

# VNIVERSITAT DE VALÈNCIA

VNIVERSITAT DE VALÈNCIA  Facultat de Ciències de l'Activitat Física i de l'Esport



**“Comparación de los niveles de activación de los músculos estabilizadores del CORE durante la realización del ejercicio push up sobre equipamientos con diferentes grados de estabilidad”.**

Trabajo de Investigación.

Máster en Investigación e Intervención en CCAS de la Actividad Física y el Deporte.

Departamento de Educación Física y Deporte.

Autor: Fernando Martín Rivera.

Director: Dr. Juan Carlos Colado Sánchez.

Valencia, septiembre de 2011.

## Abstract

En los últimos años, provenientes del área de la rehabilitación multitud de implementos/equipamientos que se publicitan con la premisa de que mientras se realizan ejercicios en ellos, la activación de la musculatura del CORE es mucho mayor que sin ellos.

De esta forma han surgido los comúnmente llamados materiales inestables o desestabilizadores. El propósito del presente estudio ha sido analizar mediante electromiografía superficial la activación muscular del oblicuo externo, multífidus lumbar, recto femoral, y erector espinal dorsal en el lado dominante en 30 sujetos mientras realizaban una serie de 5 repeticiones de flexiones de brazos (push up) en diferentes materiales desestabilizadores (Wobble Board®; TRX Suspension Trainer®; Stability Disc®; Fitness Dome®) y en una condición estable tradicional.

Los resultados obtenidos han mostrado que el entrenamiento con el TRX presenta diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0.05$ ) en la activación muscular sobre las otras condiciones en todos los grupos musculares estudiados excepto en el erector espinal dorsal.

En la comparación entre el resto de condiciones se ha encontrado de manera estadísticamente significativa ( $p \leq 0.05$ ) una mayor activación: en el oblicuo externo al realizar el ejercicio sobre el Stability Disc respecto de hacerlo en el Wobble Board; en el recto femoral al realizar el ejercicio sobre el Stability Disc respecto el Wobble Board. En función de las evidencias obtenidas se puede

concluir que en general el entrenamiento en suspensión con el TRX presenta unos niveles de activación muscular en el CORE más elevados que el resto de dispositivos de desestabilización, entre los que no se encuentran destacables diferencias que hagan recomendar uno por encima de otro en términos de porcentaje de activación muscular. Además se puede indicar que el tradicional push up, excepto si se compara con el TRX, es un ejercicio que aporta demandas en activación muscular del CORE similares a la mayoría de aparatos desestabilizadores estudiados.

En consecuencia, se puede reseñar que muchos de los nuevos dispositivos sólo podrían aportar un elemento diversificador en términos de variedad en los programas de acondicionamiento neuromuscular del tronco no así en aspectos de eficacia en la activación muscular.

**Palabras clave:** material desestabilizador, entrenamiento en suspensión, push up, CORE.

**Indice de Contenidos.**

1. Preámbulo.	09
2. Marco Teórico.	11
3. Objetivos e hipótesis del Estudio.	21
3.1. Objetivos del Estudio.	21
3.2. Hipótesis del Estudio.	21
4. Materiales y Métodos.	23
4.1. Diseño del Estudio.	23
4.2. Participantes.	25
4.3. Procedimientos.	25
4.3.1. Sesión de Familiarización.	26
4.3.2. Sesión de Recogida de Datos.	26
4.3.3. Reducción de datos.	34
4.3.4. Estadística.	36
5. Resultados.	37
6. Discusión y Conclusiones.	43
7. Perspectivas del Estudio.	48
8. Agradecimientos.	49
9. Referencias.	50

**Lista de Figuras**

Figura 1. Clasificación materiales desestabilizadores	12
Figura 2. Catálogo materiales desestabilizadores	12
Figura 3. Material desestabilizador utilizado e implementos para la MCVI.	24
Figura 4. Soporte del TRX con el equipamiento suspendido.	24
Figura 5. Colocación electrodos en P, PAD, PLTB, SA, OE, RF, MF, EED.	28
Figura 6. Dispositivo EMG.	29
Figura 7: Señal Raw de las contracciones dinámicas obtenida del Megawin.	30
Figura 8. MVCI del RF.	31
Figura 9. Referencias para colocación manos.	33
Figura 10. Señal RAW contracciones dinámicas.	35
Figura 11. Señal RAW contracción isométrica	35
Figura 12. Señal RMS contracciones dinámicas.	36
Figura 13. Señal RMS contracción isométrica.	36

