

PATRÓN DE ACTIVACIÓN DEL MÚSCULO ERECTOR SPINAE EN DOS EJERCICIOS DE FORTALECIMIENTO LUMBAR LUMBAR

Sarti, M. A. * ; Molina, J*; Pamblanco, M.A.* ; Lisón, J.F.** & Sánchez, D.*
Universidad Valencia*; Universidad Cardenal Herrera-CEU Valencia**

RESUMEN

El fenómeno de flexión-relajación, disminución brusca y espontánea de la actividad del músculo erector spinae durante la flexión, es la respuesta específica de este músculo en personas sanas. Se ha estudiado la intensidad de contracción del ES durante ejercicios en el banco romano con el objeto de graduar la intensidad del entrenamiento de la musculatura lumbar, pero se desconoce si el patrón de activación varía respecto al observado en postura erecta. Se registraron simultáneamente la EMG de superficie del músculo erector spinae derecho y el movimiento angular del raquis dorsolumbar durante ciclos de flexo-extensión del tronco en el banco romano y en postura erecta (n=20, M: 21.4 años, 64.5Kg y 168.4cm) y se compararon los patrones de activación del músculo en ambas posturas, observando que fueron diferentes. El fenómeno de flexión-relajación del músculo erector spinae apareció durante la flexión desde postura erecta pero no en el banco romano; la máxima amplitud de flexión fue significativamente menor ($p \leq 0.05$) y la actividad decayó progresiva y simultáneamente con el incremento de flexión en el banco romano. "Evitar rangos máximos de movimiento" como norma durante la práctica de ejercicios del tronco puede proporcionar cierta protección al raquis.
PALABRAS CLAVE: Erector spinae, fenómeno de flexión-relajación, banco romano, fortalecimiento lumbar, movimiento lumbar.

ABSTRACT

The flexion-relaxation-phenomenon is the specific response of the erector spinae muscles, in free-pain subjects, during forward bending from upright standing. The contraction intensity of the erector spinae has been studied during trunk exercises on the roman chair, which has brought about significant information in order to graduate lumbar training intensity. To our knowledge, no study determined the pattern of erector spinae activity in the course of movement at the roman-chair exercises. The EMG of the right erector spinae and the angular displacement of the dorso-lumbar spine were simultaneously recorded during the time-course of flexion-extension exercises at upright standing and roman chair (n=20, M: 21.4 years, 64.5Kg and 168.4cm), the muscles activation were compared between the two exercises and different patterns were observed. The flexion-relaxation-phenomenon was observed during flexion from upright standing but not during exercises at the roman chair, the maximum amplitude of flexion was significantly less ($p \leq 0.05$) and progressive decrease in ES activity occurred when the trunk flexed by maximum. Avoiding maximum range of flexion during trunk exercises is recommended since, as a rule during lumbar training, it may prevent from spine injury.
KEY WORDS: Erector spinae, flexion-relaxation phenomenon, roman-chair exercises, lumbar-strengthening-exercises, lumbar motion.

INTRODUCCIÓN

La musculatura paravertebral lumbar moviliza el raquis en relación a la pelvis, siendo el '*erector spinae*' (ES) uno de los grupos musculares más potente de la misma. El fortalecimiento de la musculatura paravertebral lumbar responde a distintos objetivos: en los programas de entrenamiento mejora el rendimiento deportivo (Callaghan, 1998); en la rehabilitación de pacientes con historia de dolor lumbar, restablece la función extensora al aliviar la molestia, disminuir la recurrencia de las crisis dolorosas (Hides, 1996; Luoto, 1995), y revertir progresivamente la atrofia muscular (Hides, 1994). Para fortalecer esta región se practican ejercicios en postura erecta y en decúbito prono. Uno de los instrumentos mas populares para fortalecer la región lumbar es el banco romano que permite

mantener el cuerpo en posición horizontal y entonces realizar movimientos de flexión y extensión del tronco.

