

EJERCICIOS PARA EL FORTALECIMIENTO DE LA MUSCULATURA LUMBAR

INTRODUCCIÓN

Cuando se introduce el concepto de salud en el trabajo de condición física hay que tener presente que el fortalecimiento de la musculatura paravertebral contribuye a disminuir el dolor lumbar, así como a aumentar la funcionalidad raquídea (Lisón y Sarti, 1998).

Se ha demostrado la relación existente entre la debilidad lumbar, desequilibrios musculares o hábitos posturales incorrectos, programas de ejercicios físicos inadecuados y algias lumbares (Lisón y cols., 1998; Morini y Ciccarelli, 1998; Pollock y cols., 1989; Carpenter y Nelson, 1999; Pamblanco, 2000; Shirado y cols., 1995). Se ha comprobado que sujetos con bajos niveles de fuerza en los músculos extensores del tronco, son más propensos a padecer alteraciones raquídeas (Lisón y Sarti, 1998; Mannion y cols., 1997; Graves y cols., 1994; Graves y cols., 1992; Cholewicki y cols., 1997). El entrenamiento de la musculatura lumbar, por tanto, está indicado para prevenir alteraciones en el raquis lumbar (Lisón y cols., 1998; Mannion y cols., 1997).

La inestabilidad raquídea provocada por debilidad de la musculatura es un factor que genera inestabilidad raquídea es un factor importante que pueden desencadenar la aparición de dolor lumbar (Sjölie y Ljunggren, 2001). Kollmitzer y cols. (2000) recomiendan, para prevenir y tratar el dolor lumbar, un trabajo de fortalecimiento lumbar, acompañado de entrenamiento sensorio-motor. Mannion y cols. (1997) recomiendan trabajar la resistencia muscular lumbar en programas de tratamiento del dolor lumbar. Mueller y cols. (1998) indican que una fuerza y resistencia muscular isométrica en los músculos del tronco insuficiente, reduce la habilidad de estabilizar del raquis.

En base a estos datos, se recomienda el fortalecimiento de la musculatura paravertebral lumbar (Pamblanco, 2000; Lisón y cols., 1998). Sin embargo, es posible que en busca de este fin se utilicen ejercicios que, ejecutados con una postura inadecuada, generan un efecto contraproducente.

Por otro lado, cabe citar la controversia que existe sobre si es más importante desarrollar los flexores del tronco, los extensores o, por el contrario, si es mas efectivo ejercitar ambos grupos musculares (Shirado y cols., 1995).

Parte de esta controversia viene de la mano de las teorías que afirman que la musculatura lumbar trabaja de forma continuada, lo que genera una situación de fatiga frecuente (Colado, 1996). Para este autor, la tendencia de los músculos lumbares, es al acortamiento muscular. Su funcionalidad en contracciones fásicas, junto a la misión de mantener el cuerpo erguido y equilibrado, haría que con frecuencia estos músculos se encuentren acortados e hipertónicos. Asimismo, Morini y Ciccarelli (1998) afirman que los músculos extensores del tronco son más fuertes que los flexores, lo que conllevaría a un entrenamiento que atiende con mayor énfasis a los flexores.

Martín (1996), en esta línea, afirma que aquellas personas que pasan muchas horas en bipedestación, más aún si deben inclinar el tronco y/o movilizar cargas, van a presentar una hipertonificación de la musculatura extensora, con el consiguiente acortamiento muscular, dolor y modificación de la disposición normal de las curvas naturales de su raquis. Sin embargo, Cholewicki y cols. (1997) encuentran que la actividad electromiográfica de los músculos del tronco en posición erecta son muy bajas.

En contraposición, Liemohn (2000) afirma que, a menudo, se ignora la necesidad del entrenamiento de la musculatura lumbar, puesto que tiene una importancia crucial en el funcionamiento del raquis. Rodríguez (1998) y Rodríguez y Santonja (2001), afirman que un buen estado de tonicidad de la musculatura paravertebral extensora del tronco constituye un elemento de contención al desplazamiento vertebral en los movimientos de flexión de tronco.

Hay que destacar que la actividad eléctrica de la musculatura lumbar en la posición de bipedestación es baja. La activación tiene lugar principalmente en el longísimo y en los rotadores, cuya actividad se justifica por el mantenimiento de la postura erecta.

Por esta controversia, dentro del ámbito de la actividad física, son muchos los deportistas que no trabajan la musculatura lumbar por tratarse de una musculatura relegada a funciones tónicas y posturales (Lisón y cols., 1998).