**Lista de Tablas.**

Tabla 1. Comparaciones EMG entre equipamientos.	37
Tabla 2, comparación medias EMG por pares del músculo OE, relativas a SD.	38
Tabla 3, comparación medias EMG por pares del músculo OE, relativas a TRX	39
Tabla 4, medias % respecto MCVI y DT del músculo OE	39
Tabla 5, comparación medias EMG por pares del músculo MF, relativas a TRX	40
Tabla 6, medias % respecto MCVI y DT del músculo MF	40
Tabla 7, medias % respecto MCVI y DT del músculo EED	41
Tabla 8, comparación medias EMG por pares del músculo RF, relativas a SD	41
Tabla 9, comparación medias EMG por pares del músculo RF, relativas a TRX	42
Tabla 10, medias % respecto MCVI y DT del músculo RF	42

**LISTA DE ABREVIATURAS.**

<b>Abreviatura</b>	<b>Significado</b>
EMG	Electromiografía
DE	Desviación Estándar
MVCI	Máxima Contracción Voluntaria Isométrica
P	Pectoral
PAD	Porción Anterior del Deltoides
PLTB	Porción Larga del Tríceps Braquial
SA	Serrato Anterior
OE	Oblicuo Externo
RF	Recto Femoral
MF	Multífidus
EED	Erector Espinal Dorsal
CDE	Cuestionario Dolor Español
CE	Condición estable
WBR	Wobbleboard rígido
SD	Stability Disc
FD	FitnessDome
TRX	TRX Suspension training

RMS	Root Mean Square
RAW	Señal EMG sin tratar
ACSM	Colegio Americano de Medicina del Deporte



## 1. Preámbulo.

Desde hace algunos años han aparecido en la industria del fitness equipamientos que bajo la denominación de “funcionales” basan su aplicación en la creación de situaciones inestables para los practicantes de actividad física (referenciar). Ejemplos de ellos pueden ser los fitball (pelotas suizas), Bosu (bothsides up), dyna disc, y un amplio repertorio de variantes de los mismos, todos ellos derivados de las necesidades de dicha industria de buscar nuevos elementos con los que atraer y retener a los practicantes de actividad física en los centros de fitness, justificando los mismos en su posible beneficio para los usuarios de dichos centros.

Comúnmente denominados superficies inestables, debido a la presencia de diferentes materiales y a la aparición de cada vez un mayor número de los mismos y también a la forma de provocar la inestabilidad, se deberían denominar materiales o equipamientos desestabilizadores (1), denominación con la que se nombrarán en este trabajo a partir de ahora.

Tradicionalmente, el entrenamiento sobre materiales desestabilizadores ha sido utilizado con fines rehabilitadores hasta su entrada en escena en los centros de fitness (2,3), donde su uso se ha extendido a casi todas las actividades propuestas en los mismos de forma desmesurada, más aún, con la necesidad de determinados entrenadores personales de “diferenciarse” de las propuestas realizadas en las salas de fitness y con el único fin de fidelizar y diferenciar a su clientela.

Después de una revisión bibliográfica acerca de esta cuestión, encontramos diferentes estudios que avalan el uso de estos materiales por los beneficios que reportan a la estabilización de la zona media del tronco (4,5,6,7,8,9), pero también existen estudios que nos hacen pensar en que debemos racionalizar su uso y utilizarlo como un recurso más a integrar dentro de la progresión del entrenamiento y no como la solución milagrosa adecuada a cada situación e individuos (9,10,11).

En consecuencia, en el presente trabajo se intentará determinar si el uso de los materiales desestabilizadores es eficaz y en qué medida debería recomendarse su uso dentro de un programa de acondicionamiento neuromuscular.

