

FORTALECIMIENTO LUMBO-ABDOMINAL Y ESTABILIDAD DE LA COLUMNA VERTEBRAL.

Dr. Pedro Ángel López Miñarro

Facultad de Educación. Universidad de Murcia

LA COLUMNA VERTEBRAL COMO ESTRUCTURA SUSCEPTIBLE DE REPERCUSIONES

Las alteraciones raquídeas y, en concreto, las algias lumbares se han incrementado hasta ser consideradas un problema de salud mundial (Quint y cols., 1998; Marras y Granata, 1997; Nissan y cols., 1999). El dolor lumbar es uno de los problemas más frecuentes en la sociedad actual, que tiene a la hipotonía muscular y déficit de flexibilidad como etiología primaria (Pollock y cols., 1995).

Las estructuras raquídeas requieren de atención especial desde una perspectiva preventiva, ya que son inherentemente inestables por la falta de tonicidad de las estructuras musculares raquídeas (Rodríguez, 1998), la frecuencia de posturas incorrectas en las actividades de la vida diaria (Casimiro, 1999), la ejecución de ejercicios con unas características cualitativas y cuantitativas inadecuadas (López Miñarro, 2000), etc.

La lesión o fallo de un tejido vertebral ocurre cuando la carga aplicada excede el umbral de tolerancia o fuerza del tejido (McGill, 1997b; Cholewicki y cols., 1995; Brereton y McGill, 1999). La tolerancia del tejido es modulada por su historia previa de carga y los períodos de recuperación (Brereton y McGill, 1999). Las variables más importantes que se relacionan con el proceso lesional y la extensión del mismo son la carga (tipo de estrés, intensidad, movimiento realizado, etc.) y las propiedades del tejido (McGill, 2002).

Los tejidos fallan al ser solicitados de forma excesiva. Esto puede ocurrir bajo el efecto de una carga única, que sobrepasa el umbral de resistencia máxima o, con más frecuencia, por la repetición de cargas por debajo de ese umbral (lesiones por sobrecarga). Existe una relación entre la carga que se aplica y el número de repeticiones que puede soportar la estructura: si la carga está muy próxima a su umbral de tolerancia, pocas repeticiones pueden provocar una lesión, pero cuanto más se aleja de la resistencia máxima, se necesita un mayor número de repeticiones para producirla.

En el ámbito de la actividad física hay una serie de factores que predisponen a la lesión, como son el incremento desmesurado en la intensidad y frecuencia del entrenamiento, técnica y material deportivo inadecuados, déficit de fuerza en la musculatura flexo-extensora del tronco, falta de extensibilidad lumbar e isquiosural (Lisón y Sarti, 1998).

Ser fumador, la exposición a vibración, la recogida y manejo frecuente de cargas, las ocupaciones sedentarias y la postura de sedentación están asociadas a la degeneración discal (Cassinelli y cols., 2001; Yingling y McGill, 1999).

El énfasis sobre la columna vertebral es debido a que se trata de una estructura ósea en forma de pilar que soporta todo el tronco. Constituye el eje principal del cuerpo y está constituida por un conjunto de elementos óseos o vértebras superpuestas y articuladas por una serie de estructuras discales y cápsulo-ligamentosas, cuya disposición asegura tres características fundamentales para su funcionalidad, como son dotar de rigidez suficiente para soportar cargas axiales, proteger estructuras del sistema nervioso central (médula, meninges y raíces nerviosas) y otorgar una adecuada movilidad y flexibilidad para los principales movimientos del tronco (Rodríguez, 1998; Pazos y Aragunde, 2000).

En el plano sagital, el raquis queda dividido en una serie de curvaturas de naturaleza fisiológica que justifican su presencia en el aumento de las resistencias a las fuerzas de compresión axiales. Las curvaturas móviles son la llamada lordosis cervical (concauidad posterior), cifosis dorsal (concauidad anterior) y lordosis lumbar (concauidad posterior).

El raquis lumbar es la zona más problemática, ya que sobre ella recaen gran parte de las fuerzas generadas, especialmente a nivel de la charnela lumbosacra. Es una región que se ve especialmente comprometida en los movimientos articulares forzados, ya que alteran los mecanismos de autoestabilización del disco intervertebral, y además producen una importante fatiga de los elementos elásticos que protegen a las articulaciones vertebrales (Rodríguez y cols., 1999b).

Así mismo, el raquis cervical y dorsal son zonas muy solicitadas tanto en la vida diaria como en la A.F., por las posiciones que se adoptan comúnmente. En el raquis dorsal la postura hipercifótica mantenida durante cierto tiempo tiene el riesgo de producir acuñaamientos vertebrales, protrusiones discales, etc. (López Miñarro, 2000). Santonja (1997) indica que los ejercicios negativos para el raquis dorsal son todos aquellos que en su ejecución presenten posturas claramente cifosantes.

Con objeto de aumentar la estabilidad del raquis y prevenir repercusiones, un correcto programa de ejercicios físicos que incidan en la musculatura abdominal, paravertebral dorsal, lumbar, escapular e isquiosural, permitirá adquirir un tono muscular y control postural que incidirán en la prevención y tratamiento de algias raquídeas. Existen una serie de principios generales al diseñar los ejercicios físicos:

- 1) Conservar curvaturas fisiológicas del raquis.
- 2) Realización de ejercicios dinámicos lentos con inclusión de

fases estáticas.

3) Evitar posturas hiperlordóticas en la región lumbar y cervical.

4) Evitar posturas cifosantes e inversiones y rectificaciones lumbares dinámicas no fisiológicas.

5) Concienciarse de la movilidad pélvica y escapular como medio de control de las curvaturas raquídeas.

EJERCICIOS PARA EL RAQUIS DORSO-LUMBAR.

La principal función de la musculatura del tronco es el mantenimiento de la estabilidad del raquis, entendiéndose ésta como la habilidad para limitar patrones de desplazamiento bajo cargas fisiológicas de forma que prevenga la discapacidad por deformación o el dolor debido a cambios estructurales (Monfort, 2000).

Algunos autores comentan que el raquis lumbar, dada su ubicación, se encuentra sometido a importantes niveles de sollicitación, pues en la postura erguida, el centro de gravedad de la parte superior del cuerpo es anterior a la articulación lumbosacra, y sobre este punto descansa parte del peso de tronco, brazos y cabeza.

Dentro del conjunto de los músculos estabilizadores del raquis, la musculatura lumbar, representada esencialmente por multifido y erector espinal, juega un papel preponderante. Se ha demostrado la relación entre debilidad lumbar y algias lumbares (Lisón y cols., 1998; Morini y Ciccarelli, 1998; Carpenter y Nelson, 1999), por lo que el entrenamiento de la musculatura lumbar está indicado para prevenir alteraciones raquídeas (Mannion y cols., 1997).

De sus implicaciones kinesiológicas se ha generado cierta controversia sobre si es más importante desarrollar los flexores del tronco, o por el contrario, los extensores, o bien si es más efectivo ejercitar ambos grupos musculares (Shirado y cols., 1995a). De un modo u otro, diferentes estudios han comprobado como bajos niveles de fuerza en los músculos lumbares inducen una mayor incidencia de problemas raquídeos (Carpenter y Nelson, 1999; Lisón y cols., 1998; Lisón y Sarti, 1998; Monfort, 2000).

La frecuencia de problemas a nivel dorso-lumbar, en muchas ocasiones, viene de la mano de una importante debilidad de la musculatura extensora del raquis lumbar, junto a la adopción de posturas higiénicamente inadecuadas, que generan tensión en las estructuras ligamentosas que soportan aquel.

