

DISPOSICIÓN SAGITAL DEL RAQUIS LUMBAR Y TORÁCICO EN EL EJERCICIO DE CURL DE BÍCEPS CON BARRA EN BIPEDESTACIÓN

Sagittal disposition of the lumbar and thoracic spine in the standing barbell Curl

Pedro Ángel López Miñarro¹, Juan Luis Yuste Lucas¹, Pedro Luis Rodríguez García², Fernando Santonja Medina³, Pilar Sainz de Baranda Andújar⁴ y Ascensión García Ibarra⁵

1 Facultad de Educación. Universidad de Murcia

2 Facultad del Deporte. Universidad de Murcia

3 Facultad de Medicina. Universidad de Murcia

4 Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte.

Universidad Católica San Antonio de Murcia

5 IES Ros Giner de Lorca

DIRECCIÓN PARA CORRESPONDENCIA

Pedro A. López-Miñarro

Departamento de Expresión Plástica, Musical y Dinámica

Área de Didáctica de la Expresión Corporal

Facultad de Educación. Universidad de Murcia

Campus Universitario de Espinardo, 30100 (Murcia), España

palopez@um.es

Fecha de recepción: Octubre 2007 • Fecha de aceptación: Noviembre 2007

RESUMEN

La disposición sagital del raquis torácico y lumbar fue valorada mediante un inclinómetro Unilevel (ISOMED) en 40 usuarios de salas de musculación privadas (media de edad: 24,6 ± 5,6 años) en bipedestación habitual y al realizar el ejercicio del curl de bíceps con barra. En este ejercicio, la lordosis lumbar fue valorada al final de la fase concéntrica de la 6ª repetición, mientras que la cifosis torácica fue valorada al final de la fase excéntrica de la 8ª repetición, en la primera y segunda series. Los valores medios de cifosis dorsal en bipedestación y en el curl de bíceps con barra fueron de 46,00° ± 9,50° y 48,25° ± 9,80°, respectivamente ($p > 0,05$). Respecto a la lordosis lumbar, los valores medios fueron de 30,52° ± 7,93° y 37,52° ± 9,32°, respectivamente ($p < 0,001$). Al clasificar los valores angulares en base a las referencias de normalidad, se observa un mayor porcentaje de posturas hiperlordóticas al realizar el curl de bíceps (45%) respecto a la bipedestación habitual (10%). En conclusión, al realizar el ejercicio del curl de bíceps con barra se observa un mayor ángulo de lordosis lumbar, que aumenta la frecuencia de posturas hiperlordóticas al final de la fase concéntrica del ejercicio. Es preciso enseñar a los usuarios a mantener una disposición alineada del raquis lumbar y torácico cuando realicen el ejercicio.

Palabras clave: raquis, torácico, lumbar, postura, entrenamiento de fuerza.

ABSTRACT

Sagittal spinal curvatures of thoracic and lumbar spine were evaluated in 40 male recreational weight lifters voluntaries of private gyms (mean age: 24.6 ± 5.6 years) while relaxed standing and during the standing bilateral curl bar exercise. The thoracic kyphosis was measured at the end of sixth repetition, while lumbar lordosis was measured at the end of eighth repetition of both first and second sets. A Unilevel inclinometer (ISOMED) was used for spinal curvatures measurements. Mean thoracic kyphosis values while standing and during exercise were 46.00° ± 9.50° and 48.25° ± 9.80°, respectively ($p > 0.05$). With regards to lumbar lordosis, then mean values were 30.52° ± 7.93° and 37.52° ± 9.32°, respectively ($p < 0.001$). With regards to normality values, there was a greater percentage of hyperlordotic postures when executed the standing bilateral curl bar exercise (45%) respect to the standing position (10%). In conclusion, the recreational weight lifters showed a greater lumbar lordosis angle and a high frequency of hyperlordotic postures when executed the standing bilateral curl bar exercise. Is necessary to teach the recreational weight lifters to maintain a neutral thoracic and lumbar spine.

Key words: spine, thoracic, lumbar, posture, weight training.

