



Revista Andaluza de Medicina del Deporte

Rev Andal Med Deporte. 2009;2(4):110-5

www.elsevier.es/ramd



Original

Comparación de la cifosis torácica entre varios ejercicios de acondicionamiento muscular para los miembros superiores

P.A. López-Miñarro

Departamento de Expresión Plástica, Musical y Dinámica. Área de Didáctica de la Expresión Corporal. Facultad de Educación. Universidad de Murcia. Murcia. España.

Historia del artículo:

Recibido el 28 de julio de 2009

Aceptado el 22 de octubre de 2009

Palabras clave:

Postura.
Sagital.
Raquis.
Torácico.
Entrenamiento de fuerza.

Key words:

Posture
Sagittal.
Spine.
Thoracic.
Weight training.

Correspondencia:

P.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.
Correo electrónico: palopez@um.es

RESUMEN

Objetivo. Comparar la disposición sagital de la curva torácica al realizar varios ejercicios de acondicionamiento muscular para miembros superiores en función del grado de cifosis torácica en bipedestación.

Método. Un total de 150 varones jóvenes (edad: $22,3 \pm 6,1$ años) realizaron de forma aleatoria los ejercicios *curl* de bíceps con barra en bipedestación, polea tras nuca, *press* francés en polea y remo horizontal sentado. En estos ejercicios se midió, con un inclinómetro Unilevel (ISOMED), la cifosis torácica al final de la fase concéntrica de la séptima repetición. Previamente a los ejercicios, se midió la cifosis torácica en bipedestación habitual. Tomando ésta como base, los sujetos fueron asignados a uno de los tres grupos: grupo 1, $< 40^\circ$, $n = 51$; grupo 2, $40-50^\circ$, $n = 56$; y grupo 3, $> 50^\circ$, $n = 43$.

Resultados. Los valores medios de la cifosis torácica fueron superiores en los ejercicios analizados respecto a la cifosis torácica en bipedestación, excepto en el remo sentado con apoyo en el tórax, que evidenció los valores angulares de cifosis torácica más reducidos. Los sujetos con menor cifosis torácica en bipedestación fueron los que evidenciaron mayores incrementos relativos en la misma al realizar los ejercicios.

Conclusiones. La cifosis torácica al realizar ejercicios que implican la movilización de cargas con los miembros superiores tiende a aumentar significativamente respecto a la bipedestación habitual, especialmente en aquellas personas que presentan valores más reducidos de cifosis torácica en esta posición.

© 2009 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

ABSTRACT

Comparison of thoracic kyphosis among muscle conditioning exercises for the upper limbs

Objective. To measure sagittal thoracic curvature when performing various muscle strength exercises for upper limbs compared to the standing thoracic kyphosis.

Method. A total of 150 young males (average age: 22.3 ± 6.1 years) were asked to perform several exercises in random order for the upper limbs: standing biceps curl, seated row with anterior trunk restrained, triceps pushdown, and latissimus dorsi pulldown behind the neck position. Thoracic kyphosis was measured in relaxed standing at the end of the concentric phase of the seventh repetition with a Unilevel inclinometer. The thoracic kyphosis in relaxed standing had also been measured previously. For standing thoracic kyphosis, the subjects were assigned to one of three groups (group 1, $< 40^\circ$, $n = 51$; group 2, $40-50^\circ$, $n = 56$; and group 3, $> 50^\circ$, $n = 43$).

Results. The mean values of thoracic kyphosis in the exercises were higher than the thoracic kyphosis in standing, except for the seated row with trunk restrained, which showed the lowest values. The subjects of group 1 achieved greater increases of thoracic kyphosis when performing the exercises.

Conclusions. Thoracic kyphosis when performing strength exercises for upper limbs is significantly higher than thoracic kyphosis in standing, especially when the subjects have more reduced values in this position.

© 2009 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

Introducción

La práctica de ejercicio físico en salas de musculación ha adquirido un gran auge en los últimos años por su relación con diversos beneficios en la salud, así como por cuestiones estéticas¹.

