

López-Miñarro, P.A.; Rodríguez-García, P.L. y Santonja Medina, F. (2010). Postura del raquis lumbar en el ejercicio de extensión de codo con mancuerna. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte vol. 10 (37) pp. 138-149. [Http://cdeporte.rediris.es/revista/revista37/artpostura143.htm](http://cdeporte.rediris.es/revista/revista37/artpostura143.htm)

## POSTURA DEL RAQUIS LUMBAR EN EL EJERCICIO DE EXTENSIÓN DE CODO CON MANCUERNA

### LUMBAR POSTURE DURING THE TRICEPS OVERHEAD EXTENSION EXERCISE

López-Miñarro, P.A.<sup>1</sup>; Rodríguez-García, P.L.<sup>2</sup> y Santonja Medina, F.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Profesor titular de escuela universitaria interino. Departamento de Expresión Plástica, Musical y Dinámica. Facultad de Educación. Universidad de Murcia. [palopez@um.es](mailto:palopez@um.es)

<sup>2</sup>Profesor titular de universidad. Departamento de Expresión Plástica, Musical y Dinámica. Facultad de Educación. Universidad de Murcia. [plrodri@um.es](mailto:plrodri@um.es)

<sup>3</sup>Profesor titular de universidad. Departamento de Fisioterapia. Facultad de Medicina. Universidad de Murcia. [fernando@santonjatrauma.es](mailto:fernando@santonjatrauma.es)

**Código UNESCO:** 2411 Fisiología humana

**Clasificación Consejo de Europa:** 6. Fisiología del ejercicio.

**Recibido:** 24 de marzo de 2009

**Aceptado:** 13 de diciembre de 2009

#### RESUMEN

A 50 adultos varones jóvenes (media de edad:  $24,3 \pm 5,4$  años) se les valoró mediante un inclinómetro, la disposición angular del raquis lumbar en bipedestación y al realizar el ejercicio de extensión de codo con mancuerna en bipedestación. Los valores angulares medios de la lordosis lumbar en el ejercicio (fases concéntrica y excéntrica) y en bipedestación fueron de  $37,36 \pm 12,23^\circ$ ,  $36,18 \pm 12,25^\circ$  y  $30,81 \pm 6,80^\circ$ , respectivamente ( $p < 0,05$ ). El análisis por pares mostró diferencias significativas ( $p < 0,016$ ) entre la bipedestación y ambas fases del ejercicio. Respecto a las referencias de normalidad, hubo un mayor porcentaje de morfotipos hiperlordóticos al realizar el ejercicio (entre un 39,4% y un 45,5%) que en bipedestación (9,1%). En conclusión, es recomendable realizar este ejercicio en otra posición para disminuir el porcentaje de sujetos con un morfotipo lumbar hiperlordótico.

**PALABRAS CLAVE:** entrenamiento de fuerza, tríceps braquial, postura, raquis lumbar.

## ABSTRACT

The sagittal lumbar curvature was evaluated in a sample of 50 young male adults (mean age:  $24.3 \pm 5.4$  years) with an inclinometer while relaxed standing and during the standing triceps overhead extension exercise. Mean lumbar lordosis during the exercise (concentric and eccentric phases) and while standing were  $37.36 \pm 12.23^\circ$ ,  $36.18 \pm 12.25^\circ$  and  $30.81 \pm 6.80^\circ$ , respectively ( $p < 0.05$ ). The *post-hoc* analysis showed significant differences ( $p < 0.016$ ) between standing and both phases of the exercise. With regards to normality values, there was a greater percentage of hyperlordotic postures when performed the exercise (between 39,4% and 45,5%) than in the standing position (9,1%). In conclusion, we recommend perform the exercise in other position for reducing the lumbar hyperlordotic postures.

**KEY WORDS:** strength training, triceps brachii, posture, lumbar spine.

## 1. INTRODUCCIÓN

La práctica sistemática de ejercicio físico se ha relacionado con diversos beneficios en la salud (1). En las actividades de acondicionamiento muscular, el sistema músculo-esquelético está implicado de forma directa. Concretamente, la columna vertebral está implicada en la ejecución de los ejercicios de acondicionamiento muscular de miembros superiores, inferiores y tronco, debiendo prestar atención a su postura en la posición inicial y durante las repeticiones realizadas (2).