Algunos estudios han determinado la influencia de varios factores en la intensidad de contracción de la musculatura lumbar del tronco durante ejercicios en el banco romano (Clark, 2002; Lisón, 1998; Mayer, 2002; Sarti, 1999) (Fig.1). Factores tales como la influencia del cambio del eje de rotación del movimiento (de la articulación sacro-lumbar a la coxofemoral -cadera-) (Sarti, 1999) y del cambio de la postura de la cadera (de rotación interna a externa); así como el hecho de mantener la curvatura lumbar o disminuirla (espalda plana) (Mayer, 2002) o la variación de la velocidad del movimiento (Lisón, 1998). Se han determinado, igualmente, los grados de flexión del raquis donde la contracción muscular es más intensa (Clark, 2002; Lisón, 1998), la suplencia (preeminencia) de la actividad ES por la del gluteus maximus en caso de numerosas repeticiones (Clark, 2002). Estos trabajos (Clark, 2002; Lisón, 1998; Mayer, 2002; Sarti, 1999), en general, han aportado resultados significativos que facilitan la graduación progresiva de la intensidad del entrenamiento de la musculatura extensora en el banco romano sin necesidad de utilizar maquinaria de coste elevado u otro tipo de implementos (peso) (Mayer, 2002; Sarti, 1999), que en ocasiones, debido a la sobrecarga o la utilización inadecuada pueden aumentar el riesgo potencial de lesiones en la espalda.

Se sabe que en bipedestación el fenómeno de flexión relajación del ES (disminución brusca y espontánea de su actividad) es la respuesta específica de este músculo durante la flexión del tronco en personas sanas (Fick, 1911; Floyd, 1955; Kippers, 1984; Sarti, 1997, 2001 y 2003). Sin embargo, a pesar de las aportaciones de los estudios previos en el banco romano (Clark, 2002; Lisón, 1998; Mayer, 2002; Sarti, 1999) se desconoce si el patrón de activación del ES varía respecto al observado en postura erecta. Con el propósito de averiguarlo se registró simultáneamente la actividad del músculo erector spinae y el desplazamiento angular del raquis dorsolumbar durante ciclos de flexo-extensión del tronco en el banco romano y en postura erecta y se comparó el desarrollo de la actividad en el transcurso de los movimientos.

MÉTODO

Sujetos

Se estudiaron 20 sujetos sin historia de dolor lumbar en los dos años previos al estudio, ni otro tipo de contraindicaciones músculo-esqueléticas ni cardiovasculares para la práctica de ejercicio físico. Como criterio de inclusión se estableció que los voluntarios debían estar realizando ejercicio físico estructurado en programas de entrenamiento (≥ 3 días-alternos/ semana). Las edades, pesos y tallas

medias fueron: 21.4 años, 64.5Kg y 168.4cm. Todos los participantes dieron su conformidad para participar en el estudio y el procedimiento fue revisado y aprobado por la comisión ética de la Facultad de Medicina de Valencia.

Instrumentos y registros

Para detectar la actividad eléctrica del músculo erector spinae derecho la piel se rasuró y se limpió con alcohol, se colocó un par de electrodos de superficie provistos de gel conductor (AgCl), de forma discoidal y de 10mm de diámetro, en el sentido longitudinal de las fibras musculares, tres centímetros separados del proceso espinoso de la tercera vértebra lumbar, con una distancia entre electrodos (centro-centro) de dos centímetros y en configuración bipolar. Se utilizó el Muscle Tester ME-3000 (Mega Electronics Ltd) provisto de cables con preamplificadores con una sensibilidad de 1 microvoltio y un ancho de banda de 20-500 Hz. El procesamiento de la EMG engloba la transformación de la señal analógica en digital y de ésta en valores absolutos (full wave rectification). La frecuencia de muestreo es de 10 Hz.