El manejo de cargas para el acondicionamiento muscular ocasiona un aumento de la activación de la musculatura, así como del estrés en las estructuras raquídeas²⁻⁴. La magnitud de dichas cargas está mediada por numerosos factores intrínsecos tales como la edad, la historia de carga de los tejidos, la degeneración discal, etc. Extrínsecamente, la magnitud de la carga movilizada y la postura de las articulaciones implicadas son las variables que determinan, en mayor medida, el estrés generado en las estructuras intervertebrales^{5,6}. En este sentido, Keller et al⁷ determinaron que la disposición angular de las curvas torácica y lumbar incide en las cargas compresivas y de cizalla en los discos intervertebrales. Mantener el raquis en posición alineada, evitando posturas de hiper cifosis torácica, tanto en la posición inicial como en las repeticiones de un ejercicio, disminuye el riesgo de fallo en los tejidos vertebrales⁸. Por el contrario, las posturas de flexión intervertebral reducen la capacidad del raquis para soportar cargas compresivas^{9,10}, aumentando el estrés de cizalla antero-posterior¹¹, así como la presión intradiscal^{12,13}, lo que deriva en un aumento del riesgo de degeneración discal¹³.

El riesgo de repercusiones raquídeas está influido por el grado de flexión intervertebral^{9,14}. Estudios realizados en tejidos humanos cadavéricos, así como en tejidos sanos de animales, han comprobado que la hernia discal está asociada a movimientos repetidos de flexión que se acompañan de fuerzas compresivas moderadas^{9,15}. La carga compresiva que genera el fallo de los tejidos vertebrales en flexión o extensión es solo el 25% de la que produce el fallo en postura alineada¹⁰. En la posición de bipedestación, una mayor cifosis torácica está asociada con mayores magnitudes en el estrés compresivo y de cizalla¹⁶. En el acondicionamiento muscular con cargas, la postura raquídea debe ser una variable analizada y controlada por los técnicos deportivos. Es necesario controlar la postura al realizar los ejercicios, así como conocer la postura raquídea en posiciones habituales, como la bipedestación. En este sentido, López-Miñarro et al¹⁷ analizaron el morfotipo raquídeo en bipedestación de usuarios de salas de acondicionamiento muscular, encontrando una alta frecuencia de posturas cifóticas.

Debido a que la postura corporal es una variable clave en la magnitud de carga generada en los tejidos intervertebrales al movilizar pesos, algunos estudios han analizado la disposición sagital del raquis torácico en ejercicios como los denominados “*press francés con polea*”¹⁸ y “*polea tras nuca*”¹⁹, encontrando un aumento significativo de la cifosis torácica respecto al valor que los sujetos presentaban en bipedestación habitual relajada. Otros estudios analizan la disposición angular del raquis lumbar en el ejercicio “*curl de bíceps con barra*”²⁰ y “*polea al pecho*”²¹, encontrando una mayor frecuencia de posturas hiperlordóticas en los ejercicios respecto a la bipedestación relajada. Todos estos estudios describen y comparan la disposición angular del raquis al realizar un ejercicio concreto y en bipedestación. Sin embargo, no conocemos estudios que hayan comparado la postura raquídea de un mismo sujeto al realizar varios ejercicios para el fortalecimiento de los miembros superiores. Además, tampoco conocemos estudios que hayan valorado la posición del raquis torácico al realizar ejercicios de acondicionamiento muscular, en función del ángulo de cifosis torácica en bipedestación. Así pues, los objetivos del presente estudio fueron: a) comparar la disposición angular del raquis torácico al realizar varios ejercicios de fortalecimiento de la musculatura de los miembros superiores, y b) valorar la influencia

de la cifosis torácica en bipedestación en la disposición sagital de la curva torácica al realizar ejercicios de acondicionamiento muscular con cargas para los miembros superiores.

Método

Muestra

Un total de 150 varones, entre 18 y 25 años (media $\pm$ desviación típica, edad: $22,3 \pm 6,1$ años; talla: $174,8 \pm 6,9$ cm; peso: $78,2 \pm 9,9$ kg), que realizaban ejercicio físico en salas de musculación, participaron voluntariamente en el estudio. Los criterios de inclusión fueron: realizar la actividad al menos durante los últimos tres meses, y con una frecuencia mínima de dos sesiones semanales. Los criterios de exclusión fueron tener algias vertebrales en el momento de la valoración, así como estar federado y participar en actividades deportivas competitivas. La experiencia previa de los sujetos en el trabajo de acondicionamiento muscular con cargas era de $2,9 \pm 1,0$ años y $4,2 \pm 1,4$ sesiones semanales.

