

# FUNCIÓN DE LOS MÚSCULOS RECTUS ABDOMINIS Y OBLIQUUS EXTERNUS ABDOMINIS EN EL CONTROL DE LA POSTURA ERECTA

*Vera García, Francisco José*

*E\_mail: francisco.j.vera@uv.es*

*Dpto. de CC. Morfológicas. Universitat de València*

## RESUMEN

Existen numerosos estudios basados en modelos biomecánicos o matemáticos que han demostrado la participación de los músculos abdominales en el control y estabilización del raquis. Sin embargo, son pocos los que han utilizado tareas sobre superficies inestables para examinar la participación abdominal durante el proceso de estabilización del tronco.

Así, planteamos un estudio electromiográfico donde hemos analizado la función de los músculos Rectus Abdominis (RA) y Obliquus Externus Abdominis (OE) durante el mantenimiento de la postura erecta sobre una plataforma inestable. Para ello, se comparó la intensidad de la contracción muscular (t-test) y la curva iEMG de los músculos referidos (coeficiente de correlación de Pearson) con las obtenidas en un músculo antigravitatorio.

Conclusiones:

- La coactivación de los músculos OE y RA, observada en estudios previos como un mecanismo estabilizador del raquis, no fue alterada por la acción de la gravedad en la postura erecta.
- Aunque ambos músculos se activaron durante la tarea, el OE participó como un músculo postural, mientras que el RA lo hizo desde su condición de movilizador del tronco.
- Los programas de ejercicio físico y salud deben contener actividades para el mantenimiento o fortalecimiento de los músculos referidos, principalmente del OE.

## PALABRAS CLAVE

Ejercicio Físico, Músculos Abdominales, Estabilidad Raquídea,  
Higiene Postural, Salud.

## 1 INTRODUCCIÓN

Existen numerosos estudios que respaldan el papel fundamental de los músculos de la pared abdominal en el control y la estabilización del raquis, así como la necesidad del desarrollo de sus capacidades funcionales para la mejora de la calidad de vida<sup>17</sup>. Estos trabajos han justificado la función estabilizadora de los músculos abdominales principalmente, a través del

mecanismo de la presión intra-abdominal<sup>3,4,8,10,22,28</sup>, de la tracción que ejercen sobre la fascia toracolumbar<sup>2,8,22,28</sup> y de la relación entre la debilidad abdominal y el síndrome de dolor lumbar<sup>14</sup>.

Por otro lado, Monfort y Col., en 1997<sup>18</sup>, y Monfort, en 1998<sup>17</sup>, compararon diferentes ejercicios abdominales utilizados habitualmente en los ámbitos deportivo, recreativo, terapéutico y escolar, y observaron que el *Obliquus Externus Abdominis* fue más activo que el *Rectus Abdominis* en la realización de aquellas tareas que plantearon situaciones de gran inestabilidad para el raquis; por ejemplo, las incorporaciones del tronco y el encorvamiento del tronco desde colgado de una barra.

Además, un estudio más reciente elaborado por Grenier y Col. (1999)<sup>9</sup>, demostró la coactivación de los músculos *Rectus Abdominis*, *Obliquus Externus Abdominis* y *Obliquus Internus Abdominis*, principalmente los oblicuos, durante la realización de posturas de encorvamiento del tronco en decúbito supino sobre superficies inestables.

Atendiendo a los párrafos anteriores, planteamos un estudio donde hemos examinado la función de los músculos *Rectus Abdominis* (RA) y *Obliquus Externus Abdominis* (OE) en el mantenimiento de la postura erecta sobre una superficie inestable. Para ello, se comparó la intensidad de la contracción muscular y la curva de la electromiografía integrada de superficie (iEMG) de los músculos referidos con las obtenidas en un músculo antigravitatorio, el *Erector Spinae* (ES).

