

Ejercicios desaconsejados y alternativos en el fortalecimiento muscular abdominal

D. Pedro Ángel López Miñarro*
Dr. Pedro Luis Rodríguez García**

Resumen

Los músculos de la pared abdominal (recto anterior, oblicuo externo, oblicuo interno, transverso abdominal) y flexores coxofemorales juegan un papel fundamental en el correcto funcionamiento del raquis lumbar. El acondicionamiento abdominal es un proceso necesario, en deportistas y personas físicamente activas, para desarrollar la capacidad estabilizadora del raquis, puesto que las estructuras raquídeas son inherentemente inestables.

Algunas investigaciones han analizado la activación eléctrica y niveles de compresión lumbar que desencadenan ciertos ejercicios, tales como incorporación, encorvamiento de tronco, elevación de piernas e inclinación pélvica posterior, en los diferentes músculos de la pared abdominal.

Los ejercicios más apropiados en personas sanas sin patología son aquellos que activan los músculos abdominales de forma específica sin generar una gran compresión raquídea (encorvamiento e inclinación pélvica posterior), evitando movimientos que activen los flexores coxofemorales (incorporación y elevación de piernas).

Palabras clave: músculos abdominales, encorvamiento, incorporación, elevación de piernas.

Abstract

The muscles of the abdominal wall (rectus abdominis, external and internal obliques and transverse abdominis) and hip flexors play a critical role in the correct functioning of the spine. Abdominal weight training is a necessary process in sportsmen and physically active people, to enhance stability of the spine since rachidial structures are inherently unstable.

Some investigations have analyzed the electromyographic activity and low back compressive loads that certain exercises produce, in the different muscles of the abdominal wall, such as sit-ups, trunk curl, leg raises and reverse curls.

The most appropriate exercises in healthy people without any pathology will be those that activate the abdominal muscles in a specific way without generating higher low back compressive loads, such as curl-up and reverse curls, and avoiding movements that activate the hip flexors (sit-ups and leg raises).

Key words: abdominal muscles, curl-up, sit-up, leg raises.

* Licenciado en Educación Física. Profesor de Actividad Física y Salud. Universidad Católica San Antonio (Murcia).

** Doctor en Educación Física y Deportiva. Profesor Titular de Educación Física y Salud. Facultad de Educación. Universidad de Murcia.

1. INTRODUCCIÓN.

La musculatura abdominal es titular de un gran protagonismo a la hora de realizar ejercicio físico en el ámbito del rendimiento deportivo, así como en programas de actividad física para la salud.

El desarrollo de la fuerza-resistencia de la musculatura de la región abdominal es relevante en el ámbito del ejercicio físico-deportivo, por su papel en el correcto funcionamiento del raquis lumbar, la prevención y rehabilitación de patologías lumbares (1,2,3,4,5,6). Su capacidad preventiva se documenta en estudios que relacionan bajos niveles de fuerza muscular abdominal con incidencia de dolor lumbar (1,7,8,9,10,11,12).

Diversos autores consideran inexcusable un proceso de acondicionamiento abdominal para desarrollar la capacidad estabilizadora del raquis (10,13,14,15). Un fuerte corsé muscular alrededor del raquis lumbar incrementará la estabilidad en éste (2,15), debiendo dar predominancia al trabajo de los músculos anchos del abdomen (oblicuos y transversos abdominales) (16), ya que el recto abdominal tiene menor capacidad estabilizadora (17).

El papel estabilizador de la musculatura abdominal se basa en su capacidad para disminuir la presión intradiscal en el raquis dorso-lumbar (18,19,20), por mediación del aumento en la presión intraabdominal (10,18,21,22,23,24,25), junto a la activación de la fascia toracolumbar por la acción de los músculos oblicuo interno y transversos abdominales (18,24,26,27).

Un correcto fortalecimiento abdominal es, por tanto, un componente básico de un programa de ejercicio físico para la salud (28,29), si bien algunos ejercicios, tales como la incorporación y la elevación de piernas, se basan en acciones articulares poco específicas, que desencadenan una actividad electromiográfica muy pobre, a la vez que aumentan las cargas compresivas sobre el raquis lumbar (28). Es necesario realizar una correcta selección de los ejercicios que conforman el programa, para conseguir efectividad y seguridad en el trabajo abdominal.

2. INCORPORACIÓN DE TRONCO.

La incorporación se ejecuta en decúbito supino con rodillas flexionadas y pies apoyados, posición desde la cual se eleva el tronco hasta tocar con el pecho la parte anterior de los muslos (31) (Figura 1).



Figura 1. Incorporación de tronco

Este ejercicio, al movilizar la articulación coxofemoral provoca una gran activación de los flexores coxofemorales, elevando la presión intradiscal (10,31). Como referencia, la presión en el tercer disco lumbar, en el ejercicio de incorporación para un sujeto de 70 kilogramos, tomando como referencia de contraste la presión medida en bipedestación (100%), se incrementa hasta un 210% (29).