Bortoluzzi (1994), afirma que el 70-80% de los sujetos activos entre 25 y 69 años ha padecido un ataque de lumbalgia, de los cuales, el 90% de los

casos sufre recidiva. Dicha patología es considerada como una de las primeras causas de absentismo laboral. Carpenter y Nelson (1999) consideran que los problemas espinales son la causa más frecuente de limitaciones en personas de más de 45 años. La lumbalgia es una alteración típica y bastante difundida también en la edad escolar. Mendoza (1988) señala que el 16% de los escolares españoles sufre dolor de espalda con alguna frecuencia y un 11% con bastante asiduidad, siendo la mayor incidencia de este malestar en las alumnas y en los cursos de secundaria.

Los resultados de Rodríguez y cols. (1998b) revelan que en la etapa escolar se manifiestan de forma clara las molestias y dolores raquídeos a diversos niveles, destacando en el test previo un 25,3% de sujetos con presencia de molestias o dolores en el raquis.

Por esta razón es recomendable el fortalecimiento de la musculatura raquídea para aumentar la resistencia muscular raquídea y evitar tensiones en las estructuras ligamentosas y discales, gracias a su capacidad de absorción de presión en las estructuras lumbares de hasta un 55%, lo que supone una liberación significativa de estrés (Ordóñez y Mencia, 1987).

Puesto que diferentes estudios han demostrado la relación entre debilidad y dolor lumbar, desequilibrios musculares o hábitos posturales incorrectos y dolor lumbar, sedentarismo y dolor lumbar, programas de ejercicios físicos inadecuados y lesión lumbar. Asimismo, un entrenamiento adecuado de los músculos lumbares puede contribuir a acelerar el proceso de recuperación resultando ser de gran utilidad en el ámbito terapéutico (Lisón y cols., 1998).

De sus características anatómicas hemos de considerar una serie de adaptaciones a nivel muscular que son importantes a la hora de analizar la adecuación o peligrosidad de los ejercicios. Un aspecto a tener en cuenta es la actividad tónico-postural de estos músculos, debido a su carácter antigravitatorio, en los que existe un predominio de fibras rojas (tipo I), respondiendo bien ante estímulos poco intensos y de larga duración. A la hora de plantear ejercicios para su desarrollo debe respetarse su predominancia de fibras, exigiendo, por tanto, contracciones lentas, mantenidas estáticamente durante algunos segundos, y preferiblemente con cargas bajas, estímulos parecidos al papel que cubren en el organismo.

Ciertos trabajos han evidenciado que para lograr un correcto fortalecimiento lumbar es suficiente entrenar la musculatura una vez por semana, ya que se incrementan los niveles de fuerza, a la vez que se reduce la incidencia de dolor lumbar en la edad adulta (Carpenter y Nelson, 1999). El volumen de entrenamiento requerido por los músculos lumbares para incrementar su nivel de fuerza es considerablemente bajo, a diferencia del resto de grupos musculares (Lisón y cols., 1998). No es necesaria una actividad que persiga una hipertrofia de los músculos lumbares, pues ésta no

es imprescindible para la ganancia de fuerza ni tampoco para la prevención de lesiones a nivel lumbar. Por ello, se recomienda el fortalecimiento de la musculatura paravertebral lumbar (Pamblanco, 2000; Lisón y cols., 1998), junto al fortalecimiento de la musculatura abdominal (Lisón y Sarti, 1998), que se analizará más adelante.

En este sentido, el diseño de los ejercicios para el fortalecimiento de la musculatura lumbar debería buscar posturas y movimientos que aumenten la participación activa de los músculos y disminuya la tensión ligamentosa (Sarti y cols., 1999).

Diversos autores indican la inconveniencia de aumentar la curva lordótica normal, desaconsejando en tal caso la reiteración de movimientos de hiperextensión lumbar, al aumentar la presión intradiscal (Sharpe y cols., 1988; Wilke y cols., 2001), generar mayor estrés compresivo en las facetas vertebrales (Wirhed, 1996; López y López, 1995) y producir una espondilolisis y/o espondilolistesis.

Cuando se realiza una hiperextensión raquídea las carillas articulares absorben una cantidad muy significativa de presión. En tales movimientos un estrés de compresión importante se localiza en el extremo de las facetas articulares, y un gran estrés de tensión se produce en las superficies articulares de las facetas inferiores, posibilitando la producción de una fractura a este nivel (Shirazi-Adl y cols., 1986).

Una pauta en la prescripción de ejercicios para el raquis lumbar es limitar el movimiento de extensión hasta alcanzar un grado de lordosis lumbar fisiológico (Liemonh, 2000; Smith y Weber, 1991). Shirado y cols. (1995a) exponen la necesidad de evitar la hiperextensión del raquis lumbar tanto en los ejercicios destinados a la musculatura lumbar como en los ejercicios abdominales. Un raquis lumbar con una lordosis aumentada en estos ejercicios podría provocar problemas en el disco intervertebral, ligamentos, etc. Como consecuencia podría aparecer dolor lumbar o bien agravarse si ya existía.

La extensión de tronco desde decúbito prono, alcanzado un gran rango de movimiento, eleva los niveles de compresión raquídea por encima de 4000 newtons. La fijación de los pies posibilita llegar a un ROM excesivo que aumenta las fuerzas compresivas en el arco posterior de las vértebras lumbares. Los movimientos de extensión deben limitarse a los períodos de mayor actividad eléctrica y menor peligrosidad (Lisón y cols., 1997), que oscilan entre 60° de flexión y 0° de extensión (horizontal).

La hiperextensión lumbar es más problemática si se realiza de forma balística, ya que se crea un momento de fuerza que supera el control muscular (Cotton, 1993) y desemboca en hiperextensiones forzadas que aumentan los riesgos sobre las estructuras articulares, además de reducir la efectividad del trabajo muscular.

La alta velocidad en la ejecución del movimiento es inadecuada ya que es un factor de riesgo en las patologías raquídeas (Lisón y cols., 1996). Así Lisón y Sarti (1998) encontraron que la movilización del tronco a velocidad rápida en banco romano tiene un índice de peligrosidad del 60% frente al 42% cuando se realiza a velocidad lenta. Pamblanco (2000) indica que es importante que se sigan las instrucciones de realización de los ejercicios con gestos controlados y no de manera brusca, o a través de "*latigazos*".

Es aconsejable conservar la lordosis cervical, ya que posiciones de hiperextensión cervical pueden generar repercusiones radiculares y en las estructuras osteoligamentosas (Shirado y cols., 1995a). Si en decúbito prono se eleva tronco y piernas simultáneamente, la compresión asciende hasta valores de 6000 Newtons (Callaghan y cols., 1998).

McGill (2001) opina que los ejercicios de movilidad y extensibilidad del raquis deben limitarse a flexiones y extensiones en descarga. Un ejercicio muy seguro y aconsejado es el ejercicio denominado "*cat-camel*" o "*gato*" (Figura 1), ya que reduce la viscosidad espinal (resistencia interna del disco y fricción), la rigidez raquídea y el estrés pasivo, facilita la movilidad intervertebral y produce poca presión en las articulaciones intervertebrales (McGill, 1999).

Desde la posición de sextupedia, se alterna una posición cifótica (flexión lumbar, dorsal y cervical) y una posición de corrección de la misma (extensión lumbar, dorsal y cervical), acompañada de anteversión pélvica. La distancia entre el apoyo de manos y rodillas no debe ser menor que la longitud entre trocánter mayor y articulación escápulo-humeral (McGill, 1997).