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 mismo, firmando un consentimiento informado. Previamente a la ejecución de los ejercicios de acondicionamiento muscular, se midió la disposición angular de la curva torácica en bipedestación. Para ello, el sujeto se colocaba en su posición habitual, relajado, con los brazos relajados en el costado, los pies separados a la anchura de sus caderas y la mirada al frente.

Tras la medición en bipedestación los sujetos realizaron su calentamiento habitual y, tras éste, ejecutaron en un orden aleatorio dos series de los ejercicios de *curl* de bíceps con barra en bipedestación, polea tras nuca, *press francés* en polea y remo horizontal sentado con apoyo en el tórax. La anchura del agarre y el tipo de barra o polea utilizada fue la que el sujeto usaba normalmente para no interferir en su forma habitual de realizar el ejercicio. Todos los sujetos realizaron 10 repeticiones de cada ejercicio, con la carga que estaban utilizando en sus entrenamientos. La cifosis torácica se midió en la séptima repetición de los ejercicios, al final de la fase concéntrica. Se realizaron dos mediciones, en la primera y segunda series, utilizando el valor medio para el análisis estadístico. La recuperación entre series y ejercicios fue de 5 minutos.

Para la cuantificación angular de la postura del raquis torácico se utilizó un inclinómetro Unilevel (ISOMED, Inc., Portland, OR). 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^{22,23}.

Para medir la cifosis torácica se colocó el apoyo superior del inclinómetro a nivel de la apófisis espinosa de la primera vértebra torácica (T₁) (fig. 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 T₁₂-L₁ (fig. 2), obteniendo el grado de cifosis torácica. Los valores angulares de la cifosis torácica se clasificaron en las siguientes categorías²⁴: rectificación torácica (< 20°), normalidad (20-45°), hiper cifosis torácica leve (46-60°) e hiper cifosis torácica moderada (> 60°).

En función del grado de cifosis torácica la muestra fue dividida en tres grupos, según el valor angular de la curva torácica en bipedestación

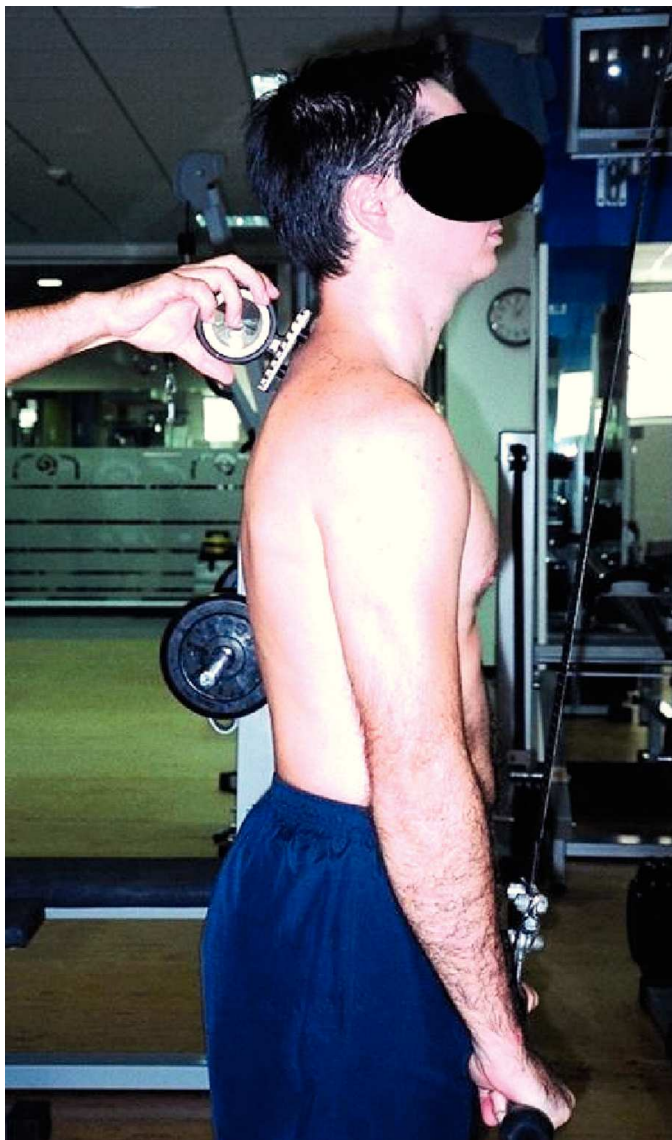


Fig. 1. Colocación del inclinómetro al inicio de la curvatura torácica.