Los ejercicios de incorporación se caracterizan por presentar mayor complejidad en su ejecución debido a la necesidad de coordinar mayor número de músculos (Recto anterior abdomen, oblicuo externo, erector espinal, psoas iliaco y recto femoral) y articulaciones (raquídeas y coxofemoral), sobre todo cuando se realizan los movimientos a gran velocidad (13).

En los primeros 30-40 grados de elevación de tronco desde decúbito supino se observa una activación específica de los músculos abdominales (8,15,32,33,34,35,36,37,38). Si se continúa elevando el tronco, se activan dinámicamente los flexores coxofemorales, mientras la musculatura abdominal actúa estáticamente para mantener los segmentos torácicos rígidos (2,7,32,33,34,36,39), produciéndose un descenso en la actividad eléctrica abdominal conforme aumenta el ángulo de flexión coxofemoral (2,40), al disminuir la inestabilidad sagital del raquis.

Ybáñez y cols. (41) encontraron que el punto de inflexión de la actividad eléctrica abdominal se produce en los 45 grados de flexión del tronco, debido a que en este punto los flexores coxofemorales se activan específicamente y continúan elevando el tronco.

Usualmente se sugiere que las incorporaciones y otros ejercicios de flexión se realicen con las rodillas y caderas flexionadas (42). Demonst y cols. (1) plantean que una posición inicial con flexión coxofemoral de 80 grados limita la capacidad funcional del Psoas en actividades de flexión del tronco, al quedar éste en una disposición acortada que limita su activación mecánica. Según Mutoh y cols. (43) la actividad eléctrica del recto femoral en la incorporación con piernas extendidas es mayor respecto a una posición flexionada, dato a través del cual deducen una mayor activación del Psoas y mayor nivel de compresión raquídea.

Sin embargo, en el análisis electromiográfico de la musculatura abdominal, no se evidencian cambios significativos en base a la posición de piernas (flexionadas o extendidas) ni en la sujeción o no de éstas (2,44). Tampoco se observan modificaciones significativas en la compresión sobre el raquis lumbar, teniendo en consideración la posición de caderas y rodillas

(flexionadas o extendidas) (6,28). McGill (45) en un estudio con 12 varones jóvenes no observa grandes diferencias en las fuerzas de compresión y cizalla como resultado de flexionar las rodillas (Tabla 1). Santaguida y McGill (46) demostraron que la línea de acción del Psoas no cambia por la alteración de la postura de la articulación coxofemoral (excepto a nivel de la charnela lumbosacra).

Piernas flexionadas		Piernas extendidas	
Compresión	Cizalla	Compresión	Cizalla
3.410 N	300 N	3.230 N	260 N

Tabla 1. Valores de compresión y cizalla (en Newton: N) en una incorporación modificando la posición de miembros inferiores (Tomado de McGill, 45).

Estos datos muestran que la posición de piernas en la incorporación no es importante, puesto que la capacidad funcional del Psoas en la generación de compresión raquídea permanece prácticamente inalterada (28,42).

La fijación de pies durante la incorporación aumenta la actividad de los flexores coxofemorales (2,3,7,8,34,35,44,47,48). En un estudio de Monfort (13) la incorporación de tronco sobre banco inclinado y la incorporación de tronco con sujeción de pies en superficie horizontal fueron los ejercicios que despertaron mayor intensidad en la musculatura flexora coxofemoral.

En la realización de este ejercicio, en ocasiones se colocan las manos entrelazadas tras la cabeza y se realiza un movimiento de impulso anterior sobre la misma, que facilita el inicio de la elevación del tronco (49,37). Este movimiento produce una rápida inversión de la lordosis cervical, aumentando el estrés en las estructuras osteo-articulares circundantes (37,50), y podría disminuir la activación abdominal al facilitar el comienzo de la elevación de tronco gracias a la inercia que genera la tracción anterior sobre el raquis cervical.

En cuanto a las posibles repercusiones de este ejercicio, hay que considerar la acción de los flexores coxofemorales, en especial el Psoas, que tracciona sobre las vértebras lumbares (3). La tracción del Psoas pueden ser tan potente que cuando este músculo es poco flexible (suele encontrarse con frecuencia acortado) (39), puede producir fuerzas capaces de dañar el raquis lumbar, sobre todo si existe algún factor predisponente de lesión.

La activación de la musculatura flexora coxofemoral aumenta la compresión lumbar (28) y el estrés de cizalla (29), que derivan en un aumento de la presión intradiscal, posibilitando cierto deterioro vertebral (51,52).

McGill (53) indica que la incorporación, bien con piernas extendidas o flexionadas, se caracteriza por una fuerte activación del Psoas que genera valores de compresión lumbar que exceden las recomendaciones de la National Institute Occupational Safety and Health (NIOSH).

3. ENCORVAMIENTO DE TRONCO.

El ejercicio denominado *encorvamiento* (Figura 2), es un movimiento que activa específicamente los músculos abdominales, generando una mínima activación de los flexores coxofemorales (13,15,44,54).

