

## FORTALECIMIENTO DE LA MUSCULATURA PARAESPINAL LUMBAR. MECANISMOS CINESIOLÓGICOS

Javier Molina García\*, M<sup>a</sup> Ángeles Sarti Martínez\*, Francisco José Vera García\*, M<sup>a</sup> Ángeles Pamblanco Valero\*, Juan Francisco Lisón Párraga\*.

\*Dpto. Anatomía y Embriología Humana. Universidad de Valencia.

Autor para correspondencia: Prof. DR. M<sup>a</sup> Ángeles Sarti-Martínez .

e-mail: [M.Angeles.Sarti@uv.es](mailto:M.Angeles.Sarti@uv.es). Teléfono.963983375

Dpto. Anatomía y Embriología Humana. Universitat València.

Fac. Medicina. Avda. Blasco Ibáñez,15, 46010 Valencia.

### RESUMEN

Se realizó una comparación de datos cinesiológicos durante el movimiento de flexión de tronco en postura erecta y en banco romano. Se determinó la amplitud de movimiento, y el patrón de activación muscular del músculo erector spinae en relación al movimiento del raquis lumbar en el transcurso del tiempo. Basándonos en los resultados obtenidos podemos decir que todos los participantes mostraron el fenómeno de flexión-relajación durante la flexión del tronco desde postura erecta; mientras que este fenómeno no aparece durante la flexión del tronco realizada en el banco romano. También se puede concluir que la amplitud de flexión vertebral no fue determinada por la postura.

**PALABRAS CLAVE:** Amplitud de Movimiento, Electromiografía, Erector Spinae, Ejercicios de Tronco, Banco Romano.

### INTRODUCCIÓN

En los diferentes ámbitos profesionales de la actividad física y el deporte, el adecuado fortalecimiento de la musculatura lumbar ocupa un lugar prioritario. De ahí la importancia de conocer qué ejercicios son los más efectivos a la hora de ser incorporados en un plan de acondicionamiento físico, así como el posible riesgo que pueden generar en el sistema músculo-esquelético.

Los ejercicios más utilizados para el fortalecimiento de la musculatura extensora de la espalda están basados en movimientos de flexión tronco, bien desde postura erecta o practicados con implementos deportivos, como por ejemplo el caso del “banco romano”.

Durante la flexión del tronco partiendo de una postura erecta se produce el “fenómeno de flexión-relajación” del músculo erector spinae<sup>(2,3)</sup>. Por tanto, existe un punto crítico a partir del cual comienza a desaparecer la actividad muscular. Se cree que es debido a la tensión provocada por las estructuras pasivas (tejido conjuntivo y muscular) de la espalda, que dan lugar a la aparición de un momento extensor.

El centro de los músculos lumbares descansa aproximadamente a unos 5.8 cm posterior al centro del disco intervertebral, de forma que los tejidos pasivos (conjuntivo) en su interior son capaces de generar mejores momentos extensores que los ligamentos intervertebrales que actúan sobre un brazo de palanca más corto<sup>(9)</sup>. Por tanto, el momento extensor que generan los ligamentos cuando los segmentos de movimiento están totalmente flexionados está asociado a un sufrimiento por compresión del disco intervertebral.

Como señala Macintosh y Cols.<sup>(6)</sup> en la flexión total de tronco los músculos pueden sufrir un estiramiento entre un 15-59% producido por la reorientación de las fibras de colágeno. La tensión pasiva de los músculos de la espalda y de los tendones sumado a su gran longitud y habilidad para ser estirados, apunta que su capacidad de almacenamiento de energía es muy elevada.

En praxis, debemos determinar cuáles son aquellos ejercicios de fortalecimiento de la musculatura lumbar que aumentan la tensión activa de los músculos y disminuyen la tensión de las estructuras pasivas.

