



## **INFORME DE RESULTADOS:**

Estudio de la actividad muscular mediante electromiografía de superficie durante el uso de delantales plomados en personal sanitario

**- ESTUDIO INICIAL -**

Departamento I+D+i

División de Servicios de Prevención

Barcelona, marzo 2013

**CON LA SALUD LABORAL,  
CON LAS PERSONAS**

## Índice de contenidos

---

1. Introducción.....	3
2. Descripción del estudio .....	4
3. Métodos.....	5
3.1 Encuesta inicial .....	5
3.2 Selección de la muestra y estrategia de muestreo.....	6
3.3 Materiales y equipo .....	8
4. Resultados .....	9
4.1 Valores representativos del registro .....	9
5. Conclusiones.....	17
6. Referencias .....	20

## 1. Introducción

---

El presente informe de resultados corresponde a la prueba piloto del estudio *Electromiografía durante el uso de delantales plomados en personal sanitario* que MC MUTUAL ha desarrollado en colaboración con el Hospital Universitari de Bellvitge.

Los objetivos generales del estudio son:

- Identificar los grupos musculares que tienen mayor protagonismo en las tareas propias de radiodiagnóstico haciendo uso de delantal protector de radiaciones.
- Analizar la actividad muscular de la espalda (zona dorsal y lumbar) y las extremidades inferiores durante la adopción de diferentes posturas en dichas tareas.
- Comparar diferentes delantales y su influencia en el comportamiento muscular en las tareas de radiodiagnóstico.

El planteamiento del estudio surge de la problemática existente en el personal sanitario de los servicios de radiodiagnóstico de algunos centros hospitalarios. Este colectivo manifiesta disconfort y dolencias musculoesqueléticas derivadas del uso de delantales plomados ante radiaciones, achacándolo al peso de los de los delantales de protección radiológica.

Desde el Servicio de Prevención del Hospital, se detecta la necesidad de comprobar la influencia que tienen los diferentes tipos y pesos de los delantales existentes en el comportamiento muscular de los trabajadores, realizándose este estudio en el Hospital Universitari de Bellvitge. Para valorar de forma objetiva el efecto que tienen sobre el sistema musculoesquelético se decide aplicar la técnica de electromiografía de superficie (EMGS).

La EMGS de superficie es una técnica no invasiva que permite medir el campo eléctrico generado por el potencial de acción de un músculo cuantificando, de esta forma, la exigencia física que supone una tarea para un individuo (observando qué músculos intervienen, los patrones de movimiento adoptados, los esfuerzos que realizan y cómo se fatigan).



## 2. Descripción del estudio

### Descripción del estudio

**Tarea a analizar:** Simulación de una tarea de angiografía usando delantal de protección.

**Material:** Una camilla (1.06 m de altura), un carro auxiliar (1 m de altura) y los diferentes delantales: El carro auxiliar se situó a 80 cm de la camilla en el plano posterior del sujeto.

Delantal 1: Peso 4.0 kg, protección 0.35/0.25, una pieza (ref. flores lila – Quirófano Urgencias).

Delantal 2: Peso 4.3 kg, protección 0.35/0.25, dos piezas (ref. lila – Servicio Hemodinámica)

Delantal 3: Peso 4.4 kg, protección 0.35/0.25, dos piezas (ref. ARD 6 – Servicio Angioradio)

Delantal 4: Peso 6.1 kg, protección 0.35/0.25, dos piezas (ref. ARD 10 – Servicio Angioradio)

**Recursos humanos:** El estudio es realizado por dos técnicos especialistas en Ergonomía del Departamento de I+D+i en prevención de MC MUTUAL (Yolanda Gallego y Elena Caballero).

**Metodología:** Se ha utilizado la técnica de electromiografía de superficie (EMGS), teniendo en cuenta la musculatura principalmente implicada.

El ensayo se ha distribuido en diferentes tareas tipo (deambulación, operaciones en bipedestación con plano frontal y operaciones en bipedestación alternando con giros) donde las variables del estudio han sido el tipo de delantal y el tipo de tarea.

**Fecha de adquisición:** Se realizó en cuatro días, comprendidos entre los meses de junio y noviembre del 2011.

**Limitaciones del estudio:** Los sujetos no son experimentados en la tarea con lo que puede existir un factor de coactivación muscular propio del aprendizaje motor. El sujeto 1 consumió café antes de iniciar el estudio. Los sujetos 1 y 2 fueron registrados en junio mientras que los sujetos 3, 4 y 5 fueron registrados en noviembre con lo que la diferencia en la temperatura ambiental puede tener también repercusión en la respuesta muscular. La diferencia de peso entre los delantales 1, 2 y 3 no es significativa.

### 3. Métodos

---

#### 3.1 Encuesta inicial

Para conocer el uso actual que hacen los trabajadores de los delantales y la manifestación de sus dolencias o molestias derivadas de las tareas realizadas, formando parte de las mismas el uso frecuente u ocasional de los delantales plomados, se solicitó la participación de los trabajadores de las áreas de Quirófano, DIVAS y Radiodiagnóstico para responder una encuesta de forma anónima, con objeto de realizar un análisis previo de la situación.

Se recogieron un total de 50 encuestas con la siguiente distribución según servicio: 12% Radiodiagnóstico, 8% DIVAS y 80% Quirófanos. El 76% de los encuestados indicaban una antigüedad de más de 10 años en el puesto.

Las conclusiones de dicha encuesta fueron las siguientes:

- La mayoría de trabajadores (53%) utiliza un modelo concreto de delantal tipo dos piezas (chaleco y falda). El segundo modelo más utilizado es de tipo bata con protección frontal (27%). El resto de trabajadores utilizan otros modelos de marcas distintas.
- Un 78% de los trabajadores afirma que puede alternar con tareas que no requieren del uso de delantal durante la jornada laboral, frente a un 22% que no. Sin embargo, los profesionales que indican que pueden o no alternar posturas (de pie o sentado) se distribuyen en igual proporción (un 50% en cada caso).
- Los resultados indican que el colectivo con mayor prevalencia es el de Quirófano, en turno de mañana. Estos profesionales utilizan principalmente el modelo de 2 piezas y, en menos ocasiones, la bata con protección frontal.
- Se ha observado que existe una falta de conocimiento del nivel de protección de los delantales plomados que se utilizan (un 26% de los trabajadores desconoce este dato). No obstante, el personal que conoce este dato indica que usa protección 0.50 principalmente.
- La prevalencia de molestias musculoesqueléticas es elevada en el colectivo. Un 94% indica molestias en la zona de la espalda. En concreto, reportan molestias moderadas o intensas: 48% en cervicales, 38% en la zona dorsal y 54% en la lumbar. En lo referente a las extremidades superiores e inferiores la prevalencia es del 82%, si nos centramos en las molestias de grado moderado o intenso la distribución es la siguiente: 52% en hombros, 18% en manos y 28% en rodillas.
- La incidencia del dolor suele aparecer en la mayoría de los casos (60%) al finalizar la jornada.
- A pesar de la elevada incidencia de molestias musculoesqueléticas, el 74% indica que no ha supuesto ningún día de baja médica en los últimos 12 meses, y el 64% que no tiene ninguna patología musculoesquelética médicamente diagnosticada.