El movimiento del raquis se registró con un electro-goniómetro [lumbar motion monitor (LMM)] que proporciona la posición instantánea del raquis (grados) en los tres planos del espacio en función del tiempo. Su diseño simula un 'exoesqueleto' del raquis que se sujeta, por medio de unos arneses, al tórax y a la pelvis (Fig. 1 y 2), el extremo superior se colocó sobre el proceso espinoso de la duodécima vértebra torácica y el inferior (provisto con potenciómetros) en la primera vértebra sacra. El LMM proporciona la diferencia de posición de la región comprendida entre los dos arneses (dorsolumbar), desplazándose como una unidad, en relación a la pelvis. Las señales de los potenciómetros (frecuencia, 60 Hz) se envían a un ordenador a través de una interfase y de un convertidor analógico-digital. El diseño, la calibración y la exactitud del LMM han sido publicados previamente en la literatura científica (Marras, 1992).

Ejercicios de Flexo-extensión del tronco:

- *Banco romano*. El tronco se coloca en decúbito prono y máxima flexión con las manos en la cabeza, la articulación coxo-femoral se centra sobre el extremo anterior de la almohadilla pélvica (10° de inclinación respecto al suelo), el talón se fija por debajo de otra almohadilla para tal fin (postura inicial). Partiendo de esta postura el tronco se sube hasta la horizontal, se mantiene y se baja hasta la postura inicial [desde máxima flexión: sube, 1s→ mantiene horizontal, 1s→baja, 1s] (Fig. 1 y 3).



Figura 1. Disposición del Lumbar Motion Monitor (LMM) en la espalda de un participante durante el ejercicio de flexo-extensión del tronco en el banco romano. **A)** Posición inicial. **B)** Posición de mantenimiento en la horizontal.

- *Bipedestación*. Cabeza erguida mirada al frente, miembro superior colgando a los lados del tronco, miembro inferior con las rodillas extendidas y los pies separados una distancia igual a la anchura entre las caderas (postura inicial). Se flexiona la cabeza y el cuello sobre el pecho y se continúa bajando hasta tocar el suelo comprendido entre los pies, se mantiene el tronco en flexión, se sube de forma inversa hasta alcanzar la postura inicial [desde postura erecta: baja, 1s → mantiene flexión, 1s → sube, 1s]. En la bajada y en la subida las manos se deslizan por la parte anterior de los miembros inferiores (Fig. 2 y 4).



Figura 2. Disposición del Lumbar Motion Monitor (LMM) en la espalda de un participante en la posición inicial en el ejercicio de flexo-extensión del tronco en bipedestación

Procedimiento

Se explicaron los ejercicios y se insistió en que los movimientos debían realizarse suave y controladamente. Con esta finalidad, los voluntarios, dispusieron de un periodo de práctica para acomodarse al equipamiento y familiarizarse con la técnica (cadencia y amplitud del rango de los movimientos). Durante los tests, un

experimentador indicó la cadencia del movimiento de forma acompañada al sonido de un metrónomo (60 pulsos / minuto). Se realizó una serie de 4 repeticiones de cada uno de los dos ejercicios y entre ellas se dejaron 5 minutos de descanso. Se citó a los participantes, al menos, dos horas después de levantarse de la cama con el fin de disminuir la influencia de las variaciones diurnas en la mecánica del raquis (Adams, 1991).

Tratamiento de los datos y análisis estadístico

Los valores (V / s) de la EMG del erector spinae y el desplazamiento dorsolumbar (deg / s) en el plano sagital en cada serie, se introdujeron en el mismo ordenador para realizar cálculos ulteriores. Se estandarizó la frecuencia de los dos tipos de datos a 10 Hz. Se seleccionaron las dos repeticiones centrales de las cuatro realizadas. La normalidad de los datos se constató con el test de Kolmogorov-Smirnov. Los valores de la máxima amplitud de flexión del raquis dorso lumbar (T12-S1) de las dos repeticiones seleccionadas se utilizaron para determinar la fiabilidad calculando el coeficiente de correlación intra-clase (ICC) con el análisis de varianza de medidas repetidas y el error estándar de medida (SEM). Los resultados del ICC (r , F: 0.87888-0.99987) y del SEM, (r : 0.085-0.087) fueron buenos constatando la fiabilidad de esta variable. Para averiguar las diferencias entre la máxima amplitud de flexión de los dos ejercicios se calculó el t-test de muestras relacionadas ($\alpha \leq 0.05$).