El presente trabajo planteó un estudio comparativo de datos cinesiológicos durante el movimiento de flexión del tronco en postura erecta y en el banco romano. Objetivos específicos: 1) determinar la amplitud de movimiento; 2) determinar el patrón de activación muscular del músculo erector spinae en relación al movimiento del raquis lumbar en el transcurso del tiempo.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Sujetos

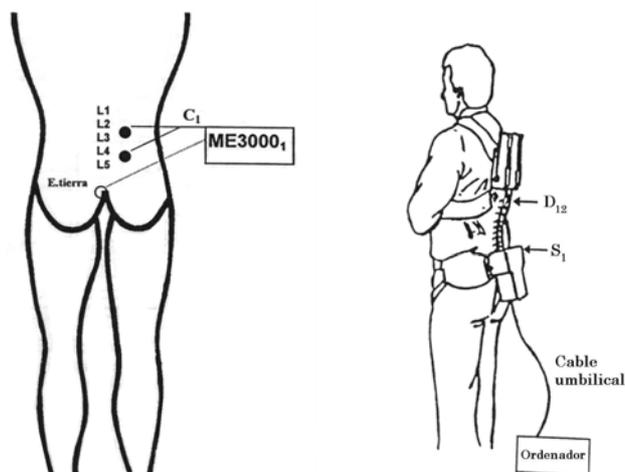
Participaron 10 sujetos voluntarios, sin antecedentes de patología raquídea. Las edades, pesos y tallas medias fueron: 21.4 años, 64.5 Kg y 168.4 cm. La totalidad de los sujetos dieron su conformidad para participar en el estudio.

### Instrumentos y registros

El registro de la actividad eléctrica se realizó con un microordenador Muscle Tester ME-3000 (M.T.) de dos canales (Mega Electronics Ltd). Se colocaron tres pares de electrodos de superficie (AgCl) en toma bipolar, en el sentido longitudinal de las fibras musculares del músculo erector spinae derecho. La distancia entre el centro de los dos electrodos fue de 2cm. La piel en los lugares de colocación de los electrodos se rasuró y limpió con alcohol. El electrodo de tierra se situó en la piel que cubre la cresta media del sacro. (Fig. 1).

El Muscle Tester ME-3000 es un microordenador portátil que registra, amplifica y almacena digitalmente la señal eléctrica del músculo sobre una tarjeta de memoria como señal EMG analógica e integrada. La sensibilidad del preamplificador es de 1 microvoltio con 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 integraron cada 0,1 segundos. Los datos almacenados en el ME-3000 se transfieren a través de un cable óptico a un ordenador equipado con el software ME-3000 v. 1.4.

Para registrar los datos cinemáticos de la región lumbar se utilizó el Lumbar Motion Monitor (Fig. 2). El LMM es un goniómetro cuya exactitud es de 0.25. El LMM consta de un exoesqueleto que se fija en la espalda. La parte superior del exoesqueleto se coloca sobre la duodécima vértebra dorsal y la parte inferior sobre la primera vértebra sacra. Este sistema es capaz de calcular grados de movimiento (ROM), velocidades y aceleraciones angulares del raquis dorso-lumbar en los tres planos del espacio. El ángulo de flexión dorso-lumbar se define como aquél comprendido entre el eje longitudinal de la columna vertebral toraco-lumbar y el plano de la pelvis, plano representado por la línea que une las espinas ilíacas superiores anterior y posterior <sup>(4)</sup>.



**FIGURA 1.-** Disposición de los electrodos sobre el músculo erector spinae derecho (C<sub>1</sub>, ME-3000<sub>1</sub>). **FIGURA 2.-** Lumbar Motion Monitor (LMM).

### Descripción de los ejercicios

\* *Flexo-extensión de tronco en bipedestación*: desde la posición inicial de piernas separadas a la anchura de los hombros, brazos extendidos y colgando a los lados del tronco se realizan flexiones deslizando las manos por los miembros inferiores hasta tocar el suelo entre los pies.

\* *Elevación de tronco en banco romano*: centro de rotación localizado en la articulación coxo-femoral; ésta se sitúa en el borde del banco. Se parte de una postura inicial de flexión de 90°, seguida de elevación hasta que el sujeto percibe que ha alcanzado la horizontal y descenso a la postura inicial. (Fig. 3).

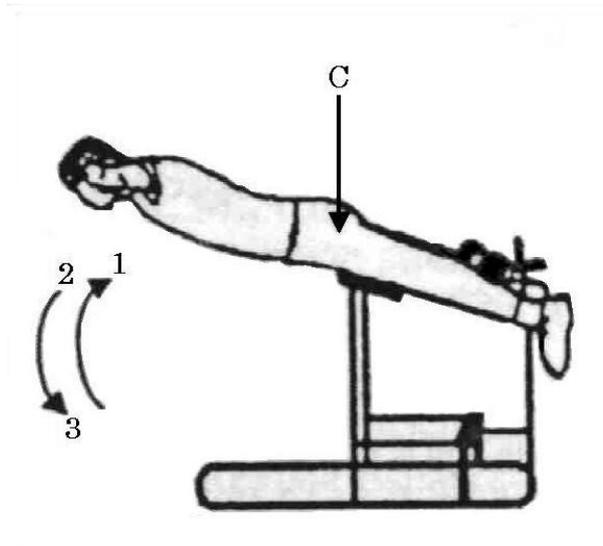


FIGURA 3.- Ejercicio en banco romano con centro de rotación en la articulación coxo-femoral.