Los objetivos del estudio fueron los siguientes:

- Conocer si la acción de la gravedad durante el mantenimiento de la postura erecta influye en el reclutamiento de los músculos RA y OE.
- Matizar la participación de los músculos referidos en el control postural.
- Profundizar en el conocimiento de las funciones de estos músculos en el organismo. Información necesaria para elegir o diseñar ejercicios y sistemas de entrenamiento racionales.

## 1.1 MATERIAL Y MÉTODO

### *Sujetos*

El estudio se realizó en 8 alumnos varones del C.E.I. de Cheste (Provincia de Valencia). Las edades, pesos y tallas fueron promediados:  $16.0 \pm 0.8$  años,  $173.6 \pm 5.3$  cm y  $64.5 \pm 3.3$  Kg. Todos los sujetos participaron voluntariamente en el estudio, y sus respectivos padres/madres o tutores/as dieron su conformidad por escrito.

Los criterios de exclusión fueron: haber padecido dolor lumbar un año antes o en el momento del estudio; tener cirugía abdominal previa; padecer alteraciones cardiovasculares que contraindicaran la práctica de ejercicio físico; o participar o haber participado durante el año anterior al estudio en programas de fortalecimiento abdominal. El criterio de inclusión fue tener entre 14 y 17 años de edad. Con estos criterios, se ha pretendido principalmente que la musculatura abdominal analizada sea una musculatura sana, joven y no entrenada, de forma que no existan interferencias que puedan mediatizar el estudio de su función.

### *Instrumentos y Registros*

El registro de la actividad eléctrica se realizó con dos electromiógrafos Muscle Tester ME-3000 (Mega Electronics Ltd) de dos canales. Tras rasurar y limpiar la piel con alcohol, se colocaron tres pares de electrodos de superficie desechables (AgCl), en toma bipolar y en el sentido longitudinal de las fibras musculares subyacentes al vientre de los músculos *Rectus Abdominis* (RA), 2ª porción del lado derecho<sup>17,18,30,31</sup>; *Obliquus Externus Abdominis* (OE), 5 cm inferior al ángulo de la 9ª costilla del lado derecho<sup>17,18,30</sup>; y *Erector Spinae* (ES), 3 cm a la derecha

de la apófisis espinosa de la 3ª vértebra lumbar<sup>15,16,17,18,24</sup>. En cada par de electrodos utilizados, la distancia entre el centro de éstos fue de 2 cm.

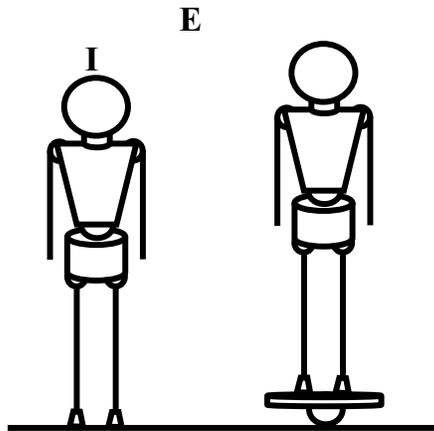
El Muscle Tester es un microordenador portátil que registra, amplifica y almacena digitalmente la señal eléctrica sobre una tarjeta de memoria como señal EMG analógica e integrada. La sensibilidad del preamplificador es de 1 microvoltio y tiene una banda de 20-500 Hz. El microordenador convierte la señal analógica en digital, ésta es transformada en valores absolutos (full wave rectification). Los valores EMG absolutos se integran cada 0,1 segundos. Los datos almacenados en el ME-3000 se transfieren a través de un cable óptico a un ordenador compatible equipado con el software ME-3000 v. 1.4 para su posterior análisis.

### ***Procedimiento y Posturas***

Antes del registro electromiográfico el sujeto fue instruido sobre como mantener la postura erecta en las diferentes superficies del estudio:

➤ *Postura erecta sobre superficie estable (E)*: de pie sobre suelo plano y duro, espalda recta, rodillas extendidas, pies descalzos separados 15 cm, brazos relajados a lo largo del cuerpo, manos en contacto con los muslos, mandíbula paralela al suelo y mirada horizontal (fig. 1).