Figura 1. Posición inicial y final del "cat-camel".

Este movimiento de flexión-extensión raquídea debe realizarse lentamente a través de un rango de movimiento completo, realizando unas 5-6 repeticiones (McGill, 2001). Hay que enfatizar que se trata de un ejercicio de movilidad, y por tanto, no hay que presionar en los rangos finales de flexo-extensión.

McGill (2001) recomienda que en la fase preparatoria de cada sesión este ejercicio esté presente seguido de ejercicios de movilidad de los segmentos que estén implicados en las actividades de la parte principal.

La posición adoptada por el ejecutante limita la adopción de posturas extremas, de modo que las cargas intervertebrales que se producen son muy bajas (McGill, 1999). Hay que considerar que personas que sufran ciática van a ver exacerbados sus síntomas dolorosos en el movimiento de flexión (McGill, 2002).

Este ejercicio sustituye al famoso "*puente*" (Figura 2), frecuentemente realizado para el entrenamiento de la flexibilidad vertebral, si bien genera cargas excesivas en las articulaciones intervertebrales del raquis lumbar (Yessis, 1994).



Figura 2. El "puente", ejercicio habitual en las clases de Educación Física.

Para el fortalecimiento de la musculatura lumbar se suelen realizar los típicos ejercicios denominados coloquialmente "*lumbares*" (Figura 3), ejecutados desde decúbito prono en el suelo. Suelen realizarse con grandes rangos de hiperextensión lumbar, superando ampliamente la horizontal, sobre todo cuando se realizan en el suelo, donde no es posible flexionar el raquis.



Figura 3. Hiperextensión lumbar balística con fijación de los pies.

Un problema adicional de la hiperextensión lumbar desde decúbito prono es la frecuente fijación de los pies, por un compañero o cualquier implemento, pues el rango de movimiento al que puede llegar el ejecutante y la velocidad que se puede desarrollar en el movimiento es mucho mayor.

Sarti y cols. (1999) en los ejercicios de extensión del tronco recomiendan mantener posturas isométricas, dada la mayor efectividad respecto a las fases dinámicas, disminuyendo así las fuerzas inerciales como factor de riesgo. En caso de realizar este ejercicio en un banco o plinton (figura 4), es conveniente no exceder del 50% de flexión máxima desde la horizontal, ya que a partir de esa postura la tensión en los ligamentos se incrementa bruscamente debido a la aparición del fenómeno flexión-relajación, desembocando en aumentos en el estrés de cizalla anterior. Si se desea aumentar la actividad eléctrica de estos músculos Shirado y cols. (1995a) recomiendan adoptar una flexión cervical y una estabilización pélvica (mediante la contracción de los glúteos mayores), al realizar una contracción isométrica.



Figura 4. Mantenimiento isométrico de una posición horizontal, conservando la lordosis fisiológica.

Si se apoya toda la pelvis sobre el banco de extensiones, impide la flexión de las articulaciones coxofemorales, y el movimiento se realiza a través del raquis lumbar, disponiéndolo en inversión con el consecuente riesgo de lumbalgia y hernia discal (Pérez y cols., 1997).

Para desarrollar los músculos espinales hay otros ejercicios adecuados que estimulan adecuadamente la musculatura dorso-lumbar, atenuando los niveles de estrés vertebral. Por ejemplo, la elevación de pelvis, desde decúbito supino, que consiste en realizar una extensión lenta de caderas y tronco hasta formar una línea entre tronco y muslos (Rodríguez, 2000) (figura 5). Este ejercicio estimula la musculatura lumbar a intensidades moderadas tanto en hombres como en mujeres. Se puede realizar dinámica o estáticamente, debiendo detener la elevación de la pelvis en el momento de alcanzar una horizontalidad tronco-pelvis-muslos.

Además, la elevación de pelvis desde decúbito supino con piernas flexionadas es un ejercicio seguro, pues impide la adopción de posturas hiperlordóticas. Ejecutado estáticamente impone una compresión raquídea baja y activa moderadamente la musculatura glútea y lumbar.



Figura 5. Ejercicio de elevación de pelvis

No es preciso movilizar el tronco para estimular la musculatura dorso-lumbar. Mediante la movilización de la articulación coxofemoral es posible trabajar la

muscular lumbar.

Un ejercicio muy común es la hiperextensión coxofemoral, que consiste en elevar la pierna de forma balística y con un gran rango de movimiento, que sobrepasa los 15-20 grados de extensión (figura 6). En esta situación, cuando la pierna es elevada, la pelvis realiza anteversión y aumenta la lordosis lumbar. La razón de este movimiento pélvico se debe a que los resistentes y fuertes ligamentos de cadera (iliofemoral o de Bertin especialmente), así como los músculos transarticulares, hacen imposible que la pierna llegue a tales posiciones a través, tan sólo, del eje coxofemoral.



Figura 6. Lanzamiento balístico de la pierna, mediante extensión coxofemoral, que se acompaña de anteversión pélvica.

Esta acción articular permite trabajar el glúteo mayor, isquiosurales y erector espinal. El glúteo mayor es un músculo a acondicionar de forma saludable ya que actúa como estabilizador de la pelvis y favorece la acción de la musculatura espinal (Lisón y Sarti, 1998; Shirado y cols., 1995a). Sin embargo, el trabajo balístico genera picos de activación muscular que no son efectivos para aumentar la resistencia muscular.

Para evitar los efectos nocivos de este ejercicio es necesario finalizar el movimiento cuando se agota la capacidad de extensión coxofemoral. Puede realizarse unilateral o bilateralmente (más intensidad). Junto a ello, habría que realizar una correcta estabilización a través de los músculos abdominales para prevenir la anteversión pélvica. También, variando la posición inicial se permite un amplio rango de extensión coxofemoral.



Figura 7. Extensión coxofemoral unilateral hasta la horizontal.

La extensión coxofemoral y elevación escápulo-humeral contralateral (figura 8) se ha mostrado como un ejercicio efectivo por la activación eléctrica moderada que desencadena y seguro al generar niveles de compresión raquídea inferiores a 3000 Newtons (Callaghan y cols., 1998). Así también, resulta adecuado el ejercicio de elevación simultánea del miembro superior e inferior hetero-laterales desde posición cuadrúpeda (Ybáñez y cols., 1999b) (figura 8), si bien se reduce el ROM. Tanto uno como el otro deben realizarse de forma lenta y manteniendo la posición unos segundos. Estos ejercicios tienen la ventaja de estimular a intensidades moderadas la musculatura paravertebral dorsal, lo que incide positivamente en la estabilidad raquídea y en la prevención de actitudes cifóticas.

Ybáñez y cols. (1999b) comprobaron que la utilización del ejercicio de elevación lenta de los miembros inferiores y pelvis permaneciendo con el tronco en decúbito prono (figura 9) sobre una superficie elevada es intenso, muscularmente hablando, y seguro, al reducir las cargas impuestas al raquis dorso-lumbar, puesto que evita el momento flexor y anula la inercia de la velocidad del movimiento. Callaghan y cols. (1998) lo consideran una buena opción, puesto que genera una actividad muscular moderada (alrededor del 20% de la máxima contracción voluntaria) y no genera un estrés de compresión importante.

Los errores más frecuentes que podemos observar al realizar el primer ejercicio es la adopción de posturas cifóticas y la inclinación pélvica, que genera momentos de torsión vertebral que aumentan el estrés vertebral. En el segundo ejercicio, hay que controlar la adopción de posturas hiperlordóticas.