Cabe destacar que la muestra de profesionales que han contestado la encuesta es muy baja en relación con los trabajadores expuestos y, la mayoría de respuestas, se concentran en el mismo servicio, turno de trabajo y el mismo modelo de delantal. Es muy difícil establecer pruebas de independencia de las variables, correlaciones y regresiones de los datos que permitan profundizar más en el análisis.

### 3.2 Selección de la muestra y estrategia de muestreo

El estudio inicial se llevó a cabo simulando una operación de angiografía en una sala médica y se realizaron registros en 5 sujetos de las características siguientes:

- Sujeto 1: Talla 168 cm. Peso 54 kg. IMC 19,13 (normopeso). Sexo femenino.
- Sujeto 2: Talla 170 cm. Peso 60 kg. IMC 31,63 (obesidad). Sexo femenino.
- Sujeto 3: Talla 155 cm. Peso 76 kg. IMC 20,76 (normopeso). Sexo femenino.
- Sujeto 4: Talla 165 cm. Peso 66 kg. IMC 24,24 (normopeso). Sexo femenino.
- Sujeto 5: Talla 169 cm. Peso 72 kg. IMC 25,21 (sobrepeso). Sexo femenino.

Se administró a los trabajadores un consentimiento informado sobre el estudio y un cuestionario de sintomatología musculoesquelética.

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

- Tipo tarea.
- Tipo delantal (4 modelos).

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 tareas tipo que interesaba representar, se acotó la zona de los desplazamientos y, por último, se establecieron unas pautas en el registro temporal con cada delantal como sigue:

#### Tarea 1: Deambulación durante 1 min.



**Tarea 2: Simulación tareas angiografía sobre plano frontal durante 4 min. Posición bipedestación, tarea bimanual.**



**Tarea 3: Simulación tarea angiografía en plano frontal durante 3 min y alcance a material en mesa auxiliar (situada detrás a 80 cm) cada 30 seg. Posición bipedestación, tarea bimanual.**



Previamente se hizo el registro de las tareas sin delantal. Para cada delantal se hizo el registro de las 3 tareas indicadas para proceder con los demás delantales de la misma forma. Entre cada tarea y delantal se efectuó un descanso de unos minutos para permitir la recuperación muscular.

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.

**Musculatura registrada**

**Hemicuerpo dominante (el derecho en todos los individuos)**

Trapezio ascendente (TA) – Canal 1  
Paravertebrales (PV) – Canal 2  
Oblicuo externo (OE) – Canal 3  
Cuádriceps (CD) – Canal 4  
Gemelo interno (GI) – Canal 5

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*, R. Cram y S. Kasman.

Seguidamente se procedió a la adquisición de los registros de cada una de las tareas definidas.

### **3.3 Materiales y equipo**

**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.



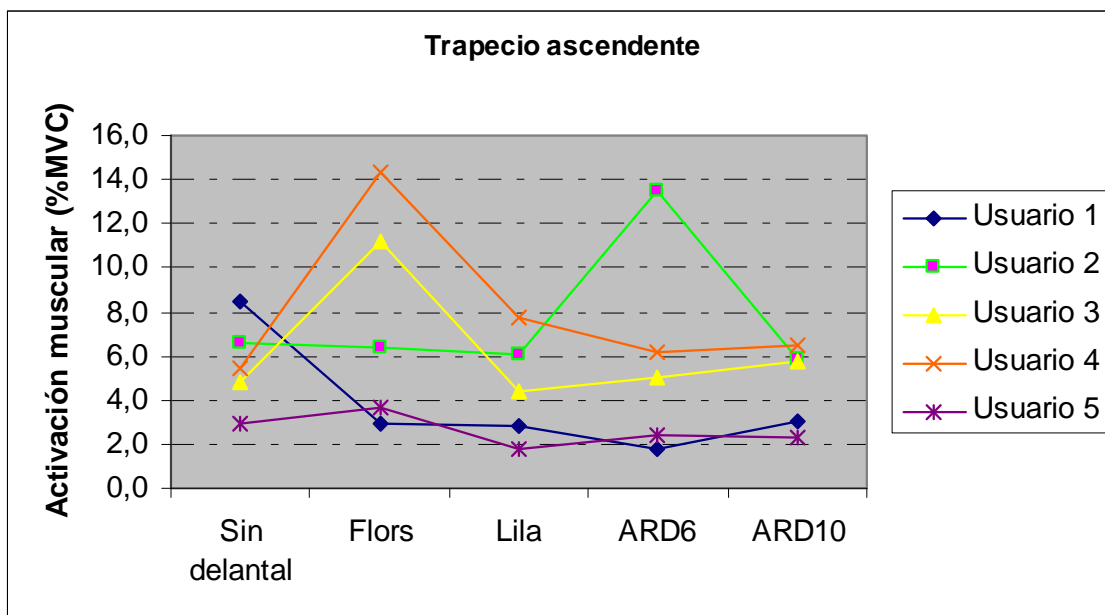
## 4. Resultados

### 4.1 Valores representativos del registro

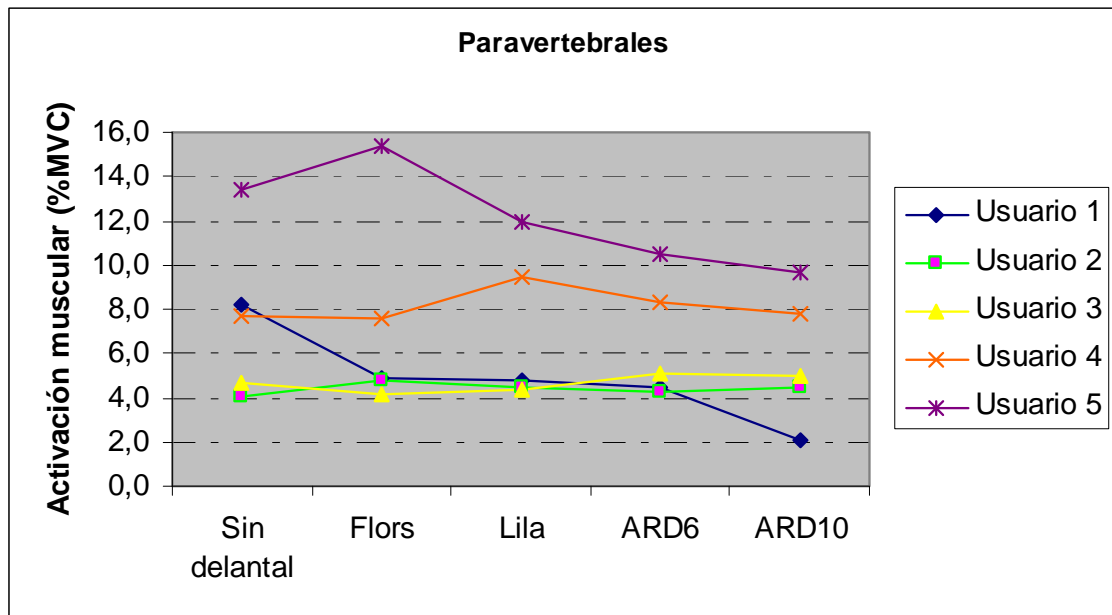
Para el análisis de resultados se ha realizado un procesamiento de la señal: rectificado y suavizado aplicando RMS (*Root Mean Square*) con una ventana de 100 ms, los valores se han normalizado respecto a la CVM de cada músculo.

