

Article

Análisis Electromiográfico de la Activación de la Musculatura Abdominal y de la Zona Baja de la Espalda, Durante Ejercicios Abdominales Realizados en un Dispositivo de Bio-Retroalimentación Objetiva

Katie Sell¹, Jamie Ghigiarelli¹, Jayne Kitsos¹, Jeanmarie Burke² y Steven Yeomans³

¹Department of Health Professions and Kinesiology, Hofstra University, Hempstead, NY, Estados Unidos.

²Department of Research and Development, Medical Services, Athletic Club of Bilbao, Basque Country, España.

³Yeomans-Edinger Chiropractic Center SC, Ripon, WI.

RESUMEN

Los dispositivos para el entrenamiento del núcleo son equipos comunes en los gimnasios. Sin embargo está en discusión la eficacia de tales dispositivos para producir mejoras en la función de los músculos del núcleo que sean superiores a las producidas por las metodologías convencionales. El propósito de este estudio fue comparar la activación de los músculos abdominales y de la zona lumbar durante ejercicios abdominales comunes utilizando un dispositivo para abdominales (AB-Inforcer®; AB-I) y una colchoneta convencional de ejercicios (MT). Cincuenta y tres adultos (30 hombres, 23 mujeres; 25 ± 4,7 años; 74,9 ± 13,3 kg; 172,7 ± 9,1 centímetros) participaron voluntariamente en este estudio. Se determinó la actividad media electromiográfica (EMG) de las regiones superiores e inferiores del recto abdominal (URA y LRA, respectivamente), y de los músculos oblicuo externo (EO) y paraespinal (PS) durante tres ejercicios realizados en el AB-I y en la colchoneta (MT). Cada participante realizó cinco repeticiones de los siguientes ejercicios: (1) abdominal tradicional; (2) tijeras de piernas; y (3) elevación y descenso bilateral de piernas. Todos los ejercicios fueron realizados con el AB-I provocaron una activación media de EMG significativamente mayor para el lado derecho e izquierdo de URA, LRA y en el lado derecho del musculo EO ($P < 0,001$). Los ejercicios de tijeras de piernas y de elevación y descenso bilateral de piernas realizados en el AB-I produjeron una activación EMG significativamente mayor bilateralmente en el EO ($P < 0,001$), pero ésta no fue significativamente mayor con las abdominales ($P > 0,05$). No se observaron diferencias significativas entre el AB-I y MT en los músculos PS durante ninguno de los tres ejercicios ($P > 0,05$). La resistencia adicional y la retroalimentación (*feedback*) proporcionadas por el AB-I pudieron haber facilitado el aumento en la activación del músculo abdominal provocada por el AB-I que se observó en este estudio. Es necesario que las investigaciones continúen para investigar con más detalle el uso del AB-I como dispositivo de entrenamiento abdominal, el cual podría ser utilizado por los practicantes de entrenamiento físico y los practicantes terapéuticos para el entrenamiento del núcleo deporte-específico o de rehabilitación. Palabras claves: Ejercicio abdominal, dispositivo de entrenamiento, activación muscular, electromiografía.

INTRODUCCION

El complejo lumbopélvico-cadera o musculatura del núcleo provee un sostén esencial para el movimiento determinado de la cadena cinética completa (9,14). La musculatura del núcleo y su función ha sido descrita a fondo en la literatura previa (9,17,18,21). Las mejoras en la fuerza y estabilidad del núcleo pueden beneficiar la agilidad, equilibrio, coordinación del movimiento y producción de fuerza (11), así como reducir la probabilidad de lesiones y la incidencia del dolor en la zona baja de la espalda (3,8,15,16,21). Por consiguiente, en los últimos años el entrenamiento del núcleo se ha vuelto un componente integral de los programas de acondicionamiento y rehabilitación, implementados por los entrenadores de fuerza y acondicionamiento, entrenadores deportivos, entrenadores personales y los terapeutas físicos (2,13,21).

La musculatura del núcleo es indispensable para: (a) facilitar el control del tronco durante el movimiento dinámico; (b) ayudar a mantener el control postural; (c) perfeccionar el traslado de energía a través de la cadena cinética; y (d) resistir un movimiento no deseado del tronco/cuerpo contra una fuerza dada (7,15). Para generar mejoras en la musculatura del núcleo, los músculos blanco deben activarse adecuadamente. La activación y la estabilización del núcleo se pueden evidenciar cuando una combinación de músculos del suelo pelviano, el transverso abdominal, el recto abdominal, los oblicuos internos y externos, y los músculos de la zona baja de la espalda (por ejemplo, erector espinal, multifidus, cuadrado lumbar o quadratus lumborum se activan o muestran co-contracción. La co-contracción de varios músculos abdominales profundos y de los músculos paraespinales también proporciona un efecto de estabilización adicional, generalmente antes de cualquier movimiento de los miembros y previene la extensión lumbar o rotación excesivas (9,17,18,21). La debilidad en los músculos lumbo-pelvianos y en la región del núcleo, entre los que se incluyen, aunque no se limitan a, los involucrados en la aducción, abducción y rotación de la cadera, está asociada con una mayor probabilidad de lesiones (3,6).

El análisis electromiográfico (EMG) ha sido ampliamente utilizado para proporcionar un *feedback* cuantificable de la activación y del reclutamiento muscular durante un determinado ejercicio (14). En un análisis EMG de activación muscular producida durante ejercicios de abdominales realizados en 4 máquinas de ejercicios portátiles; la *Ab Roller Plus* (Quantum North America, Glendale, CA), *Torso Track II* (Fitness Quest Inc., Canton, OH), *AB Doer Pro* (Thane Fitness, La Quinta, CA) y *Perfect Abs* (Guthy Renker, Santa Mónica, CA) en comparación con la producida por los abdominales tradicionales, sólo la máquina *Perfect Abs* pudo producir una actividad del músculo abdominal equivalente o mayor que la de las abdominales tradicionales, en ausencia de resistencia adicional (19). Los ejercicios en el *Abshaper* (Copperart Stores, Glendenning, NSW, Australia) generaron una activación EMG significativamente más alta en el recto abdominal superior (URA) y una activación significativamente menor en los músculos del esternocleidomastoideo en comparación con los ejercicios tradicionales (20). Por otra parte no se observaron diferencias en el aspecto inferior del músculo recto abdominal (LRA) o del oblicuo externo (EO) en ninguno de los dos lados (20). El dispositivo CORE X (CORE X System LLC, corexsystem.com) produjo una activación EMG significativamente mayor en los músculos URA y LRA y multifidi en comparación con los ejercicios tradicionales para el núcleo. De manera similar a lo observado en estudios anteriores, no se observó ninguna diferencia significativa en los músculos EO (16).