Al movilizar cargas aumentan las demandas músculo-esqueléticas, siendo éstas mayores o menores dependiendo de factores tales como el peso movilizado, la distancia del mismo al centro de gravedad, las acciones articulares realizadas, la condición física, el patrón neuromuscular, y la postura corporal, entre otros. Respecto a esta última, la postura de la columna vertebral al movilizar cargas ha recibido una gran atención en los últimos años por la mayor frecuencia de algias vertebrales en la población adulta (3, 4).

Al realizar ejercicios de acondicionamiento muscular para la musculatura de miembros superiores y tronco, es frecuente observar posturas y movimientos de flexión y extensión intervertebral. En algunos ejercicios, los sujetos adoptan una postura de hiperextensión lumbar para mover una carga que excede la capacidad de la musculatura, mientras que en otros ejercicios se produce por determinadas adaptaciones posturales (2). La posición de los miembros inferiores (caderas, especialmente) y superiores (hombro, esencialmente) condiciona la postura del raquis dorso-lumbar. Los movimientos de abducción y flexión escápulo-humeral que alcanzan un rango de movimiento

máximo se han relacionado con modificaciones en la disposición sagital del raquis torácico y lumbar (5, 6).

Diversos estudios han establecido que la postura de hiperextensión lumbar aumenta el estrés compresivo en el arco vertebral y en las facetas articulares (7), incrementando el estrés de cizalla en el raquis lumbar (8-10). Además, los movimientos de hiperextensión lumbar elevan la presión intradiscal en los discos intervertebrales, aunque en menor medida que las posturas de flexión (11). Todo ello eleva el riesgo de espondilólisis y espondilolistesis (7, 12). Por el contrario, mantener el raquis alineado al realizar los ejercicios de fortalecimiento muscular reduce el estrés compresivo y de cizalla, así como la presión intradiscal en el raquis lumbar (13) y torácico (14).

El desarrollo de la fuerza e hipertrofia de la musculatura flexo-extensora del codo es un objetivo prioritario de los sujetos que realizan acondicionamiento muscular con cargas. Entre la variedad de ejercicios para el trabajo de los extensores del codo, el ejercicio de extensión unilateral del codo con mancuerna es un ejercicio frecuentemente utilizado. Este ejercicio puede ejecutarse en bipedestación, sedentación o decúbito supino, si bien es muy habitual su ejecución en bipedestación. No obstante, no conocemos estudios que hayan analizado la disposición sagital del raquis lumbar al realizar el ejercicio de extensión de codo en bipedestación. López-Miñarro y cols. (15) analizaron la disposición sagital del raquis torácico en el denominado “*press francés en polea*”, encontrando una mayor cifosis torácica al ejecutar el ejercicio de la que tenían en bipedestación. Sin embargo, no analizaron la disposición de la curva lumbar.

Otros estudios han analizado la disposición sagital del raquis lumbar y/o torácico en ejercicios para el desarrollo de la resistencia muscular de miembros superiores, encontrando un aumento significativo de la curva dorsal y/o lumbar respecto a la disposición angular de la columna vertebral en bipedestación (16-18). Mayorga y Merino (19) analizaron cualitativamente, mediante observación y fotografías, la ejecución del ejercicio de remo en máquina, observando un alto porcentaje de casos que ejecutaban incorrectamente el ejercicio.