A continuación se muestran en las siguientes tablas los valores representativos de los registros obtenidos para cada tarea donde se aprecia la activación muscular para cada sujeto y delantal. Los valores representan los valores medios del porcentaje de actividad muscular registrada respecto a la MVC de cada musculatura. El % de actividad muscular, respecto a la máxima capacidad de realizar fuerza de cada músculo, es un valor indicativo de la sobrecarga a la que puede estar sometido en las diferentes tareas tipo analizadas.

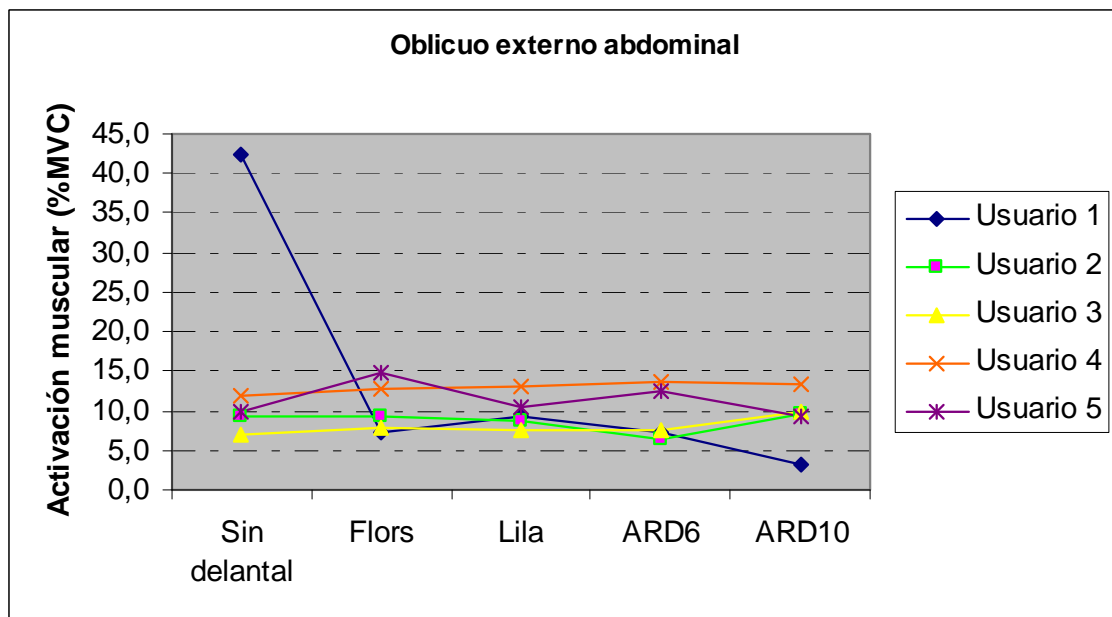
#### Tarea 1: Deambulación (durante 1 min)



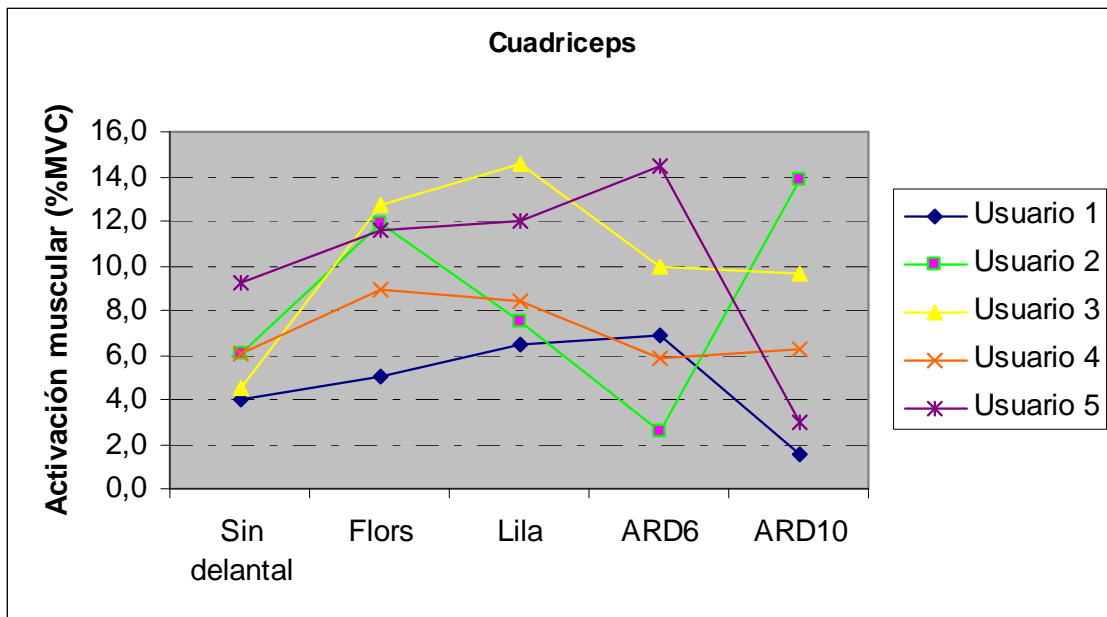
Cada usuario muestra un patrón distinto en tendencia e intensidad para la misma tarea y los distintos delantales. No se observa una correlación entre el %MVC y el peso-tipo de delantal.