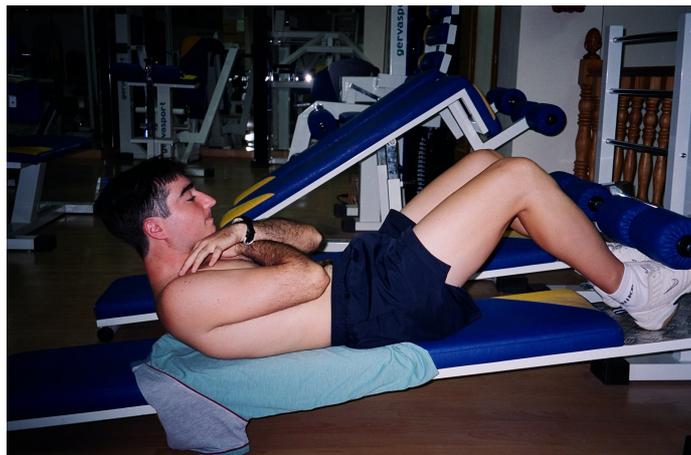


Figura 2. Encorvamiento de tronco

El movimiento consiste en un enrollamiento de la cabeza sobre la cintura escapular y ésta sobre el esternón, en sentido cráneo-caudal, hasta que el borde inferior de la escápula se despegue del suelo (17,30,55). Es importante mantener durante la flexión del tronco el raquis recto y la cabeza erguida, sin provocar flexión cervical en el primer momento del movimiento (56,57), con la pelvis apoyada en la superficie de apoyo y los brazos cercanos a aquella o cruzados en el pecho.

Las articulaciones de cadera y rodilla suelen disponerse en flexión, pues en esta posición la lordosis lumbar es menor respecto al decúbito supino con piernas extendidas, por la ligera retroversión pélvica que induce (23).

Andersson y cols. (2) en un estudio electromiográfico, observaron una actividad eléctrica muy baja en los flexores coxofemorales (ilíaco, recto femoral y sartorio) al ejecutar el ejercicio de encorvamiento. Asimismo, se observa una activación selectiva de los abdominales (recto anterior, oblicuo externo e interno), sin diferencias significativas evocadas por la posición de las piernas (extendidas o flexionadas) ni por la fijación de los pies, ya que la articulación coxofemoral no es implicada específicamente.

Esta activación abdominal se caracteriza por ser de grado moderado-alto para el recto anterior del abdomen, con valores medios para el oblicuo interno y mucho más bajos que los ejercicios de incorporación sobre el oblicuo externo (2). Konrad y cols. (58) estiman la participación de los músculos abdominales en algo más de un 50% de la máxima contracción voluntaria.

El encorvamiento se caracteriza por desencadenar un pico de actividad eléctrica menor que la incorporación de tronco (58). Sin embargo, comparando el perfil electromiográfico medio del encorvamiento e incorporación, se observa la eficacia del primero por despertar en el músculo una actividad de distribución normal y continua durante todo el rango de movimiento (10,30).

Respecto a las articulaciones intervertebrales, el encorvamiento es un ejercicio que minimiza las fuerzas compresivas y el estrés de cizalla (6,28,59,60), aumentando su seguridad.

Los encorvamientos sobre superficies inestables, tales como balones gigantes de goma, incrementan la activación abdominal, posiblemente por la necesidad de estabilizar el raquis ante los pequeños desequilibrios que provoca el movimiento del balón una vez que el sujeto se dispone sobre él y realiza

movimientos de tronco en el plano sagital. Esta mayor activación es especialmente destacable en el oblicuo externo (14).

En definitiva, el encorvamiento es un excelente ejercicio para activar el recto abdominal pero produce una baja actividad relativa en la musculatura oblicua.

De cara a aumentar la implicación en ésta última, suele realizarse un encorvamiento con giro (figura 3). A pesar de que se considera un ejercicio saludable, la combinación de flexión y rotación a nivel raquídeo implica un aumento adicional de los niveles de compresión lumbar (53). Además, Karst y cols. (59) no detectan una importante activación del oblicuo externo utilizando este ejercicio.



Figura 3. Encorvamiento con giro.

El "*decúbito lateral horizontal*" (figura 4) es un ejercicio alternativo que permite un buen acondicionamiento de la musculatura oblicua y cuadrado lumbar (18), sin imponer altas cargas compresivas y de cizalla en el raquis lumbar (6,28).



Figura 4. Decúbito lateral horizontal

El cuadrado lumbar es un músculo que se recluta preferentemente para dotar de estabilidad al raquis. Este ejercicio además de implicar en gran medida a los oblicuos, es recomendado para desarrollar el cuadrado lumbar. Sin embargo no es un ejercicio que suele prescribirse con frecuencia (60).