➤ *Postura erecta sobre superficie inestable (I)*: posición anterior sobre una plataforma de madera, circular y plana, unida a una semiesfera que le concede tres grados de libertad (fig. 1). Esta plataforma, que se utiliza en rehabilitación para estimular la propiocepción, se apoyó sobre pavimento plano y duro.



**Figura 1.** *Postura erecta sobre superficie estable (E) e inestable (I).*

Durante el registro de la iEMG, la postura E se mantuvo a lo largo de un periodo de 6 segundos, tras los cuales el sujeto intentó reproducir la postura referida sobre la plataforma inestable. Para ello, contó con la ayuda de un investigador, que lo mantuvo sujeto hasta que la posición fue valorada como correcta. En ese momento, el adolescente fue soltado e intentó mantener la posición el máximo tiempo posible. Se observó que la mayoría de los sujetos tenían muchas dificultades para mantenerse erguidos durante más de 2 segundos, por lo que se fijó esta cifra como mínimo tiempo de ejecución. Cuando la tarea no se realizó correctamente se repitió hasta conseguir la ejecución deseada, permitiendo descansos para evitar la fatiga muscular.

### Tratamiento de datos y Análisis estadístico

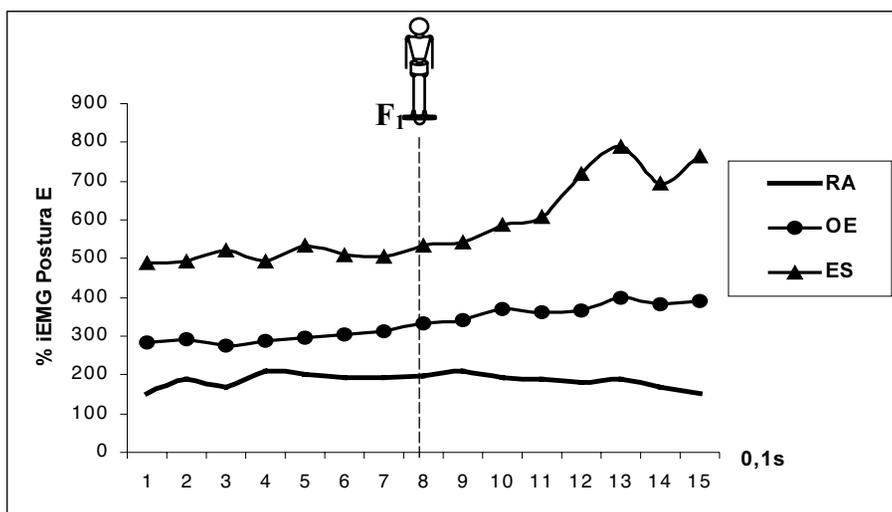
Se despreciaron los 0,5 segundos iniciales del registro de la iEMG de los músculos RA, OE y ES durante el mantenimiento de la postura I y se seleccionaron los 1,5 segundos siguientes. Los valores (uV) de los potenciales de acción seleccionados (MAPs) fueron normalizados respecto a la media de la señal iEMG obtenida durante la realización de la postura E. Estos valores se representaron gráficamente para analizar el desarrollo de la actividad eléctrica durante la tarea (fig. 2)

Con el objeto de comparar la intensidad de la contracción y la coordinación de los músculos analizados, se calculó el t-test de muestras dependientes y el coeficiente de correlación de Pearson entre la media de los valores iEMG normalizados.

El tratamiento estadístico de los datos se llevó a cabo con el paquete estadístico SPSS para Windows v 6.0. El nivel de significancia fue de 0,05.

## 2 RESULTADOS

Como se observa en la fig. 2, en la primera mitad ( $F_1$ ) del mantenimiento de la postura I la actividad de los tres músculos permaneció prácticamente constante. Sin embargo, en la segunda mitad ( $F_2$ ), se produjo un aumento en la actividad eléctrica del ES y el OE y un descenso en la del RA. La activación de los músculos OE y ES correlacionó positiva y significativamente (tabla 1). No existió correlación entre la actividad eléctrica del músculo RA y la activación del ES o el OE.



