



Societat Catalana de Seguretat
i Medicina del Treball

Experiències pràctiques de intervencions en salut laboral

Estudio de la actividad muscular mediante
electromiografía de superficie durante el uso de silla de
evacuación domiciliaria

*XXIII Premio en Salud Laboral de la SCSMT
Premio "Manel Baselga"
Barcelona, diciembre 2011*

Resumen

Objetivo: Comparar las diferentes técnicas al manipular la silla de evacuación domiciliaria por el personal sanitario e identificar aquella que es más favorable ergonómicamente, analizando el registro de la musculatura implicada mediante la técnica de electromiografía de superficie.

Métodos: El ensayo se ha centrado en el descenso por escalera y se ha distribuido en las cuatro disposiciones posibles para la misma operación de transporte, donde las variables del estudio han sido: las características antropométricas de los trabajadores (percentil 5 y percentil 95, correspondientes a los extremos de la curva normal de distribución de talla-peso), la ubicación de los mismos durante la técnica de traslado de la silla (parte superior e inferior), y la posición del individuo que se sitúa en la parte inferior (ciclo de bajada deambulando frontalmente o de espaldas).

Resultados: Para ambos trabajadores participantes en el estudio, se identifica como posición más favorable de trabajo la ubicación en la parte inferior de la escalera descendiendo de frente, al ser la que supone menor actividad muscular. En general, se observa que la demanda física para los distintos músculos analizados es mayor para el trabajador correspondiente al percentil 5 (menor talla-peso), a excepción de la musculatura paravertebral que para determinadas posiciones de manipulación es significativamente mayor para el percentil 95.

Conclusiones: La posición que supone menor actividad muscular en la técnica de transporte de la silla de evacuación domiciliaria por escalera es la ubicación en la parte inferior, descendiendo de frente.

PALABRAS CLAVE: electromiografía, silla de evacuación, sanitario, fatiga muscular, ergonomía.

Muscular activity study applying surface electromyography technique during a medical emergency with evacuation chair

Objective: Comparing different techniques on manual handling tasks with the evacuation chair and identify which one is the most ergonomic. The surface electromyography technical helps us to analyze the recorded musculature.

Methods: The investigation was focused on the downstairs task and divided in different kind of positioning. The variables have been: the anthropometric characteristics of the workers involved in the study (percentile 5 and percentile 95, belonged to the extremes of a normal curve distribution height-weight), the positioning technique (top and down part of the chair), and the individual position who places in the down of the chair (cycle of downstairs going forward or backward).

Results: For P95 the position in the top of the chair implicates admissible values of muscular activity, apart from the paravertebrals. Exchanging the position between workers wouldn't be preferable according to the obtained results. Although for P95 the most favourable results are obtained, especially for the musculature paravertebral, the values for P5 are in general one of the most unfavourable situations.

Conclusions: The position that implies minor muscular activity in the techniques on manual handling tasks with the evacuation chair for downstairs is the location in the down part, going forward.

KEYWORDS: electromyography, evacuation chair, paramedics, muscular fatigue, ergonomics.

Introducción

Las lesiones musculoesqueléticas tienen una especial incidencia entre el colectivo de emergencias sanitarias. En la literatura reciente se habla de prevalencias del 50% de dolor de espalda en trabajadores de emergencias sanitarias¹ y lesiones por sobrecarga o esguinces² en un 33-41%. Este último estudio concluye que las demandas físicas de esta actividad son una de las causas principales de lesiones y que se requiere profundizar en la elaboración de estrategias preventivas favoreciendo la investigación en este ámbito.

Otras fuentes indican que el absentismo³ derivado de estas lesiones es prácticamente del 9,5 %, destacando la evidencia de un mayor riesgo de lesión cuando el trabajador tiene historia previa de dorsalgias o patología del raquis dorso-lumbar. Finalmente, una serie retrospectiva en USA⁴ identifica que las lesiones más habituales son los sobreesfuerzos (20%) y esguinces (20%), comprometiendo la región anatómica de la espalda en más del 20% de los casos. De acuerdo con nuestra experiencia, la mayoría de las lesiones musculoesqueléticas se asocian con la movilización de pacientes, principalmente, así como con el desplazamiento de camillas y elementos auxiliares.