4. ELEVACIÓN DE PIERNAS CON RODILLAS EXTENDIDAS EN DECÚBITO SUPINO.

La elevación de piernas (figura 5) no es considerado un ejercicio aconsejable ni efectivo para fortalecer la musculatura abdominal (6,51,52,63), puesto que produce una gran activación de los flexores coxofemorales, que progresivamente, con el paso de las repeticiones, aumenta la lordosis lumbar. Este ejercicio, y cualquiera de sus variantes, realizados de forma continuada, pueden generar alteraciones en el aparato osteoligamentoso del raquis lumbar (51,52).

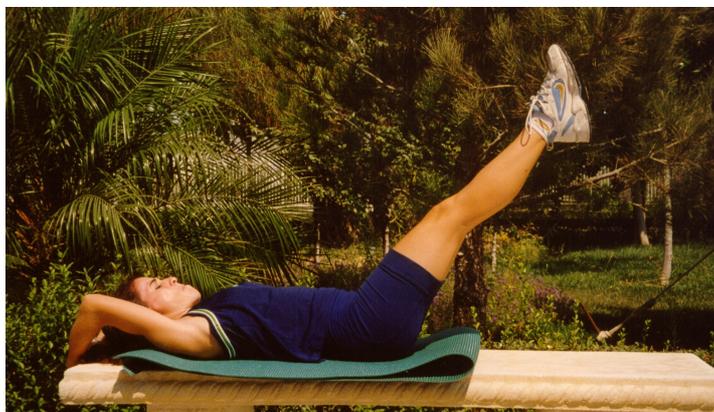


Figura 5. Fase final de la elevación de piernas.

En cuanto a la musculatura abdominal, se activa isométricamente para fijar la pelvis (2,62,64,65), y evitar un movimiento de anteversión que aumentaría la lordosis lumbar, postura que debe evitarse en el trabajo abdominal (66). Esta activación es poco específica y genera una activación global muy pobre en la musculatura abdominal comparada con otros ejercicios abdominales (6).

Andersson y cols. (2) encontraron una alta actividad eléctrica en los flexores coxofemorales en la elevación de piernas bilateral y unilateral. En cuanto a la musculatura abdominal, el ejercicio bilateral muestra una marcada activación abdominal del recto anterior y oblicuo externo, casi al mismo nivel que los ejercicios de incorporación y encorvamiento, mientras el oblicuo interno muestra una activación moderada. La elevación unilateral, sin embargo, no activa la musculatura abdominal, por lo que la realización de este ejercicio como alternativa, tal y como proponen ciertos manuales, no es recomendable.

Uno de los factores que aumenta la inestabilidad del raquis es la movilización coxofemoral (28,10) con movimientos de flexo-extensión, por el aumento de la presión intradiscal en el raquis lumbar (29,40,51,52,67).

McGill (53) destaca de este ejercicio, y sus variantes, su capacidad para activar intensamente la musculatura abdominal, pero con el problema añadido de provocar una gran compresión en el raquis lumbar.

Como alternativa puede utilizarse el enrollamiento de cintura pélvica hacia el tórax o inclinación pélvica posterior (figura 6). Decúbito supino con caderas y rodillas flexionadas se realiza un movimiento de retroversión pélvica intentando aproximar las rodillas hacia el tronco, produciéndose un despegue de la pelvis del plano del suelo durante unos segundos. Desde ahí se regresa a la posición de partida y se completa una repetición (56,57). Así, durante el movimiento, se despega ligeramente la región glútea de la superficie de apoyo (68).



Figura 6. Enrollamiento de cintura pélvica hacia el tórax

La actividad mioeléctrica en los movimientos de encorvamiento e inclinación pélvica posterior muestran una fuerte correlación. Independientemente del segmento corporal movilizado, el patrón de actividad eléctrica evocado en el músculo es el mismo (63). Por tanto, la activación muscular de este ejercicio es efectiva y específica para la musculatura abdominal.

5. ANÁLISIS MÁQUINAS COMERCIALES DE FORTALECIMIENTO ABDOMINAL

Debido al interés estético que suscita la musculatura abdominal en la población, es frecuente la práctica de diferentes ejercicios con este fin, sin una prescripción individualizada realizada por profesionales en actividad física y deporte. Ante esta circunstancia, numerosas casas comerciales vienen lanzando al mercado diferentes productos que prometen grandes resultados en poco tiempo y "*sin esfuerzo*". A través de la publicidad se han creado falsas creencias entre la población, tales como la posibilidad de una pérdida localizada de tejido adiposo abdominal mediante la práctica de ejercicios abdominales o con la aplicación de cremas termogénicas, o la posibilidad de perder varios kilos de peso en pocas semanas con solo 5 minutos de ejercicios. Estas empresas se valen de personajes famosos que avalan la utilidad, sencillez y efectividad del producto. Tales efectos no están corroborados por la investigación, si bien en los últimos años se han desarrollado algunos trabajos en este sentido.