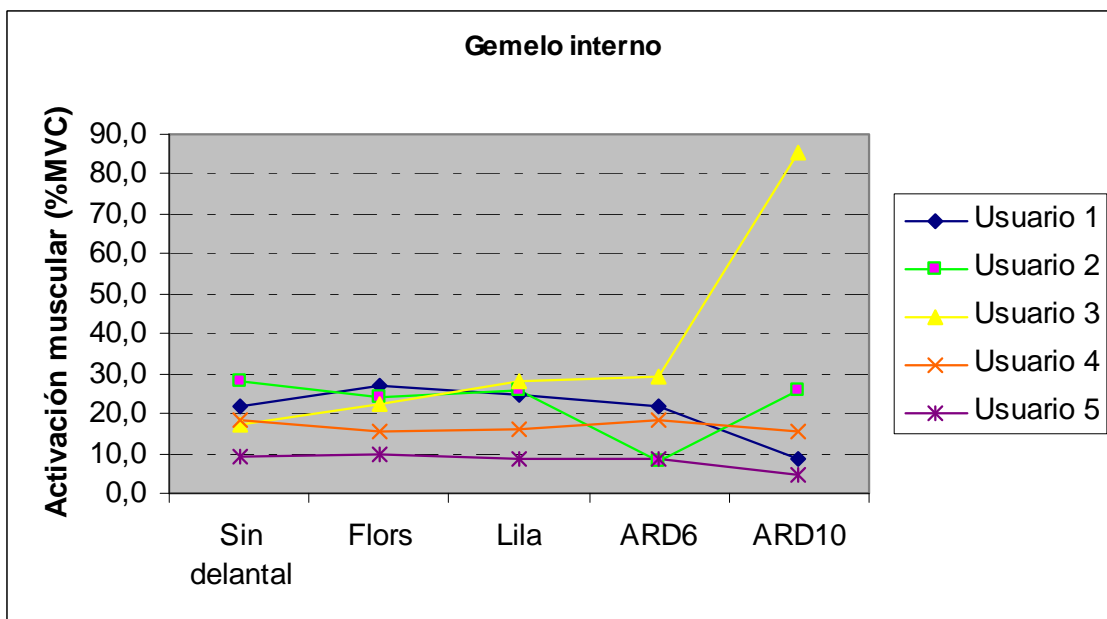
Los usuarios 2 y 3 muestran una misma tendencia e intensidad similar en la activación muscular de los paravertebrales (zona lumbar). En los usuarios 1, 4 y 5 tienen la misma tendencia para los delantales Lila, ARD6 y ARD10.



El oblicuo externo abdominal muestra un trabajo bastante constante con los diferentes delantales en la deambulaci3n, a excepci3n del usuario 1 que tiene un valor pico al deambular sin delantal.

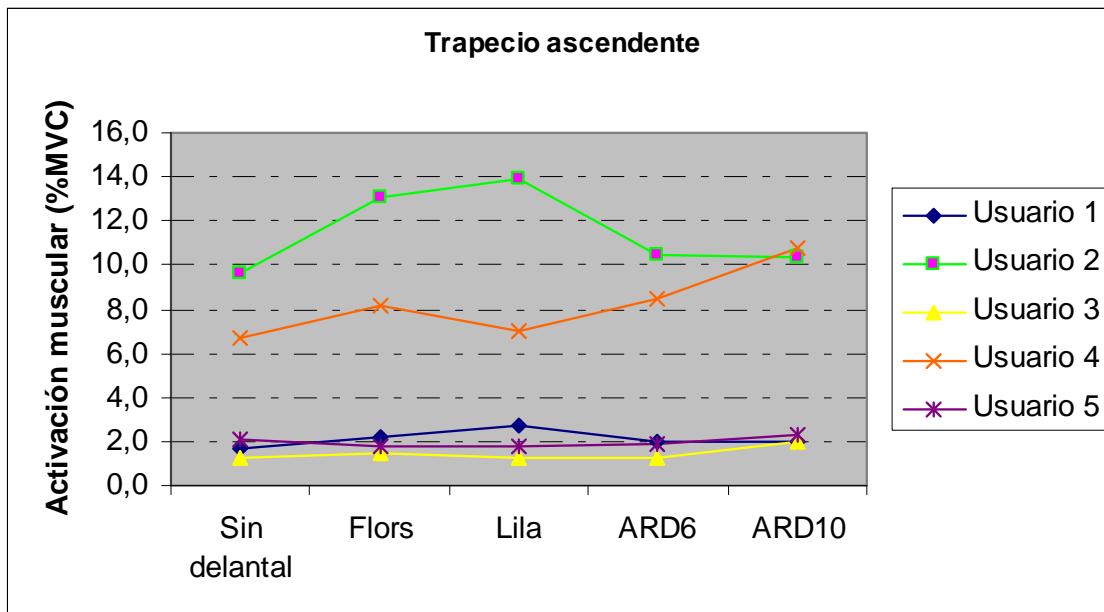


Cada usuario muestra un patrón distinto en tendencia e intensidad para la misma tarea y los distintos delantales.

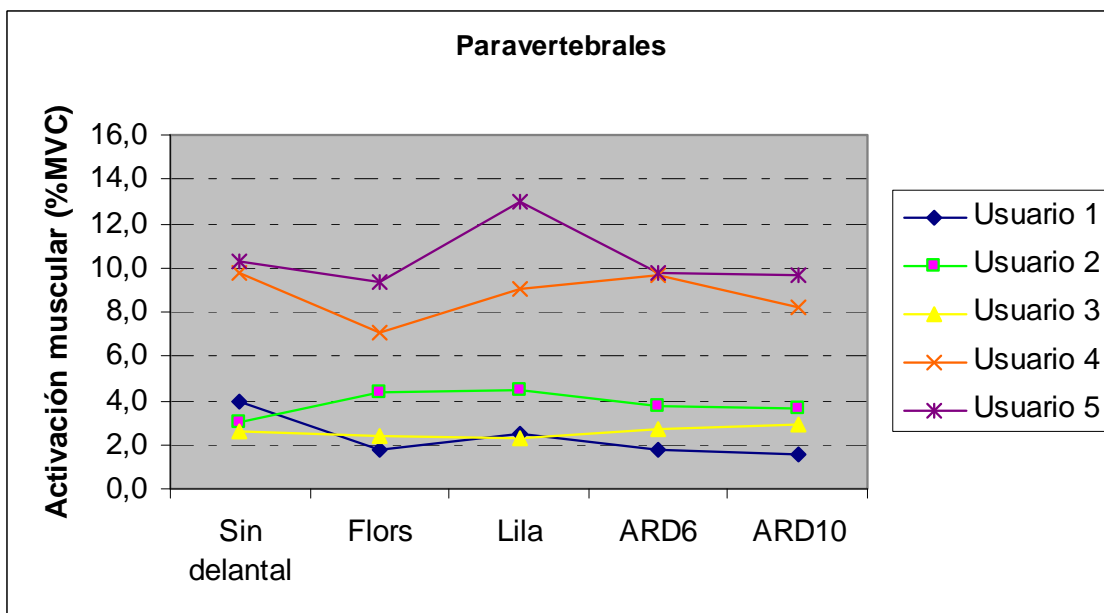


El gemelo interno muestra un trabajo bastante constante con los diferentes delantales en la deambulación, a excepción del usuario 3 que tiene un valor pico al deambular con el delantal de mayor peso.