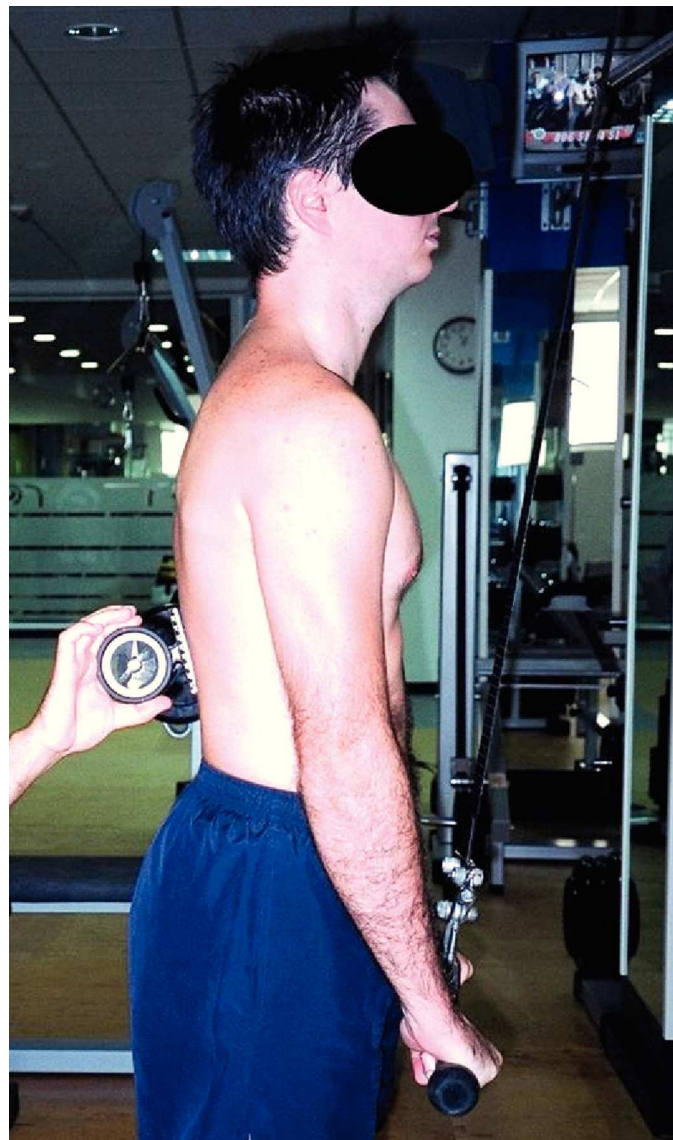


Fig. 2. Colocación del inclinómetro en el lugar donde se obtiene el mayor valor angular de la curva torácica.

(grupo 1, $< 40^\circ$, $n = 49$; grupo 2, $40-50^\circ$, $n = 56$; y grupo 3, $> 50^\circ$, $n = 45$). Los valores angulares para establecer los grupos se seleccionaron tomando como base la obtención de una distribución compensada de los sujetos entre los mismos.

Análisis de datos

Para comparar los valores angulares de la cifosis torácica entre los tres grupos se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de un factor. Si se encontraban diferencias significativas para el efecto principal del ANOVA ($p < 0,05$) se realizó una comparación por pares mediante un análisis *post hoc* con ajuste de Bonferroni, ajustando el valor de significación ($p < 0,016$). Un análisis de varianza (ANOVA) de dos factores (grupo y ejercicio) con medidas repetidas en el segundo factor fue realizado para establecer las diferencias en la cifosis torácica entre los ejercicios. La significación del análisis multivariado de medidas repetidas fue confirmada mediante las pruebas traza de Pillai, lambda de Wilk, traza de Hotelling y raíz mayor de Roy, las cuales arrojaron resultados similares.

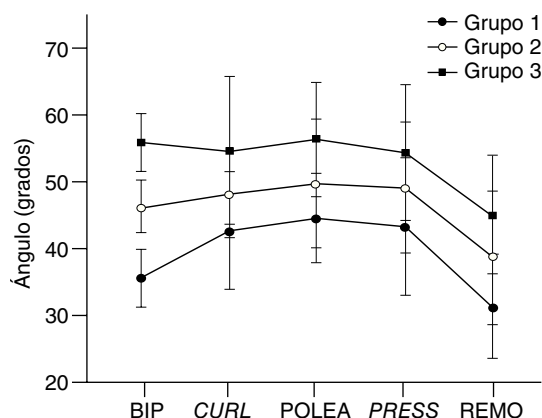


Fig. 3. Media ($\pm$ desviación típica) de la cifosis torácica en bipedestación y en los ejercicios analizados para cada uno de los grupos. Grupo 1, cifosis torácica bipedestación $< 40^\circ$; grupo 2, cifosis torácica bipedestación $40-50^\circ$; y grupo 3, cifosis torácica bipedestación $> 50^\circ$. BIP: bipedestación; CURL: *curl* de bíceps con barra; POLEA: polea tras nuca; PRESS: press francés con polea; REMO: remo sentado con apoyo en el tórax.