Demont y cols. (1) no encontraron diferencias significativas al comparar la actividad electromiográfica de un encorvamiento en suelo respecto al realizado

con dos frecuentes aparatos que se anuncian en televisión, el Ab-flex y el Ab-Roller plus. Estos autores concluyen que la única utilidad de éstos estriba en generar motivación para la práctica del fortalecimiento abdominal, al suponer una forma novedosa de entrenamiento.

Sin embargo, Cunningham y cols. (69) en un análisis de los picos electromiográficos derivados de un encorvamiento en suelo respecto al Ab-Roller encontraron que el primero es más efectivo en el reclutamiento de la musculatura abdominal. Brady y cols. (70) por el contrario no observan diferencias significativas en el recto abdominal.

La realización del encorvamiento en otro aparato denominado Abshaper, caracterizado por tener un apoyo cervical, una base curvada y una barra horizontal para apoyar las manos, ha mostrado una mayor actividad electromiográfica media y máxima en la porción superior del recto abdominal respecto al encorvamiento en suelo. Sin embargo, en la porción inferior y oblicuo externo no hay diferencias significativas de activación. En lo que respecta al músculo esternocleidomastoideo, la actividad eléctrica media y máxima se reduce significativamente (15). Este último aspecto es importante ya que algunas personas tienen dificultades al realizar los encorvamientos por el aumento de la tensión en las estructuras musculares cervicales.

6. DICOTOMÍA ABDOMINAL SUPERIOR / INFERIOR

En los anuncios publicitarios de las máquinas comerciales de fortalecimiento abdominal, manuales, etc., se presenta el concepto de que el ejercicio de elevación de piernas es más intenso sobre la porción inferior del recto mayor del abdomen y el de elevación de tronco sobre la superior. Esta idea actualmente se entiende como un tópico incorrecto o falsa creencia, puesto que no se ha descrito este comportamiento mioeléctrico (44,71).

Se ha observado que cuando se moviliza el tronco o las piernas, la actividad muscular de la porción superior del recto abdominal es mayor (30). Sin embargo, Lehman y McGill (17) no encuentran diferencias de activación abdominal en base al segmento corporal movilizado, piernas o tronco. Estos autores observaron que el encorvamiento activó la porción superior e inferior del recto abdominal al mismo nivel. Adicionalmente tampoco corroboran la idea de la elevación de piernas como ejercicio básico y necesario para activar la porción inferior del Recto Abdominal.

De estos datos se puede establecer que el músculo recto abdominal se activa en su totalidad en cualquier movimiento del tronco, pelvis o miembros inferiores, y no por porciones aisladas. Además, la activación de las porciones superiores e inferiores del Recto Abdominal durante su contracción es simultánea (30).

Sin embargo, Sarti y cols. (71) encontraron que el ejercicio de inclinación pélvica posterior es más intenso que el encorvamiento sobre la porción inferior del Recto Abdominal en sujetos que seguían un patrón de actividad física de al menos tres días semanales durante 90 minutos y además ejecutaban correctamente el movimiento.

Karst y cols. (59) en una comparación de la actividad eléctrica de ambas porciones del Recto Abdominal, durante la ejecución de cuatro ejercicios (encorvamiento de tronco, inclinación pélvica posterior, encorvamiento cruzado, incorporación de tronco y elevación de piernas simultáneas), encontraron que

la inclinación pélvica, respecto a los movimientos de encorvamiento del tronco, activó con mayor intensidad la porción inferior. Para la porción superior no encontraron diferencias significativas entre esos ejercicios.

McGill (53) indica que la evidencia mioeléctrica de los diferentes trabajos de investigación sugiere que en la mayoría de las personas no se puede hablar a nivel teórico-práctico de una activación regional superior o inferior.

Por tanto, el concepto de ejercicios abdominales superiores e inferiores queda restringido a los segmentos corporales movilizados para activar el músculo, y no a la actividad generada sobre las porciones del Recto Abdominal en relación a esa movilización (55).

7. CONSIDERACIONES FINALES.

A la hora de seleccionar ejercicios para un acondicionamiento muscular abdominal en personas sin patología raquídea, hay que basarse en una serie de principios:

1. Que desencadene una actividad eléctrica en la musculatura abdominal de intensidad moderada-alta.
2. Que los flexores coxofemorales estén inhibidos en la medida de lo posible.
3. Que los valores de compresión lumbar sean lo más bajos posible, de modo que el índice de peligrosidad del ejercicio se minimice.

Ybáñez y cols. (40) recomiendan el encorvamiento por ser más eficaz en la activación del músculo recto abdominal y por disminuir los factores de riesgo de la flexión coxofemoral. En cuanto a la efectividad, los trabajos electromiográficos demuestran que la actividad media abdominal del ejercicio de incorporación es inferior a la desarrollada en el encorvamiento (10). Además, la incorporación genera una sustancial carga compresiva sobre el raquis (28). Así pues, la realización de este ejercicio con objeto de prevenir, tratar lesiones lumbares o valorar el estado de la musculatura no es una medida oportuna (15). Sin embargo, sigue siendo uno de los ejercicios más utilizados en la práctica físico-deportiva.