**Figura 2.** Perfil de la actividad eléctrica de los músculos Rectus Abdominis (RA), Obliquus Externus Abdominis (OE) y Erector Spinae (ES) durante el mantenimiento de la postura I

La media de la actividad eléctrica de todos los sujetos durante el desarrollo de la postura I, fue el 585.5, 333.4 y 186.4 % de la obtenida en la postura E para los músculos ES, OE y RA, respectivamente. Existieron diferencias significativas entre la intensidad de contracción de estos músculos (tabla 1).

|         | “t”       | “r”    |
|---------|-----------|--------|
| RA – OE | - 3.53 ** | 0.36   |
| RA – ES | -3.09 *   | 0.24   |
| OE – ES | -2.60 *   | 0.89** |

**Tabla 1.** Resultados del t-test (t) y el coeficiente de correlación (r) entre la media de los valores iEMG normalizados de los músculos Rectus Abdominis (RA), Obliquus Externus Abdominis (OE) y Erector Spinae

(ES) durante el mantenimiento de la postura I. \*  $P \leq 0.05$ , \*\*  $P \leq 0.01$ , \*\*\*  $P \leq 0.001$ .

### 3 DISCUSIÓN

La co-contracción de los músculos ES, OE y RA (fig. 2) fue un mecanismo efectivo para estabilizar el raquis durante la tarea<sup>3,7</sup>. Sin embargo, se observaron diferencias en la contribución de los músculos estudiados.

El análisis de la intensidad de la contracción (tabla 1), muestra que el ES participó más activamente que los músculos abdominales en el control de la postura. Estos resultados, al igual que los trabajos de Wilder y Col. (1996)<sup>32</sup> y Gantchev y Dimitrova (1996)<sup>6</sup>, indican que el ES es un músculo antigravitatorio o postural que reacciona rápidamente ante situaciones de desequilibrio del tronco.

Por otro lado, existieron diferencias significativas en la intensidad de contracción de los músculos abdominales (tabla 1). Al igual que constataron Grenier y Col. (1999)<sup>9</sup> durante el análisis de posturas en decúbito supino, la utilización de la superficie inestable activó principalmente el músculo OE.

Además, como se desprende de los resultados del coeficiente de correlación (tabla 1) y de la observación de los perfiles de la iEMG (fig. 2), los músculos OE y ES participaron coordinadamente ( $r = 0.89$ ;  $P \leq 0.01$ ); mientras que el RA se activó de forma independiente. Estos datos, ratifican los obtenidos por Monfort y Col. en 1997<sup>18</sup> y atribuyen al OE funciones propias de los músculos antigravitatorios. Como hemos comentado en los resultados de este trabajo, durante la fase de mayor inestabilidad del mantenimiento de la postura I (fig. 2,  $F_2$ ), se produjo un aumento de la amplitud de la iEMG del ES y el OE que se correspondió con el descenso simultáneo en la actividad del RA. En nuestra opinión, este hecho ilustra el fenómeno de la inhibición recíproca de Sherrington<sup>13,15</sup>.

Las diferencias funcionales entre RA y OE constatadas en este y otros estudios<sup>1,9,10,11,12,17,18,21,22,30,34</sup>, son el resultado de características morfológicas distintas<sup>5,30</sup>. El RA es un músculo largo y acintado que se extiende longitudinalmente a lo largo de la parte anterior del

abdomen; por el contrario, el OE es un músculo ancho y aplanado que recubre en oblicuo toda la pared abdominal<sup>20,23,29,33</sup>.

Dentro del ámbito de la actividad física y la salud, el diseño de tareas para el fortalecimiento de los músculos abdominales debe partir del conocimiento adecuado de sus funciones. A saber: el RA es un músculo movilizador del tronco y la pelvis cuya acción principal es la flexión del raquis<sup>17,18,21,22,25,26,27,30,31</sup>, mientras que el OE es un músculo estabilizador del tronco que participa principalmente en tareas de giro y lateralización<sup>12,17,21,22,30</sup>. Así, por ejemplo, la realización de ejercicios abdominales sobre superficies inestables es un medio adecuado para el fortalecimiento del músculo OE<sup>9</sup>, pues es coherente con la función que realiza el músculo en el organismo.