Figura 8. Extensión escápulo-humeral y coxofemoral contralaterales en sextupedia



Figura 9. Extensión escápulo-humeral y coxofemoral contralaterales en decúbito prono.

Monfort y Sarti (1998) proponen un trabajo de la musculatura lumbar mediante contracciones isométricas con el tronco siempre controlado (tareas de carga, transporte, lucha, lanzamientos). Al no existir movimiento, se minimiza el riesgo de lesión de estructuras osteoligamentosas (Lisón y cols., 1998). Cuando se desee realizar un desarrollo dinámico de la musculatura lumbar hay que buscar movimientos de flexo-extensión con pequeños rangos de movimientos (trepar, suspenderse, lanzamientos, saltos, desplazamientos en reptación y cuadrupedia, acciones de empuje de cargas).

A partir de los trabajos de investigación de Pollock y cols. (1989) y Graves y cols. (1992), se comprobó que una sesión semanal de entrenamiento isométrico (1 serie de 8-10 repeticiones máximas en distintas posiciones angulares, 1-2 segundos de contracción) aislando correctamente la musculatura lumbar es suficiente para incrementar los niveles de fuerza y para prevenir posibles alteraciones raquídeas que puedan comprometer la continuidad del entrenamiento. Sin embargo, trabajos posteriores de Udermann y cols. (1999) y Mayer y cols. (2002) se ha comprobado que la estabilización pélvica en los ejercicios de extensión de tronco no es una variable determinante en la activación de los extensores lumbares ni en el aumento de

la fuerza muscular lumbar.

EJERCICIOS DE ACONDICIONAMIENTO MUSCULAR ABDOMINAL.

La utilidad del acondicionamiento abdominal radica en el desarrollo de la capacidad estabilizadora del raquis (Vera y cols., 2000; Warden y cols., 1999; Sarti y cols., 2001; O'Sullivan y cols., 1998), puesto que es una estructura inherentemente inestable (Hodges y Richardson, 1997b). Un fuerte corsé muscular alrededor del raquis lumbar incrementará la estabilidad del mismo (Warden y cols., 1999; Andersson y cols., 1997). Este rol estabilizador es particularmente importante cuando se somete al raquis a situaciones de sobrecarga y desestabilizaciones inesperadas (Huang y cols., 2001).

Los músculos de la pared abdominal (recto abdominal, oblicuo externo, oblicuo interno, transverso abdominal) y psoas juegan un rol fundamental en el correcto funcionamiento del raquis lumbar (Juker y cols., 1998). El papel estabilizador de la musculatura abdominal se basa en su capacidad para disminuir la presión intradiscal en el raquis dorso-lumbar (Anderson y cols., 1997; Hodges y Richardson, 1999), por mediación del aumento en la presión intra-abdominal (Hodges y cols., 2001; Cholewicki y cols., 1999), junto a la activación de la fascia toracolumbar por la acción de los músculos anchos del abdomen (Fritz y cols., 1998).

Esta última orientación nace de la evidencia científica que relaciona los bajos niveles de fuerza muscular abdominal con la incidencia de dolor lumbar (Vera, 2000). Algunos autores han establecido que una buena fuerza y resistencia abdominal, y una correcta elasticidad de la columna lumbar e isquiosurales puede reducir el riesgo de sufrir dolor lumbar en el futuro. Diferentes estudios citados por Monfort y Sarti (1998) demuestran la estrecha relación entre el dolor lumbar y la debilidad muscular del tronco tanto en su cara anterior como en la posterior.

Vera (2000) indica que hay numerosos estudios que respaldan el papel fundamental de los músculos de la pared abdominal en el control y la estabilización de la columna vertebral (Vera y cols., 2000; Monfort y Sarti, 1998), así como la necesidad del desarrollo de sus capacidades funcionales para la mejora de la calidad de vida.

Vera (2000) matiza que dentro de los programas de ejercicio físico y salud hay que desarrollar la musculatura abdominal, dando mayor importancia al fortalecimiento de los músculos anchos del abdomen (oblicuos y transversos).

Para un correcto fortalecimiento abdominal es recomendable la realización del encorvamiento (figura 10), así como los ejercicios basados en la inclinación pélvica posterior o retroversión (figura 11), si bien estos últimos no son considerables adecuados por McGill (1998). McGill (2001) recomienda

realizar el encorvamiento con las manos bajo el raquis lumbar con una pierna extendida y otra flexionada para conservar la lordosis lumbar durante la ejecución del mismo (figura 12). Ejecutados a velocidad lenta permiten estimular a intensidades moderadas el músculo recto abdominal (Andersson y cols., 1997; Axler y McGill, 1997; Juker y cols., 1998; Monfort y Sarti, 1999).



Figura 10. Encorvamiento en banco inclinado.

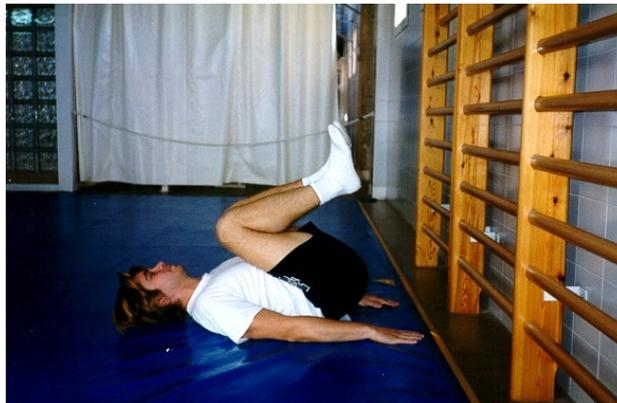


Figura 11. Retroversión pélvica inducida al intentar aproximar las rodillas flexionadas hacia el tórax.

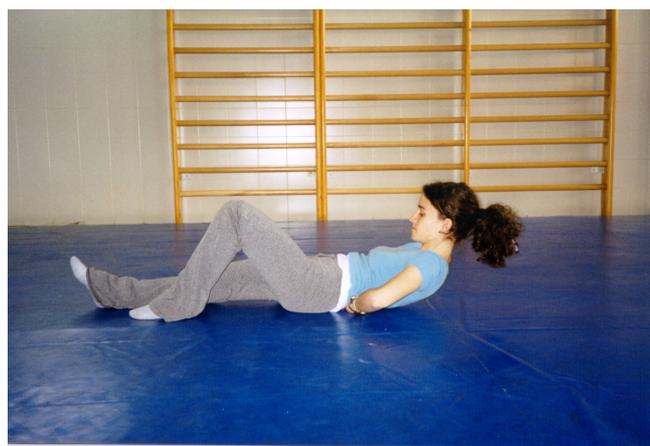


Figura 12. Encorvamiento con mano bajo el raquis lumbar.

Andersson y cols. (1997) 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 abdominal, 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 abdominal, con valores medios para el oblicuo interno y mucho más bajos que los ejercicios de incorporación sobre el oblicuo externo (Andersson y cols., 1997) (tabla 1). La menor activación muscular del psoas se produce en los encorvamientos (McGill, 1997; Juker y cols., 1998).

	Rectus abdominal	Oblícuo externo	Oblícuo interno	Ilíaco	Sartorio
Encorvamiento 30°	58-70%	18-24%	52-54%	15-18%	20-30%
Incorporación 60°	77-84%	78-86%	62-75%	80%	90%

Tabla 1. Valores medios de la activación eléctrica de flexores del tronco y coxofemorales en tres ejercicios dinámicos (en % de la máxima contracción voluntaria) (Tomado de Andersson y cols., 1997).