Mientras con los ejercicios de incorporación los individuos son capaces de realizar series de gran número de repeticiones, cuando realizan encorvamientos, al aislar específicamente la musculatura abdominal, aquellas se reducen.

No se ha encontrado ningún ejercicio abdominal que simultáneamente estimule adecuadamente todos los músculos de la pared abdominal (42,53). Para un correcto acondicionamiento muscular abdominal sin generar sobrecarga raquídea, Juker y cols. (6) recomiendan combinar el encorvamiento, para estimular el recto anterior del abdomen y combinarlo con el decúbito lateral horizontal, como medio de estimulación de los músculos anchos del abdomen.

Tanto uno como el otro deben realizarse a velocidad lenta, utilizando un método estato-dinámico, de modo que, al finalizar la fase de elevación del tronco (cuando el borde inferior de la escápula se separa de la superficie), se detenga el movimiento alrededor de un segundo y seguidamente se proceda a descender el tronco lentamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) DEMONT, R.G.; LEPHART, S.M.; GIRALDO, J.L.; GIANNANTONIO, F.P.; YUKTANANDANA, P.; FU, F.H. Comparison of two abdominal training devices with an abdominal crunch using strength and EMG measurements. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 39(3): 253-258, 1999.
- (2) ANDERSSON, E.A.; NILSSON, J.; MA, Z.; THORSTENSSON, A. Abdominal and hip flexor muscle activation during various training exercises. *European Journal Applied Physiology*, 75: 115-123, 1997.
- (3) GUSI, N.; FUENTES, J.P. Análisis de la influencia del ritmo de ejecución en el trabajo de fuerza-resistencia abdominal: encorvadas. *APUNTS Educación Física y Deportes*, 58: 58-61, 1996.
- (4) SHIELDS, R.K.; GIVENS, D. An electromyographic comparison of abdominal muscle synergies during curl and double straight leg lowering exercises with control of the pelvic position. *Spine*, 22: 1873-1879, 1997.
- (5) THOMAS, K.; LEE, R.Y.W. Fatigue of abdominal and paraspinal muscles during sustained loading of the trunk in the coronal plane. *Archives Physical Medicine and Rehabilitation*, 81: 916-920, 2000.
- (6) JUKER, D.; MCGILL, S.; KROPF, P.; STEFFEN, T. Quantitative intramuscular myoelectric activity of lumbar portions of psoas and the abdominal wall during a wide variety of tasks. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(2): 301-310, 1998.
- (7) SHARPE, G.; LIEMOHN, W.; SNODGRASS, L. Exercise prescription and the low back-kinesiological factors. *JOPERD*, Noviembre-Diciembre: 74-77, 1988.
- (8) MACFARLANE, P.A. Out with the sit-up, in with the curl-up!. *JOPERD*, Agosto: 62-66, 1993.
- (9) VERA, F.J. Función de los músculos rectus abdominis y obliquus externus abdominis en el control de la postura erecta. I Congreso de la Asociación Española de Ciencias del Deporte: 519-526, Cáceres, 2000.
- (10) MONFORT, M.; SARTI, M.A. Musculatura del tronco: función y desarrollo. En: F. Ruiz y P.L. Rodríguez (Coords.). *Educación Física, deporte y salud*, pp. 269-286. Murcia: Área de Didáctica de la Expresión Corporal, 1998.
- (11) MULHEARN, S.; GEORGE, K. Abdominal muscle endurance and its association with posture and low back pain. *Physiotherapy*, 85(4): 210-216, 1999.
- (12) HORTON, J.; LINDSAY, D.; MACINTOSH, B.R. Abdominal muscle activation of elite male golfers with chronic low back pain. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(10): 1647-1654, 2001.
- (13) MONFORT, M. La estabilización del tronco como fin para la práctica de la actividad física saludable. En: *Educación Física y salud. Actas del II Congreso Internacional de Educación Física*: 625-633. Jerez: FETE-UGT Cádiz, 2000.
- (14) VERA, F.J.; GRENIER, S.G.; MCGILL, S.M. Abdominal muscle response during curl-ups on both stable and labile surfaces. *Physical Therapy*, 80(6): 564-569, 2000.
- (15) WARDEN, S.J.; WAJSWELNER, H.; BENNELL, K.L. Comparison of Abshaper and conventionally performed abdominal exercises using surface electromyography. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(11): 1656-1664, 1999.

