

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

Yolanda Gallego Fernández^a, Elena Caballero Martín^a, Josep M^a Molina^b

Recibido: 2 de febrero de 2012

Aceptado: 18 de mayo de 2012

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, trabajadores sanitarios, ergonomía.

MEASUREMENT OF MUSCULAR ACTIVITY BY SURFACE ELECTROMYOGRAPHY DURING USE OF AN EMERGENCY EVACUATION CHAIR

ABSTRACT

Objective: To compare the different techniques used by paramedics in handling an emergency evacuation chair and to identify the more ergonomically favourable technique, based on an analysis of muscular activity using surface electromyography.

a Departamento de I+D+i en prevención de MC MUTUAL.

b Servicio de Prevención del Sistema d'Emergències Mèdiques.

Correspondencia:

Elena Caballero Martín
Dpto I+D+i en Prevención
MC Mutual
C/ Provença, 321
08037, Barcelona
Tf: 93 405 12 44
ecaballerom@mc-mutual.com

Methods: The trial was based on descending stairs, through four possible arrangements for the same transport operation, where the study variables were: worker anthropometrics (5th and 95th percentiles, corresponding to the extremes of the normal height-weight distribution curve), worker location during chair transport (upper or lower end of the chair), and the position of the individual at the lower end (facing front or backwards during descent).

Results: For both workers participating in the study, the more favourable working position during chair descent was at the lower end of the chair while facing forward, as this was associated with less muscular activity. In general, physical demands on the various muscles studied was greater for the worker corresponding to the 5th percentile (i.e., lower height-weight), except for the paravertebral musculature which, for certain maneuvers involving manipulation was significantly greater than the 95th percentile.

Conclusions: When descending stairs while transporting an emergency evacuation chair, the position involving least muscular activity is located at the lower end of the chair, and descending while facing forwards.

KEYWORDS: electromyography, health workers, ergonomics.

INTRODUCCIÓN

Las lesiones musculoesqueléticas tienen una especial incidencia en los trabajadores de emergencias sanitarias. En la literatura reciente se habla de prevalencias del 50% de dolor de espalda en este colectivo¹ y lesiones por sobrecarga o esguinces² afectando a 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 y favorecer 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 sobre esfuerzos (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 principalmente con la movilización de pacientes, así como con el desplazamiento de camillas y elementos auxiliares.

Por otra parte, la electromiografía es la técnica que registra el potencial eléctrico generado por la despolarización de la membrana externa de la fibra muscular. La electromiografía de superficie (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 referi-

dos a la capacidad física de cada individuo, por ello, para transformarlos en datos normalizados se realiza previamente la adquisición de la contracción voluntaria máxima (*maximum voluntary contraction* o MVC) de la musculatura a estudiar. De esta manera, es posible cuantificar 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 presente estudio se centra en las situaciones de evacuación sanitaria domiciliaria en inmuebles con barreras arquitectónicas, donde el traslado del paciente se realiza manualmente por las escaleras con la silla de evacuación. Las dificultades de accesibilidad se suman a la intervención de 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 la experiencia o hábitos de los trabajadores, pero sin garantía científica de que dicha técnica sea la más adecuada para prevenir lesiones musculoesqueléticas.

El objetivo del trabajo ha sido valorar de forma objetiva el efecto que tienen sobre el sistema musculoesquelético las distintas disposiciones para la tarea de evacuación domiciliaria durante el descenso por escaleras, y discriminar entre ellas la opción más ergonómica y menos lesiva para los trabajadores a través de la técnica de electromiografía de superficie (EMGS).

MÉTODOS

Participantes

El estudio inicial se llevó a cabo simulando una operación de descenso por escalera con dos individuos de percentiles extremos (P5 y P95) 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 respectivamente al

máximo del percentil 5 (P5, talla 150-160 cm, peso 48-58 kg, sexo femenino) y del percentil 95 (P95, talla 170-182 cm, peso 77-96 kg, sexo masculino). En cualquier caso, el IMC (índice de masa corporal) debía situarse entre 18,5-25 (para la mujer) y 20-25 (para el hombre).

Los sujetos del estudio son un técnico sanitario (P95) y una enfermera de ambulancia (P5), con talla y peso dentro de los correspondientes intervalos establecidos. Se obtuvo de los trabajadores su consentimiento informado sobre el estudio y se solicitó que fueran trabajadores experimentados en la tarea y sin antecedentes patológicos ni de molestias musculoesqueléticas durante los últimos seis meses. La selección se hizo previa anamnesis para obtener información de otros aspectos médicos que pudieran interferir en el estudio, descartando aquellos individuos que sufrieran enfermedades que afectan al metabolismo (principalmente hiper/hipotiroidismo y diabetes) o que se medicaran para el colesterol.