Introducción

Un elevado número de personas acuden con frecuencia a las salas de musculación con distintas finalidades: mejorar su rendimiento deportivo, mejorar o mantener su salud, mitigar un defecto estético, aumentar la masa muscular, etc. (Santonja, Pastor y Ferrer, 1997). Para lograr sus objetivos realizan ejercicios en máquinas o con halteras, donde la columna vertebral está implicada de forma directa o indirecta.

El fortalecimiento del bíceps braquial es muy solicitado y se suele realizar mediante diversos ejercicios, que pueden ejecutarse unilateral o bilateralmente, en sedentación o bipedestación, con mancuerna/s o con barra. Uno de los ejercicios más frecuentes es el curl de bíceps con barra en bipedestación.

Diversos estudios han analizado el efecto de la movilización de cargas sobre las estructuras intervertebrales, analizando en profundidad la magnitud de la carga y la postura vertebral sobre los niveles de estrés y presión intradiscal. En estos se ha comprobado que cuando se mantienen posturas de flexión intervertebral se reduce la habilidad del raquis para soportar cargas compresivas (Gunning, Callaghan y McGill, 2001). Además, la mayor presión intradiscal, carga compresiva y estrés de cizalla al adoptar posturas de flexión intervertebral (Briggs *et al.*, 2007; Granata y Wilson, 2001; Polga *et al.*, 2004; Sato, Kikuchi, y Yonezawa, 1999; Wilke, Neef, Caimi, Hoogland, y Claes, 1999; Wilke, Neef, Hinz, Seidel y Claes, 2002), se ha relacionado con repercusiones en los discos intervertebrales (Adams y Dolan, 1996).

Por otro lado, las posturas y los movimientos de hiperextensión lumbar aumentan el estrés compresivo en el arco vertebral y en las facetas articulares (McGill, 2002) así como el estrés de cizalla en el raquis lumbar (Arjmand y Shirazi-Adl, 2005; Congeni, McCulloch y Swanson, 1997), aumentando el riesgo de fractura vertebral en el arco posterior (Adams y Dolan, 1995; McGill, 2002; Shirazi-Adl, Ahmed y Shrivastava, 1986), comprometiendo la cinemática normal de las articulaciones intervertebrales (Yingling y McGill, 1999). Por estas razones,

Reeves, Laskowski y Smith (1998) llaman la atención de aquellos ejercicios donde coexiste una hiperextensión lumbar submáxima junto a cargas compresivas importantes. Al realizar ejercicios con cargas es preciso mantener la linealidad de las curvas sagitales del raquis, pues de este modo se reduce el estrés vertebral y la presión intradiscal (Bazrgari, Shirazi-Adl y Arjmand, 2007; Callaghan y McGill, 2001; Gunning *et al.*, 2001; Polga *et al.*, 2004; Wilke *et al.*, 1999; 2002).

Hasta la actualidad, los pocos estudios realizados en el ámbito de las salas de musculación han abordado los motivos que justifican su práctica (Arbinaga y García, 2003), así como el aporte de suplementos nutricionales (Morrison, Gizis y Shorter, 2004; Wiefferink, Detar, Coumans, Vogels y Paulussen, 2007). No obstante, el análisis de la disposición del raquis al realizar los ejercicios más comunes para el acondicionamiento muscular no ha recibido una gran atención, excepto en lo que se refiere al análisis de la técnica más aconsejable para la elevación de cargas (*squat*, con raquis lo más alineado posible o *stoop*, con una moderada flexión intervertebral) (Bazrgari *et al.*, 2007; Holmes, Damaser y Lehman, 1992; McGill, Hughson y Parks, 2001; Van Dieën, Hoozemans y Toussaint, 1999; Walsh, Quinlan, Stapleton, FitzPatrick y McCormack, 2007). López-Miñarro (2003) analizó concretamente la disposición sagital del raquis en usuarios de salas de musculación y encontró un alto porcentaje de deportistas que adoptaban posturas raquídeas incorrectas. El objetivo de este trabajo fue conocer la disposición del raquis lumbar y dorsal al realizar el ejercicio del curl de bíceps con barra en usuarios de salas de musculación de ámbito privado.