Descripción anatómica de la musculatura lumbar

La principal masa muscular de la musculatura intrínseca del tronco se encuentra en la zona lumbar y constituye la denominada musculatura lumbar (Lisón y cols., 1998), compuesta primariamente por el *erector spinae* y *transverso spinae* (Graves y cols.,

1994). El *erector spinae* (también denominado musculatura sacroespinal) está formado por el longísimo, iliocostal y espinal (McGill y Norman, 1987). Se origina en la parte posterior de la pelvis y sacro, insertándose en la cara posterior de varias costillas (Shirado y cols., 1995). Es un músculo cuyos fascículos musculares varían su longitud desde unos 5,2 centímetros en el espinal a 12 centímetros en el iliocostal, con una longitud de sarcómero entre 2,26-2,37 μm (Delp y cols., 2001).

Estos músculos trabajan en conjunción con los glúteos (Mayor, menor y mediano) e isquiosurales (bíceps femoral, semitendinoso y semimembranoso), los cuales rotan la pelvis posteriormente (desrotación) durante la extensión del tronco (Graves y cols., 1994).

La mayoría de las fibras musculares del *erector spinae* carecen de fijación directa en los segmentos espinales móviles lumbares y, por tanto, son incapaces de ejercer fuerzas directas en los segmentos vertebrales móviles (Fritz y cols., 1998).

Desde el punto de vista dinámico este músculo se encarga de extender el tronco desde una posición flexionada (Mannion y cols., 1997). También proporciona gran parte de la fuerza extensora requerida en la mayoría de levantamientos de cargas (Fritz y cols., 1998). Al igual que ocurre con la musculatura abdominal, el principal objetivo del fortalecimiento de la musculatura lumbar es preparar la musculatura del tronco para responder adecuadamente a cargas inesperadas, estabilizando las estructuras raquídeas. De hecho, los extensores lumbares pueden llegar a absorber una presión en el raquis lumbar de un 55%, lo que supone una liberación de carga y estrés considerable (Ordóñez y Mencia, 1987).

Los extensores lumbares también cumplen la función de proveer estabilidad a la columna vertebral para que ésta se oponga a la fuerza de la gravedad y mantener la postura erecta, controlando cualquier movimiento de flexión adelante (Plowman, 1992; Mannion y cols., 1997).

Características kinesiológicas de la musculatura lumbar.

La musculatura lumbar un grupo tónico-postural en el que existe un predominio de fibras rojas (tipo I), respondiendo bien ante estímulos poco intensos y de larga duración (Mannion y cols., 1997). Las velocidades angulares que alcanza el tronco durante la mayor parte de los movimientos físicos son bastantes bajas, especialmente cuando se

comparan con las alcanzadas por otros segmentos corporales. A la hora de plantear ejercicios para su acondicionamiento, debe respetarse la predominancia de sus fibras, exigiendo, por tanto, contracciones lentas, mantenidas estáticamente durante algunos segundos, y preferiblemente con cargas bajas, estímulos parecidos al papel que cubren en el organismo (Lisón y Sarti, 1998).

La utilización de contracciones isométricas en el ejercicio de elevación de tronco desde decúbito prono tiene la ventaja de implicar significativamente a la musculatura extensora lumbar, y especialmente, ser más seguro para el raquis dorso-lumbar, ya que raramente se produce daño con este tipo de contracción (Shirado y cols., 1995). A pesar de ello, un reclutamiento o patrón muscular alterado por la fatiga en los extensores del tronco puede incrementar las cargas sobre el raquis, contribuyendo, de este modo, a un aumento del riesgo de lesión (Sparto y Parnianpour, 1998).

No es necesaria una actividad que persiga una hipertrofia de los músculos lumbares, pues ésta no es imprescindible para la ganancia de fuerza ni tampoco en la prevención de lesiones en la zona lumbar. Junto al fortalecimiento de la musculatura lumbar debe realizarse un trabajo adecuado de la musculatura abdominal (Lisón y Sarti, 1998).

Ejercicios para el fortalecimiento lumbar

Con objeto de fortalecer la musculatura lumbar suele observarse, con frecuencia, la realización de los ejercicios conocidos coloquialmente como "lumbares", ejecutados en decúbito prono (Shirado y cols., 1995), con fijación de los pies y de un rango de extensión total. Además, es muy común observar como muchas personas lo realizan de forma balística en su fase concéntrica (elevación del tronco) (López Miñarro y Rodríguez, 2000; López Miñarro, 2000).