Puesto que la posición de caderas y hombros se relacionan con la disposición angular del raquis lumbar (2), los objetivos del presente estudio fueron: 1) valorar la disposición sagital del raquis lumbar al realizar el ejercicio de extensión del codo en bipedestación y compararlo con la lordosis lumbar en bipedestación; y 2) determinar el morfotipo raquídeo lumbar al realizar el ejercicio.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

### 2.1. Muestra

Un total de 50 varones voluntarios, entre 19 y 28 años (media  $\pm$  desviación típica, edad:  $24,3 \pm 5,4$  años; talla:  $173,4 \pm 7,5$  cm.; masa corporal:  $76,1 \pm 8,9$  kg.), que realizaban ejercicio físico con cargas en salas de acondicionamiento muscular, participaron en el estudio. Los criterios de inclusión fueron: realizar la actividad al menos durante los últimos 3 meses, al menos 2 sesiones semanales, realizar el ejercicio de extensión del codo con mancuerna en sus entrenamientos, y no tener algias vertebrales en el momento de la valoración. Los criterios de exclusión fueron: estar federado y participar en actividades deportivas competitivas. La experiencia previa de los sujetos en el trabajo de acondicionamiento muscular con cargas fue de  $2,7 \pm 0,9$  años y  $4,3 \pm 1,5$  sesiones semanales.

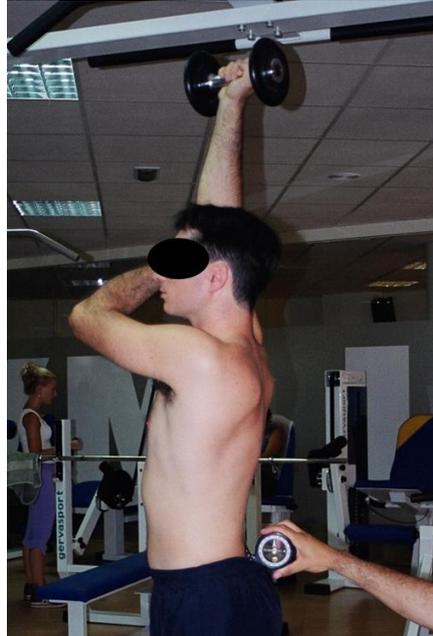
### 2.2. Procedimiento

El estudio fue aprobado por el Comité Ético de la Universidad de Murcia y los participantes fueron informados acerca de los procedimientos del estudio, firmando un consentimiento informado.

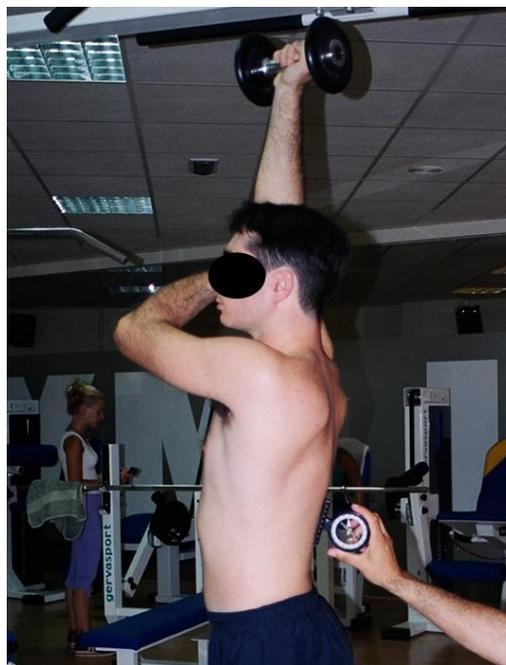
Previamente a la ejecución del ejercicio, la disposición angular de la curva lumbar fue valorada en bipedestación. Para ello, el sujeto se colocaba en su posición habitual, los brazos relajados en el costado, los pies separados a la anchura de sus caderas y mirada al frente. Tras esta valoración, el sujeto realizó su calentamiento habitual y tras éste, el ejercicio de extensión de codo en bipedestación con la carga que estaba utilizando en sus sesiones de entrenamiento. Cada sujeto realizó el ejercicio con una mancuerna cogida con la mano dominante, con el tipo de agarre que solía utilizar. Se ejecutaron 2 series de 10 repeticiones con una recuperación de 2 minutos entre las series. Se utilizó la misma mancuerna, del mismo peso, en ambas series. La lordosis lumbar se midió al final de la fase excéntrica (al alcanzar la máxima flexión del codo) de la 6ª repetición y al final de la fase concéntrica (al extender totalmente el codo) de la 8ª repetición, en cada una de las series, utilizando el valor medio para el análisis estadístico. El sujeto mantenía la posición durante tres segundos, período durante el cual se procedía a la medición.