Material y Método

Un total de 40 varones voluntarios, entre 18 y 30 años (media \pm desviación típica, edad: $24,6 \pm 5,6$ años; talla: $172,3 \pm 7,4$ cm.; masa: $75,2 \pm 9,6$ kg.), practicantes de ejercicio físico en salas de musculación de la Región de Murcia, con objetivo/s relacionados con la salud, participaron en el estudio. Los criterios de inclusión fueron realizar la actividad al menos durante los últimos 3 meses, al

menos 2 sesiones semanales, y no tener algias vertebrales en el momento de la valoración.

Procedimiento

El estudio fue aprobado por el Comité Ético de la Universidad de Murcia y los participantes fueron informados previamente acerca de los procedimientos del estudio, firmando un consentimiento informado. Previamente a la ejecución del ejercicio del curl de bíceps con barra, la disposición angular de la curva torácica y lumbar fue valorada en bipedestación habitual. Para ello, el deportista 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 la valoración, los deportistas realizaron su calentamiento habitual y tras éste realizaron el curl de bíceps con barra con la carga que estaban utilizando en sus sesiones de entrenamiento. La anchura del agarre y el tipo de barra utilizada (horizontal o EZ) fue la que el deportista utilizaba normalmente, para no interferir en su forma habitual de realizar el ejercicio. La lordosis lumbar fue medida al final de la fase concéntrica de la 6ª repetición, mientras que la cifosis torácica se midió al final de la fase excéntrica de la 8ª repetición. Ambas mediciones se realizaron en la primera y segunda series, utilizando el valor medio para el análisis estadístico.

Para la cuantificación angular de la postura del raquis torácico y lumbar se utilizó un inclinómetro Unilevel (ISOMED, Inc., Portland, OR), con una separación estándar de 6 centímetros entre sus apoyos que fue ajustada individualmente a las características antropométricas del raquis de los usuarios. 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 (Saur, Ensink, Frese, Seeger y Hildebrandt, 1996). Para medir la cifosis torácica se colocó el apoyo superior del inclinómetro al inicio de la curvatura torácica (T_1) (Figura 1), situándolo en esta posición a cero grados. A continuación se colocó donde se obtenía el mayor valor angular (final de la curvatura cifótica) que generalmente coincidía con T_{12} - L_1 (Figura 2), obteniendo el grado de

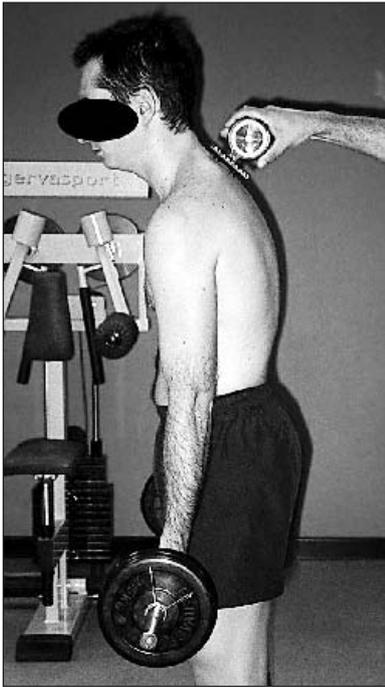


Figura 1. Colocación del inclinómetro al inicio de la curvatura torácica (T1) cuando el sujeto finaliza la fase excéntrica del ejercicio.



Figura 2. Colocación del inclinómetro al final de la curvatura torácica (T12).

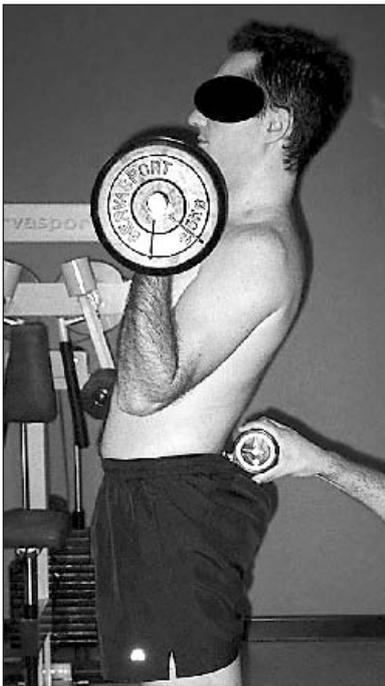


Figura 3. Colocación del inclinómetro al inicio de la curvatura lumbar (L5-S1) cuando el sujeto finaliza la fase excéntrica del ejercicio.