El planteamiento del presente estudio surge de la problemática existente en los trabajadores de emergencias sanitarias a la hora de realizar evacuaciones domiciliarias en inmuebles con barreras arquitectónicas, donde deben trasladar al paciente manualmente por las escaleras con la silla de evacuación. La dificultad de la accesibilidad se suma al hecho de que interviene personal sanitario de distintas características antropométricas, así como a la variabilidad durante la aplicación de la técnica de transporte que puede ser distinta en función de su experiencia, practicidad, etc., pero sin

verificar científicamente que sea la más adecuada para prevenir lesiones musculoesqueléticas. Para valorar de forma objetiva el efecto que tienen sobre el sistema musculoesquelético las distintas disposiciones adoptadas por los trabajadores durante la tarea de evacuación domiciliaria, se decide aplicar la técnica de electromiografía de superficie (EMGS).

1. Métodos

La electromiografía es la técnica que registra el potencial eléctrico generado por la despolarización de la membrana externa de la fibra muscular. La EMGS es adecuada para estudios donde se pretende observar el comportamiento muscular global, los patrones de actividad temporal y la fatiga de un músculo o de un grupo muscular cuantificando, de esta forma, la exigencia física que supone una tarea para un individuo.

La señal recogida por los electrodos da información del nivel de activación muscular la cual, posteriormente, será procesada y analizada para obtener el perfil de la señal. A partir de dicha señal, es posible calcular una serie de parámetros que permiten valorar el nivel de carga física de la musculatura implicada. Los valores registrados están referidos a la capacidad física de cada individuo, por ello, para transformarlos en datos normalizados se realiza la adquisición de la contracción voluntaria máxima (o *maximum voluntary contraction*, MVC) de la musculatura a estudiar. De esta manera, cuantificamos la actividad muscular y la energía empleada por el usuario respecto al porcentaje que representan de MVC, permitiendo entonces establecer comparaciones interindividuales y extraer conclusiones globales.

El estudio inicial se llevó a cabo simulando una operación de descenso por escalera con dos individuos de percentiles extremos, P5 (percentil 5) y P95 (percentil 95), para centrar el análisis en la situación más desfavorable. De acuerdo con las tablas antropométricas de población trabajadora española⁵ se solicitaron dos individuos que se aproximaran al máximo a los siguientes valores de referencia:

- Percentil 5 (P5): Talla 150-160 cm. Peso 48-58 kg.

- Percentil 95 (P95): Talla 170-182 cm. Peso 77-96 kg.

En cualquier caso, con un IMC (índice de masa corporal) situado entre 18,5-25 (para mujeres) y 20-25 (para hombres).

Asimismo, para eliminar del estudio la variabilidad asociada al transporte de un paciente real (diferencia de peso, posibles movimientos que descompensen la carga, etc.) se empleó un simulador de paciente de cuerpo entero.

Por equivalencia a la carga física en una situación real de este tipo de tarea, se analizó la actividad muscular que realizan los trabajadores únicamente durante el descenso por la escalera; ya que cuando tienen que asistir a un paciente en su domicilio los traslados implican, en la mayoría de los casos, descenso de escaleras, y en todos los casos se trata de evacuar del domicilio.

1.1 Descripción del estudio

Tarea a analizar: Simulación de una evacuación domiciliaria mediante silla de transporte durante una emergencia sanitaria.

Material: Silla plegable de evacuación domiciliaria con un peso de 9 kg, la anchura es de 52 cm y la altura hasta el mango 64 cm. Simulador de paciente de cuerpo entero (maniquí) de 27 kg. La escalera en la que se realizó la simulación de la tarea era un tramo recto de 13 escalones, con huella de 28 cm y contrahuella de 16 cm, y una amplitud de paso de 102 cm.

Para el registro de la actividad muscular se utilizó el electromiógrafo Datalog Biometrics de 8 canales, que incorpora sensores bipolares de superficie con una distancia entre electrodos de 20 mm (EMG pre amplifier SX230). El registro se efectuó con una frecuencia de adquisición de 1000 Hz. Adicionalmente se empleó una cámara de vídeo para el registro secuencial de las distintas tareas tipo analizadas.

Recursos humanos: Técnico sanitario (P95) y Enfermera de ambulancia (P5). Los trabajadores son experimentados en la tarea, sin antecedentes de lesiones musculoesqueléticas previas, ni patologías asociadas. Su talla y peso se encuentran dentro de los intervalos establecidos para los percentiles seleccionados.