Figura 1. Elevación del tronco desde decúbito prono sobre superficie horizontal y fijación distal en los pies.

En la sala de musculación puede realizarse el ejercicio en la máquina de hiperextensiones, en decúbito prono con los talones en los rodillos y apoyando el pubis en el soporte, de manera que sobresalga todo el tronco. Desde ahí, se flexiona la pelvis por las articulaciones coxofemorales, manteniendo la espalda totalmente recta, para subir seguidamente hasta pasar unos veinte grados de la horizontal (Pérez y cols., 1997).



Figura 2. Extensión lumbar en banco romano.

En este ejercicio los músculos implicados son: glúteo mayor, isquiosurales, cuadrado lumbar y erectores espinales (multífido, dorsal espinal, iliocostal torácico y largo torácico) (Pérez y cols., 1997).

Una variable a tener en cuenta en la hiperextensión lumbar desde decúbito prono es la fijación de los pies, pues el rango de lordosis lumbar que se puede alcanzar es mayor.

Por tanto, la fijación de pies establecida para lograr mayor velocidad en el movimiento, así como mayor rango articular, está desaconsejado desde el punto de vista

de la salud. El rango articular de extensión, bajo un objetivo de fortalecimiento lumbar, debe basarse en movimientos donde no se sobrepase la horizontal, ya que en esta postura, los períodos de actividad muscular son importantes, y no se genera inestabilidad raquídea.

En el banco de hiperextensiones, hay que destacar que una mala ejecución del ejercicio, desencadenado por apoyar toda pelvis e incluso la porción caudal del tronco sobre el banco, conlleva un movimiento basado en la flexión del raquis lumbar, disponiéndolo en cifosis con el consecuente riesgo de lumbalgia y hernias discales (Pérez y cols., 1997).

En los últimos años, diversos estudios han puesto de manifiesto que los ejercicios, que engloban en su secuencia una postura hiperlordótica son peligrosos, puesto que pueden desencadenar algias vertebrales así como alteraciones en las estructuras raquídeas.

Definición de extensión lumbar. Repercusiones de la hiperextensión raquídea.

De cara al análisis de la postura más adecuada en el trabajo de fortalecimiento lumbar, es necesario definir el movimiento de extensión lumbar. Éste ocurre cuando el raquis lumbar se desplaza desde una posición de flexión lumbar hasta aquella donde se recupera la lordosis fisiológica de la bipedestación. Para Liemohn (2000) una pauta a seguir en el entrenamiento lumbar consiste en limitar la extensión del tronco a la lordosis lumbar del individuo cuando se encuentra en bipedestación.

Por el contrario, una hiperextensión lumbar es aquel movimiento donde la lordosis lumbar aumenta por encima de unos valores de referencia.

La amplitud que el raquis lumbar puede alcanzar en la extensión, dentro de unos parámetros normales, es de 30° aproximadamente, si bien Cotton (1993) indica que el rango de movimiento de la extensión es de 20°, tanto en bipedestación como en decúbito prono, Alter (1990) plantea una amplitud diferente según la posición inicial del sujeto. Así plantea 20° para posiciones iniciales en decúbito prono y 30° si se trata de bipedestación.

El principal problema en los ejercicios de extensión lumbar es realizar movimientos balísticos (Liemohn, 2000) hasta el máximo rango articular. Según Yessis (1992), movimientos de estas características incrementan la fuerza de presión que actúa sobre los discos intervertebrales. Por otro lado, la hiperextensión lumbar balística facilita la adopción de posturas hiperlordóticas, además de que el movimiento es frenado esencialmente por las estructuras osteo-ligamentosas (Cotton, 1993). En opinión de Colado (1996) esta amplitud pone en peligro los topes óseos en el arco vertebral posterior por el contacto entre las apófisis espinosas y entre las apófisis articulares inferiores, además de generar fatiga en el ligamento común anterior.

La velocidad de ejecución del movimiento es un factor de riesgo importante (Lisón y cols., 1996; Lisón y Sarti, 1998).

De hecho, datos de Lisón y cols. (1997) indican que la peligrosidad de los ejercicios de extensión del tronco es superior cuando se ejecutan a velocidad rápida respecto a velocidad lenta (60% frente a 42%).