Para determinar la disposición angular del raquis lumbar en bipedestación y al realizar el ejercicio, se utilizó un inclinómetro Unilevel (ISOMED, Inc., Portland, OR), con una separación entre sus apoyos ajustada individualmente a las características antropométricas del raquis de cada sujeto. La medición de la disposición angular del raquis con el inclinómetro proporciona una considerable reproducibilidad y validez, con una buena correlación con la medición radiográfica (21, 22). Para medir la lordosis lumbar se colocó el inclinómetro al final de la curvatura lumbar ( $L_5-S_1$ ) (Figura 1), situándolo en esta posición a

cero grados. A continuación se contorneó caudo-cranealmente el perfil sagital del raquis lumbar hasta el lugar donde se obtenía el mayor valor angular, que generalmente coincidía con T<sub>12</sub>- L<sub>1</sub> (Figura 2), obteniendo el grado de la lordosis lumbar. El protocolo de medición de la lordosis lumbar con inclinómetro ha sido utilizado en estudios previos para la valoración de la disposición sagital del raquis lumbar (17, 24).



**Figura 1.** Colocación del inclinómetro en L5-S1, al final de la fase concéntrica.



**Figura 2.** Colocación del inclinómetro en el punto donde se obtenía el mayor valor angular de la curva lumbar al final de la fase concéntrica.

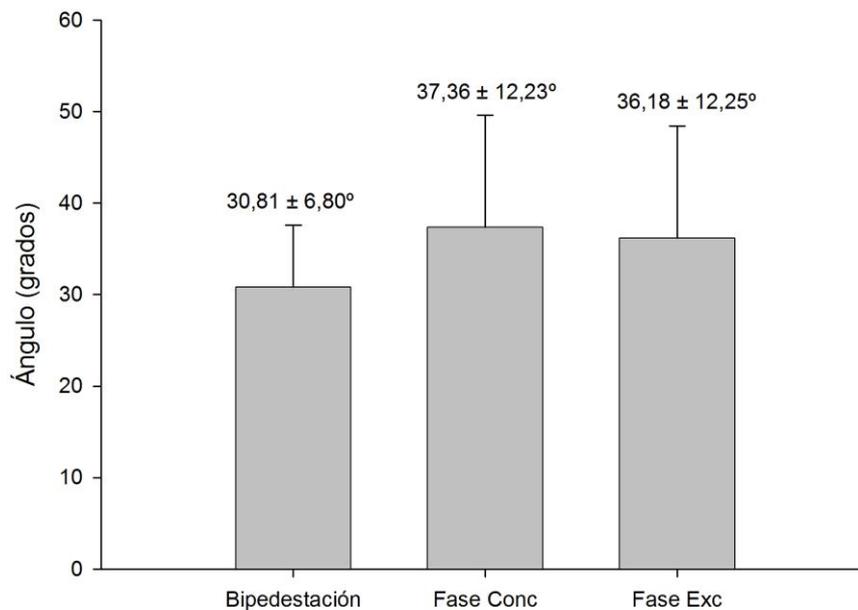
Para clasificar los valores angulares obtenidos con el inclinómetro se utilizaron las referencias descritas por Santonja (23): inversión lumbar ( $\geq -1^\circ$ ), rectificación lumbar ( $< 20^\circ$ ), normalidad ( $20^\circ - 40^\circ$ ) e hiperlordosis lumbar ( $> 40^\circ$ ).

### 2.3. Análisis estadístico

Se calculó la media y la desviación típica para cada variable. Para comparar los valores angulares de la lordosis lumbar entre la bipedestación y el ejercicio de extensión de codo en bipedestación en sus fases concéntrica y excéntrica se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de medidas repetidas, estableciendo el nivel de significación en un valor de  $p < 0,05$ . Si se encontraban diferencias significativas para el efecto principal del ANOVA, y para conocer entre qué variables existían diferencias, se realizó un análisis *post hoc* de Bonferroni, ajustando el valor de significación estadística ( $p < 0,016$ ). Para comparar el porcentaje de casos en base a las referencias de normalidad se utilizó el test Chi-cuadrado de proporciones ( $\chi^2$ ). Todos los datos fueron analizados usando el paquete estadístico SPSS para Windows, versión 15,0.