La esfericidad fue analizada mediante la prueba de Mauchly. La corrección de Greenhouse-Geisser fue aplicada si la esfericidad no era asumida. Si se encontraban diferencias significativas en la cifosis torácica para el efecto principal del ANOVA ($p < 0,05$), se realizó una comparación por pares usando la corrección de Bonferroni para comparaciones múltiples, ajustando el criterio de significación a un valor de 0,01 (0,05 dividido por 5). Todos los datos fueron analizados usando el paquete estadístico *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS), versión 15.0.

Resultados

Los valores medios y la desviación típica de la cifosis torácica en bipedestación y al realizar los ejercicios, de los tres grupos, se presentan en la figura 3. Los valores medios de la cifosis torácica fueron significativamente superiores en los ejercicios analizados respecto a la cifosis torácica en bipedestación, excepto en el remo sentado con apoyo en el tórax, que evidenció los valores angulares de cifosis torácica más reducidos.

El ANOVA mostró diferencias significativas entre los grupos ($p < 0,001$) para el efecto principal de todas las variables analizadas. El análisis *post hoc* evidenció diferencias significativas ($p < 0,016$) entre todos los grupos, excepto en el ejercicio de *curl* de bíceps con barra, en el que solo hubo diferencias significativas entre los grupos 1 y 3 (tabla 1).

Tabla 1

Valores de significación en la comparación por pares entre los grupos para la cifosis torácica en bipedestación y en los ejercicios analizados

	Ejercicios				
	BIP	CURL	POLEA	PRESS	REMO
Grupos 1-2	*	NS	*	*	*
Grupos 1-3	*	*	*	*	*
Grupos 2-3	*	NS	*	*	*

BIP: bipedestación; CURL: *curl* de bíceps con barra; NS: no significativo; POLEA: polea tras nuca; PRESS: *press* francés con polea; REMO: remo sentado con apoyo en el tórax. Grupo 1, cifosis torácica bipedestación $< 40^\circ$; grupo 2, cifosis torácica bipedestación $40-50^\circ$; grupo 3, cifosis torácica bipedestación $> 50^\circ$. * $p < 0,016$.

Tabla 2

Niveles de significación en la comparación por pares tras la prueba *post hoc* con ajuste de Bonferroni

	BIP	CURL	POLEA	PRESS	REMO
Grupo 1 (cifosis torácica bipedestación $< 40^\circ$)					
BIP	-	*	*	*	*
CURL		-	NS	NS	*
POLEA			-	NS	*
PRESS				-	*
Grupo 2 (cifosis torácica bipedestación $40-50^\circ$)					
BIP	-	NS	*	NS	*
CURL		-	NS	NS	*
POLEA			-	NS	*
PRESS				-	*
Grupo 3 (cifosis torácica bipedestación $> 50^\circ$)					
BIP	-	NS	NS	NS	*
CURL		-	NS	NS	*
POLEA			-	NS	*
PRESS				*	*

BIP: bipedestación; CURL: *curl* de bíceps con barra; NS: no significativo; POLEA: polea tras nuca; PRESS: *press* francés con polea; REMO: remo sentado con apoyo en el tórax. * $p < 0,01$.

Al comparar los valores angulares de la cifosis torácica entre los diferentes ejercicios, el ANOVA de medidas repetidas evidenció diferencias significativas para el efecto principal en los tres grupos ($p < 0,05$). Los valores de significación por pares se presentan en la tabla 2.

En la figura 4 se presenta la distribución de sujetos a partir de las referencias de normalidad de la cifosis torácica en bipedestación. El porcentaje de sujetos con una hipercifosis torácica es superior a los casos con una disposición angular considerada normal.