## 2. Marco Teórico.




Desde la aparición de las primeras pelotas de estabilidad de la mano de Aquilino Cosani, a finales de los años 60, la utilización de éste y otros materiales inestables ha ido creciendo exponencialmente (1). En la última década, las superficies inestables se han convertido en una herramienta muy habitual y utilizada en centros deportivos, clínicas de rehabilitación y gimnasios, empleándose para multitud de objetivos, entre los que se encuentran el rendimiento deportivo, la salud o la prevención y recuperación de lesiones (1).

Al respecto de los materiales desestabilizadores, Benito y Martínez en Hernando (2) dicen que *“una superficie inestable es una superficie o material de entrenamiento maleable, que se deforma o desplaza por la aplicación de fuerzas que sobre él haga el ejecutante, o que puede tener una distribución no uniforme de su masa (por ejemplo los cilindros rellenos de agua) o un comportamiento dinámico antes de interactuar con el sujeto (por ejemplo las plataformas vibratorias o tapiz rodante)”*. En consecuencia, estos autores proponen una clasificación de los materiales desestabilizadores atendiendo a los ejes de libertad de movimiento así como a la cantidad de inestabilidad que propiciaba cada material (figura 1).

Eje de movimiento permitido	Nivel de inestabilidad		
	Leve	Moderado	Elevado
1		 Foam Roller	 Discos rotadores
2	 Balanced Pad	 Trampolín	 BOSU
3	 Core Board	 MFT Challenge Disc	 Neurocom Balance Master

Figura 1. Clasificación mat desestabilizadores (Benito y Martínez, 2009)

Desde esta perspectiva, Heredia et al (1) proponen un catálogo de materiales desestabilizadores (figura 2).

Material	Características	
<b>Fitball, pelota suiza, physioball</b>	Pelota de plástico de gran diámetro (variable a considerar según sujetos)	
Ballastball Bosu DSL	Fitball con material pesado en su interior	
<b>Physio-roll</b>	Resulta de la suma de dos pelotas gigantes (aparentando un cacahuete)	

<b>Bosu</b>	“Both sides up”. Aparato que nace de la división de una pelota gigante. Es decir tiene una parte de aire y otra rígida. Body Dome: Variación del bosu en con tensores anclados para realizar ejercicios resistidos.	
<b>Dyna disc Wobbleboard®</b>	Pequeños discos de goma hinchados	
<b>Tablas de inestabilidad</b>	Tablas con un elemento central más prominente	
<b>T-Bow</b>	Arco de fibra sintética (polietileno) o madera natural, con dimensiones (70x50x17 cm.), equilibrado y con un peso reducido (de 3,2 a 4,7 Kg). Es posible utilizarlo por ambos lados (con un granulado en la parte cóncava y una esterilla en l aparte convexa)	
<b>Core Board</b>	Plataforma (74 x 15 cm. Diámetro: 56) que se inclina, gira y torsiona en todas direcciones, respondiendo dinámicamente a los movimientos del usuario, si éste se mueve de un lado, la pista ejerce una fuerza que empuja hacia atrás en la dirección contraria.	
<b>Espuma de estireno (Foam Roller)</b>	Espuma diseñada de forma tubular.	
<b>Elementos de suspensión TRX, Flying, AirfitPro</b>	Elementos mediante los cuales el sujeto queda suspendido a nivel de algunas de sus extremidades (miembros superiores o inferiores)	
<b>Slide board pro</b>	Superficie rectangular que permite el deslizamiento corporal hacia los lados. Para ello se utilizan una especie de patucos realizados de un tejido que posibilita un mejor deslizamiento de los pies en el slide y que se adquieren normalmente junto con este. A los dos lados del slide se sitúan una especie de topes que limitan el movimiento lateral de los pies y piernas.	
<b>Gliding</b>	Evolución más sencilla del slide. Dos materiales que permiten el deslizamiento sobre la superficie de apoyo, permaneciendo el punto de apoyo (pie, mano, rodilla...) constante y firme. Se pueden encontrar en tela (para deslizamientos sobre parquet o similar) y de goma para otras superficies más duras.	