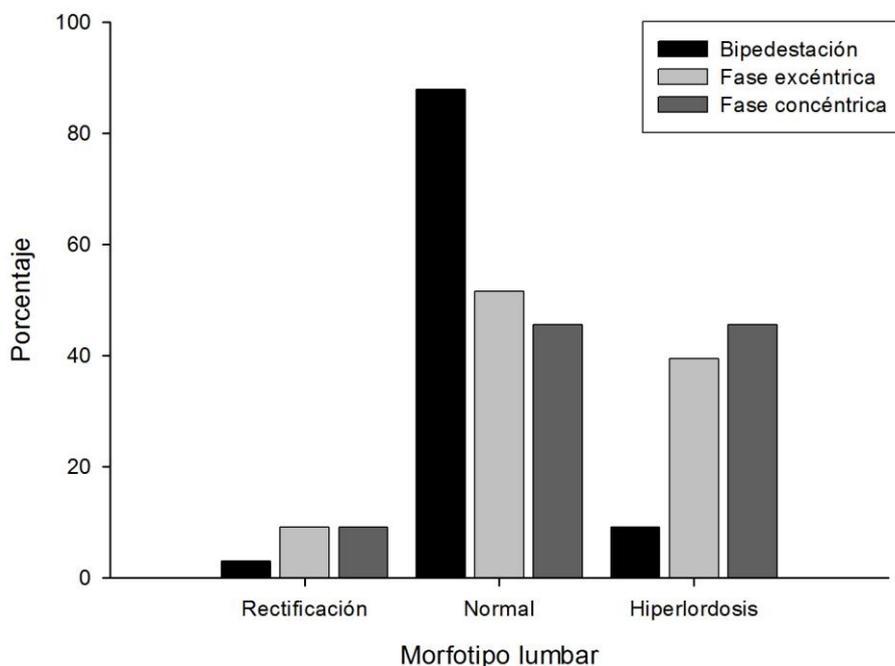
## 3. RESULTADOS

Los valores angulares medios de la lordosis lumbar en las fases concéntrica y excéntrica del ejercicio, así como en bipedestación, se presentan en la figura 3. Al comparar los valores medios de la lordosis lumbar se encontraron diferencias significativas entre la postura de bipedestación y el ejercicio en sus fases concéntrica y excéntrica ( $p < 0,016$ ).



**Figura 3. Media ( $\pm$  desviación típica) de la lordosis lumbar en bipedestación y en ambas fases del ejercicio. Conc: concéntrica; Exc: excéntrica.**

En la figura 4 se presenta la distribución de los sujetos, en base a las referencias de normalidad (23), en la posición de bipedestación y al realizar el ejercicio de extensión unilateral del codo con mancuerna. Al realizar el ejercicio aumentó significativamente el porcentaje de sujetos que adoptaron una postura de hiperlordosis lumbar ( $\chi^2$ : 9,455;  $p < 0,01$ ). En bipedestación, un 9,1% de los sujetos tenían un morfotipo hiperlordótico. Al realizar el ejercicio de extensión de codo con mancuerna, entre un 39,4% y un 45,5% adoptaron una postura de hiperlordosis lumbar.



**Figura 4. Distribución porcentual de los sujetos en base a las referencias de normalidad en bipedestación y al realizar el ejercicio de extensión de codo con mancuerna.**

#### 4. DISCUSIÓN

El presente estudio ha valorado la disposición sagital del raquis lumbar al realizar el ejercicio de extensión de codo con mancuerna en bipedestación. Los valores medios de la curva lumbar al realizar el ejercicio están dentro del rango de normalidad definido por Santonja (23) (entre 20° y 40°), si bien son significativamente mayores respecto a la lordosis lumbar en bipedestación. Además, aunque dentro del rango de normalidad, es destacable que los valores medios del ejercicio se encuentran próximos al límite superior de normalidad. Cuando se analiza el morfotipo lumbar, un alto porcentaje de sujetos presentan un morfotipo normal en bipedestación, en coincidencia con el estudio de López-Miñarro y cols. (16). No obstante, existe un aumento significativo del porcentaje de sujetos que adoptan una postura de hiperlordosis lumbar al realizar el ejercicio, tanto en su fase concéntrica como en la excéntrica. Esta diferencia se explica por la posición del brazo ejecutor al realizar el ejercicio, que provoca un aumento de la lordosis lumbar (5).