Discusión

El presente estudio ha comparado la disposición angular de la curva torácica entre diferentes ejercicios de acondicionamiento muscular con cargas para los miembros superiores, en función del grado de cifosis torácica en bipedestación.

Los principales resultados del estudio muestran que cuanto mayor es la cifosis torácica en bipedestación, se adoptan posturas más cifóticas en la ejecución de todos los ejercicios. La adopción de posturas hipercifóticas en los ejercicios de acondicionamiento muscular con cargas es contraproducente para aquellos que tienen una hipercifosis torácica, ya sea postural o estructurada, al generar un aumento de las cargas raquídeas^{2,7,12,16}. Puesto que la mayor parte de los sujetos que participaron en este estudio presentaban una hipercifosis torácica en bipedestación, es lógico que durante los ejercicios esta postura sea frecuente. De hecho, éste y otros estudios que han valorado la disposición del raquis en ejercicios de acondicionamiento muscular muestran una alta frecuencia de posturas hipercifóticas¹⁷⁻¹⁹. Keller et al⁷ encontraron que el estrés intervertebral y las cargas raquídeas son más elevadas en aquellas personas con una mayor cifosis torácica. Por ello, aquellos sujetos que presentan una hipercifosis torácica en bipedestación no deberían adoptar posturas hipercifóticas en la ejecución de los ejercicios¹, ya que los tejidos soportan menor carga y se produce un fallo de los mismos con mayor facilidad¹⁰. Para ello es preciso mejorar la concienciación raquídea de los sujetos o bien seleccionar otros ejercicios en los que sea más sencillo adoptar una postura alineada¹. En este sentido, el remo sentado con apoyo en el tórax es un ejercicio que permite adoptar una postura torácica más alineada, ya que en todos los grupos se produce una disminución muy significativa de la cifosis torácica respecto a la postura de bipedestación y al resto de ejercicios realizados. Esto es debido al sistema de apoyo anterior torácico de la máquina, que genera una fuerza exten-

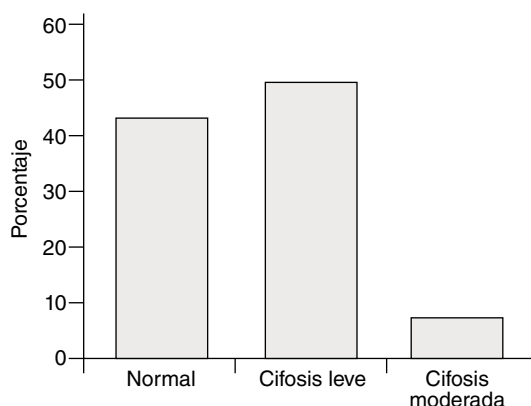


Fig. 4. Distribución porcentual de la muestra en función de las referencias de normalidad en bipedestación para la curva torácica.

sora pasiva y dificulta la flexión de las articulaciones intervertebrales torácicas.

No obstante, cada uno de los grupos responde de forma diferente, por lo que la cifosis torácica en bipedestación es una variable que influye en cómo se dispone la curva torácica al realizar los ejercicios. Los sujetos del grupo 1, caracterizados por valores más reducidos de cifosis torácica en bipedestación, son los que muestran incrementos relativos más significativos de la misma al realizar los ejercicios. Por el contrario, en los sujetos del grupo 3, con una cifosis torácica en bipedestación superior a 50 grados, se observa una postura torácica muy similar entre los ejercicios y la bipedestación, excepto en el remo sentado con apoyo en el tórax. Esta circunstancia se podría explicar porque una mayor flexión intervertebral torácica colocaría a las palancas articulares, y a los grupos musculares implicados en la ejecución del ejercicio, en una posición menos eficiente para generar tensión.

La hipercifosis torácica en bipedestación y al realizar los ejercicios puede ser la manifestación de alteraciones morfológicas en el raquis (desalineación estructurada) o un problema de esquema corporal (desalineación actitudinal). Las desalineaciones actitudinales del raquis representan un alto porcentaje de casos, y requieren sencillas medidas terapéuticas tendentes a la corrección o, al menos, a evitar su progresión. Los ejercicios realizados con cargas pueden complementar estas medidas terapéuticas, si actúan en contra de la desalineación o al menos no la agravan²⁵. En nuestro estudio no se ha realizado una medición de la cifosis torácica en posición de autocorrección, por lo que no es posible establecer si las hipercifosis torácicas en bipedestación son actitudinales o estructuradas. No obstante, la importante disminución de la cifosis torácica en el ejercicio de remo sentado con apoyo en el tórax respecto a la bipedestación evidencia que la mayoría de las hipercifosis torácicas son actitudinales, ya que la cifosis torácica media al realizar este ejercicio fue unos 10 grados inferior a la que tenían en bipedestación.