Algunas consecuencias biomecánicas de las posturas de hiperlordosis lumbar en los ejercicios de fortalecimiento lumbar son:

- Compresión discal (Nachemson, 1975) que puede facilitar a medio/largo plazo la aparición de procesos degenerativos en las estructuras discales lumbares (Wirhed, 1996). Lapierre (1996) considera que la hiperextensión lumbar predispone a discopatías en L₅-S₁ y L₄-L₅. Los valores de presión intradiscal están directamente relacionados con el riesgo de lesión lumbar.
- Estiramiento excesivo del ligamento vertebral común anterior.
- Estrés compresivo en las facetas vertebrales, produciendo alteraciones radiculares (Wirhed, 1996; Martín, 1996; Plowman, 1992).
- Lesiones raquídeas por contacto de las apófisis espinosas entre sí (en hiperextensiones máximas) (López y López, 1995).
- Subluxación de la articulación interapofisaria posterior.

- Fracturas vertebrales (Cotton, 1993). La reiteración de movimientos de hiperextensión raquídea puede facilitar la aparición de una espondilólisis y espondilolistesis.
- Shirado y cols. (1995) indican que es conveniente evitar la hiperextensión del raquis lumbar durante el ejercicio de extensión del tronco porque puede producir lesiones en las estructuras osteoarticulares de las articulaciones intervertebrales lumbares. De hecho, indica que este movimiento podría producir dolor lumbar, o agravarlo si ya existía.

Cinética saludable de los ejercicios de extensión lumbar en decúbito prono.

A la hora de configurar un programa de ejercicios lumbares hay que excluir aquellos movimientos que puedan resultar perjudiciales para la salud (Lisón y cols., 1998).

Los movimientos de extensión deberían limitarse a los períodos de mayor actividad eléctrica y menor peligrosidad. Lisón y cols. (1997) muestran cómo la fase isométrica que coincide con la posición horizontal es la más efectiva desde el punto de vista de activación muscular. Sus datos revelan que, tanto en los primeros períodos de la fase concéntrica, como en el último período de la fase excéntrica, períodos correspondientes a los mayores valores de flexión del tronco (71,1%, 43,7% y 95, 8%), la actividad del *erector spinae* es menor (2,1%, 21,8% y 19,1%) (Tabla 1).

		Actividad eléctrica	Valores relativos (%)	ROM: Flexion Dorso-lumbar
	<i>Período</i>	<i>Erector Spinae</i>	<i>Erector Spinae</i>	<i>Grados-- %</i>
	0-1	6	2,1%	44,1 ^o --71,1%
	1-2	63,6	21,8%	27,1 ^o --43,7%
Fase concéntrica	2-3	124	42,4%	17,7 ^o --28,5%
	3-4	152	52,1%	9,7 ^o --15,5%
	4-5	214,3	73,4%	2,8 ^o --4,5%
Fase	5-6	264,8	90,7%	-1,6 ^o --0%
Isométrica	6-7	275,4	94,3%	-2,7 ^o --0%
	7-8	248,8	85,2%	-0,5 ^o --0%
	8-9	203,5	69,7%	5,7 ^o --9,2%
Fase excéntrica	9-10	177,3	60,7%	18,2 ^o --29,4%
	10-1	136,8	46,8%	39,1 ^o --63,1%
	11-12	55,9	19,1%	59,4 ^o --95,8%

Tabla 1. Valores electromiográficos del *erector spinae* en distintas angulaciones vertebrales (Tomado de Lisón y cols., 1996).

En un estudio previo, Lisón y cols. (1996) comparan el ejercicio de pequeña elevación de tronco en decúbito prono con un ejercicio donde se pasa por una extensión lumbar y donde hay que buscar una amplitud de movimiento máxima (denominado por estos autores circunducción de tronco), encontrando que, en el primero, la actividad

eléctrica del *erector spinae* es bastante mayor y el índice de peligrosidad menor (39,60% versus 74,20%). De este modo, la extensión en decúbito prono, de menor rango de movimiento que la circunducción, es menos peligrosa y más eficaz (Lisón y Sarti, 1998).



Figura 3. Extensión lumbar en decúbito prono, restringiendo el rango de movimiento.

La peligrosidad viene dada en tantos por cien y se calcula a partir de los siguientes factores de riesgo (Lisón y cols., 1996):

- Número de movimientos por hora.
- Velocidad media de rotación (en grados por segundos).
- Máximo momento de fuerza (Newton por metro).
- Máxima flexión en el plano sagital (grados).
- Máxima velocidad de inclinación lateral (grados por segundo).

La peligrosidad final se establece calculando la media de las 5 peligrosidades parciales de cada factor de riesgo (Lisón y cols., 1996).