Los valores absolutos de la amplitud de la EMG (μ V) y del desplazamiento angular (grados) se representaron simultáneamente, lo que proporcionó las curvas de activación muscular del músculo ES y del desplazamiento del raquis dorsolumbar en el plano sagital en el transcurso de los movimientos.

RESULTADOS

En el ejercicio en bipedestación la actividad del ES aumentó progresivamente al inicio de la flexión del raquis (contracción excéntrica). Sin embargo, antes de alcanzar la máxima amplitud de flexión el aumento de actividad cesó y se inició una disminución espontánea, brusca y progresiva llegando a niveles de actividad menores que los registrados en bipedestación (inicial), niveles que se mantuvieron durante la pausa en flexión (relajación muscular). Durante el ascenso del tronco la actividad del ES aumentó repentinamente (contracción concéntrica) (Fig. 3: excéntrica \rightarrow relajación \rightarrow concéntrica).

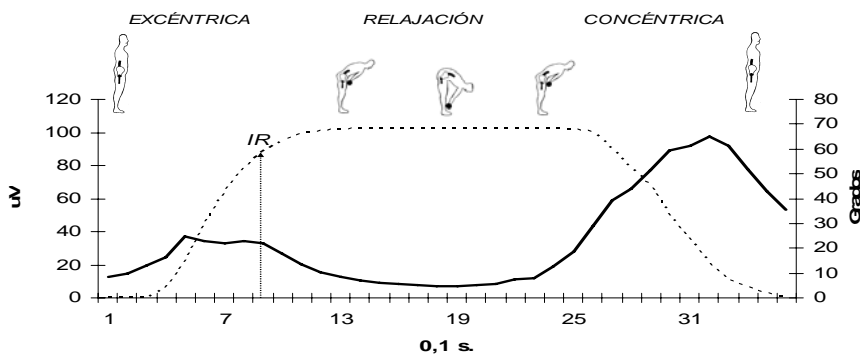


Figura 3. Curvas de desplazamiento del raquis dorso-lumbar (---), y de la actividad eléctrica del erector spinae (—) durante el transcurso de la flexo-extensión del tronco desde bipedestación de un sujeto. Inicio de la relajación muscular del músculo erector spinae (IR). Las fases de activación y relajación del músculo se indican en la parte superior de la figura

En el ejercicio en el banco romano la activación del ES aumentó progresivamente durante el ascenso del tronco (contracción concéntrica), se mantuvo con oscilaciones al mantener el tronco en la horizontal (contracción isométrica) y disminuyó progresivamente durante el descenso del tronco (contracción excéntrica), terminando la disminución después de que el raquis dorsolumbar hubiera alcanzado la máxima amplitud de flexión (Fig. 4: concéntrica → isométrica → excéntrica).

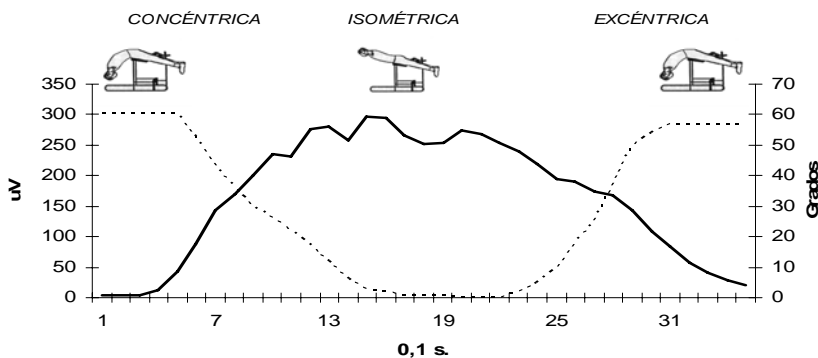


Figura 4. Curvas de desplazamiento del raquis dorso-lumbar (---), y de la actividad eléctrica del erector spinae (—) durante el transcurso de la flexo-extensión del tronco en el banco romano de un sujeto. Las fases de activación y relajación del músculo se indican en la parte superior de la figura.

