

Prescripción de programas de entrenamiento abdominal. Revisión y puesta al día

FRANCISCO J. VERA-GARCÍA

Doctor en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte.

Post-Doctoral Fellow. Department of Kinesiology. Faculty of Applied Health Sciences. University of Waterloo (Canadá)

MANUEL MONFORT PAÑEGO

Doctor en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Profesor Titular del Departamento de Didáctica de la Expresión Corporal.

Escuela Universitaria de Magisterio "Ausiàs March". Universitat de València

M^a ÁNGELES SARTI MARTÍNEZ

Doctora en Medicina. Profesora Titular del Departamento de Anatomía y Embriología Humana. Facultad de Medicina y Odontología.

Universitat de València

Resumen

El éxito de los programas de entrenamiento abdominal depende de múltiples factores, principalmente, del número y tipo de ejercicios utilizados, del tipo y velocidad de contracción muscular y de la intensidad, volumen y frecuencia del entrenamiento. El objetivo de nuestro trabajo es revisar estos factores y aportar información para la prescripción de programas de entrenamiento abdominal. Según los trabajos existentes en la literatura, cada sesión debe combinar varios tipos de ejercicios: ejercicios de flexión del tronco para el desarrollo del rectus abdominis, ejercicios de rotación y de flexión lateral para el desarrollo de los músculos oblicuos y ejercicios de estabilización para mejorar la función abdominal estabilizadora. Se recomienda la utilización de intensidades elevadas (pesas, máquinas de musculación, etc.) con el objeto de desarrollar la fuerza abdominal y grandes volúmenes de entrenamiento (15-30 repeticiones por serie o más) para el incremento de la resistencia. Generalmente, se realizan tres sesiones de entrenamiento semanales en días alternos, aunque dos sesiones podrían ser suficientes para el acondicionamiento de la musculatura abdominal en individuos no entrenados.

Palabras clave

Músculos abdominales, Ejercicios, Contracción muscular, Intensidad del entrenamiento, Volumen del entrenamiento, Frecuencia del entrenamiento.

Abstract

The success of the abdominal training programs depends mainly on the number and variety of exercises, type and velocity of muscle contraction, and the intensity, volume, and frequency of training. The purpose of this work is to review these factors and provide information for prescribing abdominal training programs. Current research indicates that each session should combine various types of exercises: trunk flexion exercises to develop the rectus abdominis muscle, rotation and lateral flexion exercises to develop the oblique muscles, and stabilization exercises to improve the abdominal stabilizing function. High intensity training (free-weights, resistance machines, etc.) is recommended to increase abdominal strength, and large training volumes (15-30 repetitions per set or more) to improve abdominal endurance. Usually, three training sessions a week take place on alternate days, although two may be sufficient for conditioning the abdominal muscles in untrained individuals.

Key words

Abdominal muscles, Exercises, Muscular contraction, Training intensity, Training volume, Training frequency.

Introducción

Los músculos de la pared abdominal participan en numerosas funciones, entre ellas, la prensa abdominal, la excreción del contenido de vísceras abdominales y pelvianas, la ventilación pulmonar y la movilización y estabilización del tronco (Monfort, 1998; Vera-García, 2002). La importancia funcional de esta musculatura, y en especial, su habilidad para estabilizar el raquis, ha despertado el interés de los investigadores por determinar el modo más adecuado para desarrollarla. Según

numerosos estudios, los programas de ejercicios abdominales son un medio efectivo para el incremento de la fuerza y de la resistencia muscular. El éxito de estos programas depende de múltiples factores, principalmente, del número y tipo de ejercicios utilizados, del tipo y velocidad de contracción muscular y de la intensidad, volumen y frecuencia del entrenamiento. El objetivo de nuestro trabajo es revisar estos factores y aportar información útil para la prescripción de programas de entrenamiento abdominal en diferentes ámbitos: deportivo,

educativo, recreativo, etc. Para ello, hemos recabado información en las bases de datos Med-line y Sport-discus (1970-Abril 2005) usando las siguientes palabras clave: “abdominal muscles”, “exercises”, “training intensity”, “training volume”, “training frequency”, “training velocity”, “muscular contraction”, “spinal stability”, “electrical stimulation” y “vibration”.

Ejercicios abdominales

Las sesiones de entrenamiento abdominal debería incluir varios ejercicios, ya que no existe una única tarea que cumpla dos criterios principales, es decir, producir un nivel de activación elevado en todos los músculos del abdomen y no ejercer un estrés importante en las estructuras raquídeas (Axler y McGill, 1997; Juker *et al.*, 1998; Knudson, 1999; Monfort, 1998). En general, la musculatura abdominal se activa durante la realización de ejercicios de flexión del tronco. No obstante, la disposición de las fibras de los músculos abdominales determina diferencias en su capacidad flexora. Según los resultados de estudios electromiográficos y mecánicos, el rectus abdominis es el flexor principal, ya que sus fibras musculares se acortan en la dirección de la flexión sagital del raquis (Andersson *et al.*, 1998; Axler y McGill, 1997; Juker *et al.*, 1998; Monfort, 1998; Thorstensson *et al.*, 1985; Vera-García, 2002; Whiting *et al.*, 1999). Por otro lado, la disposición de las fibras de los músculos obliquus externus e internus abdominis, favorece fundamentalmente los movimientos o posturas de rotación y flexión lateral (Axler y McGill, 1997; Ekholm *et al.*, 1979; Konrad *et al.*, 2001; McGill, 1991; Monfort, 1998; Thorstensson *et al.*, 1985). El transversus abdominis participa en la estabilización activa del tronco (Hodges, 1999; Hodges y Richardson, 1999), función donde los músculos oblicuos, y en especial, el obliquus internus abdominis, tienen también un papel relevante (Gardner-Morse y Stokes, 1998; Hodges y Richardson, 1999; Miller y Medeiros, 1987; Richardson y Toppenberg, 1990; Snijders *et al.*, 1998; Vera-García *et al.*, 2000). Atendiendo a las diferencias funcionales de los músculos del abdomen y a los resultados de diversos estudios electromiográficos y mecánicos, recomendamos la combinación de 3 grupos de ejercicios para la prescripción de programas de entrenamiento abdominal:

Grupo 1. Ejercicios de flexión del tronco para desarrollar el músculo rectus abdominis: encorvamiento

del tronco (*figura 1*), encorvamiento del tronco con giro (*figura 2*), etc. (Andersson *et al.*, 1998; Axler y McGill, 1997; Juker *et al.*, 1998; Monfort, 1998; Sarti *et al.*, 1996; Vera-García, 2002). Estos ejercicios generan los índices “reclutamiento abdominal versus compresión raquídea” mas altos (Axler y McGill, 1997). La incorporación del tronco (*figura 3*) es otra de las tareas que se han utilizado tradicionalmente para el fortalecimiento del rectus abdominis. Sin embargo, se ha demostrado que el ejercicio activa también los músculos de la cadera (Andersson *et al.*, 1998; Godfrey y Kindig, 1977; Juker *et al.*, 1998; Konrad *et al.*, 2001; McGill, 1995) y que durante su ejecución se producen grandes cargas y presiones en las estructuras raquídeas (Axler y McGill, 1997; McGill, 1995; Nachemson y Elfström, 1970). Todo ello, ha reducido drásticamente su utilización en la última década.

Grupo 2. Ejercicios de rotación y de flexión lateral para desarrollar los músculos oblicuos: encorvamiento del tronco con giro (*figura 2*), encorvamiento lateral del tronco (*figura 4*), apoyo lateral dinámico (*figura 5*), etc. (Axler y McGill, 1997; Ekholm *et al.*, 1979; Juker *et al.*, 1998; Konrad *et al.*, 2001; Monfort, 1998).

Grupo 3. Ejercicios de estabilización raquídea: apoyo lateral isométrico (*figura 5*), maniobra de hundimiento abdominal (*figura 6*), ejercicios sobre superficies inestables (*figura 7*), etc. (Axler y McGill, 1997; Juker *et al.*, 1998; O’Sullivan *et al.*, 1997; Richardson *et al.*, 1992; Vera-García *et al.*, 2000; Vezina y Hubley-Kozey, 2000). El apoyo o puente lateral isométrico ha adquirido una gran popularidad en los últimos años, ya que activa los músculos transversus, obliquus internus y obliquus externus abdominis sin producir grandes cargas de compresión en el raquis lumbar (Axler y McGill, 1997; Juker *et al.*, 1998). La maniobra de hundimiento abdominal ha sido utilizada con éxito en el tratamiento de pacientes con inestabilidad raquídea (O’Sullivan *et al.*, 1997), sin embargo, produce intensidades de contracción que podrían no ser suficientes para el fortalecimiento muscular en poblaciones sanas (Vezina y Hubley-Kozey, 2000). Con relación a las superficies inestables, la realización de ejercicios abdominales sobre pelotas suizas, plataformas basculantes, etc., exige una mayor participación del sistema de control motor con el objeto de estabilizar y equilibrar el tronco. No obstante, la ejecución de estas tareas puede someter al raquis lumbar a cargas demasiado elevadas para sujetos inexpertos o pacientes con lesiones raquídeas (Vera-García *et al.*, 2000).



Figura 1
Encorvamiento del tronco (del inglés "curl-up" o "crunch").



Figura 2
Encorvamiento del tronco con giro (del inglés "cross curl-up").



Figura 3
Incorporación del tronco (del inglés "sit-up"). Este ejercicio ejerce grandes fuerzas de compresión en el raquis.



Figura 4
Encorvamiento lateral del tronco (del inglés "side-lying curl-up").



Figura 5
Apoyo lateral dinámico (flecha) o isométrico (sin flecha) (del inglés "dynamic or static horizontal side support").



Figura 6
Maniobra de hundimiento abdominal (del inglés "abdominal drawing in maneuver"). El sujeto contrae la musculatura abdominal profunda para descender la parte inferior del abdomen en dirección al tórax. Se debe mantener un buen control de la respiración durante la ejecución del ejercicio.



Figura 7
Encorvamiento estático del tronco sobre pelota suiza.



Figura 8
Elevación de miembros inferiores (del inglés "straight leg raising"). Este ejercicio ejerce grandes fuerzas de compresión en el raquis. Si el sujeto no es capaz de mantener el raquis en una posición "neutral" durante la tarea, se recomienda modificar el ejercicio: reducir el rango de movimiento, elevar un solo miembro, etc.

Cuando se realiza la prescripción de un programa de ejercicios abdominales, el instructor de fitness, el entrenador o el profesor de Educación Física, debe combinar adecuadamente los diferentes ejercicios para obtener un beneficio máximo. A continuación presentamos algunas recomendaciones para la prescripción de ejercicios abdominales en diversos ámbitos:

Actividad Física y Salud. En ámbitos relacionados con el fitness y la salud, es conveniente utilizar ejercicios que activen los músculos del abdomen sin producir grandes fuerzas de compresión en el raquis. En nuestra opinión, la realización de encorvamientos del tronco (figuras 1, 2 y 4) y ejercicios de apoyo lateral (figura 5), es una combinación de tareas adecuada para las primeras fases del entrenamiento en poblaciones adultas. En fases de entrenamiento más avanzadas, recomendamos también la utilización de superficies inestables (figura 7).