Actualmente los profesionales del ejercicio y el público general cuentan con numerosos dispositivos comerciales de entrenamiento abdominal (1), muchos proclaman ampliamente que optimizan las mejoras en la función (y en la estética) de la musculatura del núcleo. Dada la accesibilidad de los dispositivos, la popularidad de los programas de entrenamiento del núcleo y la disparidad en los resultados de las investigaciones, es necesario realizar estudios que examinen la efectividad que tienen estos dispositivos para generar las mejoras musculares que proponen, con el fin de aportar información útil a los profesionales del ejercicio, a los terapeutas y al personal de fuerza y acondicionamiento

Los ejercicios de entrenamiento y los dispositivos para ejercitar el núcleo, deben ayudar a mejorar la función muscular y no predisponer o aumentar la probabilidad de sufrir lesiones. Un nuevo dispositivo de ejercicio abdominal, el *AB-Inforcer®* (*AB I; AB Vanced NeuSpine®*, Los Angeles, CA) (Figura 1) proporciona biorretroalimentación (*biofeedback*) al usuario, con el fin de aumentar su conocimiento acerca de la alineación del cuerpo, promover una postura neutra y perfeccionar la activación de los músculos del núcleo mientras realiza los ejercicios de entrenamiento del núcleo. Este *feedback* inmediato se da de manera visual (luces), física (vibración) y a través de sonidos. El dispositivo tiene almohadillas de sostén para las regiones lumbares y cervicales, que promueven una posición neutra de la columna durante los ejercicios. También está diseñado para minimizar cualquier movimiento no deseado de la cabeza o del cuello. Una postura "neutra" sugiere que, en la posición supina hay un pequeño espacio entre la columna lumbar y el suelo (es decir, la espalda no debe estar apoyada en el suelo ni excesivamente arqueada) (13).



Figura 1. Dispositivo AB-Inforcer® (AB-I; AB-Vanced Neu-Spine®, Los Angeles, CA). Durante un ejercicio, la cabeza se coloca en el sensor rojo grande (en el extremo derecho), y la zona baja de la espalda (zona lumbar) se coloca en los dos pequeños sensores rojos redondos.

Ningún estudio ha comparado la activación de la musculatura del núcleo durante los ejercicios de entrenamiento del núcleo en el AB-I en relación a las modalidades de entrenamiento convencionales. El AB-I puede ayudar a minimizar el movimiento no deseado del tronco y facilitar una postura "neutra" a lo largo de un ejercicio dado, lo que a su vez puede ayudar a optimizar el reclutamiento y la activación muscular de los músculos del núcleo. Por consiguiente, el propósito de este estudio fue comparar la activación de los músculos abdominales y de la zona baja de la espalda generada durante una variedad de ejercicios abdominales realizados con el AB-I, en comparación con la metodología tradicional realizada en una colchoneta. Planteamos la hipótesis que la activación muscular sería mayor durante los ejercicios en el AB-I en comparación con el mismo ejercicio realizado en una colchoneta de ejercicio normal.

MÉTODOS

Sujetos

Para este estudio se seleccionaron cincuenta y siete voluntarios saludables. El reclutamiento de los participantes se realizó haciendo correr la voz en las clases de educación física y de las ciencias del ejercicio en una universidad de la región del noreste de los Estados Unidos. En el estudio se utilizó el siguiente criterio de exclusión: (a) dolor en la zona lumbar durante un tiempo mayor a una semana dentro de los últimos seis meses; (b) haber sido sometido previamente a una cirugía en la zona baja de la espalda o en el abdomen o haber sido operado de un tumor, infección, cauda equina o fractura; (c) estar sometido en la actualidad a algún tratamiento para la zona lumbar; (d) presencia de anomalías congénitas significativas de columna; (e) presencia de contraindicaciones de salud-relacionadas a la actividad física; y (f) uso previo del dispositivo AB-I. La participación también se limitó solamente a individuos con tejido adiposo subcutáneo suficientemente bajo para aumentar la exactitud de la medición de la actividad muscular. Si el tejido adiposo subcutáneo fuera demasiado alto, se inhibirían mediciones de los electrodos superficiales de la actividad muscular.

Antes de la participación y después de recibir una explicación sobre el protocolo del estudio, cada participante completó un formulario de consentimiento informado aprobado por la universidad y una encuesta sobre antecedentes de salud. Antes de comenzar el estudio se obtuvo la aprobación del Comité de Revisión Institucional Universitaria para la inclusión de asuntos humanos

Dispositivos de Ejercicios y Selección de los Ejercicios

Se probaron dos condiciones de ejercicio para cada ejercicio. Estas condiciones de ejercicio incluyeron el AB-I (AB-Vanced Neu-Spine®, Los Angeles, CA) y una colchoneta de ejercicio (colchoneta de 5/8 pulgadas de espesor; MT). El AB-I es un

dispositivo con una almohadilla de sostén para las regiones lumbares y cervicales de la columna que promueve una posición neutra de la columna durante los ejercicios y está diseñado para minimizar cualquier movimiento de cabeza o cuello no deseado. El AB-I está diseñado para encender o apagar los sensores para el cuello, la zona superior de la columna y las regiones lumbar/abdominal dependiendo de las necesidades, durante un ejercicio determinado en AB-I. En cada uno de los ejercicios en AB-I, el participante debía colocarse en la posición correcta en el dispositivo antes de realizar cualquier prueba o ejercicio (por ejemplo, colocar el coxis en el triángulo rojo de registro correspondiente al mismo, el ombligo en línea con los centros de registro situados al costado del dispositivo). Todos los ejercicios en el AB-I fueron realizados con el AB-I en modo "ejercicio" (a diferencia del modo "estiramiento/relajación"). Cuando los sensores se activan se asume que la columna posee una posición neutra en el AB-I.