Metodología: Se ha utilizado la técnica de EMGS, teniendo en cuenta la musculatura principalmente implicada. El ensayo se ha distribuido según las cuatro disposiciones posibles durante la operación de evacuación por escalera con la silla domiciliaria, donde las variables del estudio han sido: las características antropométricas de los trabajadores implicados en el estudio (percentil 5 y percentil 95), la ubicación de los mismos durante la técnica de traslado de la silla (parte superior e inferior), y la posición del individuo que se sitúa en la parte inferior (ciclo de bajada deambulando frontalmente o de espaldas).

1.2 Selección de la muestra y estrategia de muestreo

Para la realización del estudio se contó con la participación de un Técnico sanitario y una Enfermera de ambulancia. Se administró a los trabajadores un consentimiento informado sobre el estudio y un cuestionario de sintomatología musculoesquelética. Se solicitó que fueran trabajadores experimentados en la tarea y sin antecedentes patológicos ni de molestias musculoesqueléticas durante los últimos seis meses. De la misma manera, se

descartaron aquellos individuos que sufrieran enfermedades que afectan al metabolismo (principalmente hiper/hipotiroidismo y diabetes) o que se medicaran para el colesterol.

A fin de centrar el estudio en las variables que interesa analizar:

- Trabajadores pertenecientes al percentil 5 (P5) y percentil 95 (P95).
- Ciclos de bajada.
- Cuatro combinaciones posibles de posicionamiento.

Se intentó estandarizar al máximo el resto de parámetros que pueden intervenir en el registro de la actividad muscular. Para ello, se dieron instrucciones claras a los trabajadores sobre las cuatro disposiciones de transporte a analizar, se acotó la zona de los desplazamientos y, por último, se establecieron unas pautas en el registro temporal de cada tarea tipo como sigue: 30 sg de registro isométrico en la posición de trabajo, registro de 3 ciclos de bajada y 30 sg de registro isométrico en la posición de trabajo. Entre cada registro se efectuó un descanso de 5 minutos para permitir la recuperación muscular. Al subir las escaleras el trabajador estudiado iba en vacío para no incrementar su fatiga en la tarea de evacuación. Las pautas de ejecución de cada tarea se transmitieron verbalmente a los trabajadores durante todo el ensayo.

Se inició el estudio con la preparación del individuo, la colocación de los electrodos y la adquisición de las MVC (*maximum voluntary contraction*) de la musculatura seleccionada. Para adquirir las MVC de los músculos objeto del estudio se solicitaron tres acciones máximas isométricas, con un tiempo de recuperación entre ellas, realizando posteriormente el promedio de los valores máximos obtenidos.

Los distintos grupos musculares analizados (tabla 1) se determinaron efectuando un estudio biomecánico previo de acuerdo con los movimientos articulares realizados durante

la tarea. La colocación de los electrodos se efectuó de acuerdo con el protocolo establecido por SENIAM (*Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles project of the European Union*) y siguiendo las pautas indicadas en *Introduction to Surface Electromyography*⁶.

Seguidamente se procedió a la adquisición de los registros de las cuatro disposiciones tipo, identificándose cada una de ellas con las mostradas en la figura 1.

1.3 Criterios de análisis

Para el análisis de resultados se realizó un procesado de la señal: rectificado y suavizado aplicando RMS (*root mean square*) con una ventana de 100 ms, los valores se normalizaron respecto a la MVC de cada músculo. La valoración de resultados se efectuó para el registro de los tres ciclos de bajada de cada disposición.

2. Resultados

En primer lugar, se muestran en las tablas 2 y 3 los valores representativos (media, máximo y mínimo) de los registros obtenidos para cada trabajador P5 (tabla 2) y P95 (tabla 3) para cada una de las cuatro disposiciones efectuadas. Los valores representan el porcentaje de actividad muscular registrada respecto a la MVC de cada musculatura.