Educación Física. Los ejercicios abdominales son tareas eficaces para el acondicionamiento muscular en poblaciones jóvenes (Vera-García, 2002). Sin embargo, la repetición de estas tareas es demasiado monótona y aburrida para su utilización como única forma de entrenamiento abdominal (Bell y Laskin, 1985), lo que puede reducir la frecuencia del entrenamiento y favorecer el abandono de su práctica (Vera-García, 2002). La combinación de ejercicios abdominales y juegos motores podría crear actitudes más favorables hacia la actividad física y aumentar la adherencia a los programas de entrenamiento abdominal. En este sentido, juegos como “la carretilla” y “el hula hop” pueden producir niveles de intensidad de contracción adecuados para el desarrollo de la fuerza y de la resistencia de los músculos referidos (Vera-García *et al.*, 2005). No obstante, es necesario realizar trabajos de investigación que valoren las cargas ejercidas en el raquis durante la ejecución de estas tareas y determinar si son realmente eficaces, tanto para el acondicionamiento de los músculos del abdomen, como para el incremento de la adherencia a los programas de entrenamiento abdominal.

Rendimiento Deportivo. En el deporte profesional, se recomienda la utilización de ejercicios que reproduzcan los requerimientos del deporte, es decir, ejercicios mecánica y estructuralmente similares a los movimientos y las posturas que los deportistas profesionales realizan durante la competición (Müller *et al.*, 2000; Norris, 1993). Así, por ejemplo, en los deportes en los cuales se ejecutan múltiples acciones de flexión de cadera (karate, fútbol, remo, etc.), es adecuado utilizar ejercicios

como las elevaciones de miembros inferiores y las incorporaciones del tronco (figuras 8 y 3). No obstante, se deben tomar ciertas precauciones, ya que los ejercicios referidos producen cargas elevadas en el raquis (Axler y McGill, 1997; McGill, 1995; Nachemson y Elfström, 1970), lo que desaconseja su utilización en otros ámbitos (educación, salud, etc.). En este sentido, es importante que los deportistas no padezcan alteraciones raquídeas o síndrome de dolor lumbar y que sean capaces de mantener la columna en una posición “neutral” durante la ejecución. Asimismo, se recomienda alternar estos ejercicios con otros que no sometan a las estructuras raquídeas a cargas elevadas (encorvamiento del tronco, apoyo lateral dinámico, etc.), aunque no se ajusten específicamente a la acción o acciones propias del deporte.

Cuando los ejercicios abdominales no se realizan dentro de sesiones de entrenamiento específicas para esta musculatura, sino combinados con otras tareas en sesiones de entrenamiento deportivo, clases de Educación Física, sesiones de fitness, etc., no es adecuado incluirlos al principio de la sesión (Knudson, 1999), ya que la fatiga abdominal puede influir negativamente en la ejecución de otras tareas donde se requiere un buen control y una adecuada estabilización del tronco (Sparto *et al.*, 1997; Van Dieën, 1996).

Otro aspecto al que se debe prestar atención, es el correcto aprendizaje de los ejercicios. En este sentido, se ha demostrado, que la habilidad de una persona para realizar un ejercicio abdominal influye en la intensidad de la contracción muscular (Sarti *et al.*, 1996). Durante el proceso de aprendizaje, es conveniente que las explicaciones estén adaptadas al nivel de comprensión de los participantes. Cuando la ejecución de un ejercicio es complicada (inclinación posterior de la pelvis, maniobra de hundimiento abdominal, etc.), se recomienda proporcionar información multisensorial sobre los segmentos corporales a desplazar o los músculos a contraer (Kennedy, 1980; Miller y Medeiros, 1987; Monfort, 1998; Norris, 1993). Así, durante el aprendizaje de un ejercicio de gran dificultad, un deportista puede requerir información verbal y táctil por parte de su entrenador e información visual mediante la utilización de espejos.

Tipo y velocidad de la contracción muscular

Tanto la fuerza, como la resistencia muscular, pueden ser desarrolladas por medio de ejercicios dinámicos

o estáticos (Has *et al.*, 2001). Ambos tipos de ejercicios tienen ventajas y limitaciones. Así, por ejemplo, a diferencia con los ejercicios dinámicos, los ejercicios isométricos pueden ser utilizados por personas con movilidad limitada (Fleck y Schutt, 1983) y la ausencia de movimiento reduce las fuerzas de compresión y cizalla en el raquis (Davis y Marras, 2000; Granata y Marras, 1995a, 1995b). Sin embargo, las contracciones isométricas y la maniobra de Valsalva producen un gran incremento de la presión arterial (Enoka, 1994; Grillner *et al.*, 1978; MacDougall *et al.*, 1985; Petrofsky y Phillips, 1986) y la repetición de ejercicios isométricos puede reducir la motivación de los participantes (Fleck y Schutt, 1983). El profesor de Educación Física, el monitor de fitness, el entrenador, etc., elegirán métodos dinámicos, estáticos o mixtos en función de sus objetivos y de las características de los participantes. Actualmente, se recomienda la combinación de ejercicios dinámicos y estáticos para el acondicionamiento de la musculatura abdominal en poblaciones sanas (Knudson, 1999; Monfort, 1998) y la realización de ejercicios de estabilización del tronco en pacientes con inestabilidad raquídea (Elia *et al.*, 1996; Kennedy, 1980; O'Sullivan *et al.*, 1997; Richardson *et al.*, 1992; Richardson y Toppenberg, 1990; Souza *et al.*, 2001; Vezina y Hubleby-Kozey, 2000).