### Procedimiento

Inicialmente los sujetos fueron informados sobre la postura, forma y ritmo de ejecución de los ejercicios. Cada sujeto practicó los ejercicios durante un entrenamiento previo a la toma de los registros bajo la supervisión de dos observadores.

Durante el registro definitivo de los datos, cada sujeto realizó 4 repeticiones en el ejercicio en bipedestación y en el de banco romano. La velocidad de ejecución se controló con un metrónomo (60 golpes/minuto). La duración de cada repetición en bipedestación fue de 4 segundos, mientras que en banco romano fue de 3 segundos. En bipedestación: 1ºs bajo, 2ºs mantiene, 3ºs sube y 4ºs mantiene posición erecta; y en banco romano: 1ºs sube, 2ºs mantiene arriba y 3ºs baja. Las repeticiones fueron evaluadas por los observadores, como correctas o incorrectas. Se consideró incorrecta la repetición que no se acopló al ritmo o no alcanzó el rango de movimiento.

### Análisis de los datos del estudio

Para el análisis del ROM, los valores absolutos de la máxima flexión se normalizaron respecto al ejercicio en bipedestación. Se diferenciaron dos grupos de sujetos. En el primero (Grupo I), la amplitud de movimiento lumbar en banco romano fue inferior a la registrada en bipedestación; en el segundo grupo (Grupo II), ocurrió lo contrario.

En el ejercicio de banco romano se seleccionaron las dos repeticiones centrales (EMG) y se promediaron los MAPs en el transcurso del tiempo. Mientras que en bipedestación se seleccionó la mejor repetición (EMG) de las cuatro. A continuación se determinó una media de todos los sujetos en cada uno de los dos grupos, tanto en banco romano como en bipedestación.

### RESULTADOS

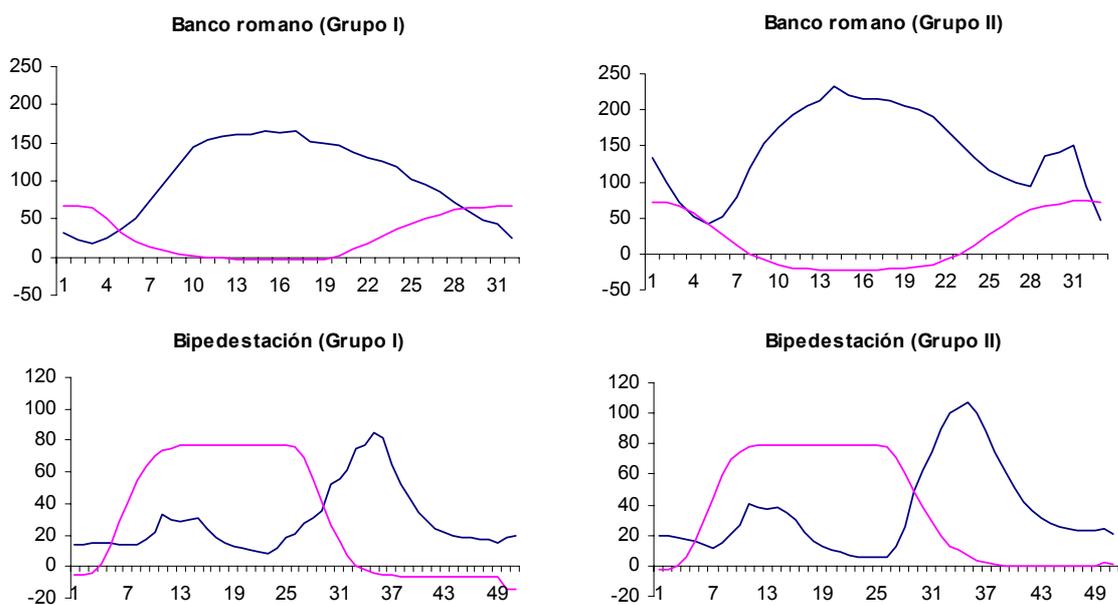
Los resultados de la amplitud de movimiento y de la activación muscular se presentan en las tablas I, II y en las figuras 4, 5, 6, 7 respectivamente.