Análisis y procesamiento de los datos electromiográficos

Todos los datos electromiográficos (EMG) fueron recolectados utilizando una configuración de electrodos correspondiente a electrodos superficiales bipolares con pre-amplificador y con conexión a tierra (*Mega Electronics S.A., MESPEC 4000 system amplifiers, Finlandia*). Los músculos URA (2,5 centímetros por encima del ombligo), LRA (2,5 centímetros por debajo del ombligo), EO (1 centímetro en el medio de la espina iliaca superior anterior, 0,5 centímetros por encima del ligamento inguinal) y el paraespinal lumbar (PS) fueron estudiados bilateralmente por medio de electrodos de superficie bipolares de 10 mm de cloruro de plata-plata (*1700 CLEARTRACE™, Corporación de Conmed, Utica, NY*). Los electrodos se orientaron paralelos a las fibras del músculo con una distancia entre los electrodos de aproximadamente 40 mm. En cada lugar del electrodo, el electrodo superficial con conexión a tierra de cloruro de plata-plata tenía un diámetro de 10 mm. Antes de la aplicación de los electrodos autoadhesivos, la zona de piel fue afeitada con una navaja de afeitar descartable y fue limpiada con gasas con alcohol (Alcohol Isopropílico al 70%) para reducir la impedancia en la interface entre la piel y el electrodo. Se eligieron electrodos superficiales porque no son invasivos y son confiables para detectar la actividad superficial del músculo (es decir, con ubicación y un protocolo adecuados) (10,12,20). Un entrenador deportivo certificado realizó las pruebas manuales para los músculos según la metodología establecida (9) para asegurar una correcta colocación del electrodo en cada músculo durante la serie de contracciones isométricas máximas voluntarias (MIVC). Al igual que en investigaciones anteriores (16), se realizaron las pruebas manuales de los músculos para proporcionar la amplitud máxima del envolvente lineal para cada respuesta muscular durante cada ejercicio. En cada evento de MVIC, se registró como amplitud EMG máxima, a la amplitud máxima del envolvente lineal para el músculo designado. La amplitud EMG de cada respuesta muscular durante cada ejercicio se expresó como un porcentaje de la amplitud EMG máxima para ese músculo. Las variables dependientes primarias fueron por consiguiente las amplitudes EMG relativas (% MVIC) de cada respuesta muscular durante cada ejercicio.

Los cables de EMG pre-amplificada (ganancia (potencia) =1000) fueron conectados a los electrodos a cada sitio del músculo y fueron conectados a los amplificadores del sistema MESPEC 4000 (20 - 500 Hz (- 3dB)). Las señales EMG fueron grabadas usando un conversor analógico a digital (12 bits de resolución) conectado a una computadora, con una tasa de muestreo de 1000 Hz por canal. Para la toma y procesamiento de datos se utilizó el software LabView (*National Instruments S.A., Austin, TX*). Las señales EMG sufrieron una rectificación de onda completa y para generar un envolvente lineal se utilizó un algoritmo de suavizado de media móvil (ventana de 75 ms) para cada respuesta muscular durante los eventos de MVIC y para los tres ejercicios diferentes. Para los eventos MVIC, las señales EMG en bruto fueron divididas en una ventana de 5 s de máxima actividad antes de aplicar el rectificando y los algoritmos de suavizado. Para los ejercicios, las señales EMG en bruto fueron alineadas y promediadas por 5 repeticiones consecutivas dentro de cada conjunto de 8 repeticiones antes de aplicar los algoritmos de rectificación y suavizado.

Procedimientos

El protocolo para este estudio se basó en protocolos previamente publicados para investigaciones de esta naturaleza (19). Luego de la consulta donde se completó el consentimiento informado y la encuesta médica de antecedentes de salud, los participantes realizaron una sesión inicial de familiarización (en este tiempo no se recolectó ningún dato para el estudio). Durante esta reunión inicial, se instruyó a los participantes sobre la técnica correcta para lo cual se les mostró la técnica adecuada para cada ejercicio en el estudio y se los familiarizó con el protocolo del estudio.

Durante la segunda reunión, se solicitó a los participantes que realizaran 1 serie de 8 repeticiones para los 3 ejercicios en el AB-I y en MT. Cada participante realizó abdominales tradicionales, elevación y descenso bilateral de piernas con los participantes recostados y un ejercicio de tijeras con las piernas en el AB-I y en MT. La actividad EMG para cada músculo dado se evaluó en los ejercicios consecutivos en cada serie, disponiendo un adecuado tiempo de descanso entre las series para evitar la fatiga. El orden de evaluación para los ejercicios y la condición de ejercicio fue establecido al azar. Los ejercicios se realizaron de la siguiente manera:

Ejercicio de Tijeras con las Piernas

Cada participante comenzó con ambas piernas totalmente extendidas, con la cabeza paralela al techo y sobre el sensor correspondiente a la cabeza (i.e, "cabeza quieta"). Los participantes se aferraron a las agarraderas de mano del AB-I a ambos lados de la cabeza. Mientras mantenían los músculos del núcleo contraídos (co-contraídos) ("luces encendidas, cabeza quieta" con los sensores lumbares apagados) y las piernas extendidas, los participantes levantaban ambas piernas del suelo y levantaban la pierna dominante de modo que la planta del pie se colocara paralela al techo, mientras mantenían la pierna no dominante aproximadamente a 10 pulgadas del suelo. A continuación los participantes cambiaban las piernas simulando una acción de tijera. Una repetición consistía en una rotación con cada pierna en la posición levantada. Para cada repetición, el movimiento se realizaba a través del rango de movimiento hasta que se perdiera la estabilidad lumbopelviana (es decir, las luces se apagaban y/o las alarmas sonaban). Una vez que se completaba la serie de repeticiones con la pierna no dominante, se repetía el ejercicio con la pierna dominante. Todos los movimientos se realizaron de manera lenta y controlada. Se mantuvo la postura y la forma correcta a lo largo de cada repetición del ejercicio. Este ejercicio también se realizó siguiendo un ritmo de 3 segundos de duración (1 s arriba, 1 s abajo y 1 s de pausa).