- (16) HODGES, P.W.; RICHARDSON, C.A. Contraction of the abdominal muscles associated with movement of the lower limb. *Physical Therapy*, 77: 132-144, 1997.
- (17) LEHMAN, G.J.; MCGILL, S.M. Quantification of the differences in electromyographic activity magnitude between the upper and lower portions of the rectus abdominis muscle during selected trunk exercise. *Physical Therapy*, 81(5): 1096-1101, 2001.
- (18) FRITZ, J.M.; ERHARD, R.; HAGEN, B. Segmental instability of the lumbar spine. *Physical Therapy*, 78: 889-896, 1998.
- (19) LIEBENSON, C. Spinal stabilization training. The therapeutic alternative to weight training. *Journal of Bodywork and movement therapies*, 1(2): 87-90, 1997.
- (20) HODGES, P.W.; RICHARDSON, C.A. Transversus abdominis and the superficial abdominal muscles are controlled independently in a postural task. *Neuroscience letter*, 265: 91-94, 1999.
- (21) HODGES, P.W.; CRESSWELL, A.G.; DAGGFELDT, K.; THORSTENSSON, A. In vivo measurement of the effect of intra-abdominal pressure on the human spine. *Journal of Biomechanics*, 34: 347-353, 2001.
- (22) CHOLEWICKI, J.; JULURU, K.; MCGILL, S.M. Intra-abdominal pressure mechanism for stabilizing the lumbar spine. *Journal of Biomechanics*, 32: 13-17, 1999.
- (23) HAMILL, J.; KNUTZEN, K.M. Biomechanical basic of human movement. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 1995.
- (24) SCOTT, M. Back support mechanisms during manual lifting. *Physical Therapy*, 69(1): 52-45, 1989.
- (25) GARDNER, M.G.; STOKES, A.F. The effects of abdominal muscle coactivation on lumbar spine stability. *Spine*, 23: 86-91, 1998.
- (26) TESH, K.M.; DUNN, J.S.; EVANS, J.H. The abdominal muscles and vertebral stability. *Spine*, 12: 501-508, 1987.
- (27) MONTEIRO, M.E. Physical therapy implications following the TRAM procedure. *Physical Therapy*, 77: 765-770, 1997.
- (28) AXLER, C.T.; MCGILL, S.M. Low back loads over a variety of abdominal exercises: searching for the safest abdominal challenge. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29 (6): 804-810, 1997.
- (29) NORRIS, C.M. Abdominal muscle training in sport. *British Journal Sports Medicine*, 27(1):19-27, 1993.
- (30) MONFORT, M.; SARTI, M.A.; SANCHIS, C. Actividad eléctrica del músculo recto mayor del abdomen en ejercicios abdominales. *APUNTS Medicina Deportiva*, XXXII: 279-290, 1997.
- (31) VERA, F.J.; SARTI, M.A. Manipulación social en la actividad físico-deportiva. *La revistilla*, 2: 25-29, 1999.
- (32) WIRHED, R. Anatomía deportiva. En J. Ahonen, T. Lahtinen, M. Sandström, G. Pogliani, R. Wirhed. *Kinesiología y anatomía aplicada a la actividad física*. Barcelona: Paidotribo, 1996.
- (33) SMITH, B.; WEBBER, J. Safety and effectiveness for exercise in schools. *The Bulletin of Physical Education*, 27(2):31-40, 1991.
- (34) PLOWMAN, S. Physical Activity, Physical Fitness, and low back pain. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 20:221-239, 1992.
- (35) LIEMOHN, W. Choosing the safe exercise. *Certified News*, 2: 1-3, 1991.

- (36) LIEMOHN, W. Amplitud de movimiento/flexibilidad. En: ACSM. Manual de consulta para el control y la prescripción de ejercicio: 331-339. Barcelona: Paidotribo, 2000.
- (37) LÓPEZ MIÑARRO, P.A. Ejercicios desaconsejados en la actividad física. Detección y alternativas. Barcelona: Inde, 2000.
- (38) RODRÍGUEZ, P.L.; MORENO, J.A. Contenidos teóricos en Educación Física. Murcia: DM, 1995.
- (39) SANTONJA, F. Musculación en las desalineaciones del raquis. Selección, 6(4): 205-218, 1997.
- (40) ANDERSSON, E.A.; MA, Z.; THORSTENSSON, A. Relative EMG levels in training exercises for abdominal and hip flexor muscles. Scandinavian Journal Rehabilitation Medicine, 30: 175-183, 1998.
- (41) YBÁÑEZ, D.; MONFORT, M.; LÓPEZ, E.; LISÓN, J.F.; SARTI, M.A. Flexión activa de cadera e intensidad de contracción del rectus abdominis en dos ejercicios de fortalecimiento abdominal. Revista de la Sociedad Valenciana de Reumatología, 1(4):18, 1999.
- (42) MCGILL, S.M. Distribution of tissue loads in the low back during a variety of daily and rehabilitation tasks. Journal of Rehabilitation Research and Development, 34(4): 448-458, 1997.
- (43) MUTOH, Y.; MORI, T.; NAKAMURA, Y.; MIYASHITA, M. The relation between sit-up exercise and the occurrence of low back pain. International series on biomechanics, 4: 180-185, 1983.
- (44) GUIMARAES, A.C.; VAZ, M.A.; DE CAMPOS, M.I.; MARANTES, R. The contribution of the abdominis and rectus femoris in twelve selected abdominal exercises. An electromyographic study. The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 31: 222-230, 1991.
- (45) MCGILL, S.M. The mechanics of torso flexion: situps and standing dynamic flexion manoeuvres. Clinical Biomechanics, 10(4): 184-192, 1995.
- (46) SANTAGUIDA, L. MCGILL, S.M. The psoas major muscle: a three-dimensional mechanical modeling study with respect to the spine based on MRI measurement. Journal of Biomechanics, 28(3): 339-345, 1995.
- (47) NIEMAN, D.C. Fitness and sport medicine. An introduction. California: Bull publishing Company, 1990.
- (48) GUSI, N.; FUENTES, J.P. Valoración y entrenamiento de la fuerza-resistencia abdominal: validez comparativa y reproducibilidad de tres pruebas de evaluación en tenistas. APUNTS Educación Física y Deportes, 55: 55-59, 1999.
- (49) PEIRÓ, C. Educación Física y salud: realización correcta y segura de los ejercicios físicos. Perspectivas, 8:14-17, 1991.
- (50) LINDSEY, R.; CORBIN, C.H. Questionable exercises – Some after alternatives. JOPERD, 60 (8):26-32, 1989.
- (51) LÓPEZ MIÑARRO, P.A.; RODRÍGUEZ, P.L. Ejercicios desaconsejados para la columna vertebral y alternativas para su corrección. Selección, 10(1): 9-19, 2001.
- (52) LÓPEZ MIÑARRO, P.A.; RODRÍGUEZ, P.L. Análisis preactivo de los ejercicios físicos orientados a la condición física y salud. En: Actas del XIX Congreso Nacional de Educación Física. Murcia: Facultades de Educación y escuelas de Magisterio: 149-164, 2001.