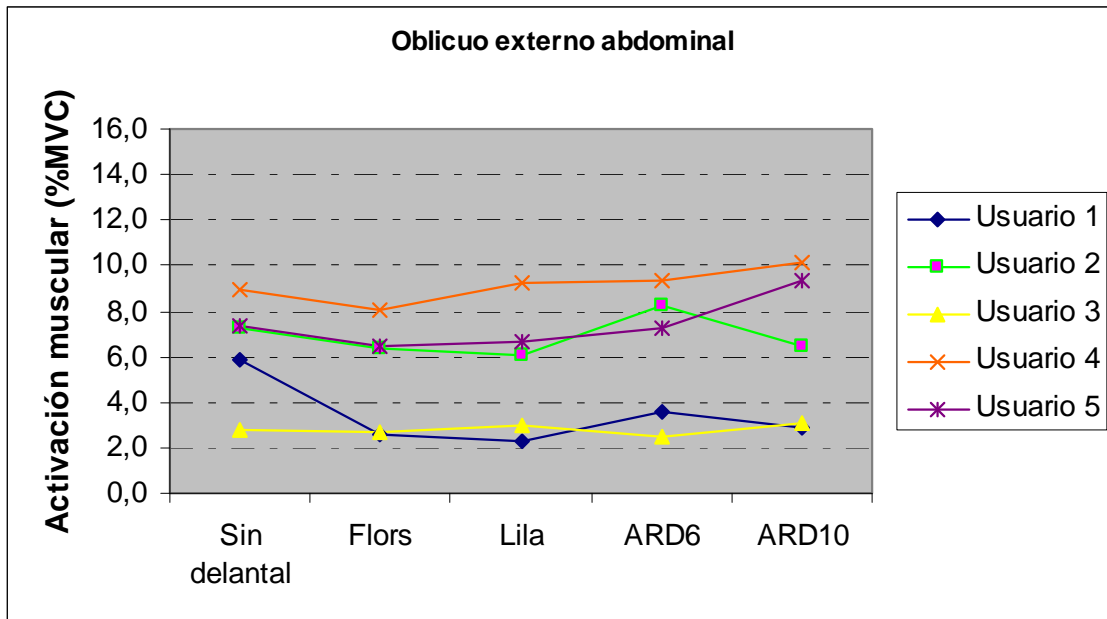
**Tarea 2: Tarea de angiografía sobre plano frontal (4 min)**



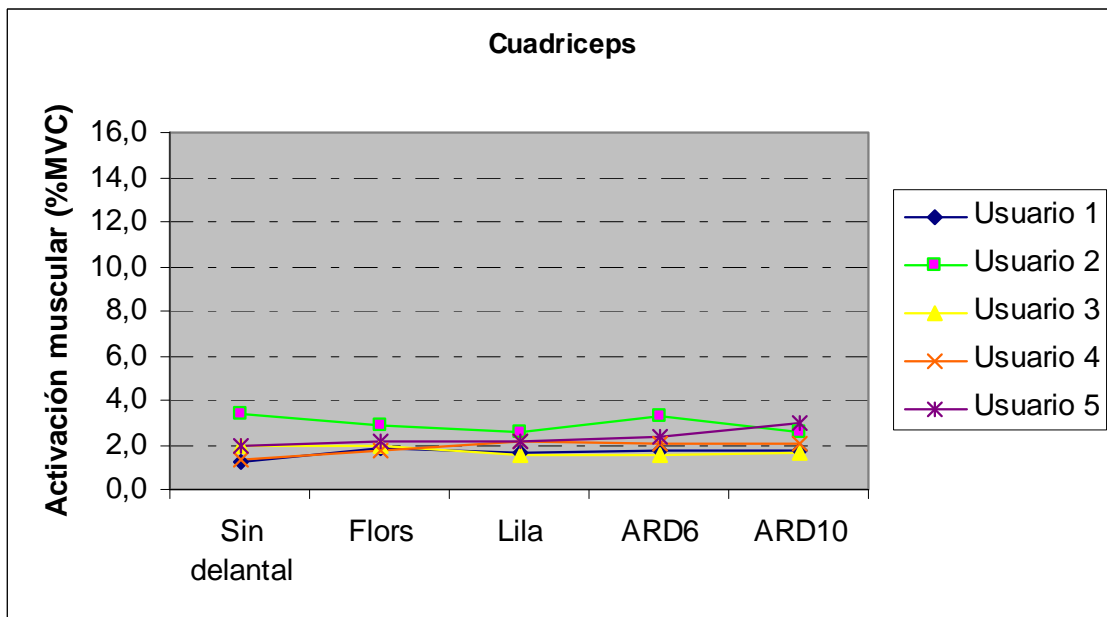
Los usuarios 1, 3 y 5 muestran una misma tendencia e intensidad similar en la activación muscular del trapecio ascendente para esta tarea. En cambio los usuarios 2 y 4 muestran patrones e intensidades propias y diferentes al resto.



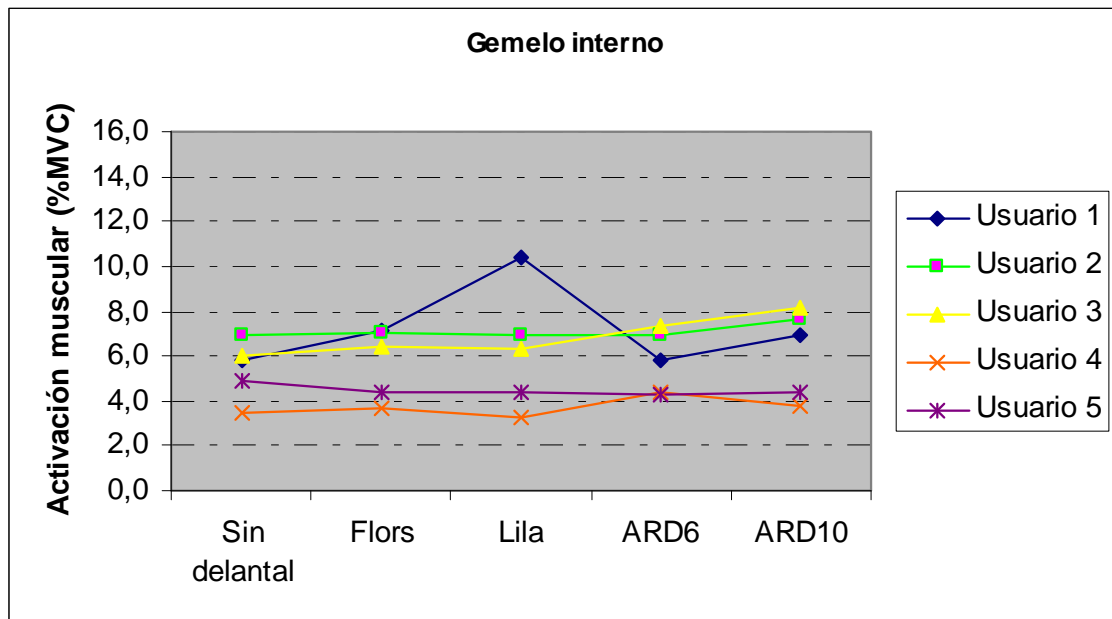
Cada usuario muestra un patrón distinto en tendencia e intensidad para la misma tarea y los distintos delantales.



Cada usuario muestra un patrón distinto en tendencia e intensidad para la misma tarea y los distintos delantales.