Ejercicio de Elevación y Descenso Bilateral de Piernas

Los participantes comenzaron con las caderas y rodillas formando un ángulo 90° (90-90 posición de mantenimiento) con la espalda (zona superior e inferior) apoyada en el suelo. Para realizar el ejercicio en la MT, el brazo y antebrazo fueron colocados detrás de la cabeza (los dedos sin entrecruzar). Para realizar el ejercicio en el AB-I, los participantes se tomaron de las agarraderas manuales del AB-I ubicadas a ambos lados de la cabeza y tomaron la posición "luces encendidas, cabeza quieta." A continuación los participantes movían despacio los talones de ambos pies hasta tocar el suelo y luego regresaban a la posición 90-90. Para realizar el ejercicio en el AB-I los participantes se aferraban a las agarraderas manuales del AB-I localizadas en ambos laterales de la cabeza y se colocaron en la posición "luces encendidas, cabeza quieta." En esta posición, la cabeza se mantenía inmóvil y permanecía sobre los sensores que se encuentran detrás de la cabeza y en la zona superior de la columna, manteniendo así las luces de los sensores completamente encendidas. Este ejercicio se realizó siguiendo un ritmo de 3 s (1,5 s por fase de movimiento- 3 s para cada repetición).

Abdominales Tradicionales

Los participantes comenzaron el ejercicio con la cadera y rodillas flexionadas a 90° (90-90 posición de inicio) con la espalda (parte superior e inferior) apoyada en el suelo (Figura 1a). Para realizar el ejercicio en la MT, las manos fueron colocadas detrás de la cabeza (los dedos sin entrecruzar). Para realizar el ejercicio en el AB-I los participantes debían sostenerse de las agarraderas manuales del AB-I localizadas a ambos lados de la cabeza, y tomar la posición "luces encendidas, cabeza quieta". Esta posición indica que la cabeza se mantiene inmóvil y permanece firmemente sobre los sensores colocados detrás de la cabeza y de la zona superior de la espalda, lo que mantiene las luces de los sensores encendidas. Se solicitó a los participantes que flexionaran el tronco de modo que la cabeza, hombros y escápulas se despegaran completamente de la colchoneta. Esta metodología ha sido la implementada para la realización de abdominales tradicionales en investigaciones previas (19).

Todos los datos de cada participante individual fueron recolectados en una sola sesión. Tal como lo sugieren Sternlicht y Rugg (19), para promover la "consistencia temporal" (velocidad constante a lo largo de cada fase de ejercicio), y se solicitó a los participantes que completaran cada ejercicio realizando el movimiento completo y siguiendo una cadencia marcada por un metrónomo (1,5 s por fase de movimiento, 3 s para cada repetición). Se solicitó a los participantes que usaran el mismo patrón de movimiento para un ejercicio dado en cada condición de ejercicio, pero también se dio apoyo verbal para asegurar la forma correcta a lo largo de cada serie. Si los sensores del AB-I no se activaban o se observaba una forma incorrecta o un rango de movimiento inadecuado en los ejercicios en el AB-I o en los realizados en MT, el participante debía descansar, recuperarse y reanudar la serie de ejercicios.

Análisis estadístico

Las diferencias en la magnitud de la activación muscular (% MVIC = variable dependiente) para cada grupo de músculos analizados en cada uno de los 3 ejercicios en el AB-I y en la colchoneta fueron evaluadas mediante un MANOVA (Lambda de Wilks) de dos vías (modalidad de ejercicio por tipo de ejercicio). Para identificar de donde provenían las diferencias significativas se utilizó el test post hoc de Tukey. Se cumplieron todos los supuestos de homogeneidad de varianza y de normalidad en el análisis multivariado. Todos los análisis estadísticos fueron realizados con el software *Statistical Package for the PASW Statistics 17 (SPSS Inc., Chicago, IL)*. A menos que se especifique otra cosa, se utilizó el valor $P \leq 0,05$ como nivel aceptable de significancia en todos los análisis.

RESULTADOS

Cincuenta y tres estudiantes universitarios (30 varones, 23 mujeres; $25 \pm 4,7$ años; $74,9 \pm 13,3$ kg; $172,7 \pm 9,1$ centímetros) realizaron los ejercicios. Los participantes que completaron los ejercicios no refirieron haber padecido algún dolor. Se excluyeron cuatro participantes durante el período del estudio debido a que o no acudieron al laboratorio o tenían excesivo tejido subcutáneo, lo que impedía realizar adecuadamente las lecturas de EMG. Estos participantes no fueron incluidos en los datos demográficos. El MANOVA de dos vías generó un efecto principal multivariado significativo para la modalidad de ejercicio [$F(8305) = 7,82, P < 0,001$] y para el tipo de ejercicio [$F(16610) = 3,49, P < 0,001$], pero no se observó ningún efecto de interacción significativo [$F(16610) = 0,31, P = 0,99$]. La activación significativamente más alta en los músculos URA y LRA y en el lado derecho del músculo EO se observó con el uso de AB-I en todos los ejercicios (Figura 2). Sin embargo, la activación significativamente más alta en el lado izquierdo del músculo oblicuo externo también se observó al usar el AB-I durante los ejercicios de elevación y descenso bilateral de piernas y de tijeras ($P < 0,05$; Figura 3 y 4), pero no en las abdominales tradicionales (Figura 5). Consistentemente con estudios previos que evaluaron el sentido práctico de un dispositivo de entrenamiento del núcleo (16), también se calcularon los tamaños de efecto para proporcionar una medición global de significancia práctica. Se calculó el tamaño de efecto medio (4) ($d = 0,4-0,7$; Tabla 1) para el URA y LRA, lo que sugiere que los resultados tienen significancia clínica y que los ejercicios realizados con el AB-I generaron realmente una activación mayor de potenciales musculares en el músculo recto abdominal. Se observó un tamaño de efecto pequeño a medio (4) ($d = 0,27$; Tabla 1) para el lado derecho del músculo EO, lo que sugiere que los resultados no apoyan fuertemente la misma conclusión para los músculos EO.