En cuanto al factor velocidad, es importante que se sigan las indicaciones de realización del ejercicio con gestos controlados y no de manera brusca o a través de "latigazos" (Pamblanco, 2000). Hay que evitar movimientos bruscos y acelerados del tronco en movimientos muy amplios. Los ejercicios deben ejecutarse a velocidad lenta, prolongando los períodos de fase isométrica (Monfort y Sarti, 1998). Cuando se trata de entrenar la musculatura lumbar, el entrenamiento isométrico tiene un interés especial frente a otras formas de actividad, por sus numerosas ventajas y porque la mayor parte de los aspectos negativos quedan minimizados (Lisón y cols., 1998).

A diferencia del entrenamiento de otros grupos musculares, un trabajo exclusivamente isométrico no atendería contra el "*principio de variedad*" (Lisón y cols., 1998). Además, Shirado y cols. (1995) opinan que los ejercicios isométricos tienen la ventaja de ser más fáciles de ejecutar, requieren menos tiempo de trabajo y raramente se asocian a lesión muscular. Asimismo, concluyen que en el entrenamiento isométrico de la musculatura lumbar, adoptar una postura de flexión cervical junto a una fijación pélvica mediante una contracción glútea fortalece los extensores del tronco más efectivamente y, además, disminuye la lordosis lumbar respecto al mismo ejercicio realizado sin estas dos condiciones.

En lo que respecta a los movimientos en el eje longitudinal, extender el tronco y realizar una rotación del mismo es un factor de riesgo para el raquis lumbar. Para Pérez y cols. (1997) no es aconsejable girar el tronco cuando se adopta una postura hiperlordótica. El giro sobre el eje longitudinal provocará una activación muscular asimétrica, aumentando a su vez el estrés en los segmentos espinales móviles, de modo que reduce la estabilidad raquídea. En caso de fatiga muscular, esta estabilidad queda aún más comprometida (Jaap, 1996). Thelen y cols. (1996) encontraron que la compresión raquídea era sustancialmente mayor cuando se imponía una carga asimétrica al raquis comparado con su equivalencia simétrica.

Asimismo, es necesario delimitar el rango de movimiento hasta el momento de alcanzar la horizontalidad para impedir que aumente la lordosis lumbar (Pamblanco, 2000). Monfort y Sarti (1998) recomiendan reducir los rangos de movimiento del tronco en el ejercicio de extensión en banco romano a los períodos de mayor actividad muscular (60-90 grados). Sin embargo, la realización del ejercicio de elevación de tronco desde una posición horizontal, coloca el raquis lumbar en lordosis y con la musculatura en una situación acortada por la posición en decúbito prono (Mannion y cols., 1997). Lisón y Sarti (1998) hacen la siguiente propuesta de entrenamiento para jóvenes y deportistas: partiendo de posición inicial en tendido prono en un banco, con tronco flexionado 60° y manos en la nuca (centro de rotación en la articulación coxofemoral) realizar una fase concéntrica en la que se extiende el tronco hasta la horizontal en 2 segundos; se mantiene la posición durante 5 segundos y se flexiona el tronco hasta los 60° en dos segundos (fase excéntrica).

La limitación del rango de movimiento a estos valores no reduce el desarrollo de la fuerza en este grupo muscular. Graves y cols. (1992) demostraron que limitando el rango de movimiento de la zona lumbar a 36°, se obtienen beneficios en todo el movimiento.

El aislamiento de la región lumbar es el factor más determinante en el entrenamiento de la fuerza lumbar (Lisón y cols., 1996; Pollock y cols., 1989). Para aislar los músculos extensores lumbares, la pelvis debe ser estabilizada, de modo que se anule su contribución a través de la movilización pélvica y, por tanto, se elimine la actuación de glúteos e isquiosurales (Graves y cols., 1994; Pollock y cols., 1989; Carpenter y Nelson, 1999; Graves y cols., 1992). Hay que destacar que durante una extensión desde una posición flexionada, el desplazamiento coxofemoral predominó al principio del movimiento, y la acción del raquis lumbar predomina durante el resto del movimiento (Sarti y cols., 2001).

Glúteos e isquiosurales, que conjuntamente cruzan una gran distancia y tienen un brazo de palanca muy largo respecto a los extensores del raquis, son responsables de la mayor parte del movimiento de extensión de tronco en aquellos ejercicios donde no se limita la rotación pélvica (Graves y cols., 1994).