El encorvamiento no sólo se ha mostrado muy adecuado y efectivo para la musculatura abdominal, sino también, muy seguro para el raquis dorso-lumbar (Warden y cols., 1999; Axler y McGill, 1997) al minimizar las fuerzas compresivas (<2000 N) y el estrés de cizalla (McGill, 1998; 2001; Juker y cols., 1998). Ybáñez y cols. (1999) recomiendan realizar este ejercicio por ser más eficaz en la activación del músculo recto abdominal y por disminuir los factores de riesgo de la flexión coxofemoral activa.

En opinión de Norris (1998) el encorvamiento reduce los efectos negativos sobre el raquis lumbar al compararlo con el ejercicio de incorporación. Estos datos se confirman en el estudio de Axler y McGill (1997) ya que del análisis de la compresión máxima sobre L4/L5, se evidencia que los ejercicios de encorvamiento provocan menor compresión que los de incorporación (gráfico 1).

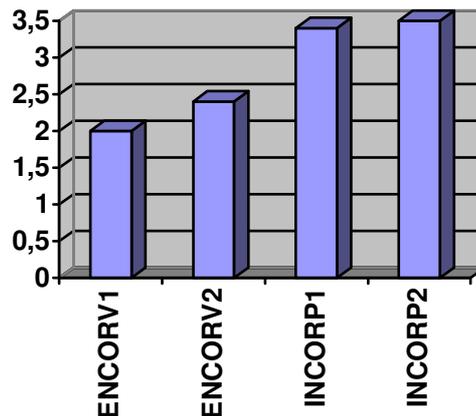


Gráfico 1. Máxima compresión media (x 1000) evidenciada en ejercicios de encorvamiento e incorporación (Modificado de Axler y McGill, 1997) (ENCORV1: encorvamiento sin fijar pies; ENCORV2: encorvamiento fijando pies; INCORPOR1: Incorporación con pies fijados y piernas extendidas; INCORPOR2: Incorporación con pies fijos y piernas flexionadas).

Dorado y cols. (2001) para reducir la tensión del psoas iliaco proponen flexionar piernas y rotar externamente las caderas, para acercar origen e inserción de este músculo, limitando así su activación. Sin embargo, no existen estudios experimentales que hayan analizado esta propuesta.

El encorvamiento con rotación del raquis dorsal (figura 13), con objeto de aumentar la activación de los músculos anchos del abdomen, se considera un ejercicio saludable, si bien la combinación de flexión y rotación en la zona lumbar implica un ligero aumento de los niveles de compresión (McGill, 2001). En cuanto a su efectividad, Karst y cols. (1998) no detectan una importante activación del oblicuo externo utilizando este ejercicio, aunque Juker y cols. (1998) miden una activación moderada.



Figura 13. Encorvamiento en diagonal.

El decúbito lateral horizontal (figura 14) estimula los músculos anchos del abdomen, así como el cuadrado lumbar, que se activa esencialmente para

proveer de estabilidad al raquis (McGill y cols., 1996; Callaghan y cols., 1998; McGill, 2001).

El decúbito lateral horizontal es un ejercicio efectivo por su capacidad para activar la musculatura oblicua y cuadrado lumbar (un músculo que posee una gran actividad estabilizadora (McGill, 1997; 2001; Nadler y cols., 2002; Fritz y cols., 1998) alrededor del 50% de la máxima contracción voluntaria (McGill, 2001). Genera una actividad mioeléctrica muy baja en el psoas y resto de flexores coxofemorales (Juker y cols., 1998; McGill y cols., 1999).

Este ejercicio genera cargas compresivas modestas (2500 Newton), así como un nivel bajo de estrés de cizalla en el raquis lumbar (Juker y cols., 1998; Axler y McGill, 1997; McGill, 2001; McGill y cols., 1999). El decúbito lateral horizontal genera menor compresión lumbar (L4/L5) que el encorvamiento con giro.

En aquellas personas con baja resistencia muscular abdominal, puede realizarse el ejercicio apoyando las rodillas, para disminuir el momento de resistencia (figura 15) (McGill, 2002).



Figura 14. Decúbito lateral horizontal con apoyo de los pies.



Figura 15. Decúbito lateral horizontal con apoyo de rodillas.

Desde el punto de vista mecánico estos ejercicios inhiben la participación de los flexores coxofemorales, especialmente el psoas mayor, de modo que generan menor sobrecarga raquídea (Andersson y cols., 1997; López Miñarro y Rodríguez, 2002). En contraposición, ejercicios tan usuales como la incorporación (figura 16) y la elevación de piernas (figura 17) aumentan la inestabilidad lumbar ya que no activan la musculatura abdominal con sus acciones mecánicas específicas sino los flexores coxofemorales, elevando la presión intradiscal (Monfort y Sarti, 1999; Axler y McGill, 1997; López Miñarro y Rodríguez, 2001; Ybáñez y cols., 1999; Monfort, 2000).

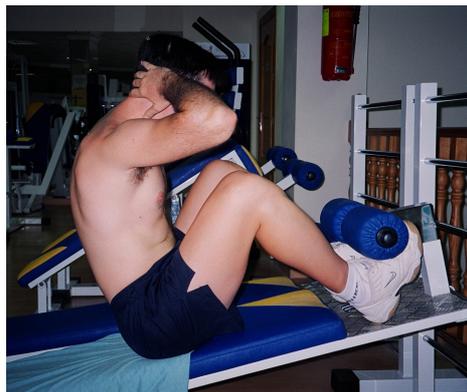


Figura 16. Final fase concéntrica de la incorporación de tronco en banco inclinado.



Figura 17. Elevación bilateral de piernas.

Encorvamiento, decúbito lateral horizontal y sus variantes, cumplen los criterios de seguridad y efectividad de un ejercicio abdominal:

- 1) Activación mioeléctrica moderada-intensa en los músculos de la pared abdominal.
- 2) Inhibición de los flexores coxofemorales.
- 3) Nivel de compresión inferior a 3000 Newtons.

La incorporación y elevación de piernas si bien generan una activación mioeléctrica alta en la musculatura abdominal, provocan grandes niveles de

compresión raquídea, favoreciendo un proceso de deterioro vertebral.

Los movimientos de incorporación de tronco, al movilizar la articulación de la cadera provocan una gran activación de los flexores coxofemorales, elevando la presión intradiscal (Monfort y Sarti, 1998; Vera y Sarti, 1999; Nachemson, 1976). McGill (2001) indica que la incorporación, bien con piernas extendidas o flexionadas, se caracteriza por una fuerte activación del psoas que genera valores de gran compresión lumbar que exceden las recomendaciones de la National Institute Occupational Safety and Health (NIOSH) (tabla 2).

PIERNAS FLEXIONADAS		PIERNAS EXTENDIDAS	
<i>Compresión</i>	<i>Cizalla</i>	<i>Compresión</i>	<i>Cizalla</i>
3.410 N	300 N	3.230 N	260 N

Tabla 2. Valores de compresión y cizalla en Newton en un ejercicio de incorporación con piernas extendidas y flexionadas (McGill, 1997).

En las salas de musculación ha proliferado una máquina comercial de grandes dimensiones y diseñado específicamente para el desarrollo del recto abdominal. Esta máquina tiene un asiento inclinado 30° respecto a la horizontal y un respaldo móvil (donde se apoya la espalda) unido a una zona de dosificación de la carga (pesas de 5 Kg.) mediante un sistema de cadenas y poleas (figura 18). El perfil de la curva electromiográfica desarrollada al utilizar esta máquina es similar al obtenido en otros estudios durante la realización de una incorporación de tronco (Vera y Sarti, 1999), por lo que no es aconsejable su uso.