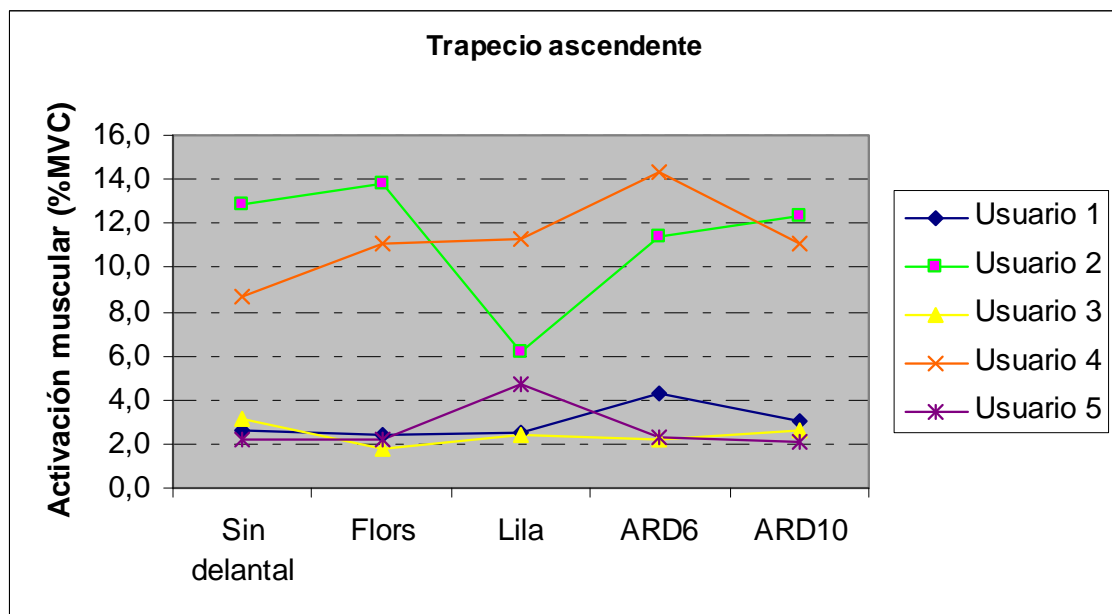


El patrón de actividad muscular es similar en todos los sujetos en tendencia e intensidad.

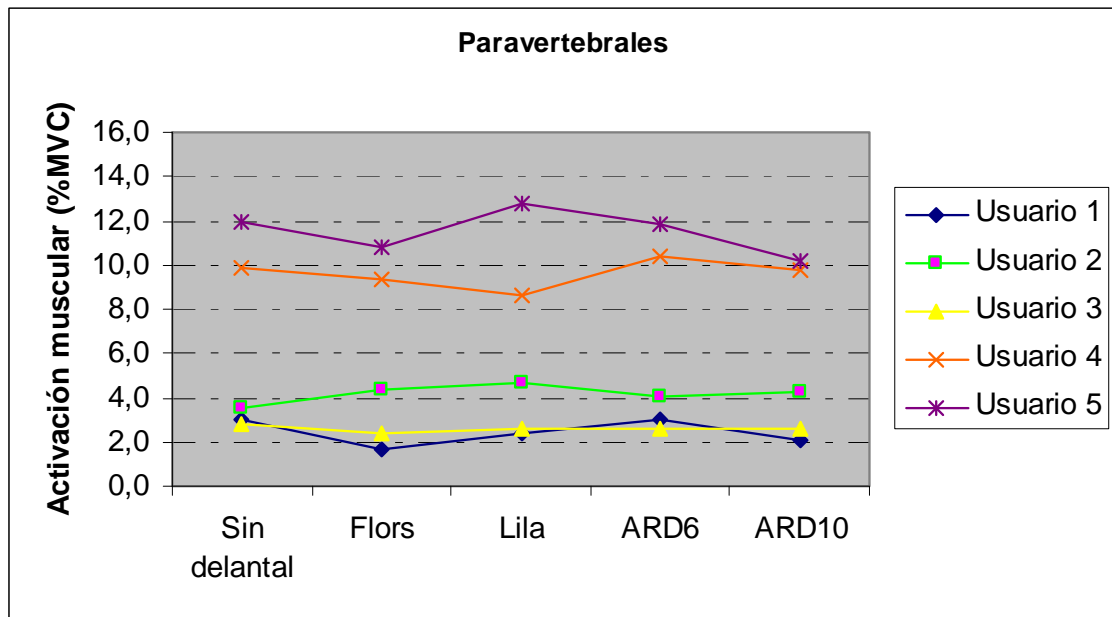


El patrón de actividad muscular es similar en todos los sujetos a excepción del usuario 1 que muestra un valor pico en la ejecución de la tarea con el delantal lila.

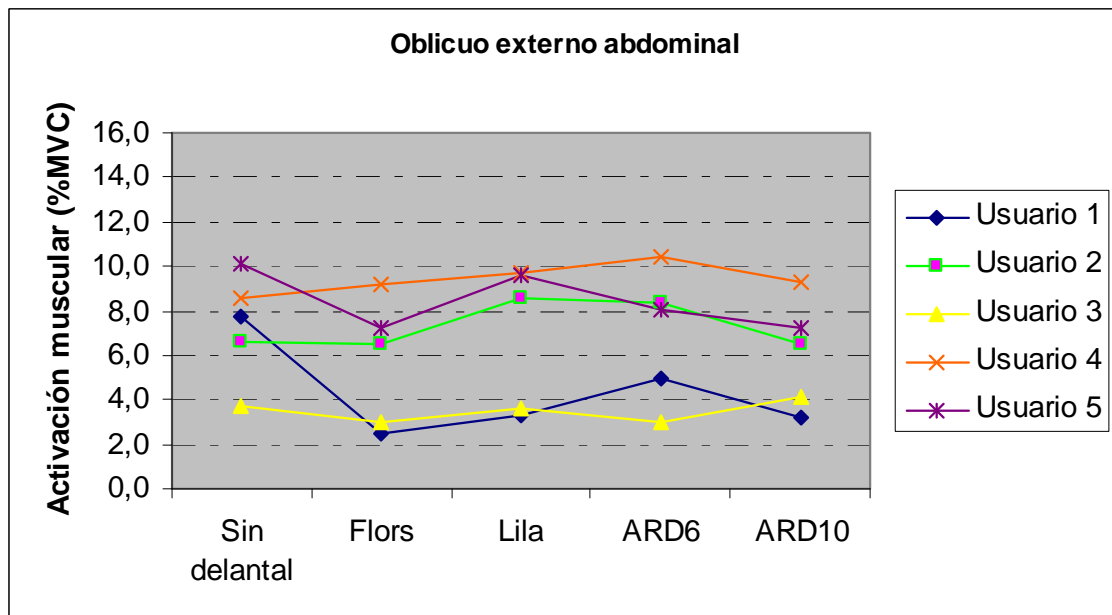
**Tarea 3: Tarea de angiografía en plano frontal (3 min) + alcance material mesa auxiliar cada 30 seg**