El aislamiento lumbar en los ejercicios de extensión del tronco en banco romano no es posible (figura). Pamblanco (2000) comparó la actividad electromiográfica que desencadenaba el ejercicio según la fijación de los pies (en los rodillos del banco de forma pasiva, o bien con una fijación activa a la espaldera, por medio de una flexión de los dedos de los pies). Sus resultados muestran que la contracción de los músculos glúteo mayor y bíceps crural es significativamente más intensa que la del tríceps espinal (rector spinae) en el ejercicio tradicional. Sin embargo, la contracción del bíceps crural fue significativamente más intensa que la del tríceps espinal y glúteo mayor, en el ejercicio de fijación activa (Pamblanco, 2000).

Los músculos bíceps crural y tríceps espinal actúan (por la mayor activación neural) como responsables específicos del movimiento, mientras que el glúteo mayor actuaría como favorecedor de la acción de estos músculos, mostrándose como estabilizador de la pelvis-

Shirado y cols. (1995) también estudiaron el efecto de la fijación pélvica en la actividad eléctrica del *erector spinae*, en una postura isométrica de extensión de tronco de 15 grados en decúbito prono. Sus resultados muestran como el mayor incremento en la actividad electromiográfica se obtiene en la posición donde se fija la pelvis (mediante contracción de los glúteos mayores).

La posición del raquis cervical es importante. Shirado y cols. (1995) proponen evitar una hiperextensión cervical, posición que podría generar alteraciones radiculares y repercusiones en las estructuras osteoligamentosas del raquis cervical. En los ejercicios de extensión lumbar existe una tendencia generalizada a el aumento de lordosis cervical. En cualquier ejercicio es recomendable mantener la lordosis cervical dentro de un rango fisiológico.

Otra forma de trabajo de la musculatura lumbar es en base a ejercicios de elevación de miembros inferiores y pelvis en decúbito prono. Esta acción articular realizada con apoyo del tronco en una superficie elevada reduce las cargas impuestas al raquis dorso-lumbar (Ybáñez y cols., 1999). En estos ejercicios es conveniente realizar una correcta estabilización pélvica, y disponer el raquis alineado (Figura).

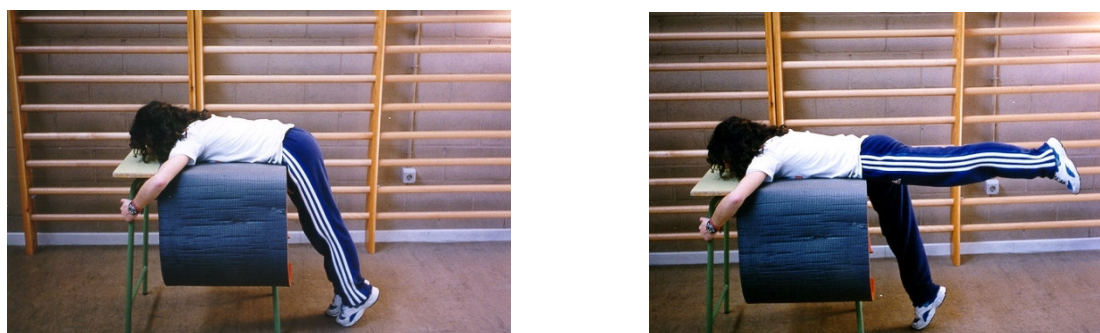


Figura 4. Posición inicial y final de una extensión coxofemoral hasta la horizontal.

Otro ejercicio muy adecuado para el fortalecimiento lumbar es la elevación de pelvis (figura). Se ejecuta desde decúbito supino, y se ha de realizar una extensión de caderas y tronco hasta formar una línea entre tronco y muslos (Rodríguez, 1998; 2000).



Figura 5. Elevación de pelvis hasta formar una línea entre tronco y muslos.

Otro ejercicio aconsejado por Callaghan y cols. (1998) e Ybáñez y cols. (1999) es la extensión coxofemoral y escápulo-humeral contralateral desde cuadrupedia (cuadrupedia). Del análisis de la efectividad muscular y sobrecarga espinal concluyen que este ejercicio es adecuado para proveer resistencia muscular lumbar al *erector spinae* produciendo una baja carga en el raquis lumbar.

Estos mismos autores compararon este ejercicio con el de extensión de tronco en decúbito prono, y observaron que este último provocaba mayor actividad en el *erector spinae*, pero asimismo mayor sobrecarga lumbar, no debiendo ser utilizado en un período de rehabilitación.

Lisón y cols. (1998) concluyen que una sesión semanal de entrenamiento isométrico (1 serie de 8-10 repeticiones máximas en distintas posiciones angulares, 1-2 segundos de contracción) aislando correctamente la musculatura lumbar es suficiente para incrementar los niveles de fuerza y para prevenir posibles alteraciones raquídeas que puedan comprometer la continuidad del entrenamiento.