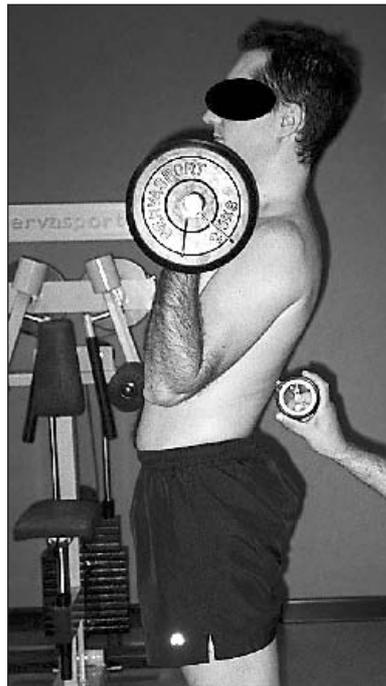


Figura 4. Colocación del inclinómetro en el punto donde se obtiene el mayor valor angular de lordosis lumbar al final de la fase concéntrica.

cifosis torácica. A continuación se midió la lordosis lumbar, colocando el apoyo inferior del inclinómetro a cero grados en el inicio de la curva lumbar (L₅-S₁) (Figura 3). Inmediatamente se contorneó en sentido caudo-craneal el perfil sagital del raquis hasta el punto donde se determinó el mayor grado de la curva (Figura 4), obtenien-

do el valor angular de la lordosis lumbar.

Para clasificar los valores angulares se utilizaron las referencias aportadas por Santonja (1993). Los valores de la cifosis torácica se clasificaron en las siguientes categorías: rectificación torácica (< 20°), normalidad (20°-45°), hipercifosis torácica leve (46°-60°) e hipercifosis torácica

moderada (< 61°). En cuanto a la lordosis lumbar, dichas categorías fueron: rectificación lumbar (< 20°), normalidad (20°-40°) e hiperlordosis lumbar (> 40°).

A nivel estadístico se calculó la media y la desviación típica para cada variable. Para comparar los valores angulares de la cifosis torácica y la lordosis lumbar entre la bipedestación y el ejercicio de curl de bíceps con barra se utilizó una prueba t-student para muestras dependientes. Para establecer las correlaciones entre los valores de la cifosis torácica y lordosis lumbar se utilizó el test de Pearson. Para comparar la frecuencia de sujetos en base a las referencias de normalidad se utilizó el test Chi-cuadrado de proporciones. Todos los datos fueron analizados usando el SPSS 12.0 y el nivel de significación fue de $p < 0,05$.

Resultados

Los valores angulares de la cifosis dorsal y lordosis lumbar en el ejercicio de curl de bíceps con barra en bipedestación se presentan en la figura 5.

La media de cifosis dorsal supera el límite de normalidad, mientras la media de lordosis lumbar se sitúa cercana al límite superior de la normalidad. La comparación de medias para la cifosis dorsal no evidencia diferencias significativas ($t=-1,658$, $p=0,105$), mientras en el caso de la lordosis lumbar existen diferencias altamente significativas ($t=-5,523$, $p<0,001$). La correlación entre la cifosis dorsal en bipedestación y la adoptada al final de la fase excéntrica del curl de bíceps con barra fue de $r=0,60$ ($p<0,01$), mientras que la correlación para la lordosis lumbar al final de la fase concéntrica y la obtenida en bipedestación fue de $r=0,58$ ($p<0,01$). En la tabla 1 se presenta la frecuencia de casos en base a las referencias de normalidad.