GRUPO I	BR	BP	BR	BP
SUJETOS	grados	grados	%	%
1	68,5	75	91,33	100
3	67,5	79	85,44	100
4	82,5	91	90,66	100
6	49,5	88	56,25	100
7	79,5	86	92,44	100
			BR	BP
	Promedio		83,23	100

GRUPO II	BR	BP	BR	BP
SUJETOS	grados	grados	%	%
2	96,5	88	109,66	100
5	94,5	82	115,24	100
8	102,5	75	136,67	100
9	86	80	107,50	100
10	86	80	107,50	100
			BR	BP
	Promedio		115,31	100

**Tabla I.-** Amplitud de movimiento (grados) de flexión lumbar en banco romano (BR) y en bipedestación (BP). Sujetos 1, 3, 4, 6, 7, cuya amplitud de movimiento en BR es inferior a la registrada en BP.

**Tabla II.-** Amplitud de movimiento (grados) de flexión lumbar en banco romano (BR) y en bipedestación (BP). Sujetos 2, 5, 8, 9, 10, cuya amplitud de movimiento en BR es mayor a la registrada en BP.



**FIGURA 4, 5, 6 y 7.-** Rango de movimiento en el plano sagital ( --- ), y perfil de la actividad eléctrica del erector spinae ( — ) durante el transcurso de los ejercicios de flexo-extensión en banco romano y en bipedestación. De cada ejercicio existen dos gráficas que representan a cada uno de los dos grupos de sujetos (I, II) del presente estudio.

## DISCUSIÓN

La actividad eléctrica del erector spinae durante la flexión del tronco en 'bipedestación' cesó brusca y repentinamente durante el final de la flexión vertebral y el inicio de la extensión. En otras palabras, el erector spinae mostró el "fenómeno de flexión-relajación"<sup>(2,3,5,12)</sup>. Por el contrario, en el ejercicio del "banco romano" la activación del erector spinae fue continua durante todo el rango de flexión y extensión.

Se ha sugerido<sup>(1,5,6,7,12,13,17)</sup> que la estabilidad del tronco durante el silencio eléctrico del erector spinae la proporciona el momento extensor generado por la tensión en las estructuras pasivas de los elementos anatómicos espinales (ligamentos, tendones, discos intervertebrales, fascia toraco-lumbar), así como, por la tensión pasiva desarrollada en el propio músculo actuando como un ligamento en ausencia de actividad. También se ha sugerido que esta respuesta espontánea del músculo durante la flexión es de naturaleza refleja. En principio la diferencia en la activación del erector spinae durante el mismo tipo de movimiento en dos posturas diferentes podría explicarse porque el rango de movimiento en banco romano equivale a la mitad del desarrollado durante el ejercicio de bipedestación. Este supuesto ocurriría en el caso de considerar el tronco como una estructura rígida. Se ha demostrado que el silencio eléctrico del erector spinae no aparece hasta que se ha completado el 75 % de la flexión de tronco. Por tanto, si la amplitud de movimiento en banco romano es menor que en bipedestación, quizá no se produce la flexión ni la tensión necesaria para desencadenar la respuesta refleja del erector spinae.

Sin embargo, el tronco humano está constituido por el raquis y la pelvis y los movimientos de flexión y extensión del tronco engloban la interacción del movimiento lumbar-pelvis. Durante la flexión la pelvis bascula en la articulación coxo-femoral o cadera<sup>(13,14,16)</sup>, el raquis lumbar es multi-articular y puede variar la forma de completar la flexión<sup>(15)</sup>. En el presente estudio se determinó la amplitud del movimiento lumbar. La amplitud en bipedestación en el 50% de los participantes fue mayor que en el banco romano y en el otro 50% fue mayor en el banco romano que en bipedestación. Por tanto, la especulación de que la amplitud de movimiento podría ser la causa de la ausencia de silencio eléctrico no se sustenta con los datos del presente estudio.