La velocidad de ejecución de los ejercicios dinámicos es otro de los factores a tener en cuenta en el diseño de programas de entrenamiento abdominal, ya que influye tanto en la activación de los músculos del tronco como en las cargas ejercidas en la columna vertebral. Según los resultados de diferentes trabajos experimentales, durante la realización de movimientos de flexo-extensión del tronco, el aumento de la velocidad incrementa la intensidad de la contracción de los músculos del abdomen (Kim y Marras, 1987; Thorstensson *et al.*, 1985; Vera-García, 2002) y la duración de la contracción en relación con la duración total del movimiento (Godfrey y Kindig, 1977). No tenemos constancia de estudios que analicen la influencia de la velocidad de los ejercicios abdominales sobre las fuerzas de compresión y cizalla en el raquis. Sin embargo, estudios realizados en postura erecta, indican que el incremento de la velocidad de movilización del tronco tiene un impacto significativo sobre las cargas ejercidas en la columna y el riesgo de lesión (Davis y Marras, 2000; Granata y Marras, 1995a, 1995b). Por todo ello, a falta de nuevos trabajos experimentales, si el objetivo de un programa de entrenamiento abdominal es el mantenimiento o la mejora de la salud del raquis lumbar, recomendamos la utilización de métodos que combinen la realización de ejercicios estáti-

cos y ejercicios dinámicos ejecutados a velocidad lenta o moderada. Por el contrario, si el objetivo es incrementar la velocidad de movilización del tronco para mejorar la ejecución deportiva (lanzamientos, fintas, golpes, etc.), los ejercicios deberían ser realizados a gran velocidad, ya que los efectos del entrenamiento son específicos de la velocidad de ejecución utilizada (Kanehisa y Miyashita, 1983a, 1983b; Narici *et al.*, 1989).

Intensidad y volumen del entrenamiento

El volumen, o duración del esfuerzo, define la cantidad de entrenamiento abdominal, es decir, el número de series y de repeticiones de los ejercicios utilizados en cada una de las sesiones. Por otro lado, la intensidad del entrenamiento hace referencia al nivel de esfuerzo exigido por los ejercicios, el cual se gradúa, principalmente, gracias a la utilización de pesas (Cerny, 1991), máquinas de fortalecimiento abdominal (Cresswell *et al.*, 1994; DeMichele *et al.*, 1997; Smidt *et al.*, 1989; Thomas y Ridder, 1989), tablas inclinadas (Thomas y Ridder, 1989) y cambios en la colocación de los miembros (Bell y Laskin, 1985; Hemborg *et al.*, 1983). También se utilizan aparatos o estaciones comerciales, aunque su uso no siempre incrementa la intensidad de la contracción muscular (Beim *et al.*, 1997; Demont *et al.*, 1999; Whiting *et al.*, 1999).

Es bien conocido, que la intensidad del entrenamiento es un factor fundamental para el desarrollo de la fuerza muscular, mientras que el volumen del entrenamiento es más importante para el desarrollo de la resistencia (Feigenbaum y Pollock, 1999; Has *et al.*, 2001). Según los resultados de diferentes estudios, en los programas de entrenamiento abdominal en los que se aplican intensidades elevadas mediante pesas, máquinas de musculación, etc., y se realizan pocas repeticiones de uno o varios ejercicios (normalmente no más de 10 repeticiones por serie), se desarrolla principalmente la fuerza muscular (Cerny, 1991; Cresswell *et al.*, 1994; DeMichele *et al.*, 1997; Hemborg *et al.*, 1983; Smidt *et al.*, 1989). Por el contrario, en aquellos en los que no se utilizan pesas o cargas externas, se realizan muchas repeticiones (generalmente 15-30 o más) y los periodos de descanso son breves, se suelen producir mejoras en la resistencia (Bell y Laskin, 1985; Cerny, 1991; Vera-García, 2002). Si deseamos desarrollar la fuerza y la resistencia muscular conjuntamente, se recomienda la realización de 8 a 12 repeticiones máximas por serie (Has *et al.*, 2001).

Según McDonagh y Davies (1984), para que se produzca un aumento de la fuerza máxima durante el proceso de entrenamiento, los músculos deben ser activados a una intensidad mínima del 66% de la capacidad máxima. Asimismo, Andersson *et al.* (1998) y McArdle *et al.* (1995), sitúan este nivel de intensidad en un rango que oscila entre el 60 y el 70% y entre el 60 y el 80%, respectivamente. Por el contrario, durante la realización de ejercicios de flexión del tronco (encorvamientos, incorporaciones, etc.), se moviliza el peso de la parte superior del cuerpo, lo que supone niveles de intensidad de contracción abdominal que no suelen superar el 50% de la EMG máxima (Andersson *et al.*, 1998; Juker *et al.*, 1998; Knudson, 1999; Konrad *et al.*, 2001; McGill, 1995; Vera-García, 2002).

Frecuencia del entrenamiento

La frecuencia es una variable importante de los programas de entrenamiento abdominal (DeMichele *et al.*, 1997; Vera-García, 2002). La recuperación muscular entre sesiones debe ser suficiente para permitir las adaptaciones y evitar el sobreentrenamiento, pero no tan extensa como para favorecer el desentrenamiento (Feigenbaum y Pollock, 1999; Has *et al.*, 2001). Generalmente, se utilizan frecuencias de dos o tres sesiones de entrenamiento a la semana para el desarrollo de la fuerza o de la resistencia muscular en individuos no entrenados previamente (Has *et al.*, 2001). No obstante, no existe una única frecuencia de entrenamiento adecuada para todos los grupos musculares (Braith *et al.*, 1989; DeMichele *et al.*, 1997; Graves *et al.*, 1990; Pollock *et al.*, 1993; Sorichter *et al.*, 1997; Taaffe *et al.*, 1999; Tucci *et al.*, 1991; Vera-García, 2002). En la literatura científica, la mayoría de los programas de entrenamiento abdominal utilizan frecuencias de tres sesiones semanales en días alternos (Bell y Laskin, 1985; Cresswell *et al.*, 1994; Demont *et al.*, 1999; Mens *et al.*, 2000; Smidt *et al.*, 1989; Thomas y Ridder, 1989; Vera-García, 2002). Sin embargo, dos sesiones podrían ser suficientes para el acondicionamiento de la musculatura abdominal en personas no entrenadas (DeMichele *et al.*, 1997; Vera-García, 2002).