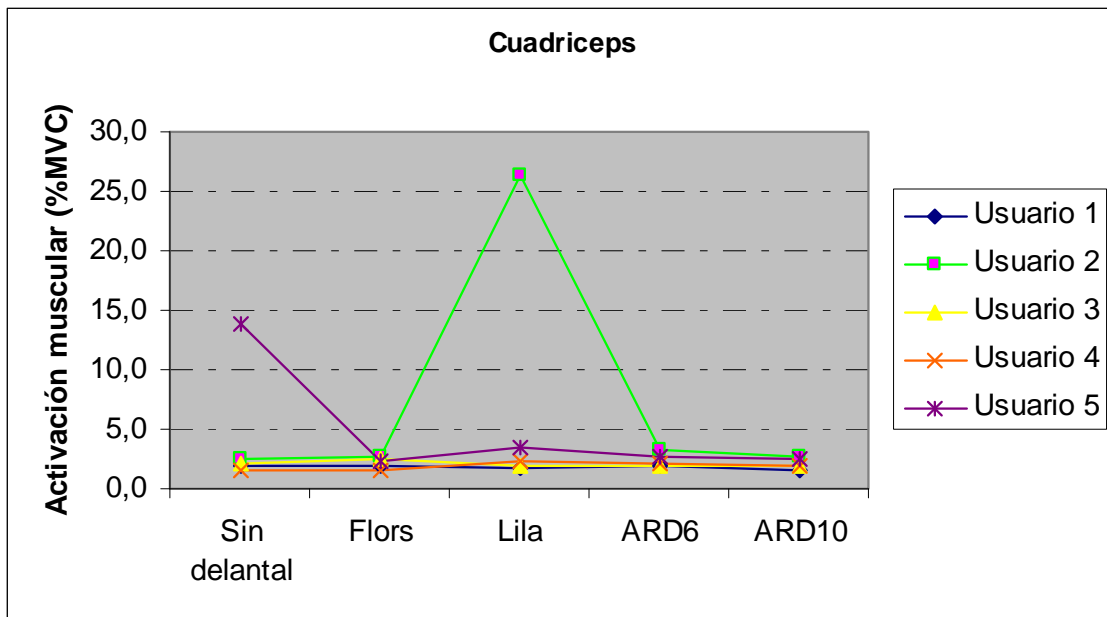
Cada usuario muestra un patrón distinto en tendencia e intensidad para la misma tarea y los distintos delantales.



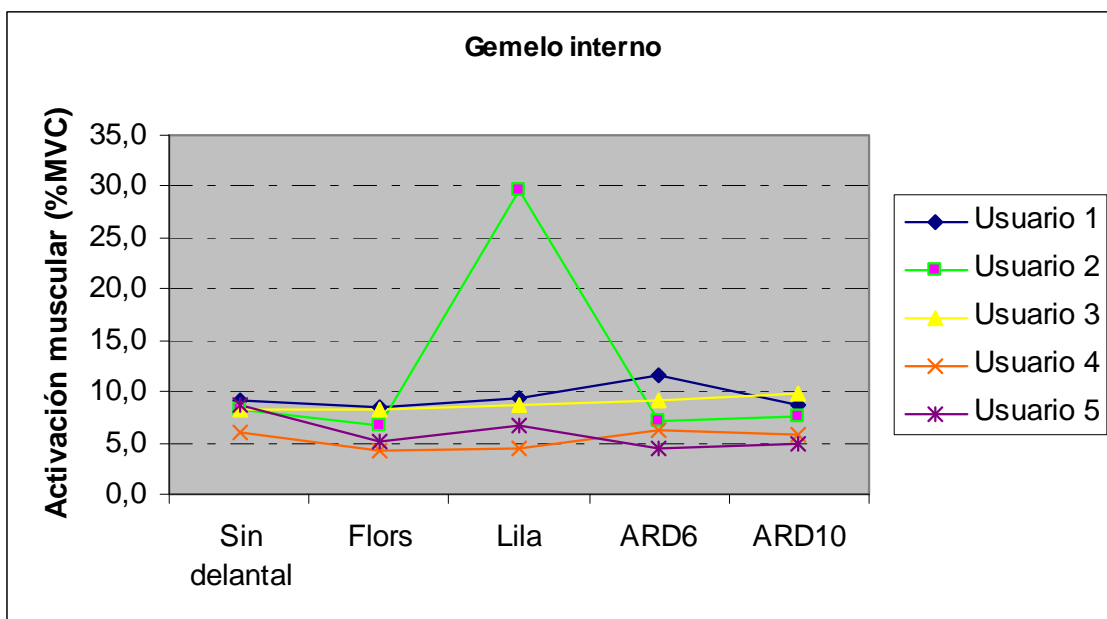
Cada usuario muestra un patrón distinto en tendencia e intensidad para la misma tarea y los distintos delantales.



Cada usuario muestra un patrón distinto en tendencia e intensidad para la misma tarea y los distintos delantales.



La actividad muscular sigue una misma tendencia e intensidad para los usuarios 1, 3 y 4. En el caso del sujeto 5 muestra un valor pico para este músculo y tarea cuando no lleva delantal, y el usuario 2 durante el uso del delantal lila.



El patrón de actividad muscular es similar en tendencia e intensidad en todos los sujetos, excepto el usuario 2 que tiene un valor pico durante el uso del delantal lila.



## 5. Conclusiones

---

Se observan patrones similares de actividad muscular para los músculos: gemelo interno (tarea 1, 2 y 3), cuádriceps (tarea 2 y 3) y oblicuo externo abdominal (tarea 1). En el resto de musculatura los patrones individuales tienen tendencias distintas, probablemente debido a los hábitos posturales particulares y un uso específico de la dinámica corporal.

Para las usuarias más altas no se ha observado una mayor actividad de los paravertebrales debido a la altura del plano de trabajo. Sí que se observa una mayor actividad del trapecio superior en las tareas 2 y 3 para los sujetos 2 y 4 (los más bajos) que requieren una mayor demanda física para los hombros debido a la altura del plano de trabajo. Por lo que la regulación adecuada de la camilla adquiere un papel importante en la actividad muscular del trapecio superior.

En general los músculos paravertebrales y el oblicuo externo abdominal presentan un patrón variado para cada sujeto, lo que significa que dependen en gran medida del hábito y uso individual de cada sujeto. En este sentido, la higiene postural cobra una gran relevancia para la protección de la columna vertebral.