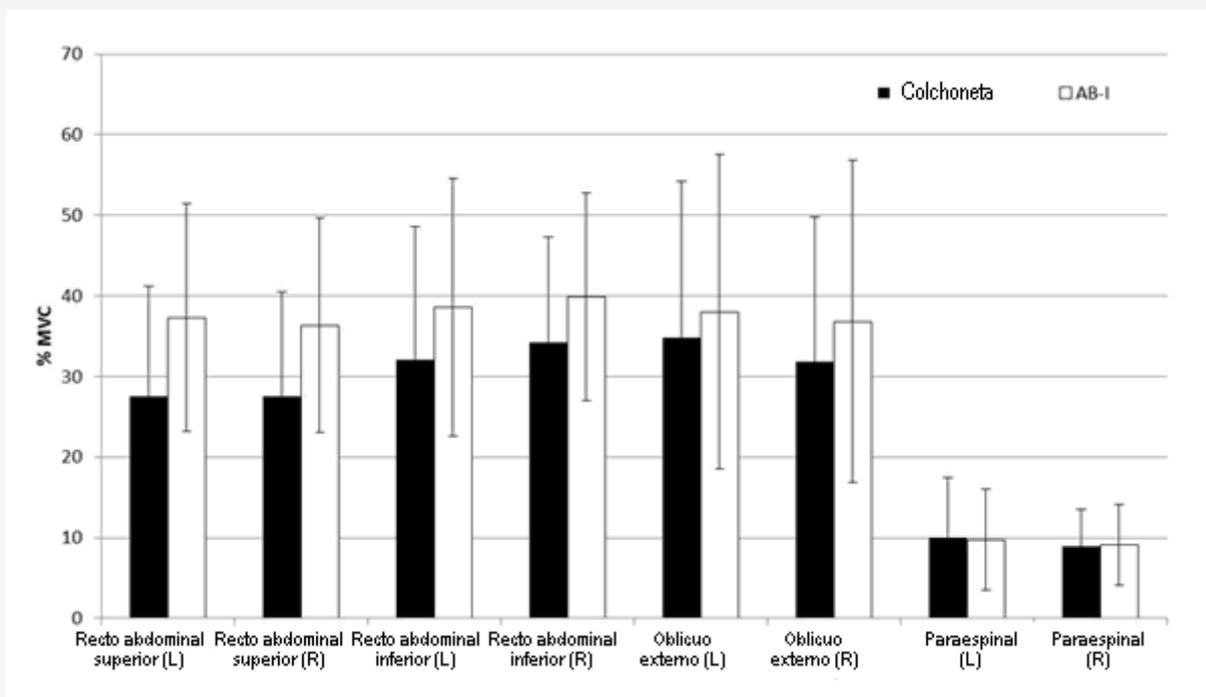


Figura 2. Valores de la Media \pm SD de la contracción voluntaria máxima porcentual (% MVC) para los ejercicios en una colchoneta tradicional (MT) y en el AB-Inforcer®(AB-I) para los músculos recto abdominal (abd) superior e inferior, derecho (R) e izquierdo (L) y para los músculos oblicuo externo y paraespinal derecho (R) e izquierdo (L). * Indica que se observaron diferencias significativas con $P < 0,05$

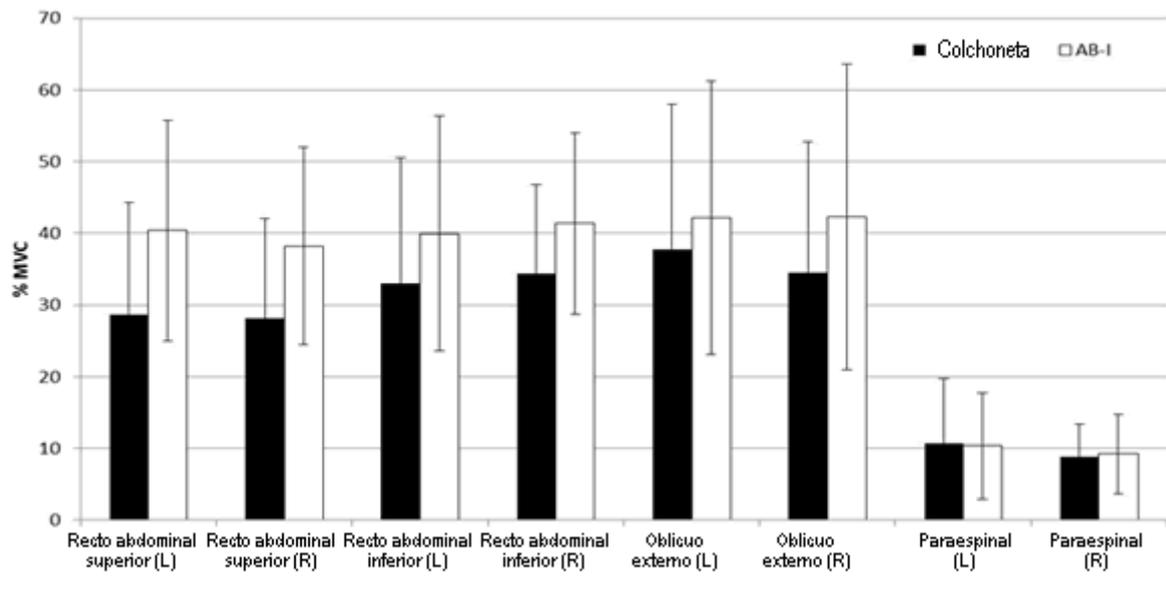


Figura 3. Valores de la Media \pm SD para la contracción voluntaria máxima porcentual (% MVC) para el ejercicio de tijeras de piernas en una colchoneta tradicional (MT) y en el AB-Inforcer® (AB-I) para los músculos recto abdominal (abd) superior e inferior, derecho (R) e izquierdo (L) y para los músculos oblicuo externo y paraespinal derecho (R) e izquierdo (L). * Indica que se observaron diferencias significativas con $P < 0,05$