Discusión

En el presente estudio se ha valorado la disposición sagital del raquis torácico y lumbar al realizar el ejercicio del curl de bíceps con barra. Los resultados muestran que la media angular de la lordosis lumbar al final de la fase concéntrica del ejercicio es significativamente mayor que la lordosis lumbar que tienen en bipedes-

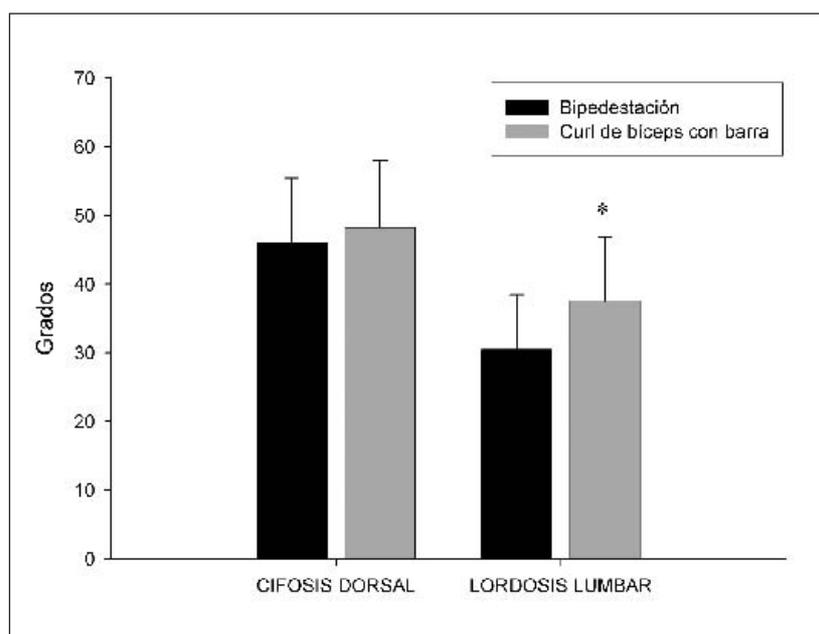


Figura 5. Valores angulares medios y desviación típica de la cifosis torácica y lordosis lumbar en bipedestación y al realizar el curl de bíceps con barra. * $p < 0,001$.

Tabla 1. Distribución porcentual de los deportistas en bipedestación habitual y en el curl de bíceps con barra en base a las referencias de normalidad para la curva dorsal y lumbar.

	Bipedestación	Curl de bíceps con barra	χ^2 p-value
CIFOSIS DORSAL			
Alineada (20°-45°)	37,5%	42,5%	$p > 0,05$
Hipercifosis torácica leve (46°-60°)	47,5%	45,0%	
Hipercifosis torácica moderada (> 60°)	15,0%	12,5%	
LORDOSIS LUMBAR			
Alineada (20°-40°)	82,5%	52,5%	$p < 0,001$
Rectificación lumbar (> 20°)	7,5%	2,5%	
Hiperlordosis lumbar (> 40°)	10,0%	45,0%	

tación habitual, lo que deriva en un mayor porcentaje de usuarios que adoptan una postura hiperlordótica al realizar el ejercicio, aunque el valor medio de la lordosis lumbar no supera el valor límite a partir del cual existe una hiperlordosis lumbar. Aun así, tomando en consideración las referencias para esta curva, sólo el 20% de los sujetos ejecutan el ejercicio con una lordosis lumbar en valores normales.

El trabajo reiterado en posturas hiperlordóticas y con sobrecargas (el manejo de pesos aumentan la carga compresiva) se ha relacionado con un mayor riesgo de repercusiones raquídeas (Adams y Dolan, 1995; Heck y Sparano, 2000; McGill,

2000). Arjmand y Shirazi-Adl (2005) encontraron que en las posturas más lordóticas del raquis lumbar se producen aumentos de la compresión axial y las fuerzas de cizalla en la articulación lumbosacra, disminuyendo el margen de seguridad raquídeo. Por estas razones, Reeves *et al.* (1998) no recomiendan realizar ejercicios donde coexista una hiperextensión lumbar submáxima junto a cargas compresivas importantes. Además, las posturas hiperlordóticas modifican el brazo de palanca del erector spinal lumbar incidiendo en las cargas compresivas y de cizalla sobre las estructuras intervertebrales (Arjmand, Shirazi-Adl y Bazrgari, 2006; Holmes *et al.*, 1992).