Otros estudios también han encontrado diferencias significativas entre la postura del raquis en bipedestación y al realizar los ejercicios de curl de bíceps con barra (17), polea al pecho (24), press francés en polea (15), y polea tras nuca (18). Dependiendo del ejercicio, son más frecuentes las posturas de hiperextensión, rectificación e inversión lumbar, o hipercifosis torácica (2). En el ejercicio analizado en este estudio, la postura de rectificación lumbar es muy poco frecuente, debido a la ejecución en bipedestación y a la posición del brazo

ejecutor, que provoca un aumento de la lordosis lumbar respecto a la posición de bipedestación relajada con los brazos en los costados.

El trabajo reiterado en posturas hiperlordóticas y con sobrecargas (el manejo de pesos aumenta la carga compresiva) se ha relacionado con un mayor riesgo de repercusiones raquídeas (7, 25), al aumentar la compresión axial y las fuerzas de cizalla en la articulación lumbosacra, disminuyendo el margen de seguridad raquídeo. Las posturas hiperlordóticas también modifican el brazo de palanca del erector espinal lumbar, incidiendo en un aumento de las cargas compresivas y de cizalla sobre las estructuras intervertebrales (26, 27). Además, Sato y cols. (11) comprobaron que la presión intradiscal aumenta, en mayor medida, cuando se extiende el raquis lumbar tanto en bipedestación como en sedentación. Por todas estas razones, Reeves y cols. (28) no recomiendan realizar ejercicios con una postura de hiperextensión lumbar al movilizar cargas.

En situaciones estáticas y dinámicas se produce mayor activación de los músculos estabilizadores del tronco si el raquis lumbar se dispone alineado, mientras que si se coloca en hiperlordosis lumbar se reduce su nivel de activación (29). Adoptar una postura raquídea alineada (mantener una lordosis lumbar similar a la que tiene el sujeto en bipedestación, siempre y cuando no presente hiperlordosis, rectificación o inversión lumbar) permite reducir el riesgo de fallo en los tejidos cuando se manejan cargas (7, 30-32).

Si se realizara el ejercicio de extensión unilateral del codo con mancuerna en una posición de sedentación, con una flexión coxofemoral y de rodillas de unos 90 grados, se produciría una retroversión pélvica, que disminuiría ligeramente la lordosis lumbar, dificultando la adopción de una postura hiperlordótica (2, 6, 33, 34). Si además, el ejercicio se ejecuta sentado en un banco con un respaldo ligeramente inclinado hacia atrás, se adoptaría una postura más adecuada del raquis lumbar y se reduciría la presión intradiscal (13). Si se realiza en decúbito supino sería más fácil controlar la posición del raquis lumbar, por mediación de la posición de la articulación coxofemoral y mediante el control activo de la pelvis por parte del sujeto (2). En esta posición, además, la presión intradiscal disminuye significativamente respecto a la sedentación y bipedestación (13).

La disposición angular del raquis lumbar depende de diversos factores, entre ellos, de la concienciación raquídea y pélvica del sujeto, de la resistencia de la musculatura escapular y raquídea, de la posición de los miembros inferiores y superiores, así como del diseño de las máquinas e implementos deportivos. Puesto que la mayoría de sujetos que realizan ejercicios de acondicionamiento muscular no poseen la suficiente concienciación raquídea ni pélvica, ni la adecuada resistencia de los músculos que influyen en la postura corporal, es preciso diseñar máquinas e implementos deportivos que dificulten la adopción de posturas inadecuadas. No obstante, sería recomendable

incorporar a los entrenamientos, actividades para el desarrollo y mejora de la concienciación pélvica, raquídea y escapular.