Figura 2. Catálogo materiales desestabilizadores (Heredia et al, 2011).

Por lo tanto, el material desestabilizador es aquel que se emplearía para aumentar los requerimientos de estabilización muscular activa del tronco, proporcionando un entorno inestable que potenciará la actividad propioceptiva y las demandas de control neuromuscular (1).

El uso masivo de este tipo de materiales viene explicado por los beneficios que para la estabilidad del CORE reportan, ya que existen estudios que avalan la realización de ejercicios orientados al fortalecimiento de la zona media del cuerpo a través de equipamientos desestabilizadores puesto que incrementan las activaciones musculares de dicha región frente a las activaciones conseguidas por la realización de los mismos ejercicios sobre superficies estables (11,12, 13, 14), otros estudios encuentran mayores percepciones de esfuerzo percibido en ejercicios abdominales cuando son realizados sobre superficie inestable (fitball) frente superficie estable (5).

El fitball al igual que otras superficies inestables ha sido demostrado como un método efectivo de entrenamiento para la zona del CORE (8, 15). El fortalecimiento de los músculos lumboabdominales en superficie inestable exige una mayor participación del sistema de control motor con el objeto de estabilizar y equilibrar el tronco, esta situación estresa la musculatura del core con el fin de estabilizar la columna, además de aumentar las demandas propioceptivas (13).

Realizar ejercicios sobre fitball puede ser seguro para las personas que sufran patologías de la espalda baja, puesto que este aparato permite entrenar sin causar excesivas cargas compresivas (10).

El ejercicio de crunch abdominal sobre fitball, comparado con el mismo ejercicio sobre ab roller, abslide, y el tradicional crunch abdominal en suelo, es el que más activación produce en el músculo recto abdominal (16).

A nivel de prevención y recuperación de lesiones, la realización de ejercicio físico sobre materiales desestabilizadores disminuye la incidencia de lesiones de tobillo, disminuyen el riesgo de sufrir lesiones en las extremidades inferiores, es más efectivo en aquellos deportistas que tienen antecedentes de lesiones (17,18).

No menos importantes son los efectos a nivel de disminución del dolor lumbar (19) y la mejora más rápida de la discapacidad funcional y de respuesta a la flexión-relajación lumbar en sujetos con dolor crónico inespecífico (20).

Otros estudios relatan efectos a nivel de reducción del riesgo de lesión o recaída en la mayor y más rápida co-activación agonista-antagonista de la musculatura estabilizadora con el uso de materiales desestabilizadores (21), aspecto que sin duda redundará en una mejora de la estabilidad articular ante situaciones de pérdida de estabilidad imprevistas en la realización de un deporte.

El problema es que el aumento de la actividad antagonista influye negativamente en la producción de fuerza y potencia, ya que se opone a la dirección del movimiento (22) por lo que se explicaría así el porqué el uso de materiales desestabilizadores es más efectivo en programas de rehabilitación o en sujetos desentrenados o sujetos activos recreacionales que en programas de acondicionamiento deportivo (21).

A nivel deportivo hay diferentes líneas de investigación acerca del uso de los materiales desestabilizadores. Una de ellas trata de comprobar qué efecto para el rendimiento (producción y mejora de fuerza) tiene la realización de

ejercicios tradicionales de entrenamiento de la fuerza con equipamientos desestabilizadores en comparación con la realización de esos mismos ejercicios en condiciones estables, y la segunda es aquella que intenta comprobar si el entrenamiento del CORE en equipamientos desestabilizadores puede mejorar algún marcador de rendimiento ya que son muchos los autores los que consideran que la estabilidad del CORE es un componente clave del entrenamiento deportivo (23,24,25) siendo hasta la fecha muy escasos los estudios que han podido demostrar mejoras significativas del rendimiento en sujetos entrenados mediante la realización de ejercicios de fuerza en materiales desestabilizadores, así pues es dudosa la ventaja de usar equipamientos desestabilizadores en el rendimiento deportivo, existiendo estudios que concluyen que el uso de equipamientos desestabilizadores en el rendimiento deportivo supone una disminución del mismo (1,26,27)

El CORE se define como la parte central del cuerpo y es crítica la estabilización del mismo a través de la musculatura abdominal, paraespinal y aquella que estabiliza la pelvis, como los glúteos y el recto femoral, el CORE consiste en cuatro grupos de músculos, músculos de la cadera, músculos de la espina lumbar, músculos de la espina torácica, y músculos de la espina cervical (1).