Para ello se recomienda potenciar entre los trabajadores la aplicación de los siguientes consejos:

- Buscar puntos de apoyo para reducir la fatiga física en bipedestación (por ejemplo apoyar las caderas en la camilla, descansar las extremidades superiores cuando sea posible para descargar hombros y zona dorsal).
- Facilitar una banqueta o pequeña tarima de unos 20 cm de altura, para apoyar los pies (alternando) y así conseguir reducir la lordosis lumbar, favoreciendo una postura en bipedestación confortable.
- Siempre que se alcancen materiales auxiliares, disponerlos dentro del plano frontal de trabajo. En el caso de que estén en una superficie lateral o posterior a la zona de trabajo, evitar girar sólo el tronco, y girar todo el cuerpo acompañándolo con los pies.
- Procurar que el plano de trabajo se encuentre aproximadamente a nivel de los codos, regulando para ello los elementos de trabajo: camilla, mesas auxiliares, etc.
- Siempre que sea posible, mantener las articulaciones próximas a la posición neutra.
- Evitar las posiciones mantenidas y estáticas (más de 1 min) favoreciendo la movilidad cuando sea posible.
- Quitarse el delantal cuando no se esté expuesto a radiaciones para descargar el cuerpo de un peso innecesario. Aprovechar las pausas para realizar estiramientos musculares.

No se han observado diferencias representativas en la respuesta muscular durante el uso del delantal de una sola pieza y los de dos piezas. Aunque cabe destacar que la sensación que manifestaron las usuarias es de mayor confort con el delantal de dos piezas en comparación con el de una.

Tampoco se ha observado una tendencia clara de mayor actividad en alguno de los músculos en relación a un mayor peso del delantal. Debe tenerse en cuenta la poca diferencia de peso entre los distintos modelos empleados en el estudio (entre el más ligero y el más pesado hay 2.1 kg de diferencia). Así como el hecho de que el peso de los delantales no es significativamente elevado en relación con la masa corporal de cada individuo.

En este sentido, hay que tener en cuenta los resultados aportados por algunos estudios referidos al transporte manual de cargas que, aunque se refieren a situaciones biomecánicamente distintas a la aquí estudiada, pueden ser de interés para intentar interpretar la afirmación anterior. En un estudio realizado por Davis & Marras (2000) se indica que para cargas ligeras, pequeños incrementos en el peso de la carga manipulada (3 – 9 kg) fueron compensados por la dinámica del tronco (velocidad sagital), no aportando diferencias significativas en la sobrecarga de la columna vertebral. Por otro lado, en un estudio realizado por Hong et al. (2007), en el que se analizaba el efecto del peso de las mochilas escolares sobre la actividad muscular, se determinaba que las mochilas de  $\leq 10\%$  del peso corporal provocaban ciertos cambios en la biomecánica corporal pero sin tener una relación significativa con la sobrecarga muscular.

En cualquier caso, aunque los resultados no son concluyentes, ergonómicamente sería recomendable que el peso del delantal fuera el mínimo necesario para asegurar una correcta protección frente al nivel de radiación al que esté expuesto el trabajador, además de que el delantal permita una distribución lo más compensada posible de su peso sobre el cuerpo del trabajador.

En este sentido, las encuestas iniciales realizadas a los trabajadores muestran un desconocimiento de la protección necesaria en función de la tarea, provocando en muchos casos una sobreprotección (y por lo tanto, mayor peso) o un uso no óptimo de los delantales. Por esta razón, se recomienda:

- Informar al personal de cuál es la protección necesaria para llevar a cabo las diferentes tareas.
- Informar a los trabajadores sobre el uso correcto del delantal, así como de las instrucciones a seguir en caso de llevar dosímetro.

Para conseguir lo anterior, sería recomendable realizar un procedimiento de selección y uso de los delantales de protección radiológica en el lugar de trabajo y darlo a conocer a todos los implicados, asegurándose de su comprensión en la práctica. Se puede tomar como ejemplo el documento elaborado por el departamento de prevención de riesgos laborales de la *University of Alabama at Birmingham*<sup>1</sup>, del cual se extraen las siguientes recomendaciones en cuanto a la elección del diseño del delantal:

- La proximidad del trabajador a la fuente de radiación, la exposición, así como los movimientos y tareas a ejecutar determinarán el tipo de protección.

---

<sup>1</sup> <http://www.healthsafe.uab.edu/pages/radiationsafety/apronleadpolicyupdated2.pdf>

- Los delantales de dos piezas (falda y chaqueta) reducen a la mitad el peso soportado por la espalda, disminuyendo la compresión en ésta y, por lo tanto, reduciendo la lordosis lumbar en tareas de bipedestación prolongada. El peso del delantal queda equilibrado al repartirse sobre los hombros y la cadera.
- Disponer de los delantales que tengan la protección necesaria para la tarea a desarrollar, evitando una sobreprotección y, en consecuencia, un sobrepeso innecesario.
- Los delantales de una sola pieza son más apropiados para tareas de corta duración, mientras que los de dos piezas para tareas más prolongadas.
- Los delantales de dos piezas ofrecen mayor libertad de movimiento, en cuanto a que la parte superior e inferior del cuerpo tienen sujeciones separadas.

A tener en cuenta los siguientes criterios de compra, reposición y mantenimiento:

- La vida media de un delantal de protección es de 10 años.
- Según el uso que se le dé, los defectos pueden aparecer a los 5 años.
- Es importante seguir un procedimiento de chequeo para detectar cuándo el delantal está en mal estado para así repararlo o reponerlo.

### **Agradecimientos**

Queremos agradecer la colaboración de los trabajadores del Hospital Universitario de Bellvitge que han participado en el estudio, así como la de su Servicio de Prevención, por el tiempo y esfuerzo dedicado al mismo.

## 6. Referencias

---

1. Aaras, A. What is an acceptable load on the neck and shoulder regions during prolonged working periods? In Kumashiro M and Megaw ED (eds). *Towards Human Work*. London: Taylor & Francis, 1994.
2. Adams, M and Hutton, W. The effect of posture on the role of the apophyseal joints in resisting intervertebral compressive forces. *Journal of Bone and Joint Surgery (British)* 1980, 62B: 358-362.
3. Adams, M, Dolan, P, Hutton, W and Porter, R. Diurnal changes in spinal mechanics and their clinical significance. *Journal of Bone and Joint Surgery* 1990, 72B: 266-270.
4. Davis, K. G. and Marras, W. S. Assessment of the relationship between box weight and trunk kinematics: Does a reduction in box weight necessarily correspond to a decrease in spinal loading?. *Human Factors*, 2000, 195-208.
5. Hong, Y.; Li, J. and Fong D. T. Effect of prolonged walking with backpack loads on trunk muscle activity and fatigue in children. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 2007.
6. Moore, B, vanSonnenberg, E, Casola, G and Novelline, R. The relationship between back pain and lead apron use in radiologists. *American Journal of Roentgenology* 1992, 158 (1): 191-193.
7. Van der Grinten, M and Smitt, P. Development of a practical method for measuring body part discomfort. In Adhazadeh, F (ed.). *Advances in Industrial Ergonomics and Safety IV*. London: Taylor & Francis, 1992: 311-318.
8. Visser, J and Straker, L. An investigation of discomfort experienced by dental therapists and assistants at work. *Australian Dental Journal* 1994, 39 (1): 39-44.