La media de la máxima flexión del raquis dorsolumbar fue significativamente mayor ($p \leq 0.05$, $t = -4.204$) en el ejercicio en bipedestación que en el banco romano (Tabla 1).

Tabla 1. Amplitud de flexión del raquis dorso-lumbar

SUJETOS	BIPEDESTACIÓN (grados)	BANCO ROMANO (grados)	BANCO ROMANO (%) Bipedestación
1	65	58	89,23
2	70	64	91,43
3	69	57	82,61
4	69	44	63,77
5	70	65	92,86
6	69	40	57,25
7	62	51	82,26
8	65	62	95,38
9	64	45	70,31
10	70	62	88,57
11	70	41	58,57
12	70	48	68,57
13	70	65	92,86
14	65	55	84,62
15	67	57	85,07
16	71	51	71,83
17	59	42	71,19
18	60	52	86,67
19	65	58	89,23
20	70	55	78,57
\bar{X} (sd)	67 (3.66)	54 (8.21)*	80,04 (11,82)

DISCUSIÓN

Durante la inclinación anterior en postura erecta el peso del tronco, miembros superiores y cabeza, producen un ‘momento flexor’ que es contrarrestado por la tensión en los tejidos de la espalda ‘momento extensor’ (Adams, 1991; Cholewicki, 1992; Gracovetsky, 1990; Solomonow, 1998), estos momentos se aplican en el centro de rotación localizado en el disco intervertebral comprendido entre vértebras adyacentes (Pearcy, 1988). En la columna vertebral los ligamentos del arco neural se encuentran más próximos al disco intervertebral que el músculo ES, por consiguiente, más próximos al centro de rotación vertebral (menor brazo de palanca). Como consecuencia el momento extensor producido en los ligamentos (tensión pasiva) somete al disco a mayor compresión que el generado por la activación del ES, aumentando subsidiariamente el riesgo potencial de lesión (Dolan, 1994; Kelsey, 1984). En razón de estos conocimientos se recomienda (Dolan, 1994) la práctica de ejercicios que consigan mayor activación muscular del

ES (tensión activa) y releguen la tensión en los ligamentos del raquis (tensión pasiva).

En nuestro estudio, antes de finalizar la flexión, en el ejercicio en bipedestación, los niveles de actividad del músculo ES cayeron por debajo de los registrados en postura erecta, es decir, apareció la relajación del ES del fenómeno de flexión relajación descrito en estudios previos (Fick, 1911; Floyd, 1955; Lisón, 1996; Sarti, 1997). Esto refuerza el estudio de Lisón (1996) al sugerir que la escasa actividad del ES en el ejercicio de “los molinos” (giros laterales del tronco para alcanzar con una mano el pie opuesto), quizá fue debido a la aparición de la relajación muscular durante la flexión del tronco. Además, se sabe que durante la relajación del ES el raquis se mantiene estable gracias a la tensión generada en las estructuras espinales, no-contráctiles, tal como el tejido conjuntivo (de ligamentos, tendones, discos intervertebrales, fascias) y la del propio músculo relajado (momento extensor pasivo) (Dolan, 1994; Gracovetsky, 1990; Macintosh, 1993; McGill, 1998).

En estos rangos de flexión, es decir, próximos a la máxima flexión del tronco, pequeñas variaciones de movimiento conllevan grandes variaciones del momento flexor y como consecuencia de la tensión en los ligamentos espinales, siendo su incremento, uno de los factores de riesgo de lesión específica por fatiga del disco y de los ligamentos vertebrales (Adams, 1991; Dolan, 1993). En el ejercicio en el banco romano del presente estudio, la activación del músculo erector spinae se desarrolló durante todo el desplazamiento angular del raquis dorsolumbar lo que sugiere que en ningún momento, durante el ascenso y descenso del tronco, el momento extensor recayó ‘exclusivamente’ en los tejidos pasivos de la espalda. Por otra parte, la amplitud de flexión del raquis fue significativamente menor en el banco romano y, quizá la tensión ligamentosa debida a su elongación por la flexión también lo fue.