La importancia que tanto a nivel de salud física, como rehabilitación, así como rendimiento deportivo tiene la estabilización del CORE, definida como la capacidad de control de la posición y el movimiento del tronco y la pelvis, todo ello con una adecuada producción y transferencia de fuerza a segmentos distales (28), asociándose un buen funcionamiento de esta estabilidad central con la



prevención de ciertas lesiones de la zona lumbar y las extremidades inferiores (24).

Un CORE débilmente desarrollado puede ser causa de dolores en la zona lumbar ya que está demostrada su función estabilizadora del raquis (29,30), pudiéndose asociar también con lesiones en el raquis sufridas por los deportistas (31). Un tronco fuerte es de vital importancia para el rendimiento deportivo debido a que todas las fuerzas del cuerpo se originan y/o son soportadas por la zona del CORE (29,30)

En referencia a todos estos dispositivos, lo último en llegar al mercado han sido los aparatos que sirven para practicar la actividad física en condiciones de “suspensión” del cuerpo, o parte de él. Algunos ejemplos de ellos son TRX de Fitnessanywhere, Flying de Sidea, AirfitPro de Purmotion, y otros modelos comercializados por diferentes marcas. Si bien cada uno de ellos recibe un nombre distinto según la marca que lo comercializa, todos ellos basan su funcionamiento en dos cintas colgadas de un soporte que generan una inestabilidad evidente a la hora de realizar ejercicios con los mismos.

Estos movimientos y ejercicios se diferencian de los ejercicios tradicionales ya que las manos o los pies del usuario se encuentran generalmente sostenidos por un solo punto de anclaje, mientras que el extremo opuesto del cuerpo está en contacto con el suelo. Cuando se usa el TRX, el porcentaje deseado del peso corporal recae sobre la zona corporal deseada y con una dinámica de movimiento de ejercicio. El único punto de sujeción del TRX proporciona una combinación ideal de apoyo y movilidad para desarrollar fuerza,

resistencia, coordinación, flexibilidad, potencia y estabilidad de la parte central y con una elección amplia de resistencia (32).

A nivel de publicidad, todas las marcas destacan la mejora que se produce en el CORE con el entrenamiento en dichos materiales, al igual que la publicidad del resto de los diferentes materiales desestabilizadores, debido a la inestabilidad que producen en dicha zona, “El entrenamiento en suspensión proporciona una ventaja a los participantes en comparación con el simple protocolo del entrenamiento de fuerza convencional. ¿Por qué? Porque cada ejercicio del entrenamiento en suspensión desarrolla la fuerza funcional al mismo tiempo que mejora la flexibilidad, el equilibrio y la estabilidad de la parte central (core) del cuerpo, tal como se exige en cualquier actividad deportiva o en la vida cotidiana” (32).

No existe evidencia de que esto sea así, ya que pocos son los artículos encontrados que hablen del entrenamiento en suspensión, de hecho, sólo se han podido referenciar dos artículos a día de hoy (33,34), sin que los resultados aporten clarificación a la supuesta mejora de la musculatura del CORE a través de la ejercitación mediante el entrenamiento en suspensión ya que cada uno versa sobre aspectos diferentes.