No tenemos constancia de la existencia de estudios que muestren la frecuencia de entrenamiento más adecuada para el desarrollo de la fuerza o de la resistencia abdominal en individuos experimentados. Por ello, remitimos al lector a las indicaciones del American College of Sports Medicine (2002). Según esta institución, en fa-

ses de entrenamiento avanzadas, los beneficios alcanzados por programas de fortalecimiento muscular pueden ser mantenidos mediante la utilización de frecuencias de entrenamiento bajas (1-2 sesiones/semana).

Nuevas tendencias

En los últimos años, métodos y sistemas de entrenamiento innovadores están siendo introducidos en los programas de fortalecimiento abdominal. Algunos de los más utilizados actualmente son la electroestimulación, los sistemas vibratorios y los ejercicios sobre superficies inestables, comentados anteriormente. Como todo medio para desarrollar la musculatura abdominal, estas nuevas formas de entrenamiento tienen ventajas y limitaciones, algunas de las cuales comentamos a continuación.

La electroestimulación consiste en la generación artificial de potenciales de acción en las ramas nerviosas intramusculares, preferentemente las de mayor tamaño (Enoka, 1994). Su uso adecuado produce importantes adaptaciones histoquímicas y metabólicas en los músculos esqueléticos (Pérez *et al.*, 2002; Vinge *et al.*, 1996). En el entrenamiento deportivo, se ha utilizado eficazmente tanto para el desarrollo de la fuerza y de la resistencia muscular, como para la mejora de la ejecución deportiva (Brocherie *et al.*, 2005; Enoka, 1994; Maffiuletti *et al.*, 2000). Asimismo, la estimulación eléctrica de la musculatura del abdomen en pacientes con lesiones medulares, puede facilitar la ventilación pulmonar (Langbein *et al.*, 2001), el mecanismo de la tos (Zupan *et al.*, 1997) y la defecación (Korsten *et al.*, 2004). Con relación al entrenamiento abdominal, no tenemos constancia de la existencia de un gran número de trabajos experimentales. Alon *et al.* (1987) compararon un protocolo de electroestimulación con un programa de encorvamientos del tronco en personas no entrenadas previamente. Según sus resultados, la electroestimulación puede incrementar la fuerza de los músculos del abdomen, especialmente si se combina con ejercicios abdominales. Por otro lado, un estudio desarrollado por Porcari *et al.* (2002) rechaza la utilidad de los electroestimuladores comerciales para la reducción localizada de grasa subcutánea abdominal y la mejora de la apariencia física. Asimismo, durante el uso de este tipo de aparatos se ha registrado un caso de colitis isquémica en una persona de edad avanzada (Tsujiyamoto *et al.*, 2004) y dos casos de alteraciones en el funcionamiento de desfibriladores cardioversores subcutáneos en pacientes con arritmias ventriculares (Wayar *et al.*, 2003). Nuevos trabajos de investigación son nece-

sarios para conocer adecuadamente los efectos de la utilización de los electroestimuladores sobre el organismo.

La estimulación mecánica mediante vibraciones es otro de los nuevos métodos que se están estudiando para el desarrollo de los músculos esqueléticos y el hueso. La vibroestimulación como método de entrenamiento consiste en aplicar al cuerpo humano, temblores o sacudidas de diferente aceleración y amplitud a través de plataformas vibratorias. Aunque no conocemos estudios sobre el efecto de la vibroestimulación en la musculatura abdominal y la estabilización del raquis, los trabajos realizados con este método han dado resultados positivos en el incremento de la actividad neuromuscular, la fuerza y la velocidad de contracción de la musculatura de los miembros inferiores (Bosco *et al.*, 1998, 1999a, y 1999b; Cardinale y Lim, 2003; Torvinen *et al.*, 2002 y 2003), la fuerza de la musculatura extensora del raquis (Rittweger *et al.*, 2002), la postura (Bluthner, Seidel y Hinz 2002) y el equilibrio corporal (Torvinen *et al.* 2002). Todas estas mejoras están relacionadas con el uso de vibraciones a bajas frecuencias (20 Hz) y reducido tiempo de aplicación (cinco minutos) (Cardinale y Lim, 2003). Sin embargo, se debe seguir estudiando el efecto de las vibraciones sobre la salud de los seres humanos ya que, por ejemplo, en el ámbito ocupacional se ha demostrado que las vibraciones mecánicas están relacionadas con la fatiga muscular (Rittweger *et al.*, 2002) y las patologías raquídeas (Guo *et al.*, 2005; Kumar *et al.*, 1999).