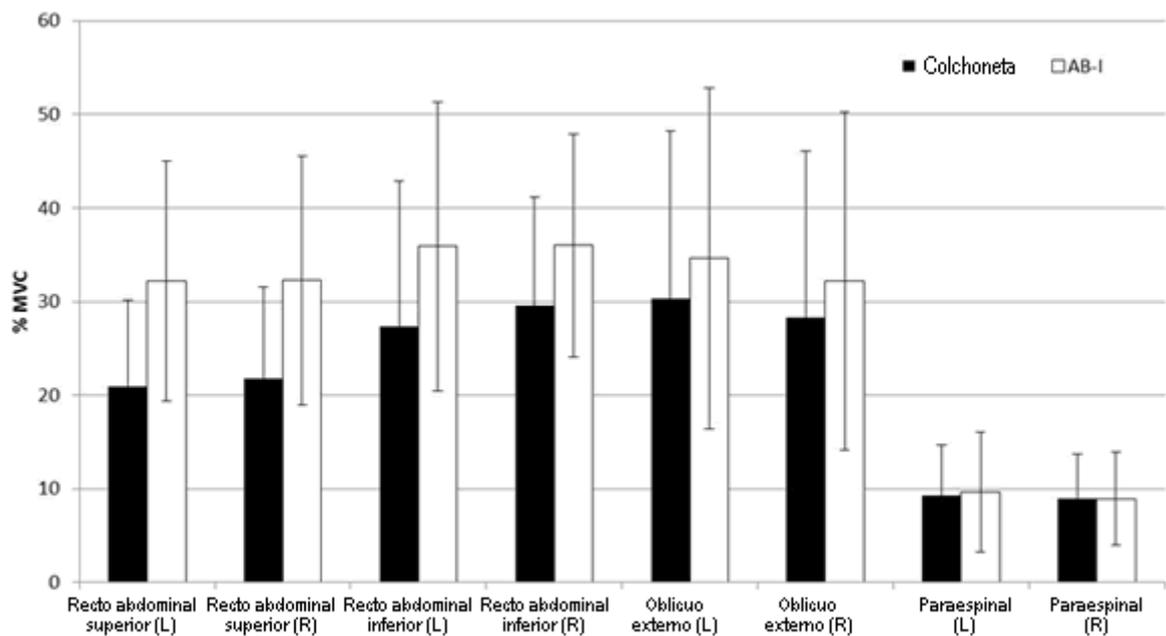


Figura 4. Valores de Media \pm SD para la contracción voluntaria máxima porcentual (% MVC) para el ejercicio de elevación y descenso bilateral de piernas en una colchoneta tradicional (MT) y en el AB-Inforcer® (AB-I) para los músculos recto abdominal (abd) superior e inferior, derecho (R) e izquierdo (L) y para los músculos oblicuo externo y paraespinal derecho (R) e izquierdo (L). * Indica que se observaron diferencias significativas con $P < 0,05$

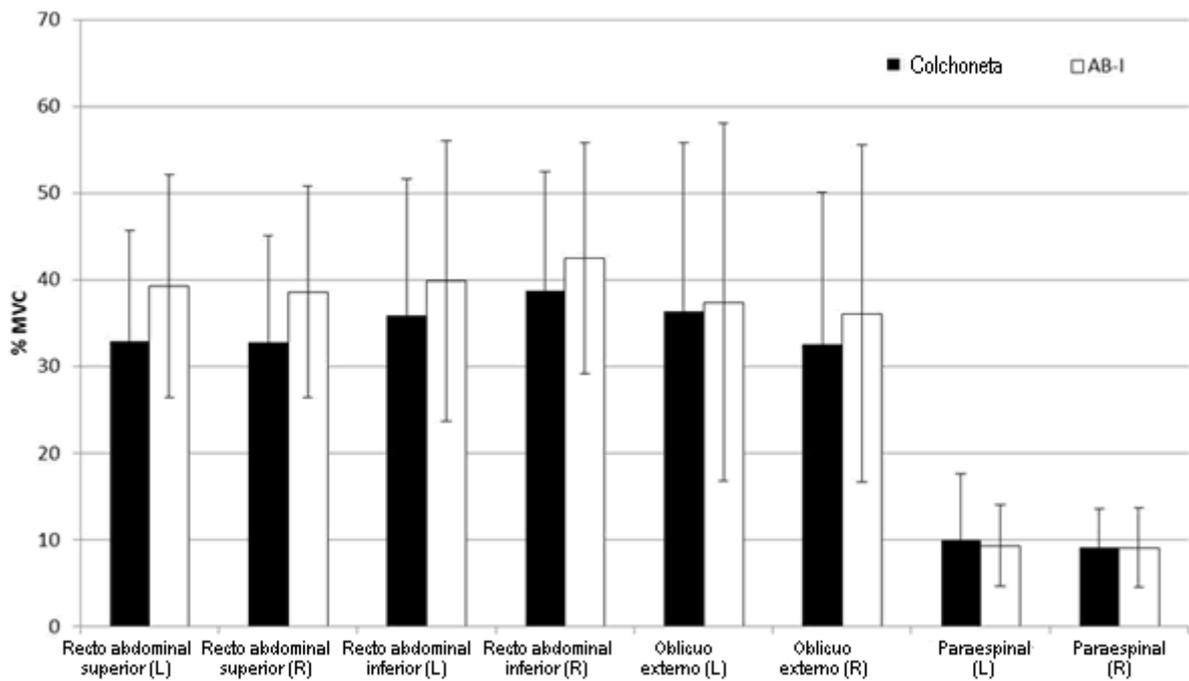


Figura 5. Valores de Media \pm SD para la contracción voluntaria máxima porcentual (% MVC) para el ejercicio de abdominales en una colchoneta tradicional (MT) y en el AB-Inforcer[®](AB-I) para los músculos recto abdominal (abd) superior e inferior, derecho (R) e izquierdo (L) y para los músculos oblicuo externo y paraespinal derecho (R) e izquierdo (L). * Indica que se observaron diferencias significativas con $P < 0,05$

Músculo	df	F	Significancia	Tamaño del efecto	Potencia
L. Recto abdominal superior	1	43,13	<0,001	0,72	>0,90
R. Recto abdominal superior	1	38,54	<0,001	0,67	>0,90
L. Recto abdominal inferior	1	12,85	<0,001	0,40	>0,90
R. Recto abdominal inferior	1	16,44	<0,001	0,44	>0,90
L. Oblicuo externo	1	2,24	0,135	n/a	0,32
R. Oblicuo externo	1	5,73	0,017	0,27	0,67
L. Paraespinal	1	0,08	0,778	n/a	0,06
R. Paraespinal	1	0,06	0,802	n/a	0,06

Tabla 1. Valor del estadístico F, significancia estadística, tamaño de efecto y estadísticas de potencia para los músculos recto abdominal superior e inferior, oblicuo externo y paraespinales, derechos (R) e izquierdos (L) entre los ejercicios realizados en MT y AB-I

DISCUSIÓN

El propósito de este estudio fue determinar si el AB-I produciría diferentes magnitudes de activación en los músculos abdominales y de la zona lumbar en 3 ejercicios del núcleo en comparación a los mismos ejercicios realizados en una colchoneta de ejercicios convencional. Los ejercicios abdominales con el AB-I provocaron una mayor activación EMG muscular en comparación a lo ocurrido cuando los ejercicios se realizaban en una colchoneta de ejercicios. La magnitud de diferencia fue significativamente mayor para los músculos URA y LRA y para los músculos EO en dos de los tres ejercicios.