Basándonos en estos resultados se podría argumentar que el ejercicio de flexo-extensión con el banco romano, realizado correctamente, consigue activar el músculo ES en concordancia con el desplazamiento del raquis dorsolumbar. A pesar de esto, hay que tener en cuenta que la actividad del ES disminuyó progresivamente en los rangos de movimiento próximos a la máxima flexión (postura inicial), disminuyendo por tanto su efectividad. Esto refuerza la recomendación de practicar sólo en el rango del 80% de la máxima flexión desde la horizontal en ejercicios en el banco romano (Lisón, 1998).

Por lo tanto, los resultados del presente estudio considerados en conjunto (Bipedestación y Banco romano) refuerzan la sugerencia (Dolan, 1993) de que “evitar rangos máximos de movimiento” durante la práctica de ejercicios del tronco

(flexión-extensión) es una medida que debería tenerse en cuenta, ya que, como norma general podría proporcionar cierta protección al eje raquídeo. Concretamente en el estudio que presentamos: en “bipedestación”, porque la actividad del ES prácticamente desaparece y la tensión recae en los tejidos pasivos; y en el ‘banco romano’, ya que la actividad del ES disminuye progresivamente. En general, durante los ejercicios del tronco se somete a tensión los tejidos sanos y los dañados con la finalidad de fortalecerlos y, en su caso, acelerar la reparación; procurando al mismo tiempo, no someterlos a una carga excesiva que podría exacerbar la debilidad o el daño existente (Callaghan, 1998). La selección del ejercicio óptimo o adecuado requiere de la experiencia profesional y la evidencia científica.

El presente trabajo, en conjunto, aporta datos experimentales sobre la compleja respuesta neuromuscular del ES durante ejercicios de flexo-extensión del tronco en el banco romano y bipedestación. Datos que amplían los aportados en estudios previos para la gradación de la intensidad del entrenamiento y que pueden ser de utilidad para fundamentar, en términos de seguridad y de eficacia (EMG), la prescripción y práctica de ejercicios de fortalecimiento de la musculatura lumbar respectivamente para el profesional así como para el profano.

Podemos concluir, que en los participantes de este estudio y realizando los ejercicios según las instrucciones prescritas, los patrones de activación del músculo erector spinae fueron diferentes durante la flexión del tronco en el banco romano y en bipedestación. El fenómeno de flexión relajación del músculo erector spinae no se observó en el banco romano. Se recomienda evitar rangos máximos de movimiento, en bipedestación y en el banco romano, como criterio a tener en cuenta en la práctica de ejercicios saludables, es decir, seguridad y eficacia.

REFERENCIAS

- ADAMS, M.A. & DOLAN, P. (1991). A technique for quantifying the bending moment acting on the lumbar spine in vivo. *J Biomech*, 24:117-126.
- CALLAGHAN, J.P., GUNNING, J.L., MCGILL S.M. (1998). The relationship between lumbar spine load and muscle activity during extensor exercises. *Physical Therapy*, Vol 78(1):8-18.
- CHOLEWICKI, J. & MCGILL, S.M. (1992). Lumbar posterior ligament involvement during extremely heavy lifts estimated from fluoroscopic measurement. *J Biomech*, 25(1):17-28.
- CLARK, C., MANINI, T.M., MAYER, J.M., LORI L., GRAVES JE. (2002). Electromyographic activity of the lumbar and hip extensors during dynamic trunk extension exercise. *Arch Phys Med Rehabil*, 83:1547-1552.