Se comparan en las figuras 2, 3, 4 y 5 los valores medios obtenidos (en % sobre la MVC) para cada uno de los dos individuos en una misma posición de movilización de la silla (teniendo en cuenta las cuatro disposiciones posibles). En general, la demanda muscular para una misma posición de trabajo es más elevada para el percentil 5 (siempre en

relación con su máxima capacidad de generar fuerza – MVC), salvo para musculaturas concretas en algunas posiciones. Una excepción es la musculatura paravertebral, cuyo registro aporta valores más elevados para el percentil 95, especialmente en las dos disposiciones en las que se ubica en la parte superior de la escalera. De acuerdo con el análisis biomecánico de la principal postura observada durante la operación, tales valores pueden ser debidos a la compensación que debe realizar el trabajador por la diferencia de altura respecto a su compañera.

Debe remarcarse que, a pesar de que la posición global de transporte de la silla sea equivalente para los dos usuarios en cada una de las figuras mostradas, se observan diferencias substanciales en el análisis cinestésico de cada segmento corporal, que explicarían también las distintas respuestas musculares a una misma demanda externa. Esto se debe básicamente a las diferentes características antropométricas de los trabajadores, así como a los hábitos posturales individuales.

Adicionalmente, se realizó un análisis de los datos obtenidos aplicando los criterios de:

- Periodo de activación muscular de cada registro (porcentaje de tiempo en que un músculo está activo).
- Función de distribución de probabilidad de amplitud⁷ (APDF): Esta función permite analizar la demanda fisiológica de cada músculo de acuerdo con la distribución de amplitud del registro efectuado.
- Porcentaje de tiempo por encima del 50%MVC.

Los criterios anteriores permiten tener una aproximación del nivel de carga física presente en las diferentes disposiciones, identificando la musculatura más sobrecargada en cada

caso. De manera global, los datos obtenidos reflejan exigencias elevadas para el trabajador P5 a nivel del trapecio superior y el deltoides anterior en todas las disposiciones. Para el P95 destacan especialmente los valores de paravertebrales y deltoides posterior en la disposición 4, siendo ésta la disposición más desfavorable para este individuo.

3. Discusión

De acuerdo con estudios previos realizados por otros autores⁸, las tareas de descenso por escaleras (mediante distintos equipos de evacuación, incluyendo las sillas) en personal de servicios de emergencias médicas (*firefighters/paramedics, FFPs*) se valoran subjetivamente por parte de los trabajadores como fatigantes siendo además frecuentes, valoración confirmada en algunos estudios biomecánicos realizados en este tipo de tareas⁹.

De acuerdo con estos estudios biomecánicos, para una tarea de descenso por escalera mediante silla de evacuación, con un peso medio de 56,6 kg (silla + maniquí), la distribución de la carga entre los dos miembros del equipo es como sigue: 38% para el *leader* (trabajador en la parte inferior de la escalera, bajando de espaldas) y 62% para el *follower* (trabajador en la parte superior de la escalera).

En el estudio realizado mediante EMGS para un equipo de dos personas (P5 y P95), se obtiene que la posición de trabajo que supone menor actividad muscular, en general, es la ubicación en la parte inferior de la escalera bajando de frente. Partiendo del supuesto que

el P5 de trabajador es, a priori, el de menor capacidad física, se considera que ésta sería entonces la posición recomendada al aplicar la técnica de transporte de la silla de evacuación domiciliaria por escalera. De acuerdo con el estudio biomecánico referenciado anteriormente, también se justificaría esta recomendación al ser la ubicación donde se soporta menos peso (asumimos que esto también es así al descender de frente).

Dando prioridad a la ubicación de P5 (correspondiente a la disposición 1 valorada), se comprueba que para P95 la posición en la parte superior de la escalera supone unos valores de actividad muscular admisibles, comparativamente con las otras disposiciones, a excepción de la musculatura paravertebral. Modificando el agarre de la silla y manteniendo la carga más cerca del cuerpo se contribuiría a mejorar este valor.

Intercambiar la ubicación de ambos trabajadores (disposición 3) no se considera recomendable de acuerdo con los resultados obtenidos. Aunque para P95 se obtiene los resultados más favorables, especialmente para la musculatura paravertebral, los valores para P5 corresponden en general a una de las situaciones más desfavorables. Además, observando las posturas adoptadas, se aprecia que la ubicación de P5 en la parte superior de la escalera compromete su visibilidad, induciendo entonces giros a nivel cervical y una asimetría en la postura que no se detectan en P95 (al ser de mayor talla).