Para el fortalecimiento de la musculatura postural no es necesaria la utilización de grandes y costosas máquinas, sino que lo importante es el conocimiento, tanto de la acción mecánica específica de los músculos, como de los aspectos neuromusculares del movimiento (Sarti y cols., 1999).

Referencias bibliográficas

ALTER, M. (1990). **Los estiramientos. Bases científicas y desarrollo de ejercicios.** Paidotribo: Barcelona.

CALLAGHAN, J.P.; GUNNING, J.L.; MCGILL, S.M. The relationship between lumbar spine load and muscle activity during extensor exercises. **Physical Therapy**, 87: 8-18, 1998.

CARPENTER, D.M.; NELSON, B.W. Low back strengthening for the prevention and treatment of low back pain. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, 31(1):18-24, 1999.

CHOLEWICKI, J.; PANJABI, M.M.; KHACHATRYAN, A. Stabilizing function of trunk flexor-extensor muscles around a neutral spine posture. **Spine**, 22(19): 2207-2212, 1997.

COLADO, J.C. (1996). **Fitness en las salas de musculación.** Barcelona: INDE.

COTTON, R.T. (1993). **Aerobic Instructor Manual.** American Council on Exercise, U.S.A.

DELP, S.L.; SURYANARAYANAN, S.; MURRAY, W.M.; UHLIR, J.; TRIOLO, R.J. Architecture of the rectus abdominis, quadratus lumborum, and erector spinae. **Journal of Biomechanics**, 34: 371-375, 2001.

FRITZ, J.M.; ERHARD, R.E.; HAGEN, B.F. Segmental instability of the lumbar spine. **Physical Therapy**, 78: 889-896, 1998.

GRAVES, J.E.; POLLOCK, M.L.; LEGGETT, S.H.; CARPENTER, D.M.; FIX, C.K.; FULTON, M.N. Limited range-of-motion lumbar extension strength training. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, 24(1): 128-133, 1992.

GRAVES, J.E.; WEBB, D.C.; POLLOCK, M.L.; MATKOZICH, J.; LEGGETT, S.H.; CARPENTER, D.M.; FOSTER, D.N.; CIRULLI, J. Pelvic stabilization during resistance training: its effect on the development of lumbar extension strength. **Archives of Physical Medicine Rehabilitation**, 75: 210-215, 1994.

JAAP, H.V. Asymmetry of erector spinae muscle activity in twisted postures and consistency of muscle activation patterns across subjects. **Spine**, 21: 2165-2661, 1996.

KOLLMITZER, J.; EBENBICHLER, G.R.; SABO, A.; KERSCHAN, K.; BOCHDANSKY, Th. Effects of back extensor strength training versus balance training on postural control. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, 32(10):1770-1776, 2000.

LIEMOHN, W. **Amplitud de movimiento/flexibilidad**. En: ACSM. Manual de consulta para el control y la prescripción de ejercicio, pp. 331-339. Barcelona: Paidotribo.

LISÓN, J.F.; MONFORT, M.; SARTI, M.A. (1998). **Entrenamiento isométrico de la musculatura lumbar**. Actas del VI Congreso Galego de Educación Física, pp. 167-173. Servicio de Publicaciones: Universidad de Coruña.

LISÓN, J.F.; MONFORT, M.; SARTI, M.A. Estudio de tres ejercicios para el fortalecimiento de la musculatura lumbar. **Archivos de Medicina del Deporte**, XIII, 56: 427-432, 1996.

LISÓN, J.F.; MONFORT, M.; VERA, F.J.; ESCRIBANO, C.; SARTI, M.A. (1997). **Una alternativa para el fortalecimiento de la musculatura lumbar en la población escolar**. III Congreso de las Ciencias del Deporte, la Educación Física y la Recreación, Sección VI. Lleida (En CD-ROM).

LISÓN, J.F.; SARTI, M.A. Velocidad y rango de movimiento en el fortalecimiento de músculos posturales. Estudio preliminar. **Archivos de medicina del deporte**, 66: 291-298, 1998.

LÓPEZ MIÑARRO, P.A. (2000). **Ejercicios desaconsejados en la Actividad Física. Detección y alternativas**. INDE: Barcelona.

LÓPEZ MIÑARRO, P.A.; RODRÍGUEZ GARCÍA, P.L. Ejercicios físicos desaconsejados para la columna vertebral y alternativas para su corrección. **Selección**, 10(1): 9-19, 2001.