Figura 18. Máquina de trabajo abdominal.

CONSIDERACIONES FINALES.

Es necesario favorecer tempranamente el desarrollo armónico de la musculatura implicada en la estabilidad raquídea (musculatura abdominal, extensores raquídeos, glúteo mayor e isquiosurales) mediante ejercicios saludables, de modo que se conviertan en un factor preventivo para la edad adulta (Lisón y Sarti, 1998).

Sin embargo, para este fin, se realizan numerosos ejercicios desaconsejados en las sesiones de ejercicio físico, y el destierro de éstos debe ser una acción docente a llevar a cabo en la programación docente (López Miñarro y García, 2000). Ante la gran frecuencia de toda esta serie de ejercicios, aumenta la posibilidad de sufrir alguna repercusión en la salud osteoarticular del individuo, por lo que se hace necesaria una reorientación de algunos ejercicios, con el fin de que los riesgos asociados a éstos sean los mínimos posibles.

Es conveniente la realización de un análisis de los ejercicios a incluir en una sesión cuando se trabaje el contenido de fortalecimiento y extensibilidad muscular. Ciertas acciones articulares desencadenan un aumento de la tensión en estructuras osteo-ligamentosas que induce repercusiones raquídeas. El control de la postura adoptada por el raquis, evitando posiciones raquídeas forzadas, permite una actividad más correcta, segura y efectiva en la realización de los ejercicios físicos.

Para reducir el daño en los tejidos, McGill (2002) presenta una serie de recomendaciones:

1. Reducir los picos (y la acumulación) de compresión raquídea para reducir el riesgo de fracturas en el platillo vertebral.
2. Evitar los movimientos de flexión máxima del tronco, especialmente a primera hora de la mañana, para reducir el riesgo de hernia discal.
3. Reducir los movimientos repetidos de flexión y extensión completa del raquis para reducir el riesgo de fractura en la *pars interarticularis*.
4. Reducir las fuerzas de cizalla para minimizar el riesgo de lesión en las facetas articulares y arco vertebral.
5. Reducir el tiempo de sedentación, particularmente si se acompaña de vibración, para reducir el riesgo de hernia discal.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

AGUADO, X. (1995). Educación postural de tareas cotidianas en la enseñanza primaria: una visión ergonómica. *Tesis Doctoral*. Universidad de Barcelona.

AGUADO, X.; FERNÁNDEZ, A. (1998). Ergonomía, seguridad e higiene en educación primaria. Una propuesta de unidad didáctica en Educación Física. En: A. García, F. Ruiz, A.J. Casimiro (Coords.). *La enseñanza de la Educación Física y el Deporte escolar*. Actas del II Congreso Internacional. Almería: I.A.D.

AGUADO, X.; RIERA, J.; FERNÁNDEZ, A. (2000). Educación postural en primaria. Propuesta de una metodología y ejemplo de una sesión. *APUNTS Educación Física y Deportes*, 59: 55-60.

ANDERSSON, E.A.; NILSSON, J.; MA, Z.; THORSTENSSON, A. (1997). Abdominal and hip flexor muscle activation during various training exercises. *European Journal Applied Physiology*, 75: 115-123.

ARAMENDI, J.F.; TERRADOS, N.; POZA, J.J.; IZA, I.; CRESPO, R.; USABIAGA, J. (1998). La columna vertebral lumbar en las diferentes posiciones del ciclismo profesional en ruta. *Archivos de Medicina del Deporte*, XV, 66: 343-347.

ARTEAGA, A.; GARCIA, C.; IBÁÑEZ, T.; PEREZ, J.; RAMOS, J.; CARAZO, I. (1995). Factores de riesgo del dolor lumbar mecánico. Revisión bibliográfica. *Rehabilitación*, 29 (2):128-137.

AXLER, C.T.; MCGILL, S.M. (1997). 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.

BAÑUELOS, F. (1996). *La actividad física orientada hacia la salud*. Madrid: Biblioteca Nueva.

BLOOMFIELD, J.; ACKLAND, T.R.; ELLIOTT, B.C. (1994). *Applied anatomy and biomechanics in sport*. Blackwell Scientific Publications.

BORTOLUZZI, M. (1994). Lumbalgia y sedentarismo. *Sport & Medicina*, 27: 14-17.

BRERETON, L.C.; MCGILL, S.M. (1999). Effects of physical fatigue and cognitive challenges on the potential for low back injury. *Human Movement Science*, 18: 839-857.

CAILLIET, R. (1990). *Dorso*. Manual moderno: México.

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

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

CASIMIRO, A.J. (1999). *Comparación, evolución y relación de hábitos saludables y nivel de condición física-salud en escolares, al finalizar los*

estudios de Educación Primaria (12 años) y de Educación Secundaria Obligatoria (16 años). Tesis Doctoral. Universidad de Granada.

CASSINELLI, E.H.; HALL, R.A.; KANG, J.D. (2001). Biochemistry of intervertebral disc degeneration and the potential for gene therapy applications. *The Spine Journal*, 1: 205-214.

CHOLEWICKI, J.; JULURU, K.; MCGILL, S.M. (1999 a). Intra-abdominal pressure mechanism for stabilizing the lumbar spine. *Journal of Biomechanics*, 32: 13-17.

CHOLEWICKI, J.; MCGILL, S.M.; NORMAN, R. (1995). Comparison of muscle forces and joint load from an optimization and EMG assisted lumbar spine model: towards development of a hybrid approach. *Journal of Biomechanics*, 28(3): 321-331.

CHRISTIE, H.J.; KUMAR, S.; WARREN, S.A. (1995). Postural aberrations in low back pain. *Archives Physical Medicine Rehabilitation*, 76: 218-224.

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

COMMANDRE, F.A.; GAGNERIE, G.; ZAKARIAN, M.; ALAOU, M.; FOURRE, J.M.; BOUZAYAN, A. (1988). The child, the spine and sport. *The journal os Sports Medicine and Physical Fitness*, 28,1,11:19.

CORTÉS, A. (1993). *Postura erecta. Palancas biológicas. Posturas correctas. Salud Laboral*. Colegio oficial de ATS-DE: Zaragoza.

COS, F.; PORTA, J. (1998). Amplitudes de movimiento óptimas en el entrenamiento de la fuerza. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, XII (3): 5-10.

COTTON, R.T. (1993). *Aerobic Instructor Manual*. Illinois: American Council on Exercise.

CUADRADO, R.; LÓPEZ, T.; REÑONES, B. (1993). Higiene postural en la etapa escolar. *Fisioterapia*, 15 (3): 97-126.

DORADO, C.; DORADO, N.; SANCHÍS, J. (2001). *Abdominales. Para un trabajo muscular abdominal más seguro y eficaz*. Barcelona: Paidotribo.

FRAILE, A. (coord.); ABAJO, A.; AGUADO, P.; ARRIBAS, H.; DOMÍNGUEZ, L.; FERNÁNDEZ, F.; FERNÁNDEZ, M.; FRANCÉS, S.; FRUTOS, M.; LOBATO, J.L.; MUÑOZ, M.; PÉREZ, L.; ROMO, C.; VIAN, M.V. (1996). *Actividad física y salud en la escuela*. Valladolid. Junta de Castilla y León. Consejería de Educación y Cultura.