Las posturas hiperlordóticas al realizar este ejercicio ocurren en un intento de movilizar una carga que excede las posibilidades del usuario. Cuando éste quiere elevar un peso que supera la capacidad de sus flexores del codo, realiza un movimiento de extensión lumbar que genera una inercia en sentido postero-superior, facilitando la elevación de la carga. Si bien no se ha analizado el efecto de la magnitud de la carga movilidad sobre la disposición del raquis lumbar, un reciente estudio que analiza la elevación de cargas evidencia una mayor extensión lumbar conforme aumenta la carga a movilizar (Walsh *et al.*, 2007). Los técnicos deportivos deben concienciar a los usuarios de la importancia de elegir una carga ajustada a su capacidad muscular, o bien proponer otros ejercicios que permitan desarrollar esta musculatura y mantener una posición raquídea más alineada (ejercicios con apoyo del raquis en superficies estables que faciliten mantener una postura alineada).

No obstante, los valores medios descritos para la lordosis lumbar en el curl de bíceps están subestimados. La lordosis lumbar fue medida al final de la fase concéntrica, cuando la flexión de codos era máxima y se detenía el movimiento. Debido a ello, la angulación media se refiere al momento final de la fase concéntrica, no siendo ésta la de mayor valor angular en la ejecución de este ejercicio. La lordosis lumbar se magnifica en la mitad del rango de movimiento concéntrico, cuando el antebrazo se dispone horizontal y el momento de resistencia es máximo. En este instante, bastantes deportistas utilizan un movimiento de hiperextensión raquídea visualmente evidente, que aumenta la lordosis lumbar considerablemente, y siendo más acusado conforme se realizan más repeticiones por la fatiga muscular de los flexores del codo. Puesto que hemos utilizado un inclinómetro de aguja pendular para realizar las mediciones, no es posible medir la lordosis lumbar en ese momento y no hemos podido obtener el valor angular real de la curva lumbar. Por este motivo, es preciso realizar estudios basados en técnicas que permitan valorar el comportamiento dinámico de la columna durante la realización de diversos ejercicios.

En cuanto a la cifosis torácica, la media angular de la cifosis al final de la fase excéntrica supera ligeramente el valor angular de la bipedestación, superando en 3,25° el límite de normalidad de la curva. Esto ocurre porque en bipedestación, al sujetar la barra con ambas manos, la proyección del centro de gravedad de la carga es anterior al eje de giro de las articulaciones dorsales y genera una tendencia al aumento de la curva dorsal, si no se produce una activación isométrica de los extensores torácicos. Si las mediciones se hubieran realizado en las últimas repeticiones de la serie, probablemente los valores angulares serían mayores, ya que la fatiga acumulada dificulta una fase excéntrica lenta, y la mayor velocidad de bajada de la carga incidiría en una mayor inclinación anterior del tronco y mayor cifosis dorsal. Un aumento en el ángulo de cifosis dorsal en bipedestación genera mayores cargas compresivas y de cizalla anterior (Briggs *et al.*, 2007). Además, si al realizar el curl de bíceps, el sujeto realiza una ligera flexión escapulo-humeral, acción muy frecuente cuando la carga a elevar es excesiva, aumenta la distancia horizontal entre el centro de gravedad de la

carga y las articulaciones intervertebrales, produciendo una mayor flexión torácica (Gill, Bennett, Savelsbergh y Van Dieën, 2007), que aumentará aún más la presión intradiscal (Polga *et al.*, 2004).