Hay autores que concluyen que el entrenamiento en suspensión debe realizarse con cuidado debido a la tensión (stiffnes) que produce en la musculatura de la zona del raquis lumbar (33), otro artículo concluye que la realización de ejercicios de tronco no se ve afectada por la inestabilidad producida por el TRX y otros equipamientos que producen inestabilidad, por lo

que pone en duda que entrenar sobre equipamientos desestabilizadores suponga una ventaja a la realización de los mismos ejercicios en condiciones de estabilidad (34) Más allá de este artículo de investigación, no se ha encontrado ninguna investigación acerca de este método de entrenamiento que se ha popularizado de forma exponencial en no solo los centros de fitness de todo el mundo, sino también en equipos deportivos profesionales, pertenecientes a las grandes ligas americanas, Fútbol Americano, Asociación Nacional de Baloncesto, Liga Nacional de Hockey, Grandes ligas de beisbol, e incluso aquí en España, la selección nacional de baloncesto y destacados deportistas han proclamado las virtudes de su entrenamiento, siendo utilizado actualmente por cientos de entrenadores personales y preparadores físicos.

Atendiendo a la clasificación efectuada por Benito y Martínez en 2009 en Hernando G (2), (figura 1), el TRX se clasificaría dentro de los materiales desestabilizadores que permiten un eje de movimiento grado 3 y un nivel de inestabilidad proporcionada de grado 3.

Los estudios dados acerca de otros materiales desestabilizadores, fitball, bosu, dyna disc, etc. y la gran aceptación y uso que está teniendo el TRX como material generador de inestabilidad o desestabilizador, plantean la conveniencia de la realización del siguiente estudio acerca de la utilización del TRX y su influencia en la estabilidad del CORE en comparación con la realización de similar ejercicio sobre una condición estable y sobre otros equipamientos desestabilizadores.

Para ello, el ejercicio a realizar serán las flexiones de brazos o Push Up ya que se pretende observar la activación muscular de la musculatura del tronco durante la realización de ejercicios de fuerza dirigidos en principio a otros grupos musculares.

El American College of Sports Medicine, ACSM (Colegio Americano de Medicina del Deporte aconseja la realización de las flexiones de brazos como test para la determinación de la resistencia muscular (35), las investigaciones sobre este ejercicio han demostrado que es un buen ejercicio para la activación de los músculos de las extremidades superiores, hombros y brazos, y del tronco (33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45).

Es un ejercicio que de forma constante se puede ver realizándose en los centros de fitness, siendo uno de los favoritos de los instructores que lo aconsejan realizar en todas sus variantes (46), es sencillo de aprender, no requiere equipamiento adicional y se puede modificar para adaptarse a diferentes niveles de condición física (47); asimismo también es uno de los ejercicios obligatorios que deben realizar los competidores de Aerobicsport en sus coreografías de competición.

Es un ejercicio que se puede realizar en todos y cada uno de los materiales a emplear en este estudio igualando de forma muy fácil la ejecución del mismo, con la salvedad de elevar los pies a la altura que quedaban las manos apoyadas sobre los diferentes materiales.

### **3.- Objetivos e Hipótesis del Estudio.**

#### **3.1. Objetivos**

El objetivo general del estudio planteado es comparar el grado de activación de ciertos músculos del CORE durante el ejercicio de push up aplicado en diferentes condiciones de desestabilización.

De manera concreta, como objetivos específicos se pretenden los siguientes:

- a) Comparar la activación muscular de la condición de estabilidad respecto las diferentes condiciones de desestabilización.
- b) Comparar la activación muscular del último dispositivo lanzado al mercado (TRX) respecto las demás condiciones.
- c) Comparar la activación muscular alcanzada entre los distintos dispositivos tradicionales de desestabilización.

#### **3.2 Hipótesis.**

En función de la experiencia profesional acumulada y de ensayos piloto previos, se hipotetiza que el TRX es el material que más activación muscular producirá en los músculos estudiados principalmente en la parte anterior del tronco, y ya no solamente comparándolo con la realización del ejercicio en condiciones estables sino también en su comparación con el resto de materiales desestabilizadores empleados.



## 4. Materiales y Métodos

### 4.1 Diseño del Estudio.

Para examinar las diferencias en activación muscular entre distintas condiciones (estabilidad vs desestabilización) de un mismo ejercicio (push up) se empleó un diseño intrasujeto contrabalanceado.

Durante la realización de todas las condiciones testadas se midió la actividad electromiográfica superficial del oblicuo externo, multifidus lumbar, erector espinal dorsal y recto anterior del cuádriceps del lado dominante.

