados a partir de los registros completos corresponden con 13.74% y 21.27% para los p75 y p75 respectivamente.

- Se ha observado un **aumento del 10% del rango de flexoextensión en zona lumbar**. Esto indicaría que el **exoesqueleto lumbar aporta una mayor distribución de cargas en la espalda** y gracias a esto, **permitiría un mayor rango de movimiento en la manipulación con cargas**.

No obstante, se observan otros efectos adversos que serían consecuencia del uso del exoesqueleto:

- **Ligera restricción en los movimientos, especialmente en hombros y cuello**. Esto podría ser debido a una falta de ajuste del exoesqueleto, que produce una restricción de movilidad en determinadas articulaciones. Esta limitación de movilidad se ve confirmada por el estudio de valoración subjetiva, donde los operarios/as indican cierta dificultad para ejecutar determinados movimientos como coger bultos por encima del hombro.

- **Posibles problemas de diseño/aceptación en el caso de las mujeres:** Otro dato relevante, obtenido del estudio de valoración subjetiva, es la baja aceptación por parte de las operarias; ninguna de las dos operarias incorporaría el uso de exoesqueleto a su puesto de trabajo ni creen que su uso les ayudaría en la realización de tareas. Esto podría ser debido a dos motivos: en primer lugar al diseño del exoesqueleto, ya que el cierre superior se encuentra situado a lo largo del esternón y resulta poco ergonómico para la anatomía femenina; y en segundo lugar al tipo de cargas que manejan las mujeres en comparación con los hombres. Las cargas que manejan las mujeres son menores que las que manejan los hombres y esto indicaría que para el manejo de cargas que realizan no requieren un gran esfuerzo, por lo que el uso del exoesqueleto no aportaría diferencias considerables con respecto a no usarlo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Stegeman, D., & Hermens, H. (2007). Standards for surface electromyography: The European project Surface EMG for non-invasive assessment of muscles (SENIAM).

Imágenes: noraxon.com - xsens.com - ibv.org - laevo-exoskeletons.com