## 5. CONCLUSIONES

El morfotipo lumbar en bipedestación de las personas que realizan sistemáticamente ejercicios de acondicionamiento muscular tiende a la normalidad, mientras que al realizar el ejercicio de extensión de codo con mancuerna en bipedestación aumenta la frecuencia de morfotipos hiperlordóticos.

Entre la variedad de ejercicios para fortalecer los extensores del codo, es preciso seleccionar aquellos en los que el ejecutante pueda mantener su raquis lo más alineado posible. En el caso de seleccionar el ejercicio de extensión de codo con mancuerna, los sujetos que adoptan una postura de hiperlordosis en bipedestación deberían realizar el ejercicio en sedentación o decúbito supino, pues de este modo se reducirá ligeramente la lordosis lumbar y aumentará el número de sujetos que colocan su raquis alineado.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Feigenbaum MS, Pollock ML. Prescription of resistance training for health and disease. *Med Sci Sports Exerc* 1999; 31: 38-45.
2. López-Miñarro PA, Rodríguez PL. Realización correcta y segura del ejercicio en salas de acondicionamiento muscular (I). Análisis de ejercicios habituales que movilizan las extremidades superiores e inferiores. En: Rodríguez PL, coord. Ejercicio físico en salas de acondicionamiento muscular. Bases científico-médicas para una práctica segura y saludable. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2008. p. 211-25.
3. Lee P, Helewa A, Goldsmith CH, Smythe HA, Stitt LW. Low back pain: prevalence and risk factors in an industrial setting. *J Rheumatol* 2001; 28: 346-51.
4. Pérez-Guisado J. Lumbalgia y ejercicio físico. *Rev Int Med Cienc Act Fís Deporte* 2006; 6(24): 230-47. Disponible en: <http://cdeporte.rediris.es/revista/revista24/artlumbalgia37.htm>.
5. Stagnara P, DeMauroy JC, Dran G, Gonon GP, Costanzo G, Dimnet J, Pasquet A. Reciprocal angulation of vertebral bodies in a sagittal plane: Approach to references in the evaluation of kyphosis and lordosis. *Spine* 1982; 7: 335-42.
6. Lord MJ, Small JM, Dinsay JM, Watkins RG. Lumbar lordosis: effects of sitting and standing. *Spine* 1997; 22: 2571-74.
7. McGill SM. Low back disorders. Evidence-Based prevention and rehabilitation. Champaign: Human Kinetics; 2002.
8. McCarroll JR, Miller JM, Ritter MA. Lumbar Spondylolysis and Spondylolisthesis in College football players. A prospective study. *Am J Sports Med* 1986; 14: 404-6.