Bibliografía

- Alon, G.; McCombe, S. A.; Koutsantonis, S.; Stumphauzer, L. J., Burgwin, K. C.; Parent, M. M. y Bosworth, R. A. (1987). Comparison of the effects of electrical stimulation and exercise on abdominal musculature. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 8, 567-573.
- American College of Sports Medicine. (2002). Position stand: Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34, 364-380.
- Andersson, E. A.; Ma, Z. y Thorstenson, A. (1998). Relative EMG levels in training exercises for abdominal and hip flexor muscles. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 30, 175-183.
- Axler, C. T. y 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, 804-811.
- Beim, G. M.; Giraldo, J. L.; Pincivero, D. M., Borrer, M. J. y Fu, F. H. (1997). Abdominal strengthening exercises: a comparative EMG study. *Journal of Sport Rehabilitation*, 6, 11-20.
- Bell, R. D. y Laskin, J. (1985). The use of curl-up variations in the development of abdominal musculature strength and endurance by post 50-year-old volunteers. *Journal of Movement Studies*, 11, 319-324.
- Bluthner, R.; Seidel, H. y Hinz, B. (2002). Myoelectric response of back muscles to vertical random whole-body vibration with different magnitudes at different postures. *Journal of Sound and Vibration*, 253(1), 37-56.
- Bosco, C.; Cardinale, M.; Colli, R.; Tihanyi, J.; Von Duvillard, S. P. y Viru, A. (1998). The influence of whole body vibration on jumping ability. *Biology of Sport*, 15, 157-164.
- Bosco, C.; Cardinale, M. y Tsarpela, O. (1999a). Influence of vibration on mechanical power and electromyogram activity in human arm flexor muscles. *European Journal of Applied Physiology*, 79, 306-311.
- Bosco, C.; Colli, R.; Introini, E.; Cardinale, M.; Tsarpela, O.; Madella, A.; Tihanyi, J. y Viru, A. (1999b). Adaptive responses of human skeletal muscle to vibration exposure. *Clinical Physiology*, 19, 183-187.
- Braith, R. W.; Graves, J. E.; Pollock, M. L.; Leggett, S. L.; Carpenter, D. M. y Colvin, A. B. (1989). Comparison of two versus three days per week of variable resistance training during 10 and 18 week programs. *International Journal of Sports Medicine*, 10, 450-454.
- Brocherie, F.; Babault, N.; Cometti, G.; Maffiuletti, N. y Chatard, J. C. (2005). Electrostimulation training effects on the physical performance of ice hockey players. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37, 455-460.
- Cardinale, M. y Lim, J. (2003). The acute effects of two different whole body vibration frequencies on vertical jump performance. *Medicina dello Sporto*, 56, 287-292.
- Cerny, K. (1991). Do curl-up exercises improve abdominal muscle strength? *Journal of Human Muscle Performance*, 1, 37-47.
- Cresswell, A. G.; Blake, P. L. y Thorstenson, A. (1994). The effect of an abdominal muscle training program on intra-abdominal pressure. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 26, 79-86.
- Davis, K. G. y Marras, W. S. (2000). The effects of motion on trunk biomechanics. *Clinical Biomechanics*, 15, 703-717.
- DeMichele, P. L.; Pollock, M. L.; Graves, J. E.; Foster, D. N.; Carpenter, D.; Garzarella, L.; Brechue, W. y Fulton, M. (1997). Isometric torso rotation strength: effect of training frequency on its development. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 78, 64-69.
- Demont, R. G.; Lephart, S. M.; Giraldo, J. L.; Giannantonio, F. P.; Yuktanandana, P. y Fu, F.H. (1999). Comparison of two abdominal training devices with an abdominal crunch using strength and EMG measurements. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 39, 253-258.
- Ekholm, J.; Arborelius, U.; Fahlcrantz, A.; Larsson, A. M. y Mattson, G. (1979). Activation of abdominal muscles during some physiotherapeutic exercises. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 11, 75-84.
- Elia, D. S., Bohannon, R. W.; Cameron, D. y Albro, R. C. (1996). Dynamic pelvic stabilization during hip flexion: a comparison study. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 24, 30-36.
- Enoka, R. M. (1994). *Neuromechanical Basis of Kinesiology*. Champaign, Illinois, USA: Human Kinetics Publishers.
- Feigenbaum, M. S. y Pollock, M.L. (1999). Prescription of resistance training for health and disease. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31, 38-45.
- Fleck, S. J. y Schutt, R. C. (1983). Types of strength training. *Orthopedic Clinics of North America*, 14, 449-458.