Es necesario mencionar que el estudio realizado debe considerarse una prueba piloto, debiendo aplicarse a una muestra más amplia de trabajadores para extraer resultados más concluyentes. Por otro lado, hay que tener en cuenta las limitaciones del estudio asociadas a las características de la escalera dado que, en ocasiones, las escaleras en las que se realiza esta operación en una situación real no presentan las condiciones idóneas de la empleada en el estudio y por tanto suponen una demanda física distinta. Así

como las introducidas por el peso del maniquí (27 kg) disponible para las prácticas de situaciones de emergencia, al ser inferior al peso habitual de un usuario del servicio. Por tanto, los valores de EMGS obtenidos no pueden considerarse representativos del nivel de riesgo asociado a una situación de trabajo real, sino únicamente válidos para evidenciar la diferencia de actividad muscular derivada de la realización de la operación de evacuación por escalera con la silla domiciliaria empleando distintas técnicas de movilización, que es el objetivo final del estudio.

4. Agradecimientos

Agradecemos la colaboración de la empresa y los trabajadores que han contribuido a la realización del presente estudio.

5. Bibliografía

1. Studnek JR, Crawford JM, Wilkins JR 3rd, Pennell ML. (2010). *Back problems among emergency medical services professionals: the LEADS health and wellness follow-up study*. Am J Ind Med. Jan;53(1):12-22.
2. Reichard AA, Jackson LL. (2010). *Occupational injuries among emergency responders*. Am J Ind Med. Jan;53(1):1-11.
3. Studnek JR, Ferketich A, Crawford JM. (2007). *On the job illness and injury resulting in lost work time among a national cohort of emergency medical services professionals*. Am J Ind Med. Dec;50(12):921-31.

4. Gershon RR, Vlahov D, Kelen G, Conrad B, Murphy L. (1995) *Review of accidents/injuries among emergency medical services workers in Baltimore, Maryland*. Prehosp Disaster Med. Jan-Mar; 10(1):14-8.
5. Carmona, A. (2003). *Aspectos antropométricos de la población laboral española aplicados al diseño industrial*. INSHT, Sevilla.
6. Cram, JR., Kasman, GS., Holtz, J. (1998). *Introduction to Surface Electromyography*. An Aspen Publication, Maryland.
7. Hagberg & Jonsson (1975). *The amplitude distribution of the myoelectric signal in an ergonomic study of the deltoid muscle*. Ergonomics 18:311-319.
8. Conrad, KM., Reichelta, PA., Lavenderb, SA., Gacki-Smitha, J., Hattled, S. (2008). *Designing ergonomic interventions for EMS workers: Concept generation of patient-handling devices*. Applied Ergonomics 39:792 - 802.
9. Doormaal, M.T.A.J., Driessen, A.P.A., Landeweerd, J.A. and M.R. Drost, (1995). *Physical workload of ambulances assistants*. Ergonomics 38:361 – 376.

6. Tablas

Tabla 1. Musculatura registrada
Hemicuerpo dominante (el derecho en ambos individuos)
Trapezio superior (TS) – Canal 1
Deltoides Anterior (DA) – Canal 2
Deltoides Posterior (DP) – Canal 3
Tríceps Braquial (TB) – Canal 4
Paravertebrales (PV) – Canal 5

Tabla 2
CICLOS BAJADA

P5

	Trapezio superior			Deltoides anterior			Deltoides posterior			Paravertebrales			Tríceps braquial		
	Media	Máx	Mín	Media	Máx	Mín	Media	Máx	Mín	Media	Máx	Mín	Media	Máx	Mín
Disposición 1	10,77	22,88	4,95	3,43	16,05	0,53	21,02	80,39	3,55	4,13	15,12	1,38	5,21	17,24	2,65
Disposición 2	20,83	63,70	3,69	2,78	29,51	0,31	26,83	107,32	3,17	14,78	39,05	1,84	1,86	4,41	0,40
Disposición 3	29,98	71,26	8,50	7,22	28,40	0,44	26,11	94,03	2,99	8,80	28,84	0,98	3,77	8,94	1,85
Disposición 4	25,41	70,04	0,28	1,16	5,91	0,26	26,39	116,18	2,25	5,04	34,03	1,04	3,37	10,07	0,99