Debido al rol estabilizador del OE, los ejercicios para el desarrollo o mantenimiento de sus capacidades funcionales tienen un papel relevante en los programas de acondicionamiento físico y salud. Desafortunadamente en la práctica, por razones de índole estética enmarcadas en la ideología del ejercicio físico, la apariencia corporal y la salud<sup>19</sup>, nuestros alumnos o deportistas prestan mayor atención al fortalecimiento del músculo RA.

Atendiendo a los objetivos del estudio concluimos lo siguiente:

- La coactivación de los músculos OE y RA, observada en estudios previos como un mecanismo estabilizador del raquis, no fue alterada por la acción de la gravedad en la postura erecta.
- Aunque ambos músculos se activaron durante la tarea, el OE participó como un músculo postural, mientras que el RA lo hizo desde su condición de movilizador del tronco.
- Los programas de ejercicio físico y salud deben contener actividades para el mantenimiento o fortalecimiento de los músculos referidos, principalmente del OE.

#### 4 BIBLIOGRAFÍA

1. Axler, CT., McGill, SM. (1997) Low back loads over a variety of abdominal exercises: searching for the safest abdominal challenge. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 29(6): 804-811.
2. Bogduk, N., Macintosh, J. (1984) The applied anatomy of the thoracolumbar fascia. *Spine*, 9: 164-170 .
3. Cholewicki, J., Juluru, K., McGill, SM. (1999) Intra-abdominal pressure mechanism for stabilizing the lumbar spine. *Journal of Biomechanics*, 32: 13-17.
4. Cresswell, AG., Blake, PL., Thorstensson, A. (1994) The effect of an abdominal muscle training program on intra-abdominal pressure. *Scand J Rehab Med*, 26: 79-86.
5. Fucci, S., Benigni, M. (1988) *Biomecánica del aparato locomotor aplicada al acondicionamiento muscular*. Barcelona, Ediciones Doyma, Pág: 12.
6. Gantchev, GN., Dimitrova, DM. (1996) Anticipatory postural adjustments associated with arm movements during balancing on unstable support surface. *International Journal of Psychophysiology*, 22: 117-122.
7. Gardner-Morse, MG., Stokes, IAF. (1998) The effects of abdominal muscle coactivation on lumbar spine stability. *Spine*, 23(1) 86-92.
8. Gracovetsky, S., Farfan, H., Helleur, C. (1985) The abdominal mechanism. *Spine*, 10: 317-324.