- Gardner-Morse, M. G. y Stokes, I. A. F. (1998). The effects of abdominal muscle coactivation on lumbar spine stability. *Spine*, 23, 86-92.
- Godfrey, K. y Kindig, L. (1977). Electromyographic study of duration of muscle activity in sit-up variations. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 58, 132-135.
- Granata, K. P. y Marras, W. S. (1995a). An EMG-assisted model of trunk loading during free-dynamic lifting. *Journal of Biomechanics*, 28, 1309-1317.
- (1995b). The influence of trunk muscle coactivity on dynamic spinal loads. *Spine*, 20, 913-919.
- Graves, J. E.; Pollock, M. L.; Foster, D.; Leggett, S. H.; Carpenter, D. M.; Vuoso, R. y Jones, A. (1990). Effect of training frequency and specificity on isometric lumbar extension strength. *Spine*, 15, 504-509.
- Grillner, S.; Nilsson, J. y Thorstensson, A. (1978). Intra-abdominal pressure changes during natural movements in man. *Acta Physiologica Scandinavica*, 103, 275-283.
- Guo, L. X., Teo, E. C.; Lee, K. K. y Zhang Q. H. (2005). Vibration characteristics of the human spine under axial cyclic loads: effect of frequency and damping. *Spine*, 30, 631-637.
- Has, C. J.; Feigenbaum, M. S. y Franklin, B. A. (2001). Prescription of resistance training for healthy populations. *Sports Medicine*, 31, 953-964.
- Hemborg, B.; Mortiz, U.; Hamberg, J.; Löwing, H. y Akesson, I. (1983). Intra-abdominal pressure and trunk muscle activity during lifting. Effect of abdominal muscle training in healthy subjects. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 15, 183-196.
- Hodges, P. W. (1999). Is there a role for transversus abdominis in lumbo-pelvic stability? *Manual Therapy*, 4, 74-86.
- Hodges, P. W. y Richardson, C. (1999). Altered trunk muscle recruitment in people with low back pain with upper limb movement at different speeds. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 80, 1005-1012.
- Juker, D.; McGill, S. M.; Kropf, P. y Steffen, T. (1998). Quantitative intramuscular myoelectric activity of lumbar portions of psoas and the abdominal wall during a wide variety of tasks. *Medicine y Science in Sports y Exercise*, 30, 301-310.
- Kanehisa, H. y Miyashita, M. (1983a). Effect of isometric and isokinetic muscle training on static strength and dynamic power. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 50, 365-371.
- (1983b). Specificity of velocity in strength training. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 52, 104-106.
- Kennedy, B. (1980). An Australian programme for management of back problems. *Physiotherapy*, 66, 108-111.
- Kim, J. Y. y Marras, W. S. (1987). Quantitative Trunk muscle Electromyography during lifting at different speeds. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 1, 219-229.
- Knudson, D. (1999). Issues in abdominal fitness: testing and technique. *Journal of Physical Education, Recreation y Dance*, 70, 49-55,64.
- Konrad, P.; Schmitz, K. y Denner, A. (2001). Neuromuscular evaluation of trunk-training exercises. *Journal of Athletic Training*, 36, 109-118.
- Korsten, M. A.; Fajardo, N. R.; Rosman, A. S.; Creasey, G. H., Spungen, A. M. y Bauman, W. A. (2004). Difficulty with evacuation after spinal cord injury: colonic motility during sleep and effects of abdominal wall stimulation. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 41, 95-100.
- Kumar, A.; Varghese, M.; Mohan, D.; Mahajan, P.; Gulati, P. y Kale, S. (1999). Effects of whole-body vibration on the low back. A study of tractor-driving farmers in north India. *Spine*, 24, 2506-2515.
- Langbein, W. E.; Maloney, C.; Kandare, F.; Stanic, U.; Nemchausky, B. y Jaeger, R. J. (2001). Pulmonary function testing in spinal cord injury: effects of abdominal muscle stimulation. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 38, 591-597.
- MacDougall, J. D.; Tuxen, D.; Sale, D. G.; Moroz, J. R. y Sutton, J. R. (1985). Arterial blood pressure response to heavy resistance training. *Journal of Applied Physiology*, 58, 785-790.
- Maffiuletti, N. A.; Cometti, G.; Amiridis, I. G.; Martin, A.; Pousson, M. y Chatard, J.C. (2000). The effects of electromyostimulation training and basketball practice on muscle strength and jumping ability. *International Journal of Sports Medicine*, 21, 437-443.
- McArdle, W.; Katch, F. y Daatch, V. (1995). *Fisiología del ejercicio. Energía, nutrición y rendimiento humano*. Madrid, Spain: Alianza Deporte.
- McDonagh, M. J. N. y Davies, C. T. M. (1984). Adaptive response of mammalian skeletal muscle to exercise with high loads. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 52, 139-155.
- McGill, S. M. (1991). Electromyographic activity of the abdominal and low back musculature during the generation of isometric and dynamic axial trunk torque: implications for lumbar mechanics. *Orthopaedic Research Society*, 9, 91-103.
- (1995). The mechanics of torso flexion: situps and standing dynamic flexion manoeuvres. *Clinical Biomechanics*, 10, 184-192.
- Mens, J. M.; Snijders, C. J. y Stam, H. J. (2000). Diagonal trunk muscle exercises in peripartum pelvic pain: a randomized clinical trial. *Physical Therapy*, 80, 1164-1173.
- Miller, M. y Medeiros, J. (1987). Recruitment of internal oblique and transversus abdominis muscles during the eccentric phase of the curl-up exercise. *Physical Therapy*, 67, 1213-1217.
- Monfort, M. (1998). *Musculatura del tronco en ejercicios de fortalecimiento abdominal*. Valencia, Spain: Servei de Publicacions de la Universitat de València.
- Müller, E.; Benko, U.; Raschner, C. y Schwameder, H. (2000). Specific fitness training and testing in competitive sports. *Medicine y Science in Sports y Exercise*, 32, 216-220.
- Nachemson, A. y Elfström, G. (1970). *Intravital dynamic pressure measurements in lumbar discs*. Stockholm, Sweden: Almqvist y Wilsell AB.
- Narici, M. V.; Roi, G. S.; Landoni, L.; Minetti, A. E. y Cerretelli, P. (1989). Changes in force, cross-sectional area and neural activation during strength training and detraining of the human quadriceps. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 59, 310-319.
- Norris, C. M. (1993). Abdominal muscle training in sport. *British Journal of Sports Medicine*, 27, 19-27.
- O'Sullivan, P.B., Twomey, L.T. y Allison, G.T. (1997). Evaluation of specific exercise in the treatment of chronic low back pain with radiological diagnosis of spondylolysis and spondylolisthesis. *Spine*, 22, 2959-2967.
- Pérez, M.; Lucia, A.; Rivero, J. L. L.; Serrano, A. L.; Calbet,