Tabla 3
CICLOS BAJADA

P95

	Trapezio superior			Deltoides anterior			Deltoides posterior			Paravertebrales			Tríceps braquial		
	Media	Máx	Mín	Media	Máx	Mín	Media	Máx	Mín	Media	Máx	Mín	Media	Máx	Mín
Disposición 1	4,66	13,54	0,28	8,46	20,54	0,28	3,62	20,07	0,71	16,25	37,83	2,09	2,02	12,52	0,34
Disposición 2	10,67	69,90	0,28	6,21	24,51	0,26	10,50	116,18	0,54	10,05	30,99	1,04	2,95	7,66	0,39
Disposición 3	1,74	5,87	0,26	0,76	5,82	0,26	6,76	30,75	0,36	5,82	28,22	1,00	3,75	15,92	0,39
Disposición 4	8,97	56,75	0,22	6,70	23,30	0,35	16,22	107,32	0,39	19,69	59,45	2,60	1,73	3,61	0,37

arriba de frente



abajo de frente



abajo de espaldas



- Los valores remarcados corresponden a los resultados más favorables para cada individuo de entre todas las disposiciones.
- Nota: Para el deltoides posterior se obtienen valores por encima del 100%, ello es indicativo de que la MVC realizada era submáxima. No obstante, dado que se trata de un estudio comparativo, se mantiene como valor de normalización la MVC para este músculo.

7. Figuras

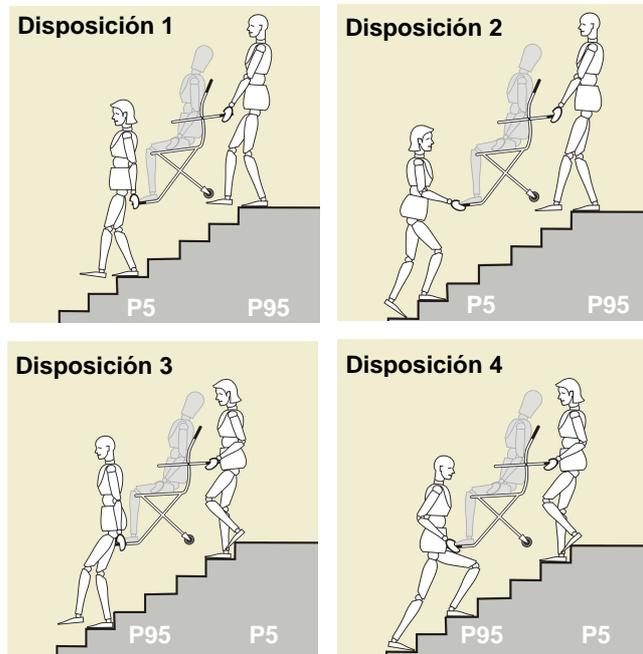


Figura 1. Tareas tipo analizadas

Figura 2. Comparativa posición: **Arriba de frente** (con 2º trabajador abajo de frente)

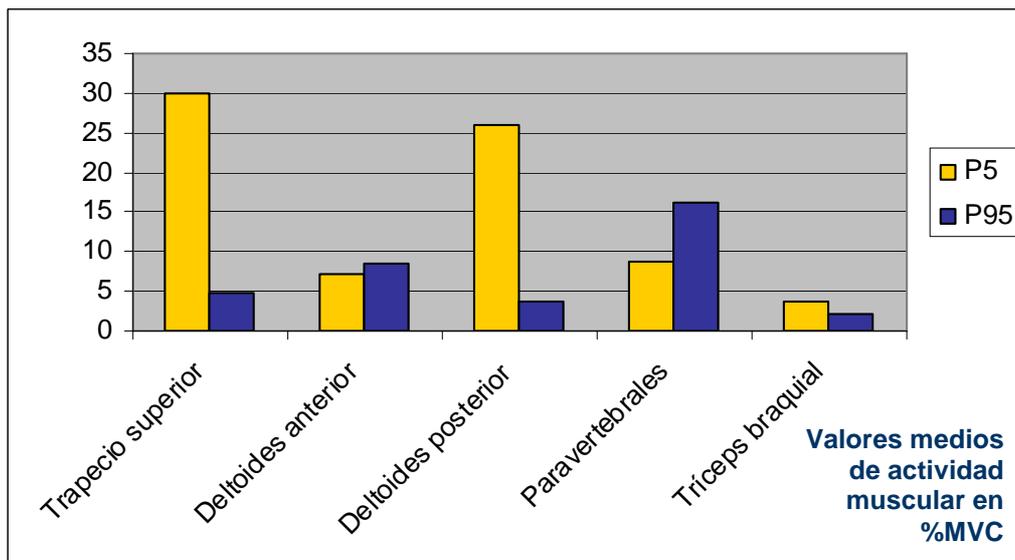


Figura 3. Comparativa posición: **Arriba de frente** (con 2º trabajador abajo de espaldas)