La diferencia en la activación del erector spinae durante el mismo tipo de movimiento en dos posturas diferentes también podría explicarse por lo siguiente. Durante el ejercicio en el banco romano los miembros inferiores están totalmente fijados gracias a los puntos de apoyo (anterior: articulación coxo-femoral y posterior: tobillo). Por tanto, el tronco está en una situación estable y suponemos que no es necesaria la producción de tensión pasiva relevante en la zona lumbar que contrarreste algún desequilibrio. Por consiguiente, para contrarrestar el supuesto déficit de tensión pasiva la activación del erector spinae es continua durante todo el rango de movimiento.

Por último y hablando en términos de actividad eléctrica nuestros resultados sugieren, que el ejercicio en banco romano es más efectivo que el movimiento análogo en bipedestación.

## CONCLUSIONES

Basándonos en nuestros resultados podemos decir: 1) que todos los participantes en el presente estudio mostraron el fenómeno de flexión-relajación durante la flexión del tronco desde postura erecta (ejercicio en bipedestación). 2) el fenómeno de flexión-relajación no aparece durante la flexión del tronco realizada en el banco romano. 3) la amplitud de flexión vertebral no fue condicionada por la postura.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 Cholewicki, J., McGill, SM. (1992). "Lumbar posterior ligament involvement during extremely heavy lifts estimated from fluoroscopic measurement". *Journal of Biomechanics*, 25:1.
- 2 Floyd, WF., Silver, PHS. (1951). "Function of erectores spinae in flexion of the trunk". *Lancet*, 260:133-4.
- 3 Floyd, WF., Silver, PHS. (1955). "The function of erectores spinae muscles in certain movements and postures in man". *J Physiol [Lond]*, 129:184-203.
- 4 Kippers, V., Parker, AW. (1984). "Posture related to myoelectric silence of erectores spinae during trunk flexion". *Spine*, 7:740.
- 5 Kippers, V., Parker, AW. (1985). "Electromyographic studies of erectors spinae: symmetrical postures and sagittal trunk motion". *Australian Journal Physioter.*, 31:95.
- 6 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.
- 7 Lisón, JF., Monfort, M., Vera, FJ., Escribano, C., Sarti, MA. (1997). "Una alternativa para el fortalecimiento de la musculatura lumbar en población escolar". *III Congrés de les ciències de l'esport, l'educació física i la recreació de l'INEFC-Lleida*.
- 8 Macintosh, JE., Bogduk, N., Pearcy, MJ. (1993). "The effects of flexion on the geometry and actions of the lumbar erector spinae". *Spine*, 18:884-893.

- 9** McGill, SM., Norman, RW. (1998). "Potential of the lumbodorsal fascia forces to generate back extension moments during squat lifts". *Journal of Biomechanics Engineering*, 10:312-318.
- 10** Monfort, M., Lisón, JF., Sarti, MA. (1996). "Nuevas perspectivas en el objeto de estudio de la educación física". III Congreso Nacional de Educación Física de Facultades de Educación y XIV de Escuelas Universitarias de Magisterio, Guadalajara.
- 11** Monfort, M., Lisón, JF., López, E., Sarti, MA. (1997). "Trunk muscles and spine stability". *European Journal of Anatomy*. XVII Congress of the Spanish Society of Anatomy, 1.
- 12** Morris, JM., Benner, G., Lucas, DB. (1962). "An electromyographic study of the intrinsic muscles of the back in man". *Journal of Anatomy*, 96.
- 13** Sarti, MA., Lisón, JF., Monfort, M., Fuster, MA. (1997). "Flexion relaxation phenomenon in the erector spinae muscle". *European Journal of Anatomy*, 1:52-53.
- 14** Sarti, MA., Lison, JF., Monfort, M., et al. (2001). Response of the flexion-relaxation phenomenon relative to the lumbar motion to load and speed. *Spine*, 26:E421-E426.
- 15** Sarti, MA., Lisón, JF., Monfort, M., Botella, P. (2003). "Functional Anatomy of the Trunk Flexion". *Annals of Anatomy*, 28 (bis 31).
- 16** Sarti, MA., Sánchez, D., Pamblanco, MA., Monfort, M. (2003). "Lumbo-pelvic rhythm: comparison between free-pain subjects and low back pain patients". 14 th International Congress of the World Confederation for Physical Theray. 7-12 June Barcelona. In abstracts book RR-PL-2086.
- 17** Valencia, FP., Munro, RR. (1985). "An electromyographic study of the lumbar multifidus in man". *Electromyography and Clinical Neurophysiology*, 25.