- (53) MCGILL, S.M. Low back stability: from formal description to issues for performance and rehabilitation. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 29(1): 26-31, 2001.
- (54) DREZNER, J.A.; HERRING, S.A. Exercises in the treatment of low-back pain. *The Physician and Sportsmedicine*, 29(8), 2001.
- (55) SARTI, M.A.; MONFORT, M.; FUSTER, M.A. Intensidad de la contracción del músculo recto mayor del abdomen. Estudio electromiográfico. *Archivos de Medicina del Deporte*, volumen XIII, 56: 441-446, 1996.
- (56) RODRÍGUEZ, P.L. 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, 1998.
- (57) RODRÍGUEZ, P.L. 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: 255-286*, Jérez: UGT-Cádiz, 2000.
- (58) KONRAD, P.; SCHMITZ, K.; DENNER, A. Neuromuscular evaluation of trunk-training exercises. *Journal of athletic training*, 36(2): 109-118, 2001.
- (59) KARST, G.M.; WILLETT, G.M.; HYDE, J.E.; WENDELL, C.A.; UHRLAUB, M.L. Relative activity of abdominal muscle groups during strengthening exercises. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 27(1): 65, 1998.
- (60) MCGILL, S.M.; CHILDS, A.; LIEBENSON, C. Endurance times for low back stabilization exercises: clinical targets for testing and training from a normal database. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 80: 941-944, 1999.
- (61) LEUNG, W.M. An electromyographic comparison of abdominal exercises on selected commercially available equipment. Thesis. University of Oregon, 1997.
- (62) SILVERMETZ, M.A. Pathokinesiology of supine double leg lifts as an abdominal strengthener and suggested alternative exercises. *Athletic training*, 25(1): 17-22, 1990.
- (63) SARTI, M.A.; MONFORT, M.; SANCHÍS, C.; APARICIO, L. Anatomía funcional del músculo rectus abdominis. Estudio electromiográfico. *Archivo Español de Morfología*, 1: 143-149, 1996.
- (64) COTTON, R.T. *Aerobic Instructor Manual*. U.S.A.: American Council on Exercise, 1993.
- (65) LAPIERRE, A. *La reeducación física. Tomo I*. Madrid: Dossat 2000, 1996.
- (66) SHIRADO, P.; ITO, T.; KANEDA, K.; STRAX, T.E. Electromyographic analysis of four techniques for isometric trunk muscle exercises. *Archives of Physical Medicine Rehabilitation*, 76: 225-229, 1995.
- (67) NORRIS, C.M. *Entrenamiento abdominal*. Madrid: Tutor, 1998.
- (68) COLADO, J.C. *Fitness en las salas de musculación*. Barcelona: Inde, 1996.
- (69) CUNNINGHAM, D.; MOORE, J.; WHILES, J.; CREELMAN, J.; KINNEY, L. A comparison of abdominal peak electromyographic (EMG) activity during Ab Roller curl-ups and shoulder curl-ups. *The Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 27(1): 86, 1998.
- (70) BRADY, T.E.; DAWSON, M.L.; ZABIK, R.M.; FRYE, P.A. An EMG analysis of five abdominal exercises. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(5): 170, 1998.

(71) SARTI, M.A.; MONFORT, M.; FUSTER, M.A.; VILLAPLANA, L.A. Muscle activity in upper and lower rectus abdominus during abdominal exercises. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 77: 1293-1297, 1996.