9. Grenier, SG., Vera-García, FJ., McGill, SM. (1999) Abdominal response during curl-ups on both stable and labile surfaces. *XVIIIth International Society of Biomechanics Congress*. Calgary, Alberta, Canada.
10. Grillner, S., Nilsson, J., Thorstensson, A. (1978) Intra-abdominal pressure changes during natural movements in man. *Acta Physiol. Scand*, 103: 275-283.
11. Hodges, P., Richardson, C. (1997) Contraction of the abdominal muscles associated with movement of the lower limb. *Physical Therapy*, 77: 132-144.
12. Juker, D., McGill, SM., Kropf, P., Steffen, T. (1998) Quantitative intramuscular myoelectric activity of lumbar portions of psoas and the abdominal wall during a wide variety of tasks. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 30(2): 301-310.
13. Kandel, ER., Schwartz, LH. (1985) *Principles of neural science*. Oxford, 2ª Ed. Elsevier.
14. Lam KS., Mehdian, H. (1999) The importance of an intact abdominal musculature mechanism in maintaining spinal sagittal balance. Case illustration in prune-belly syndrome. *Spine*, 24(7): 719-722.
15. Lisón, JF. (1999) *Mecanismos cinesiología y neuromusculares de la flexo-extensión del tronco humano*. Tesis Doctoral, Dpto. CC Morfológicas, Universitat de València.
16. Lisón, JF., Monfort, M., Sarti, MA. (1996) Estudio de tres ejercicios para el fortalecimiento de la musculatura lumbar. *Archivos de Medicina del Deporte*, 13(56): 427-432.
17. Monfort, M. (1998) *Musculatura del tronco en ejercicios de fortalecimiento abdominal*. Tesis Doctoral, Dpto. CC Morfológicas, Universitat de València.
18. Monfort, M., Lisón, JF., López, E., Sarti, MA. (1997) Trunk muscles and spine stability. *European Journal of Anatomy*, 1, Suppl.1: 52.
19. Pascual, C. (1996) Ideologías, actividad física y salud. *Revista de Educación Física*, 60, 33-35.
20. Putz, R., Pabst, R. (1994) *Sobotta. Atlas de anatomía humana. Tomo 2. Tronco, vísceras y miembro inferior*. Buenos Aires/Madrid, E.M. Panamericana, Pág: 66.
21. Richardson, C., Jull, G., Toppenberg, R., Comeford, M. (1992) Techniques for active lumbar stabilisation for spinal protection: A pilot study. *Australian Journal of Physiotherapy*, 38(2): 105-112.
22. Richardson, C., Toppenberg, R., Jull, G. (1990) An initial evaluation of eight abdominal exercises for their ability to provide stabilisation for the lumbar spine. *Australian Journal of Physiotherapy*, 36(1): 6-11.
23. Rohen, JW., Yokochi, Ch. (1989) Atlas fotográfico de anatomía humana. Barcelona, Ediciones Doyma, Pág: 192-199.
24. Sarti, MA., Bosh, AH., Vera, FJ., Monfort, M., Lisón, JF., Escribano, C. (1999) Selección de una postura para el fortalecimiento de la musculatura paravertebral lumbar. *Archivos de Medicina del Deporte*, 16(73): 427-434.
25. Sarti, MA., Monfort, M., Fuster, MA. (1996) Intensidad de la contracción del músculo recto mayor del abdomen. Estudio electromiográfico. *Archivos de Medicina del Deporte*. 13(56): 441-446.
26. Sarti, MA., Monfort, M., Sanchis, C., Aparicio, L. (1996) Anatomía funcional del músculo rectus abdominis. Estudio electromiográfico. *Archivo Español de Morfología*, 1: 143-149.
27. Sarti, MA., Monfort, M., Villaplana, LA., Fuster, MA. (1996) Muscle activity in upper and lower rectus abdominis during abdominal exercises. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 77(12): 1293-1297.
28. Tesh, KM., Dunn, JS., Evans, JH. (1987) The abdominal muscles and vertebral stability. *Spine*, 12(5): 501-508.
29. Testut, L., Latarjet, A. (1980) *Compendio de anatomía descriptiva*. Barcelona, Salvat Editores, Pág: 184-195.

30. Vera, FJ., Escribano, C., López, E., Sarti, MA. (1999) Función de los músculos recto mayor y oblicuo externo del abdomen en movimientos de flexión del tronco. *I Congreso sobre la Actividad Física y el Deporte en la Universidad*. Valencia.
31. Vera, FJ., Sarti, MA. (1999) Manipulación social en la actividad físico-deportiva. *Áskesis*, <<[www.askesis.arrakis.es](http://www.askesis.arrakis.es)>>, Nº: 5.
32. Wilder, DG., Assen, RA., Magnusson, ML., Pope, MH., Spratt, KF., Goel, VK. (1996) Muscular response to sudden load. A Tool to evaluate fatigue and rehabilitation. *Spine*, 21(22): 2628-2639.
33. Willians, PL., Warwick, R. (1985) *Gray. Anatomía*. Barcelona, Salvat Editores, Pág: 609-617.
34. Zetterberg, C., Andersson, GBJ., Schultz, AB. (1987) The activity of individual trunk muscles during heavy physical loading. *Spine*, 12(10): 1035-1040.