La señal de la electromiografía superficial fue normalizada respecto la máxima contracción voluntaria alcanzada en pruebas específicas para cada músculo antes de proceder a la colecta de los datos de cada condición. Por lo tanto, las variables dependientes de este estudio fueron la máxima “root mean square” (RMS) o “raíz cuadrada media” de la electromiografía superficial asociada con las contracciones dinámicas.

El estudio consiste en la realización de una serie de 5 repeticiones del ejercicio flexiones de brazos (push up) sobre los diferentes materiales: suelo (condición estable), fitnessdome (similar al bosu), Stability Disc, Wobbleboard rígido, TRX (figuras 3 y 4).



Figura 3. Material desestabilizador utilizado e implementos para la realización de las pruebas de MCVI.



Figura 4. Soporte del TRX con el equipamiento suspendido.



### 4.2. Participantes.

Los sujetos que tomaron parte en el estudio fueron 30 varones de una media de edad de  $23 \pm 1.13$  años, altura  $178.87 \pm 8.21$  cm, peso  $78.01 \pm 8.33$  Kg, grasa corporal  $11.48 \pm 3,18\%$ , distancia acromial  $47.22 \pm 2.81$  cm. Todos ellos eran jóvenes con experiencia previa en entrenamiento de la fuerza y habituados al empleo de materiales de desestabilización. Además ninguno de los sujetos que realizó el estudio presentaba alteraciones musculoesqueléticas, ni neuromusculares ni cualquier otra forma de alteración articular u ósea que pudieran afectar a su ejecución.

En su totalidad consintieron participar en el estudio mediante la aceptación y firma de un consentimiento expreso y el estudio fue aprobado previamente por una comisión científica institucional. Todos los procedimientos descritos en este estudio cumplen los requisitos establecidos en la declaración de Helsinki 1975, revisada en 2008.

A lo largo del estudio no hubo ningún abandono, finalizando el mismo los 30 participantes que lo habían comenzado.

### 4.3. Procedimientos

Todos los participantes realizaron dos sesiones, una primera de recordatorio de ejecución y familiarización con el escenario del estudio, y la segunda de recogida de datos. Entre las dos sesiones medió una semana. Las sesiones tuvieron lugar durante los meses de mayo y junio de 2011 y se

realizaron en el laboratorio de análisis del rendimiento deportivo de la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte de la Universidad de Valencia.

### **4.3.1 Sesión de familiarización**

En la sesión de familiarización se les convocó en grupos de seis sujetos y se les hizo entrega del documento de consentimiento informado, que una vez leído, lo firmaban mostrando su conformidad a participar, asimismo se les daban las instrucciones para el día de la recogida de datos.

A continuación se realizaba de manera protocolizada un calentamiento específico de la cintura escapular y se mostraban los ejercicios del estudio que pasaban a realizarlos en las mismas condiciones que después se haría en la recogida de datos.

### **4.3.2 Sesión de recogida de datos**

Se les convocaba de forma individual, habiéndoseles advertido de que evitasen realizar entrenamiento de fuerza, al menos durante las 48 anteriores al estudio, así como que evitasen el consumo de sustancias estimulantes (ej. cafeína) y cualquier otro tipo de esfuerzo intenso que pudiesen influir en el mismo. Previo a la toma de datos un calentamiento protocolizado fue empleado.

Las condiciones térmicas del laboratorio fueron siempre controladas (22°C temperatura; 45 % de humedad). Los sujetos fueron siempre estimulados de la misma manera y por los mismos examinadores para que obtuvieran su máximo rendimiento en cada una de las mediciones. Los examinadores y ayudantes

fueron previamente instruidos en los procedimientos a seguir durante cada una de las fases del estudio.

### *Medidas antropométricas*

Nada más llegar los sujetos se procedía a realizar las medidas antropométricas en el siguiente orden:

1º Medición de la distancia entre acromios del sujeto.

2º Medición de la Altura del sujeto.

3º Medición del peso del sujeto.

4º Medición del % de grasa corporal del sujeto mediante impedancia bioléctrica (Tanita BF-350. Tanita Corporation of America Inc; Illinois, USA).