Descripción de la tarea

Se analizó la actividad muscular que realizan los trabajadores únicamente durante el descenso por la escalera. Se descartó el registro del desplazamiento en plano horizontal para acotarlo en aquella circunstancia en la que los trabajadores manifiestan mayor dificultad. El ensayo se distribuyó según las cuatro disposiciones posibles durante la operación de evacuación por escalera con la silla domiciliaria, donde las variables del estudio fueron: 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). 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 se establecieron las siguientes pautas en el registro temporal de cada tarea tipo: 30 sg de registro isométrico en la posición inicial de trabajo, registro de 3 ciclos de bajada y 30 sg de registro isométrico en la posición final de trabajo. Una vez realizado el registro de la primera tarea y, antes de realizar la siguiente, 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.

Para la medición de la musculatura principalmente implicada se utilizó un 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 ad-

quisición de 1000 Hz. Adicionalmente se empleó una cámara de vídeo para el registro secuencial de las distintas tareas tipo analizadas. En el instrumental requerido se empleó una 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. 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 (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.

Medición de las MVC (*maximum voluntary contraction*)

Al inicio del estudio se realizó la preparación del individuo, la colocación de los electrodos y la medición de las MVC de la musculatura seleccionada, solicitándose para ello tres acciones máximas isométricas, con un tiempo de recuperación entre ellas, y obteniendo después el promedio de los valores máximos medidos.

Mediante un estudio biomecánico previo de acuerdo con los movimientos articulares realizados durante la tarea, se determinaron los músculos representativos y se asignó a cada uno un canal de registro del electromiógrafo. La musculatura seleccionada, y los canales EMG correspondientes, fueron: trapecio superior (TS) – Canal 1; deltoides anterior (DA) – Canal 2; deltoides posterior (DP) – Canal 3; tríceps braquial (TB) – Canal 4; paravertebrales (PV) – Canal 5. Seguidamente se procedió a la obtención de los registros de las cuatro disposiciones tipo (Figura 1). Con estos criterios

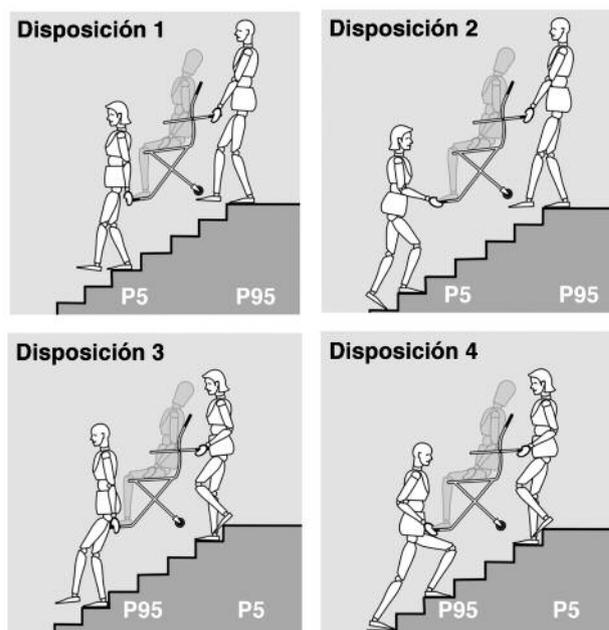


Figura 1. Disposiciones consideradas en la manipulación de una silla para evacuación de emergencias sanitarias durante la bajada de una escalera para dos trabajadores con valores antropométricos extremos (percentil 5, P5, y percentil 95, P95).

es posible tener una aproximación del nivel de carga física presente en las diferentes disposiciones, identificando la musculatura más sobrecargada en cada caso.

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*⁷. La señal obtenida fue rectificadora y suavizada mediante RMS (*root mean square*) con una ventana de 100 ms. Los valores se normalizaron respecto a la MVC de cada músculo.

Se presentan resultados en términos de porcentaje de la actividad muscular registrada en los tres ciclos de bajada de cada disposición respecto a la MVC de cada musculatura considerada.

RESULTADOS

En la Tabla 1 los valores representativos (media, máximo y mínimo) de los registros obtenidos para cada trabajador y para cada una de las cuatro disposiciones efectuadas. Se destacan en negrita aquellos valores correspondientes a la disposición que supone una menor actividad muscular para cada sujeto. Los valores representan el porcentaje de actividad muscular registrada respecto a la MVC de cada musculatura. 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.