- J. A. L., Delgado, M. A. y Chicharro, J.L. (2002). Effects of transcutaneous short-term electrical stimulation on M. vastus lateralis characteristics of healthy young men. *Pflugers Archiv. European Journal of Physiology*, 443, 866-874.
- Petrofsky, J. S. y Phillips, C. A. (1986). The physiology of static exercise. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 14, 1-44.
- Pollock, M. L.; Graves, J. E.; Bamman, M. M.; Leggett, S. H.; Carpenter, D. M., Carr, C.; Cirulli, J.; Matkozych, J. y Fulton, M. (1993). Frequency and volume of resistance training: effect on cervical extension strength. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 74, 1080-1086.
- Porcari, J. P.; McLean, K. P.; Foster, C.; Kernozek, T.; Crenshaw, B. y Swenson, C. (2002). Effects of electrical muscle stimulation on body composition, muscle strength, and physical appearance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 16, 165-172.
- Richardson, C. y Toppenberg, R. (1990). An initial evaluation of eight abdominal exercises for their ability to provide stabilisation for the lumbar spine. *Australian Journal of Physiotherapy*, 36, 6-11.
- Richardson, C.; Jull, G.; Toppemberg, R. y Comerford, M. (1992). Techniques for active lumbar stabilisation for spinal protection: a pilot study. *Australian Journal of Physiotherapy*, 38, 105-112.
- Rittweger, J.; Just, K.; Kautzsch, K.; Reeg, P. y Felsenberg, D. (2002). Treatment of chronic lower back pain with lumbar extension and whole-body vibration exercise. A randomized controlled trial. *Spine*, 27, 1829-34.
- Sarti, M. A.; Monfort, M.; Fuster, M. A. y Villaplana, L. A. (1996). Muscle activity in upper and lower rectus abdominis during abdominal exercises. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 77, 1293-1297.
- Smidt, G. L.; Blanpied, P. R. y White, R. W. (1989). Exploration of mechanical and electromyographic responses of trunk muscles to high-intensity resistive exercise. *Spine*, 14, 815-30.
- Snijders, C. J.; Ribbers, M. T. L. M.; Baker, H. V., Stoekart, R. y Stam, H.J. (1998). EMG recording of abdominal and back muscles in various standing postures: validation of a biomechanical model on sacroiliac joint stability. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 8, 205-214.
- Sorichter, S.; Mair, J.; Koller, A.; Secnik, P.; Parrak, V.; Haid, C. Muller, E. y Puschendorf, B. (1997). Muscular adaptation and strength during the early phase of eccentric training: influence of the training frequency. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29, 1646-1652.
- Souza, G. M.; Baker, L. L. y Powers, C. M. (2001). Electromyographic activity of selected trunk muscles during dynamic spine stabilization exercises. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 82, 1551-1557.
- Sparto, P. J.; Parnianpour, M.; Reinsel, T. E. y Simon, S. (1997). The effect of fatigue on multijoint kinematics, coordination, and postural stability during a repetitive lifting test. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 25, 3-12.
- Taaffe, D. R.; Duret, C.; Wheeler, S. y Marcus, R. (1999). Once-weekly resistance exercise improves muscle strength and neuromuscular performance in older adults. *Journal of the American Geriatrics Society*, 47, 1208-1214.
- Thomas, T. R. y Ridder, M. B. (1989). Resistance exercise program effects on abdominal function and physique. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 29, 45-48.
- Thorstensson, A.; Oddsson, L. y Carlson, H. (1985). Motor control of voluntary trunk movements in standing. *Acta Physiologica Scandinavica*, 125, 309-321.
- Torvinen, S.; Kannus, P.; Sievanen, H.; Jarvinen, T. A.; Pasanen, M.; Kontulainen, S.; Jarvinen, T. L.; Jarvinen, M.; Oja P. y Vuori I. (2002). Effect of a vibration exposure on muscular performance and body balance. Randomized cross-over study. *Clinical Physiology & Functional Imaging*, 22, 145-152.
- Torvinen, S.; Kannus, P.; Sievanen, H.; Jarvinen, T. A.; Pasanen, M.; Kontulainen, S.; Nenonen, A.; Jarvinen, T. L.; Paakkala, T.; Jarvinen, M. y Vuori I. (2003). Effect of 8-month vertical whole body vibration on bone, muscle performance, and body balance: a randomized controlled study. *Journal of Bone and Mineral Research*, 18, 876-884.
- Tsujimoto, T.; Takano, M.; Ishikawa, M.; Tsuruzono T.; Matsumura, Y.; Kitano, H.; Yoneda, S.; Yoshiji, H.; Yamao, J. y Fukui, H. (2004). Onset of ischemic colitis following use of electrical muscle stimulation (EMS) exercise equipment. *Internal Medicine*, 43, 693-695.
- Tucci, J. T.; Carpenter, D. M.; Pollock, M. L.; Graves, J. E. y Leggett, S. H. (1991). Effect of reduced frequency of training and detraining on lumbar extension strength. *Spine*, 17, 1497-1501.
- Van Dieën, J. H. (1996). Asymmetry of erector spinae muscle activity in twisted postures and consistency of muscle activation patterns across subjects. *Spine*, 21, 2651-2661.
- Vera-García, F. J. (2002). *Adaptaciones neuromusculares tras un programa de entrenamiento abdominal dinámico y otro estático*. Valencia, Spain: Servei de Publicacions de la Universitat de València.
- Vera-García, F. J.; Grenier, S. G. y McGill, S. M. (2000). Abdominal response during curl-ups on both stable and labile surfaces. *Physical Therapy*, 80, 564-569.
- Vera-García, F. J.; López Elvira, J. L.; Alonso Roque, J. I., Flores-Parodi, B.; Arroyo Fenoll, N. y Sarti Martínez, M. A. (2005). Juegos Motores. Una alternativa para fortalecer los músculos del abdomen. *Apunts Educación Física y Deportes* (79), 80-85.
- Vezina, M. J. y Hubley-Kozey, C. L. (2000). Muscle activation in therapeutic exercises to improve trunk stability. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 81, 1370-1379.
- Vinge, O.; Edvardsen, L.; Jensen, F., Jensen, F. G., Wernerman, J. y Kehlet, H. (1996). Effect of transcutaneous electrical muscle stimulation on postoperative muscle mass and protein synthesis. *British Journal of Surgery*, 83, 360-363.
- Wayar, L.; Mont, L.; Silva, R. M. F. L.; Alvarenga, N.; Fosch, X.; Castro, J. y Brugada, J. (2003). Electrical interference from an abdominal muscle stimulator unit on an implantable cardioverter defibrillator: report of two consecutive cases. *Pace*, 26, 1292-1293.
- Whiting, W. C.; Rugg, S.; Coleman, A. y Vincent, W. J. (1999). Muscle activity during sit-ups using abdominal exercise devices. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 13, 339-345.
- Zupan, A.; Savrin, R.; Erjavec, T.; Kralj, A.; Karcnick, T.; Skorjanc, T.; Benko, H. y Obreza, P. (1997). Effects of respiratory muscle training and electrical stimulation of abdominal muscles on respiratory capabilities in tetraplegic patients. *Spinal Cord*, 35, 540-545.