La disposición angular del raquis torácico depende de diversos factores, entre ellos de la concienciación raquídea del sujeto, de la resistencia de la musculatura escapular y raquídea, así como del diseño de las máquinas e implementos deportivos. No obstante, las posturas cifóticas están relacionadas con un exceso de carga movilizada para la capacidad del sujeto, así como por la falta de correcciones adecuadas por parte de los técnicos deportivos. El aumento de la cifosis torácica en los ejercicios, respecto a la bipedestación, se debe principalmente al manejo de la carga por delante del centro de gravedad, creándose una tendencia a la flexión intervertebral si no existe una fijación activa (contracción isométrica de los extensores raquídeos) o pasiva (elementos externos). La fijación pasiva es posiblemente mayor en el grupo 3, ya que las posturas más cifóticas aumentan, en mayor medida, la tensión en los ligamentos posteriores del raquis.

Por todo ello, es preciso plantear programas de intervención, prescribiendo ejercicios específicos de concienciación postural, flexibilización y fortalecimiento de grupos musculares posturales. También es importante concienciar a los sujetos sobre la importancia de seleccionar una carga adecuada de entrenamiento. Ésta debe ser aquella que pueda movilizar la musculatura sin generar movimientos inerciales con la columna vertebral¹. Además, puesto que la mayoría de los sujetos que realizan ejercicios de acondicionamiento muscular no poseen la suficiente concienciación raquídea ni la adecuada resistencia de los músculos paravertebrales y músculos anchos del abdomen, es preciso incidir en el diseño de máquinas e implementos deportivos que dificulten la adopción de posturas hipercifóticas¹, así como abordar un entrenamiento sistematizado para mejorar la concienciación pélvica, raquídea y escapular.

El profesional de la actividad físico-deportiva debería enseñar a los usuarios la postura más adecuada en cada ejercicio, para evitar posturas cifóticas⁵. Además, es necesario investigar nuevos diseños estructurales de las máquinas de musculación para facilitar una correcta disposición de las curvas raquídeas, evitando las compensaciones inerciales.

La distribución de los sujetos en grupos, en función de la cifosis torácica en bipedestación, se realizó con unos valores angulares diferentes respecto a las referencias de normalidad definidas por Santonja²⁴, ya que con éstas la distribución de los sujetos generaba una descompensación muy importante entre los grupos. El diseño de esta investigación presenta, además, varias limitaciones. En primer lugar, las mediciones se realizaron en la séptima repetición de los ejercicios. Probablemente existan modificaciones angulares en las últimas repeticiones del ejercicio, donde la fatiga muscular es mayor, y hay mayor probabilidad de realizar movimientos de flexo-extensión del raquis para movilizar la carga. Además, el hecho de ejecutar dos series de cada ejercicio no se ajusta a la práctica real de los sujetos, que suelen realizar entre 4 y 5 series. Así también, la recuperación entre series y ejercicios se estableció en 5 minutos para reducir las condiciones de fatiga y su influencia en la postura corporal. No obstante, la recuperación más usual en los entrenamientos de los sujetos que participaron en el estudio oscilaba entre 1 y 2 minutos. Finalmente, los sujetos utilizaron la carga con la que estaban entrenando en el momento de las mediciones para que las condiciones de ejecución fueran más parecidas a la realidad. No obstante, al no determinar la repetición máxima de cada ejercicio no es posible establecer el porcentaje de carga con el que estaban entrenando. Hay que considerar que la carga movilizada condiciona la postura corporal, especialmente cuando se selecciona un peso excesivo para la capacidad de la musculatura principal. Son necesarios estudios que analicen la influencia de la carga de entrenamiento en la disposición sagital del raquis durante todas las repeticiones realizadas.

Conclusión

La cifosis torácica al realizar ejercicios que implican la movilización de cargas con los miembros superiores tiende a aumentar significativamente respecto a la cifosis torácica en bipedestación, especialmente en aquellas personas que presentan valores normales de cifosis torácica en esta posición. El diseño de las máquinas o poleas en las que se realizan los ejercicios influye en la disposición sagital del raquis torácico, ya que al ejecutar un ejercicio con un sistema de apoyo para el tórax, se produce una disminución significativa de la cifosis torácica.