Una ejecución correcta de este ejercicio requiere de una posición alineada del raquis en todas las repeticiones. El uso del espejo facilita la obtención de una información visual que suple la ausencia de control propioceptivo de las curvas del raquis, debido al déficit general de concienciación de la postura raquídea. Sin embargo, el espejo se utiliza más como recurso hedonista que como recurso para mejorar la ejecución técnica del ejercicio. Si este ejercicio se realizara apoyando hombros y glúteos sobre una pared o banco y se incide en no separarlos, mejoraría la disposición del raquis dorsal y lumbar. También es preciso incidir en la elección de cargas moderadas, así como en realizar la maniobra conocida como "abdominal bracing" (contracción isométrica de la musculatura abdominal), mediante la cual se estabiliza el raquis dorso-lumbar y la pelvis (McGill, 2002).

El profesional de la actividad físico-deportiva debería enseñar a los usuarios la

postura más adecuada en cada ejercicio para evitar la adopción de posturas cifóticas, hiperlordóticas o en inversión lumbar (Adams y Dolan, 1995). Adicionalmente, es necesario investigar nuevos diseños de máquinas que permitan mantener una correcta disposición de las curvas raquídeas, evitando las compensaciones inerciales y la falta de concienciación raquídea, que desembocan en posturas inadecuadas al realizar los ejercicios.

Conclusiones

Al realizar el ejercicio del curl de bíceps con barra se produce un aumento del ángulo de la lordosis lumbar durante la fase concéntrica, que aumenta la frecuencia de posturas hiperlordóticas. La mayor lordosis lumbar se produce en un intento de movilizar una carga que excede la capacidad de la musculatura flexora del codo. Es preciso enseñar a los usuarios a mantener una disposición alineada del raquis lumbar y torácico cuando realicen el ejercicio, bien mejorando su concienciación postural, o bien utilizando elementos externos que ayuden a mantener el raquis lo más alineado posible.

BIBLIOGRAFÍA

- Adams, M.A. y Dolan, P. (1996). Time dependent changes in the lumbar spine's resistance to bending. *Clinical Biomechanics*, 11, 194-200.
- Arbinaga, F. y García, J.M. Motivación para el entrenamiento con pesas en gimnasios: un estudio piloto. *Revista Internacional de Medicina de las Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 9 (en línea) (<http://cdeporte.rediris.es/revista/revista9/artmotivacion.html>) (consulta el 20 de diciembre de 2003).
- Arjmand, N. y Shirazi-Adl, A. (2005). Biomechanics of changes in lumbar postures in static lifting. *Spine*, 30, 2637-2648.
- Arjmand, N., Shirazi-Adl, A. y Bazrgari, B. (2006). Wrapping of trunk thoracic extensor muscles influences muscle forces and spinal loads in lifting tasks. *Clinical Biomechanics*, 21, 668-675.
- Barr, A.E. y Barde, M.F. (2002). Pathophysiological tissue changes associated with repetitive movement: a review of the evidence. *Physical Therapy*, 82, 173-187.
- Bazrgari, B., Shirazi-Adl, A. y Arjmand, N. (2007). Analysis of squat and stoop dynamic liftings: muscle forces and internal spinal loads. *European Spine Journal*, 16, 687-699.
- Briggs, A.M., Van Dieën, J.H., Wrigley, T.V., Greig, A.M., Phillips, B., Lo, S.K. et al. (2007). Thoracic kyphosis affects spinal loads and trunk muscle force. *Physical Therapy*, 87, 595-607.
- Congeni, J., McCulloch, J. y Swanson, K. (1997). Lumbar spondylolysis. A study of natural progression in athletes. *The American Journal of Sports Medicine*, 25, 248-253.
- Dolan, P., Earley, M. y Adams, M.A. (1994). Bending and compressive stresses acting on the lumbar spine during lifting activities. *Journal of Biomechanics*, 27, 1237-1248.
- Gill, K.P., Bennett, S.J., Savelsbergh, G.J. y Van Dieën, J.H. (2007). Regional changes in spine posture at lift onset with changes in lift distance and lift style. *Spine*, 32, 1599-1604.
- Granata, K.P. y Wilson, S.E. (2001). Trunk posture and spinal stability. *Clinical Biomechanics*, 16, 650-659.
- Gunning, J.L., Callaghan, J.P. y McGill, S.M. (2001). Spinal posture and prior loading history modulate compressive strength and type of failure in the spine: a biomechanical study using a porcine cervical spine model. *Clinical Biomechanics*, 16, 471-480.
- Holmes, J.A., Damaser, M.S. y Lehman, S.L. (1992). Erector spinae activation and movement dynamics about the lumbar spine in lordotic and kyphotic squat lifting. *Spine*, 7, 327-334.
- López-Miñarro P.A. (2003). *Análisis de ejercicios de acondicionamiento muscular en salas de musculación. Incidencia sobre el raquis en el plano sagital*. Tesis doctoral: Universidad de Murcia.