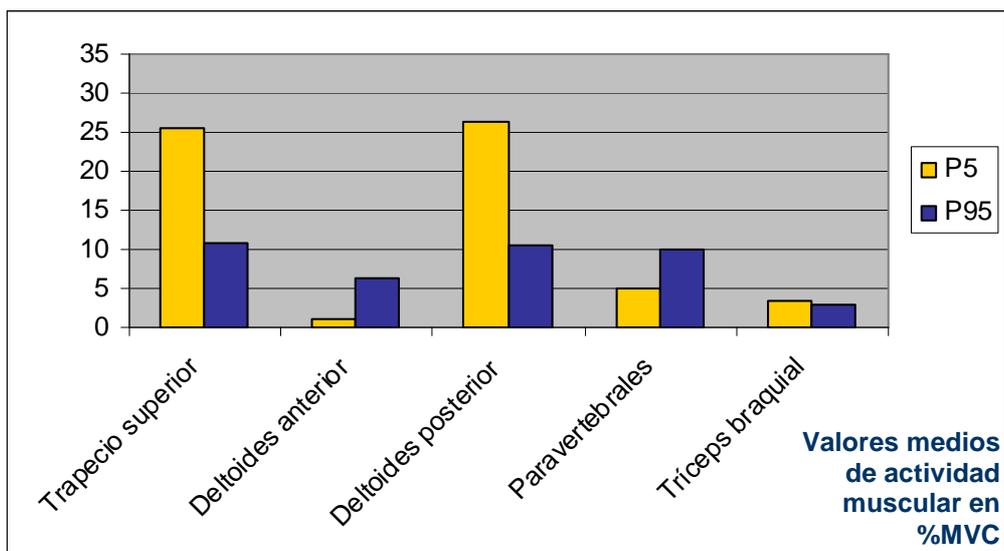


Figura 4. Comparativa posición: **Abajo de frente**

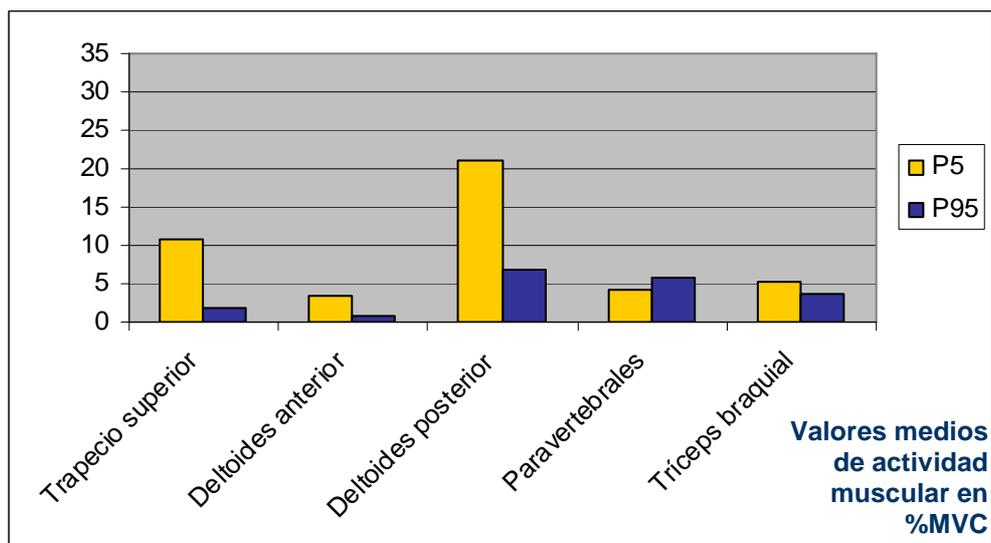


Figura 5. Comparativa posición: **Abajo de espaldas**