Tabla 1. Registros electromiográficos (expresados en porcentaje del MVC, *maximum voluntary contraction*, medio, máximo y mínimo) obtenidos para dos trabajadores con valores antropométricos extremos (percentil 5, P5, y percentil 95, P95) en cuatro disposiciones de manipulación de una silla para evacuación de emergencias sanitarias durante la bajada de una escalera y en los cinco grupos musculares seleccionados^a.

Ciclos bajada para P5																
	Trapecio superior (%MVC)			Deltoides anterior (%MVC)			Deltoides posterior ^b (%MVC)			Paravertebrales (%MVC)			Tríceps braquial (%MVC)			
	Media	Máx.	Mín.	Media	Máx.	Mín.	Media	Máx.	Mín.	Media	Máx.	Mín.	Media	Máx.	Mín.	
Disposición 1 – abajo de frente	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 – abajo de espaldas	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 – arriba de frente	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 – arriba de frente	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	
Ciclos bajada para P95																
	Trapecio superior (%MVC)			Deltoides anterior (%MVC)			Deltoides posterior ^b (%MVC)			Paravertebrales (%MVC)			Tríceps braquial (%MVC)			
	Media	Máx.	Mín.	Media	Máx.	Mín.	Media	Máx.	Mín.	Media	Máx.	Mín.	Media	Máx.	Mín.	
Disposición 1 – arriba de frente	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 – arriba de frente	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 – abajo de frente	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 – abajo de espaldas	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	

a Se destacan en negrita los valores correspondientes a los resultados más favorables para cada individuo de entre todas las disposiciones.

b Para el deltoides posterior se obtuvieron valores por encima del 100%, lo que significa la MVC realizada era submáxima, pese a lo cual se mantiene como valor de normalización la MVC para este músculo.

En la Figura 2 se comparan 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 P5 (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 P95, especialmente en las dos disposiciones en las que se ubica en la parte superior de la escalera.

DISCUSIÓN

El presente estudio demuestra que la posición de trabajo para un equipo de dos personas (P5 y P95) 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 reco-

mendación 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 (disposición 1), se comprueba que para P95 la posición en la parte superior de la escalera supone unos valores de actividad muscular admisibles⁶ en comparación con las otras disposiciones y 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).