- DOLAN, P. & ADAMS, M.A. (1993). Influence of Lumbar and Hip mobility on the bending stresses acting on the lumbar spine. *Clin Biomech*, 8:185 -192.
- DOLAN, P., MANNION, A.F., ADAMS, M. (1994). Passive tissues help the back muscles to generate extensor moments during lifting. *J Biomech*, 27:1077 – 1085.
- FICK, R. (1911). Handbuch der anatomie und mechanik der gelenke. *Jena Gustav Fischer*, (3).
- FLOYD, W.F. & SILVER, P.H.S. (1955). The function of erectores spinae muscles in certain movements and postures in man. *J Physiol [Lond]*, 129:184-203.
- GRACOVETSKY, S., KARY, M., LEVY, S., BEN SAID, R., PITCHEN, I., HELIE, J. (1990). Analysis of spinal and muscular activity during flexion/extension and free lifts. *Spine*, 15:1333-9.
- HIDES, J.A., RICHARDSON, C.A., JULL, G.A. (1996). Multifidus recovery is not automatic after resolution of acute, first episode low back pain. *Spine*, 21:2763-9.
- HIDES, J.A., STOKES, M.J., JULL, G.A., COOPER, D.H. (1994). Evidence of multifidus waston ipsilateral to symptoms in patients with acute/subacute low back pain. *Spine*, 19:165-72.
- KELSEY, J.L., GITHENS, P.B., WHITE, A.A. (3rd) *et al.* (1984). An epidemiologic study of lifting and twisting on the job and risk for acute prolapsed lumbar intervertebral disc. *J Orthop Res*, 2:61-66.
- KIPPERS, V. & PARKER, A.W. (1984). Posture related to myoelectric silence of erectores spinae during trunk flexion. *Spine*. 7:740.
- LISÓN, J.F., MONFORT, M., SARTI, M.A. (1996). Estudio de tres ejercicios para el fortalecimiento de la musculatura lumbar. *Archivos de Medicina del Deporte*, XIII(56):427-432.
- LISÓN, J.F. & SARTI, M.A. (1998). Velocidad y rango de movimiento en el fortalecimiento de músculos posturales. Estudio preliminar. *Archivos de Medicina del Deporte*, XV(66):291-298.
- LUOTO, S., HELIOVAARA, M., HURRI, H., ALARANTA, H. (1995). Static back endurance and the risk of low back pain. *Clin Biomech*, 10:323-4.
- MACINTOSH, J.E., BOGDUK, N., PEARCY, M.J. (1993). The effects of flexion on the geometry and actions of the lumbar erector spinae. *Spine*, 18(7):884-93.
- MARRAS, W.S. (1992). Accuracy of a three-dimensional lumbar motion monitor for recording dynamic trunk motion characteristics. *Int J Ind Erg*, 9:75-87.
- MAYER, J.M., VERNA, J.L., MANINI, T.M., MOONEY, V., GRAVES, J.E. (2002). Electromyographic activity of the trunk extensor muscles: effect of

- varying hip position and lumbar posture during roman chair exercise. *Arch Phys Med Rehabil*, 83:1543-1546.
- McGILL, S.M. & NORMAN, R.W. (1998). Potential of the lumbodorsal fascia forces to generate back extension moments during squat lifts. *J Biomech Eng*, 10:312-318.
- PEARCY, M.J. & BOGDUK, N. (1988). Instabtaneeous axes of rotation of the lumbar intervertebarl joints. *Spine*, 13:1033-1041.
- SARTI, M.A., BOSCH, A.H., VERA, F.J., MONFORT, M., LISÓN, J.F., ESCRIBANO, C. (1999). Selección de una postura en el fortalecimiento de la Musculatura Paravertebral Lumbar. *Archivos de Medicina del Deporte*, XVI(73): 427-434.
- SARTI, M.A., LISÓN, J.F., MONFORT, M., BOTELLA, P. (2003). Functional anatomy of the trunk flexion. *Ann Anat*, 28(bis 31).
- SARTI, M.A., LISÓN, J.F., MONFORT, M., FUSTER, M.A. (2001). Response of the flexion-relaxation phenomenon relative to the lumbar motion to load and speed. *Spine*, 26:E421-E426.
- SARTI, M.A., LISÓN, J.F., MONFORT, M., FUSTER, M.A. (1997). Flexion relaxation phenomenon in the erector spinae muscle. *European Journal of Anatomy*, 1:52-53.
- SOLOMONOW, M., ZHOU, B., HARRIS, M., LU, Y., BARATTA, N.V. (1998). The ligamento-muscular stabilizing system of the spine. *Spine*, 23:2552-62.