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

GRAVES, J.E.; POLLOCK, M.L.; LEGGETT, S.H.; CARPENTER, D.M.; FIX, C.K.; FULTON, M.N. (1992). Limited range of motion lumbar extension

strength training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24(1): 128-133.

GUSI, N.; FUENTES, J.P. (1996). Validez comparativa y reproductibilidad de tres pruebas de valoración de la fuerza-resistencia abdominal: aplicaciones para el desarrollo de dicha cualidad en la escuela. *Actas del III Congreso Nacional de Educación Física de Facultades de Educación y XIV de Escuelas Universitarias de Magisterio*, pp. 471-479.

HODGES, P.W.; RICHARDSON, C.A. (1997 b). Relationship between limb movement speed and associated contraction of the trunk muscles. *Ergonomics*, 40(11): 1220-1230.

HODGES, P.W.; RICHARDSON, C.A. (1999a). Transversus abdominis and the superficial abdominal muscles are controlled independently in a postural task. *Neuroscience Letters*, 265(2): 91-94.

HOEGER, W.K.; HOPKINS, D.R. (1992). A comparison of the sit and reach and the modified sit and reach in the measurement of flexibility in women. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 63(2): 191-195.

HOWLEY, E.; FRANKS, B. (1995). *Manual del técnico en salud y fitness*. Barcelona: Paidotribo.

HUANG, Q.M.; ANDERSSON, E.; THORSTENSSON, A. (2001). Intramuscular myoelectric activity and selective coactivation of trunk muscles during lateral flexion with and without load. *Spine*, 26: 1465-1472.

JUKER, D.; MCGILL, S.; KROPF, P.; STEFFEN, T. (1998). 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.

KARST, G.M.; WILLETT, G.M.; HYDE, J.E.; WENDELL, C.A.; UHRLAUB, M.L. (1998). Relative activity of abdominal muscle groups during strengthening exercises. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 27(1): 65, 1998.

KURITZKY, L.; WHITE, J. (1997). Low-back pain. Consider extensión education. *The Physician and Sportsmedicine*, 25 (1): 23-30.

LAPIERRE, A. (1996). *La reeducación física. Tomo I*. Dossat 2000: Madrid.

LIEMONH, W. (2000). Consideraciones del ejercicio para la espalda. En: American College of Sports Medicine. *Manual de consulta para el control y la prescripción de ejercicio* (pp. 57-65). Paidotribo: Barcelona.

LINDSEY, R.; CORBIN, C.H. (1989). Questionable exercises – Some after Alternatives. *JOPERD*, 60 (8): 26-32.

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

LISÓN, J.F.; MONFORT, M.; LÓPEZ, E.; SARTI, M.A. (1996b). Valoración experimental de la peligrosidad en la realización de ejercicios físicos. *Actas III Congreso Nacional de Educación Física de Facultades de Educación y XIV de escuelas universitarias de Magisterio*. Guadalajara.

LISÓN, J.F.; MONFORT, M.; SARTI, M.A. (1998). Entrenamiento isométrico de la musculatura lumbar. M. González y cols. (Eds). *Educación Física e Deporte no século XXI*. VI Congreso Galego de Educación Física, pp. 167-174. Servicio de publicaciones. Universidad de Coruña.

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

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

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

LÓPEZ MIÑARRO, P.A.; GARCÍA, A. (2000). Nuevos retos en la Educación Física escolar: análisis y detección de ejercicios desaconsejados como factor de seguridad. En: E. RIVERA, L. RUIZ, M.M. ORTIZ (Coords). *La Educación Física ante los retos del nuevo milenio*. Granada: Centro de Profesores.

LÓPEZ MIÑARRO, P.A.; MEDINA, J. (1999). Mitos y creencias erróneas acerca de la actividad física y el deporte (I): descripción. *Revista de Educación Física*, 74: 5-12.

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

LOPEZ, F.; LOPEZ, C. (1995). Marco teórico práctico para la correcta ejecución del trabajo abdominal (I). *APUNTS Educación Física y Deportes*, 42: 36-45.

LUBELL, A. (1989). Potentially dangerous exercises: Are they harmful all?. *ThePhysician and Sportmedicine*, 17(1): 187-192.

MACFARLANE, P.A. (1993). Out with the sit-up, in with the curl-up!. *JOPERD*, Agosto, p. 62-66.

MANNION, A.F. (1999). Fibre type characteristics and function of the

human paraspinal muscles: normal values and changes in association with low back pain. *Journal of Electromyographic and Kinesiology*, 9: 363-377.

MARRAS, W.S.; GRANATA, K.P. (1997). The development of an EMG-assisted model to assess spine loading during whole-body free dynamic lifting. *Journal of Electromyographic Kinesiology*, 7(4): 259-268.

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

MARTÍNEZ, I. (1997). Musculación y lesiones en la rodilla. *Selección* 6(4): 102-109.

MAYER, J.M.; GRAVES, J.E.; UDERMANN, B.E.; PLOUTZ-SNYDER, L.L. (2002). Development of lumbar extension strength: effect of pelvic stabilization during resistance training. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 16: 25-31.

Mc GEORGE, S. (1992). La seguridad como un factor de salud en las clases de Educación Física. En: J. Devís y C. Peiró (Coord). *Nuevas perspectivas curriculares en Educación Física: La salud y los juegos modificados*. Barcelona: INDE.

McGILL, S.M. (1997 b). The biomechanics of low back injury: implications on current practice in industry and the clinic. *Journal of Biomechanics*, 30(5): 465-475.

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(4): 448-458.

McGILL, S.M. (1999). Stability: from biomechanical concept to chiropractic practice. *Journal Canadian of Chiropractic Association*, 43(2): 75-88.

McGILL, S.M. (2001). Low back stability: from formal description to issues for performance and rehabilitation. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 29(1): 26-31.

McGILL, S.M. (2002). *Low back disorders. Evidence-Based prevention and rehabilitation*. Champaign: Human Kinetics.

McGILL, S.M.; CHILDS, A.; LIEBENSON, C. (1999). 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.

McGILL, S.M.; JUKER, D.; KROFT, P. (1996). Quantitative intramuscular myoelectric activity of quadratus lumborum during a wide variety of tasks. *Clinical Biomechanics*, 11(3): 170-172, 1996.

MEDINA, M. (1992). *Biomecánica lumbar. Conceptos actuales*. Universidad de Oviedo.

MENDOZA, R. (1988). *Los escolares y la salud. Estudio de los hábitos de los escolares españoles en relación con la salud*. Madrid: Ministerio de Sanidad y Consumo.

MONFORT, M. (2000). La estabilización del tronco como fin para la práctica de actividad física saludable. Educación Física y salud. *Actas del II Congreso Internacional de Educación Física*. Jérez: FETE-UGT Cádiz.

MONFORT, M. y SARTI, M.A. (1998). Musculatura del tronco: función y desarrollo. En: F. Ruiz y P.L. Rodríguez (Coord.). *Educación Física, deporte y salud*. Área de Didáctica de la Expresión Corporal, Murcia.

MONFORT, M.; SARTI, M.A.; SANCHIS, C. (1997). Actividad eléctrica del músculo recto mayor del abdomen en ejercicios abdominales. *APUNTS Medicina Deportiva*, XXXII: 279-290.

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

MUTOH, Y.; TAKEMI, M.; NAKAMURA, Y.; MIYASHITA, M. (1983). The relation between sit-up exercises and the occurrence of low back pain. *International series on biomechanics*, 4A, Illinois: Human Kinetics Publishers.