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 opera-

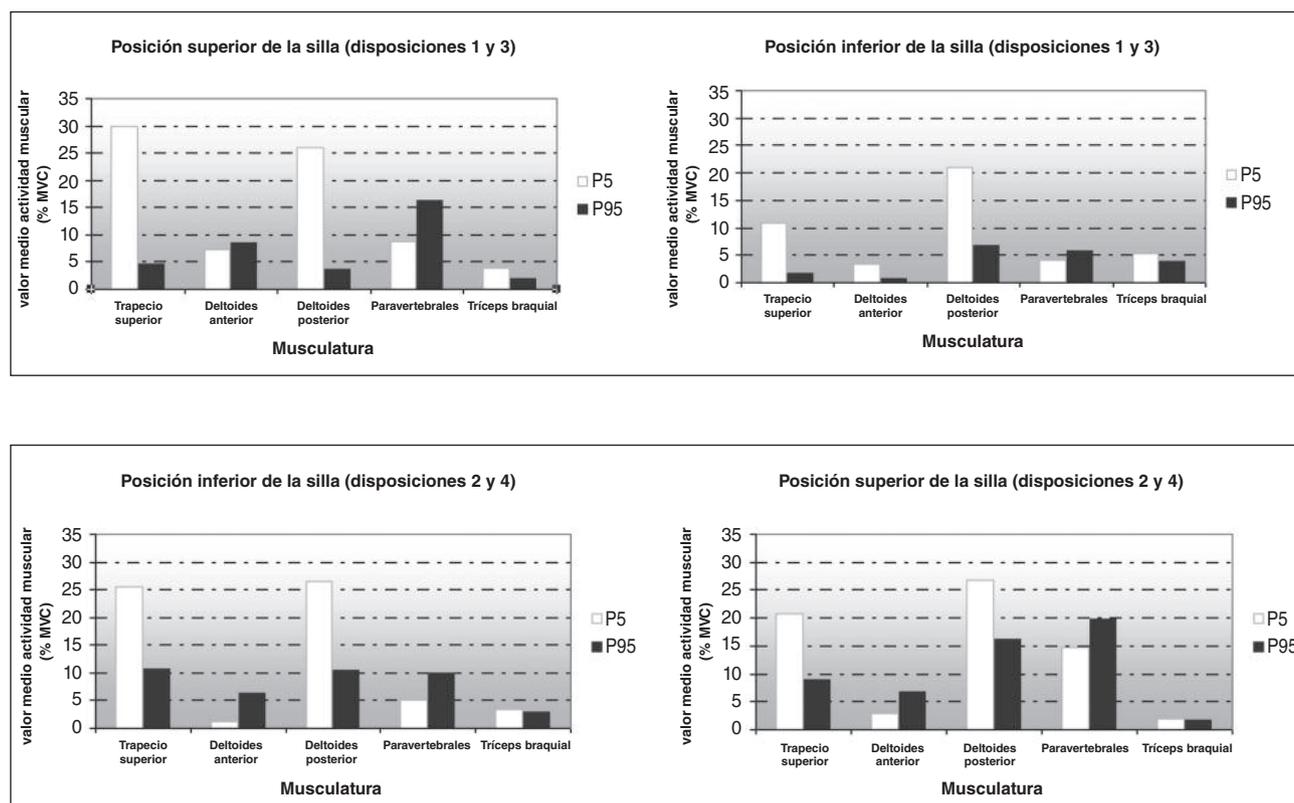


Figura 2. Comparación de los registros electromiográficos (expresados en la media del porcentaje del MVC, maximum voluntary contraction) obtenidos para dos trabajadores con valores antropométricos extremos (percentil 5, P5, y percentil 95, P95) en cuatro disposiciones de manipulación de una silla para evacuación de emergencias sanitarias durante la bajada de una escalera.

ción en una situación real no presentan las condiciones idóneas de la empleada en el estudio y por tanto suponen una demanda física distinta. A ello habría que añadir las limitaciones relacionadas con 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.

De acuerdo con estudios previos existentes⁸, las tareas de descenso por escaleras (mediante distintos equipos de evacuación, incluyendo las sillas) en personal de servicios de emergencias médicas se valoran subjetivamente por parte de los trabajadores como fatigantes, siendo además frecuentes, valoración confirmada en algunos estudios biomecánicos realizados en este tipo de tareas. De acuerdo con estos otros 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 resultante del cálculo teórico de la carga entre los dos miembros del equipo sería de 38% para el trabajador en la parte inferior de la escalera, bajando de espaldas, y 62% para el trabajador en la parte superior de la escalera⁹.

No obstante, en el presente trabajo se observa 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. De acuerdo con el análisis biomecánico de la principal postura observada durante la tarea, los valores resultantes pueden ser debidos a la compensación que debe realizar el trabajador por la diferencia de altura respecto a su compañera.

Las observaciones y condiciones del presente estudio son limitadas, y es por ello que la reproducción de la metodología seguida en situaciones más diversas permitiría reforzar los resultados obtenidos. Aun así, consideramos que los datos presentados, basados en observaciones y mediciones rigurosas de los parámetros de interés en dos trabajadores representativos de percentiles antropométricos extremos, pueden ser útiles en la consideración de recomendaciones de actuación para la manipulación en escalera de la silla de evacuación sanitaria domiciliaria.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos su colaboración a la empresa *Sistema d'Emergències Mèdiques (SEM)* y a los trabajadores que han contribuido en la realización del presente estudio.

BIBLIOGRAFÍA

1. Studnek JR, Crawford JM, Wilkins JR, Pennell ML. Back problems among emergency medical services professionals: the LEADS health and wellness follow-up study. *Am J Ind Med.* 2010;53(1):12-22.
2. Reichard AA, Jackson LL. Occupational injuries among emergency responders. *Am J Ind Med.* 2010;53(1):1-11.
3. Studnek JR, Ferketich A, Crawford JM. On the job illness and injury resulting in lost work time among a national cohort of emergency medical services professionals. *Am J Ind Med.* 2007;50(12):921-31.
4. Gershon RR, Vlahov D, Kelen G, Conrad B, Murphy L. Review of accidents/injuries among emergency medical services workers in Baltimore, Maryland. *Prehosp Disaster Med.* 1995;10(1):14-8.
5. Carmona A. Aspectos antropométricos de la población laboral española aplicados al diseño industrial. Sevilla: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo; 2003.
6. Hagberg M, Jonsson B. The amplitude distribution of the myoelectric signal in an ergonomic study of the deltoid muscle. *Ergonomics.* 1975;18(3):311-319.
7. Cram JR, Kasman GS, Holtz J. Introduction to Surface Electromyography. Maryland: Aspen Publication; 1998.
8. Conrad KM, Reichelt PA, Lavender SA, Gacki-Smith J, Hattle S. Designing ergonomic interventions for EMS workers: Concept generation of patient-handling devices. *Appl Ergonomics.* 2008;39(6):792-802.
9. Doormaal M, Driessen A, Landeweerd J, Drost MR. Physical workload of ambulances assistants. *Ergonomics.* 1995;38(2):361-376.