9. Congeni J, McCulloch J, Swanson K. Lumbar Spondylolysis. A study of natural progression in athletes. *Am J Sports Med* 1997; 25: 248-53.
10. Hall SJ. Mechanical contribution to lumbar stress injuries in females gymnasts. *Med Sci Sports Exerc* 1986; 18: 599-602.
11. Sato K, Kikuchi S, Yonezawa T. In vivo intradiscal pressure measurement in healthy individuals and in patients with ongoing back problems. *Spine* 1999; 24: 2468-74.
12. Shirazi-Adl A, Ahmed AM, Shrivastava SC. A finite element study of a lumbar motion segment subjected to pure sagittal plane moments. *J Biomech* 1986; 19: 331-50.
13. Wilke HJ, Neef P, Caimi M, Hoogland T, Claes LE. New in vivo measurements of pressures in the intervertebral disc in daily life. *Spine* 1999; 24: 755-62.
14. Polga DJ, Beaubien BP, Kallemeier PM, Schellhas KP, Lee WD, Buttermann GR, Wodd KB. Measurement of in vivo intradiscal pressure in healthy thoracic intervertebral discs. *Spine* 2004; 29: 1320-4.
15. López-Miñarro PA, Rodríguez PL, Santonja FM, Yuste JL. Posture of thoracic spine during triceps-pushdown exercise. *Sci Sports* 2008; 23: 183-5.
16. López-Miñarro PA, Rodríguez PL, Santonja FM, Yuste JL, García A. Disposición sagital del raquis en usuarios de salas de musculación. *Arch Med Deporte* 2007; 122: 235-44.
17. López-Miñarro PA, Yuste JL, Rodríguez PL, Santonja F, Sáinz de Baranda P, García A. Disposición sagital del raquis lumbar y torácico en el ejercicio de curl de bíceps con barra en bipedestación. *Cultura, Ciencia y Deporte* 2007; 7(3): 19-24.
18. López-Miñarro PA, Rodríguez PL, Santonja FM. Posture of the thoracic spine during latissimus dorsi pulldown behind the neck position exercise in recreational weight lifters. *Gaz Med Ital* 2009; 168: 347-52.
19. Mayorga D, Merino R. Estudio cualitativo de los errores más frecuentes en el ejercicio de remo. *Rev Int Med Cienc Act Fís Deporte* 2008; 8(30): 184-98. Disponible en: <http://cdeporte.rediris.es/revista/revista30/artremo84.htm>.
20. López-Miñarro PA, Rodríguez PL, Santonja FM. Disposición sagital del raquis torácico al realizar el ejercicio de remo sentado con apoyo en el tórax. *Revista Española de Educación Física y Deportes* 2009; 12: 79-87.
21. Saur PM, Ensink FM, Frese K, Seeger D, Hildebrandt J. Lumbar range of motion: reliability and validity of the inclinometer technique in the clinical measurement of trunk flexibility. *Spine* 1996; 21: 1332-8.
22. Mayer TG, Tencer AF, Kristoferson S, Mooney V. Use of noninvasive techniques for quantification of spinal range-of-motion in normal subjects and chronic low-back dysfunction patients. *Spine* 1984; 9: 588-95.
23. Santonja F. Exploración clínica y radiográfica del raquis sagital. Sus correlaciones (premio SOCUMOT-91). Murcia: Secretariado de publicaciones e intercambio científico; 1993.
24. López-Miñarro PA, Rodríguez PL, Santonja FM. Disposición sagital del raquis lumbar en el ejercicio de polea al pecho. *Rev Andal Med Deporte* 2009; 2; 47-51.

25. Adams MA, Dolan P. Recent advances in lumbar spinal mechanics and their clinical significance. *Clin Biomech* 1995; 10: 3-19.
26. Holmes JA, Damaser MS, Lehman SL. Erector spinae activation and movement dynamics about the lumbar spine in lordotic and kyphotic squat lifting. *Spine* 1992; 17: 327-34.
27. Arjmand N, Shirazi-Adl A, Bazrgari B. Wrapping of trunk thoracic extensor muscles influences muscle forces and spinal loads in lifting tasks. *Clin Biomech* 2006; 21: 668–75.
28. Reeves RK, Laskowski ER, Smith J. Weight training injuries: part 2: Diagnosing and managing chronic conditions. *Phys Sportsmed*, 1998; 26: 54-63.
29. McGill SM. The influence of lordosis on axial trunk torque and trunk muscle myoelectric activity. *Spine* 1992; 17: 1187-93.
30. Hedman TP, Fernie GR. Mechanical response of the lumbar spine to seated postural loads. *Spine* 1997; 22: 734-43.
31. Marras WS, Ferguson SA, Burr D, Davis KG, Gupta P. Functional impairment as a predictor of spine loading. *Spine* 2005; 30: 729-37.
32. Simunic I, Broom D, Robertson P. Biomechanical factors influencing nuclear disruption of the intervertebral disc. *Spine* 2001; 26: 1223-30.
33. Levine D, Whittle MW. The effects of pelvic movement on lumbar lordosis in the standing position. *J Orthop Sports Phys Ther* 1996; 24: 130-5.
34. Harrison DD, Harrison SO, Croft AC, Harrison DE, Troyanovich SJ. Sitting biomechanics Part I: Review of the literature. *J Manipulative Physiol Ther* 1999; 22: 594-609.