MANNION, A.F.; CONNOLLY, B.; WOOD, K.; DOLAN, P. The use of surface EMG power spectral analysis in the evaluation of back muscle function. **J. Rehabil. Res. Dev.**, 34(4): 427-439, 1997.

MARTÍN, M. (1996). **Kinesiología. Tratado y curación por el movimiento muscular**. Libsa: Madrid.

MONFORT, M.; SARTI, M. A. (1998). **Musculatura del tronco: función y desarrollo**. En F. Ruiz y P. L. Rodríguez (Eds.). Educación Física, Deporte y Salud (pp. 221-238). Murcia: Departamento de Didáctica de la Expresión Corporal.

MORINI, S.; CICCARELLI, A. Anatomia funzionale e valutazione isocinetica della muscolatura del tronco. **Medicina dello Sport**, 51: 85-90, 1998.

MUELLER, G.; MORLOCK, M.; VOLLMER, M.D.; HONL, M.; HILLE, E.; SCHNEIDER, E. Intramuscular pressure in the erector spinae and intra-abdominal pressure related to posture and load. **Spine**, 23(23): 2580-2590, 1998.

ORDÓÑEZ LÓPEZ, P.; MENCIA, F. **Higiene de columna vertebral para el esfuerzo y trabajo**. Actas del primer congreso nacional de medicina del trabajo. Tomo I. Instituto nacional de la salud, Madrid, 1987.

PAMBLANCO, M.A. **Ejercicio alternativo sobre banco romano para el desarrollo de la musculatura postural**. Educación Física y salud. Actas del II Congreso Internacional de Educación Física. Jérez: FETE-UGT Cádiz, 2000.

PÉREZ, C.; HERRERO, F.; SANTONJA, F. Ejercicios para el desarrollo de la fuerza. **Selección**, vol.6, 4: 64-77, 1997.

PLOWMAN, S. Physical Activity, Physical Fitness, and low back pain. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, 20:221-239, 1992.

POLLOCK, M.L.; LEGGETT, S.H.; GRAVES, J.E.; JONES, A.; FULTON, M.; CIRULLI, J. Effect of resistance training on lumbar extension strength. **The American Journal of Sports Medicine**, 17(5): 624-628, 1989.

RODRÍGUEZ, P.L. (1998). *Educación Física y salud del escolar: programa para la mejora de la extensibilidad isquiosural y del raquis en el plano sagital*. **Tesis Doctoral**. Universidad de Granada.

RODRÍGUEZ, P.L. (2000). **La higiene postural en Educación Física. Propuesta de aplicación de un programa escolar**. *Educación Física y salud*. Actas del segundo congreso internacional de Educación Física. Jerez, pp. 255-286.

RODRÍGUEZ, P.L.; SANTONJA, F. Repercusiones posturales con los estiramientos en flexión de tronco y las pruebas de distancia dedos-planta y distancia dedos-suelo. **APUNTS Educación Física y Deportes**, 65: 64-70, 2001.

SARTI, M.A.; LISÓN, J.F.; MONFORT, M.; FUSTER, M.A. Responde of the flexion-relaxation phenomenon relative to the lumbar motion to load and speed. **Spine**, 26(18): E421-E426, 2001.

SHIRADO, O.; ITO, T.; KANEDA, K.; STRAX, T.E. Electromyographic analysis of four techniques for isometric trunk muscle exercises. **Archives Physical Medicine Rehabilitation**, 76: 225-229, 1995.

SJÖLIE, A.; LJUNGGREN, A.E. The significance of high lumbar mobility and low back strength for current and future low back pain in adolescents. **Spine**, 26(23): 2629-2636, 2001.

SPARTO, P.J.; PARNIANPOUR, M. Estimation of trunk muscle forces and spinal loads during fatiguing repetitive trunk exertions. **Spine**, 23: 2563-2573, 1998.

THELEN, D.G.; ASHTON-MILLER, J.A.; SCHULTZ, A.B. Lumbar muscle activities in rapid three-dimensional pulling tasks. **Spine**, 21: 605-613, 1996.

YESSIS, M. **Back raises**. Fitness and Sports Review International. Abril: 42-44, 1992.

YBÁÑEZ, D.; SARTI, M.A.; LISÓN, J.F.; VERA, F.J.; LÓPEZ, E.; ESCRIBANO, C. Eficacia de los ejercicios de fortalecimiento de lamusculatura paravertebral lumbar. **Revista de la Sociedad Valenciana de Reumatología**, 1(4): 17, 1999.