NACHEMSON, A.L. (1976). The lumbar spine. An orthopaedic challenge. *Spine*, 1(1): 59-71.

NADLER, S.F.; MALANGA, G.A.; BARTOLI, L.A.; FEINBERG, J.H.; PRYBICIEN, M.; DEPRINCE, M. (2002). Hip muscle imbalance and low back pain in athletes: influence of core strengthening. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(1): 9-16.

NIEMAN, D.C. (1990). *Fitness and sport medicine. An introduction*. Bull publishing Company, California.

NISSAN, M.; BAR-LLAN, K.; LUGER, E.J.; STEINBERG, E.L.; BROWN, S.; DEKEL, S. (1999). The normal, healthy low back: some functional parameters. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 12(1): 1-5.

NORRIS, C.M. (1993). Abdominal muscle training in sport. *British Journal Sport Medicine*, 27(1): 19-27.

O'SULLIVAN, P.B.; TWOMEY, L.; ALLISON, G.T. (1998). Altered abdominal muscle recruitment in patients with chronic back pain following a specific exercise intervention. *The Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 27(2): 114-124.

ORDÓÑEZ, P.; MENCIA, F. (1987). Higiene de columna vertebral para el esfuerzo y trabajo. *Actas del primer congreso nacional de medicina del trabajo*,

Tomo I. Instituto nacional de la salud, Madrid.

ORTIZ, V. (1996). *Entrenamiento de fuerza y explosividad para la actividad física y el deporte de competición*. Barcelona: INDE.

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

PAZOS, J.M.; ARAGUNDE, J.L. (2000). *Educación Postural*. INDE: Barcelona.

PEIRÓ, C. (1991). Educación Física y salud: Realización correcta y segura de los ejercicios físicos. *Perspectivas de la Actividad Física y el Deporte*, 8: 14-17.

POLLOCK, M.L.; FEIGENBAUM, M.S.; BRECHUE, W.F. (1995). Exercise prescription for physical fitness. *Quest*, 47(3): 320-337.

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

QUINT, U.; WILKE, H.; SHIRAZI-ADL, A.; PAMIANPOUR, M.; LÖER, F.; CLAES, L.E. (1998). Importance of the intersegmental trunk muscles for the stability of the lumbar spine. *Spine*, 23: 1937-1945.

RAMIRO, R.; ALDEA, A.; RAMIRO, J.; BOLÓN, J. (1987). Biomecánica del raquis. Su importancia en la patología lumbar. *Actas del primer congreso nacional de medicina del trabajo*, Tomo I. Instituto nacional de la salud, Madrid.

REAL DECRETO 3473/2000 de 29 de diciembre por el que se modifica el R.D. 1007/1991 de 14 de junio por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la enseñanza secundaria obligatoria.

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

RODRÍGUEZ, P.L. (2000). La higiene postural en Educación Física. Propuesta de aplicación de un programa escolar. Educación Física y salud. *Actas del II Congreso Internacional de Educación Física*. Jérez: FETE-UGT Cádiz.

SANTONJA, F. (1997). Musculación en las desalineaciones del raquis. *Selección*, 6(4): 87-100.

SANTONJA, F.; MARTÍNEZ, I. (1995). Raquis y deporte: ¿cuál sí y cuándo?. *Selección*, 4(1). 28-38.

SANTONJA, F.; MARTÍNEZ, J. (1992). Clínica y exploración de las alteraciones axiales del raquis y pelvis. En: F. Santonja y I. Martínez.

Valoración Médico-deportiva del escolar, pp. 207-221. Secretariado de Publicaciones: Universidad de Murcia.

SARTI, M.A.; BOSCH, A.H.; VERA, F.J.; MONFORT, M.; LISÓN, J.F.; ESCRIBANO, C. (1999). Selección de una postura para el fortalecimiento de la musculatura paravertebral lumbar. *Archivos de Medicina del Deporte*, 73: 427-434.

SARTI, M.A.; MONFORT, M.; BOSH, A.H. (2001). Fortalecimiento de la musculatura abdominal como objetivo en la preparación físico-deportiva, pp. 359. En: V. Carratalá, J.F. Guzmán, M.A. Fuster (Coords.). *Nuevas aportaciones al estudio de la actividad física y el deporte*. II Congreso de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte: Universidad de Valencia.

SHARPE, G.; LIEMOHN, W.; SNODGRASS, L. (1988). Exercise prescription and the low back-kinesiological factors. *JOPERD*, Nov-Dic: 74-77.

SHIRADO, O.; ITO, T.; KANEDA, K.; STRAX, T. (1995b). Flexion-relaxation phenomenon in the back muscles. *Am. J. Phys. Rehabil.*, 74, 139-144.

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

SHIRAZI-ADL, A.; AHMED, A.M.; SHRIVASTAVA, S.C. (1986). A finite element study of a lumbar motion segment subjected to pure sagittal plane moments. *Journal of Biomechanics*, 19(4): 331-350.

SMITH, B.; WEBBER, J. (1991). Safety and effectiveness for exercise in schools. *The Bulletin of Physical Education*, 27(2):31-40.

TERCEDOR, P. (1995). Higiene postural. Educación de la postura y prevención de las anomalías en el contexto escolar. *Habilidad motriz*, 6: 44-49.

TIMMERMANS, H.; MARTIN, M. (1987). Top ten potentially dangerous exercises. *JOPERD*, 58 (6): 29-31.

UDERMANN, B.E.; GRAVES, J.E.; DONELSON, R.G.; PLOUTZ-SNYDER, L.; BOUCHER, J.P.; IRISO, J.H. (1999). Pelvic restraint effect on lumbar gluteal and hamstring muscle electromyographic activation. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 80: 428-431.

VERA, F.J. (2000). 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*. Cáceres.

VERA, F.J.; GRENIER, S.G.; MCGILL, S.M. (2000). Abdominal muscle response during curl-ups on both stable and labile surfaces. *Physical Therapy*, 80(6): 564-569.

VERA, F.J.; SARTI, M.A. (1999). Manipulación social en la actividad físico-deportiva. *La revista*, 2: 25-29.

WARDEN, S.J.; WAJSWELNER, H.; BENNELL, K.L. (1999). Comparison of Abshaper and conventionally performed abdominal exercises using surface electromyography. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(11): 1656-1664.

WILKE, H.J.; NEEF, P.; HINZ, B.; SEIDEL, H.; CLAES, L.E. (2001). Intradiscal pressure together with anthropometric data - a data set for the validation of models. *Clinical Biomechanics*, 1: S111-S126.

WILMOTH, S.K. (1986). *Leading Aerobic Dance exercise*. Illinois: Human Kinetics.

WIRHED, R. (1996). Anatomía deportiva. En: J. AHONEN, T. LAHTINEN, M. SANDSTRÓM, G. POGLIANI, R. WIRHED (Coords.). *Kinesiología y anatomía aplicada a la actividad física*. Barcelona: Paidotribo.

YBÁÑEZ, D.; MONFORT, M.; LÓPEZ, E.; LISÓN, J.F.; SARTI, M.A. (1999a). 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.

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

YESSIS, M. (1992). Back raises Fitness and Sports Review International, 27 (1): 42-44.

YESSIS, M. (1994). The bent-over twist. Fitness and Sports Review International, 29(1): 41-42.

YINGLING, V.R.; MCGILL, S.M. (1999a). Mechanical properties and failure mechanics of the spine under posterior shear load: Observations from a porcine model. *Journal of Spinal Disorders*, 12 (6): 501-508.