Bibliografía

1. 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, coordinador. Ejercicio físico en salas de acondicionamiento muscular. Bases científico-médicas para una práctica segura y saludable. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2008. p. 211-25.
2. Polga DJ, Beaubien BP, Kallemeier PM, Schellhas KP, Lee WD, Buttermann GR, et al. Measurement of in vivo intradiscal pressure in healthy thoracic intervertebral discs. *Spine*. 2004;29(12):1320-4.
3. Dolan P, Adams MA. Repetitive lifting tasks fatigue the back muscles and increase the bending moment acting on the lumbar spine. *J Biomech*. 1998;31(8):713-21.
4. Davis KG, Marras WS. Partitioning the contributing role of biomechanical, psychosocial, and individual risk factors in the development of spine loads. *Spine J*. 2003;3(5):331-8.

5. Adams MA, Dolan P. Recent advances in lumbar spinal mechanics and their clinical significance. *Clin Biomech.* 1995;10(1):3-19.
6. Marras W, Davis KG, Ferguson SA, Lucas BR, Gupta P. Spine loading characteristics of patients with low back pain compared with asymptomatic individuals. *Spine.* 2001;26(23):2566-74.
7. Keller TS, Colloca CJ, Harrison DE, Harrison DD, Janik TJ. Influence of spine morphology on intervertebral disc loads and stresses in asymptomatic adults: implications for the ideal spine. *Spine J.* 2005;5(3):297-300.
8. McGill SM. Low back disorders. Evidence-based prevention and rehabilitation. Champaign: Human Kinetics; 2002.
9. Callaghan JP, McGill SM. Intervertebral disk herniation: Studies on a porcine model exposed to highly repetitive flexion/extension motion with compressive force. *Clin Biomech.* 2001;16(1):28-37.
10. Gunning JL, Callaghan JP, McGill SM. 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. *Clin Biomech.* 2001;16(6):471-80.
11. McGill SM, Hughson RL, Parks K. Changes in lumbar lordosis modify the role of the extensor muscles. *Clin Biomech.* 2000;15(10):777-80.
12. 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(8):755-62.
13. Adams MA, Dolan P. Time dependent changes in the lumbar spine's resistance to bending. *Clin Biomech.* 1996;11(4):194-200.
14. Granata KP, Wilson SE. Trunk posture and spinal stability. *Clin Biomech.* 2001;16(8):650-9.
15. Simunic I, Broom D, Robertson P. Biomechanical factors influencing nuclear disruption of the intervertebral disc. *Spine.* 2001;26(11):1223-30.
16. Briggs AM, van Dieën J, Wrigley TV, Creig AM, Phillips B, Lo SK, et al. Thoracic kyphosis affects spinal loads and trunk muscle force. *Phys Ther.* 2007;87(5):595-607.
17. López-Miñarro PA, Rodríguez PL, Santonja FM, Yuste JL, García A. Disposición sagital del raquis en usuarios de salas de musculación. *Arch Med Dep.* 2007;XXV(6):235-44.
18. López-Miñarro PA, Rodríguez PL, Santonja FM, Yuste JL. Posture of thoracic spine during triceps-pushdown exercise. *Sci Sports.* 2008;23(3-4): 183-5.
19. 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. *Gazz Med Ital.* En prensa; 2009.
20. 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. *CCD.* 2007;7(3):19-24.
21. López-Miñarro PA, Rodríguez PL, Santonja FM, López FJ. Disposición sagital del raquis lumbar en el ejercicio de polea al pecho. *Rev Andal Med Deporte.* 2009;2(2):47-51.
22. Saur PM, Ensink FB, Frese K, Hildebrandt J. Lumbar range of motion: reliability and validity of the inclinometer technique in the clinical measurement of trunk flexibility. *Spine.* 1996;21(11):1332-8.
23. Ng JK, Kippers V, Richardson CA, Parnianpour M. Range of motion and lordosis of the lumbar spine: reliability of measurement and normative values. *Spine.* 2001;26(1):53-60.
24. Santonja F. Exploración clínica y radiográfica del raquis sagital. Sus correlaciones (premio SOCUMOT-91). Murcia: Secretariado de publicaciones e intercambio científico; 1993.
25. Santonja F, Martínez I. Raquis y deporte: ¿cuál sí y cuándo? *Selección.* 1995;4(1):28-38.