La mayoría de los dispositivos para ejercicios abdominales están diseñados para promover la forma correcta sin proporcionar resistencia adicional. Este razonamiento ha sido utilizado para explicar por qué los estudios previos observaron diferencias mínimas en la activación EMG durante ejercicios realizados en dispositivos abdominales en comparación con la metodología tradicional (19). El AB-I es un dispositivo de entrenamiento abdominal que proporciona control y *feedback* visual en relación a la posición del cuerpo, y acciones compensatorias como una activación excesiva del músculo esternocleidomastoideo. Si bien los ejercicios en el AB-I no se realizan con resistencia adicional, el mantener la presión sobre las almohadillas sensoriales del AB-I y el sostener las agarraderas del dispositivo AB-I exigiría una mayor activación muscular de los músculos del tronco que si no se realizaran estas acciones.

No es sorprendente que el URA y LRA generaran patrones similares de activación muscular. Los músculos rectos abdominales están inervados por un grupo de nervios torácicos que están unidos por una corriente nerviosa común de nervios provenientes de la rama ventral, lo que apoya la noción que los niveles de activación serían similares. La falta de significancia para el músculo EO izquierdo durante los abdominales es un hallazgo inesperado, sobre todo dada la activación EMG significativamente mayor que se observó en los músculos EO derechos e izquierdos al usar el AB-I durante los otros dos ejercicios. El argumento que esta diferencia puede ser el resultado de diferencias biomecánicas en la ejecución de las abdominales en comparación con los ejercicios de elevación y descenso bilateral de piernas y de tijeras, es poco sólido por la disparidad en la significancia estadística entre los músculos EO derechos e izquierdos y el hecho que la tal disparidad no haya sido observada en los otros dos ejercicios. Una posible explicación para la diferencia en actividad de EMG descubierta dentro de los músculos de EO durante el ejercicio de abdominales podría ser un error metodológico o una incapacidad para estabilizarse eficazmente en el equipo poco familiar. Durante el ejercicio abdominal, se solicitó a los participantes que completaran una abdominal parcial mientras mantenían contacto con el dispositivo AB-I sosteniéndose de ambos lados del AB-I o poniendo las manos detrás de la cabeza al usar la MT (mientras la cadera y las rodillas formaban un ángulo de 90°). Este modelo de movimiento exige a los flexores del tronco levantar la zona superior del torso (9), pero no permite la fijación de los brazos para ayudar con el control rotatorio como en los otros dos ejercicios. Esto puede producir un estímulo potencialmente mayor sobre los músculos EO para mantener la estabilidad lado a lado. Los músculos EO izquierdos tenderán a ser los músculos rotatorios más fuertes del tronco en comparación con los músculos EO derechos en un individuo diestros. La ausencia de diferencia estadística en el músculo EO izquierdo durante el ejercicio de abdominales podría ser explicada parcialmente dado el patrón de movimiento y la fuerza potencial relativa del lado izquierdo.

El menor nivel de activación EMG y falta de diferencia entre las lecturas de AB-I y de MT en el PS pueden ser explicados por el plano sagital en el cual se realizó cada uno de los ejercicios y las acciones concéntricas y excéntricas predominantes de los flexores del tronco y de la cadera para controlar cada patrón de movimiento. Una selección diferente de ejercicios podría haber producido diferencias significativas en ambos lados del músculo EO y en los grupos de músculos PS.

Los resultados de este estudio coinciden parcialmente con investigaciones anteriores. Al igual que los dispositivos CORE X (16), *Abshaper* (20) y *Perfect Abs* (19), el AB-I podría facilitar una mayor activación EMG de los músculos recto abdominal durante ejercicios convencionales comparables. Sin embargo, los dispositivos *Perfect Abs* y Torso Track generaron lecturas de EMG significativamente mayores en los músculos EO durante un ejercicio abdominal, en comparación con el mismo ejercicio en una colchoneta (19). En el estudio actual, la activación EMG de los músculos EO generada por el AB-I sólo fue significativamente mayor en el lado izquierdo. La activación de EMG significativamente más alta de los músculos EO derechos e izquierdos se observó durante los ejercicios de elevación y descenso bilateral de piernas y de tijeras en el AB-I. Pocos estudios han comparado la activación EMG muscular en diferentes modalidades de ejercicios diferentes a las abdominales tradicionales, lo que limita la posibilidad de comparar los resultados de los ejercicios de elevación y descenso bilateral de piernas y de tijeras en el estudio actual.

Al igual que en las investigaciones previas que utilizaron dispositivos de ejercicios abdominales (20), se utilizó un muestreo de conveniencia para reclutar a los sujetos. Se controló la competencia para utilizar el AB-I (es decir, se excluyó a los sujetos que habían usado previamente el AB-I), y lo mismo se realizó para los hábitos de ejercicio abdominales (dentro de las limitaciones del estudio), pero las variaciones en la composición corporal, el género y la integridad del músculo abdominal (por ejemplo, fuerza, estabilidad) de los sujetos podrían haber afectado los patrones de inervación muscular y

los resultados del estudio. Sin embargo, entre las series de ejercicios se permitió un tiempo de descanso adecuado para minimizar la fatiga y el orden de evaluación se estableció al azar tanto para los ejercicios como para las condiciones de ejercicio (AB-I versus MT). Estos atributos deberían haber minimizado la influencia de cualquier diferencia en la salud y fuerza o resistencia abdominal a lo largo de la muestra. Para medir activación EMG se utilizaron electrodos de superficie lo que limita la accesibilidad a la musculatura profunda del núcleo. Por ejemplo, los músculos abdominales transversos desempeñan un papel importante en la estabilización del núcleo.