- McGill, S.M. (1997). Distribution of tissue loads in the low back during a variety of daily and rehabilitation tasks. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 34, 448-458.
- McGill, S.M. (2002). *Low back disorders. Evidence-Based prevention and rehabilitation*. Champaign: Human Kinetics.
- McGill, S.M., Hughson, R.L. y Parks, K. (2000). Changes in lumbar lordosis modify the role of the extensor muscles. *Clinical Biomechanics*, 15, 777-780.
- Morrison, L.J., Gizis, F. y Shorter, B. (2004). Prevalent use of dietary supplements among people who exercise at a commercial gym. *International Journal of Sports Nutrition and Exercise Metabolism*, 14, 481-492.
- Polga, D.J., Beaubien, B.P., Kallemeier, P.M., Schellhas, K.P., Lee, W.D., Buttermann, G.R. et al. (2004). Measurement of in vivo intradiscal pressure in healthy thoracic intervertebral discs. *Spine*, 29, 1320-1324.
- Reeves, R.K., Laskowski, E.R. y Smith, J. (1998). Weight training injuries: part 2: Diagnosing and managing chronic conditions. *The Physician and Sportsmedicine*, 26, 54.
- Santonja F. (1993). *Exploración clínica y radiográfica del raquis sagital. Sus correlaciones (premio SOCUMOT-91)*. Murcia: Secretariado de publicaciones e intercambio científico.
- Santonja, F., Pastor, A. y Ferrer, V. (1997). Aspectos médicos de la musculación. Editorial. *Selección*, 6, 13-14.
- Sato, K., Kikuchi, S. y Yonezawa, T. (1999). In vivo intradiscal pressure measurement in healthy individuals and in patients with ongoing back problems. *Spine*, 24, 2468-2474.
- Saur, P.M., Ensink, F.M., Frese, K., Seeger, D. y Hildebrandt, J. (1996). Lumbar range of motion: reliability and validity of the inclinometer technique in the clinical measurement of trunk flexibility. *Spine*, 21, 1332-1338.
- Shirazi-Adl, A., Ahmed, A.M. y Shrivastava, S.C. (1986). A finite element study of a lumbar motion segment subjected to pure sagittal plane moments. *Journal of Biomechanics*, 19, 331-350.
- Van Dieën, J.H., Hoozemans, M.J.M. y Toussaint, H.M. (1999). Stoop or squat: a review of biomechanical studies on lifting technique. *Clinical Biomechanics*, 14, 685-696.
- Walsh, J.C., Quinlan, J.F., Stapleton, R., FitzPatrick, D.P. y McCormack, D. (2007). Three-dimensional motion analysis of the lumbar spine during "free squat" weight lift training. *American Journal of Sports Medicine*, 35, 927-932.
- Wiefferink, C., Detar, S., Coumans, B., Vogels, T. y Paulussen, T. (2007). Social psychological determinants of the use of performance-enhancing drugs by gym users. *Health Education Research*, in press.
- Wilke, H.J., Neef, P., Caimi, M., Hoogland, T. y Claes, L.E. (1999). New in vivo measurements of pressures in the intervertebral disc in daily life. *Spine*, 24, 755-762.
- Wilke, H.J., Neef, P., Hinz, B., Seidel, H. y Claes, L.E. (2001). Intradiscal pressure together with anthropometric data - a data set for the validation of models. *Clinical Biomechanics*, 1, S111-S126.
- Yingling, V.R. y McGill, S.M. (1999). Anterior shear of spinal motion segments. Kinematics, kinetics, and resultant injuries observed in a porcine model. *Spine*, 24, 1882-1889.