El estudio presente representa el primer estudio cuantitativo de activación EMG muscular durante ejercicios realizados en AB-I, un dispositivo de entrenamiento abdominal que está disponible comercialmente. Las investigaciones futuras deben examinar la utilidad de utilizar AB-I en individuos de diferentes edades y de diferentes poblaciones clínicas, sobre todo aquellos que padecen una disminución en la propiocepción y fuerza o integridad abdominal. La utilidad del AB-I para producir las mejoras observadas dentro de las limitaciones de este estudio podría ser diferente en otras poblaciones, como los individuos con limitaciones ortopédicas o problemas en la zona baja de la espalda. Indudablemente, esto requiere una investigación extensa. Las futuras investigaciones deberían explorar la utilidad de los ejercicios realizados en el AB-I para generar una activación significativa de los músculos paraespinales, en función de la relación que existe en la pobre fuerza de grupo de músculos paraespinales y el dolor o las afecciones en la zona lumbar (5,6).

CONCLUSIONES

El entrenamiento de la musculatura del núcleo se ha vuelto un componente fundamental de los programas de ejercicio para rendimiento deportivo o para rehabilitación en los últimos años. Por tal motivo la identificación de herramientas de entrenamiento apropiadas y eficaces para la activación, adaptación y desarrollo de fuerza de los músculos del núcleo, es información útil para terapeutas y para los profesionales de la fuerza y del acondicionamiento. En el estudio actual, los ejercicios realizados en el AB-I generaron una activación significativamente mayor en varias regiones de la musculatura del núcleo, en relación a los mismos ejercicios realizados en una colchoneta de ejercicios normal. El AB-I en un dispositivo portátil, ajustable y fácil de utilizar, lo que puede aumentar su utilidad potencial como una herramienta para el entrenamiento del núcleo. Sin embargo, es necesario realizar investigaciones adicionales para evaluar de manera completa su eficacia en el ámbito de las instituciones de bienestar, clínicas, de rehabilitación y deportivas.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a *AB-Vanced Neu-Spine® Technologies, LLC* por donar los dispositivos de ejercicio, y a la Universidad Quiropráctica de Nueva York por programar y donar el equipamiento de EMG utilizados en este estudio. Los autores no poseen intereses de competencia. Los resultados del presente estudio no constituyen un apoyo hacia los productos por parte de los autores.

Dirección de contacto:

Sell KM, PhD, Department of Health Professions and Kinesiology, Hofstra University, Hempstead, NY, USA, 11549. Phone (516)463-5814; FAX: (516)463-6275; Email Katie.Sell@hofstra.edu.

REFERENCIAS

1. Behm DG, Drinkwater EJ, Willardson JM, Crowley PM (2010). Canadian Society for Exercise Physiology position stand: the use of instability to train the core in athletic and nonathletic conditioning. *Appl Physiol Nutr Metab*; 35:109-112
2. Boyle M (2004). Functional Training for Sports. *Champaign, IL: Human Kinetics*
3. Cissik JM (2011). The role of core training in athletic performance, injury prevention, and injury treatment. *Strength Cond J*; 33:10-15
4. Cohen J (1988). Statistical Power for the Behavioral Sciences. (2nd Edition). *Hillsdale, NJ: Erlbaum*
5. Gaudreault N, Arseneault AB, Lariviere C, DeSerres SJ, Rivard C-H (2005). Assessment of the paraspinal muscles of subjects presenting an idiopathic scoliosis: an EMG pilot study. *BMC Musculoskeletal Dis*; 6:1-12
6. Heydari A, Nargol AV, Jones AP, Humphrey AR, Greenough, CG (2010). EMG analysis of lumbar paraspinal muscles as predictors of the risk of low-back pain. *Eur Spine J*; 19:1145-1152
7. Hodges PW, Richardson A (1996). Inefficient muscular stabilization of the lumbar spine associated with low back pain. *Spine*; 21:2640-2650

8. Juker D, McGill SM, Krope P, Thomas S (1998). Quantitative intramuscular myoelectric activity of lumbar portions of psoas and the abdominal wall during a wide variety of tasks. *Med Sci Sports Exerc*; 30:301-310
9. Kendall FP, McCreary KE, Provance PG, Rodgers MM, Romani WA (2005). *Muscles: Testing and Function with Posture and Pain.* (5th Edition). Philadelphia, PA: Lippincott, Williams and Wilkins
10. Kollmitzer J, Ebenbichler GR, Kopf A (1999). Reliability of surface electromyographic measurements. *Clin Neurophysiol*; 110:725-734
11. Liemohn WP, Pariser G (2002). Core strength: Implications for fitness and low back pain. *ACSM Health Fitness J*; 6:10-16
12. Marshall P, Murphy B (2003). The validity and reliability of surface EMG to access the neuromuscular response of the abdominal muscles to rapid limb movement. *J Electromyography Kinesiol*; 13:477-489
13. McGill SM (2001). Low back stability: From formal description to issues for performance and rehabilitation. *Exerc Sport Sci Reviews*; 29:26-31
14. Monfort-Panego M, Vera-Garcia F, Sanchez-Zuriaga D, Sarti-Martinez M (2009). Electromyographic studies in abdominal exercises: A literature synthesis. *J Manipulative Physiol Ther*; 32:232-244
15. Nordin M, Frankel VH (2001). *Basic Biomechanics of the Musculoskeletal System.* (3rd Edition). Baltimore, MD: Lippincott Williams & Wilkins
16. Oliver GD, Dwelly PM, Sarantis ND, Helmer RA, Bonacci JA (2010). Muscle activation of different core exercises. *J Strength Cond Res*; 24:3069-3074
17. Panjabi MM (1992). The stabilizing system of the spine. Part I: Function, dysfunction, adaptation, and enhancement. *J Spinal Disord Tech*; 5:383-389
18. Panjabi MM (1992). The stabilizing system of the spine. Part II: Neural zone and instability hypothesis. *J Spinal Disord Tech*; 5:390-397
19. Sternlicht E, Rugg S (2003). Electromyographic analysis of abdominal muscle activity using portable abdominal exercise devices and a traditional crunch. *J Strength Cond Res*; 17: 463-468
20. Warden SJ, Wajswelner H, Bennell KL (1999). Comparison of Abshaper and conventionally performed abdominal exercises using surface electromyography. *Med Sci Sports Exerc*; 31:1656-1664
21. Willardson JM (2007). Core stability training: Applications to sports conditioning programs. *J Strength Cond Res*; 21:979-985

Cita Original

Sell KM, Ghigiarelli J, Kitsos KM, Burke J, Yeomans SG. Electromyographic Analysis of Abdominal and Lower Back Muscle Activation During Abdominal Exercises Using an Objective Biofeedback Device. *JEPonline* 2011;14(5):54-65.