### *Aplicación de los electrodos y procedimiento en la medición de las señales electromiográficas*

Una vez finalizadas las mediciones antropométricas se les preparaba la piel para la colocación de los electrodos y la posterior toma de señales electromiográficas. Los electrodos se situaron en los siguientes músculos y en el lado dominante del sujeto, Pectoral (P), Porción Anterior del Deltoides (PAD), Porción Larga del Tríceps Braquial (PLTB), Serrato Anterior (SA), Oblicuo Externo (OE), Recto Femoral (RF), Multifídus lumbar (MFL), Erector Espinal Dorsal (EED). Sin embargo debe destacarse que los músculos P, PAD, PLTB y SA no son objeto

de este estudio que versa sobre activación muscular de estabilizadores de CORE y que simplemente fueron introducidos como experiencia piloto y trabajo de entrenamiento con sus señales para los miembros del grupo de investigación para futuros estudios a realizar. En ningún caso su implementación supuso una amenaza para el estudio realizado.

Antes de colocar los electrodos, la piel se preparaba, con el objeto de reducir la impedancia lo más posible, mediante el rasurado con maquinilla de afeitar y limpieza de la misma con alcohol de 96°, a partir de ahí, se les colocaban los electrodos marca pregelled bipolar silver/silver chloride surface electrodes (Blue sensor M-00-S, Medicotest, Olstykke, DNK) , los electrodos se situaban con una distancia entre ellos de 25 mm en los siguientes músculos (figura 5) del lado dominante del sujeto, Pectoral (P), Porción Anterior del Deltoides (PAD), Porción Larga del Tríceps Braquial (PLTB), Serrato Anterior (SA), Oblicuo Externo (OE), Recto Femoral (RF), Multifídus (MF), Paravertebral Dorsal (EED). El electrodo de referencia se situaba a 35 mm de distancia de los electrodos conforme las indicaciones del fabricante.



Figura 5. Colocación electrodos en P, PAD, PLTB, SA, OE, RF, MF, EED

El emplazamiento de los electrodos en el OE se realizó mediante la colocación de los mismos al lado del recto abdominal, justo arriba de la espina

ilíaca anterior a mitad de distancia entre la costilla y la cresta siendo su orientación ligeramente diagonal coincidiendo con la dirección de las fibras musculares. En el MF se situaron a la altura de la vertebra L3, separados 2 cm de la columna vertebral y justo sobre la masa muscular. Los electrodos del EED se situaron a la altura de la vertebra D12 separados 3 cm de la columna vertebral y paralelos a la misma. En el RF se situaron en la mitad de la distancia entre la rodilla y la espina ilíaca paralelos a las fibras musculares, todos los emplazamientos de los electrodos se hicieron conforme las indicaciones de Cram y Casman en su libro Introduction to Surface Electroygraphy(48).

Para las medidas de electromiografía superficial se usó un aparato mod M6000 T8 Megawin (ME6000, Mega ElectronicsLtd, Kuopio, Finland) (Figura 6).



Figura 6. Dispositivo EMG

Las señales raw del electromiógrafo se recogían con una frecuencia de muestreo de 1 kHz durante la realización de la serie de 5 repeticiones de cada

ejercicio y se amplificaban con una ganancia 5000 para después convertirlas de analógicas a digitales mediante el software Megawin V3.0 (Mega ElectronicsLtd, Kuopio, Finland) y se guardaban en una tarjeta de memoria para su posterior análisis.

En la figura 7 se observa la señal RAW de las contracciones dinámicas obtenidas del Megawin y que corresponden a los músculos Pectoral (P): color verde intenso, Porción Anterior del Deltoides (PAD): color rojo, Porción Larga del Tríceps Braquial (PLTB): color azul, Serrato Anterior (SA): color morado, Oblicuo Externo (OE): color azul oscuro, Recto Femoral (RF): color verde oscuro, Erector Espinal Dorsal (EED): color marrón, Multifidus (MF): color naranja, P, PAD, PLTB, SA No son objeto de este estudio que versa sobre activación muscular de estabilizadores de CORE.

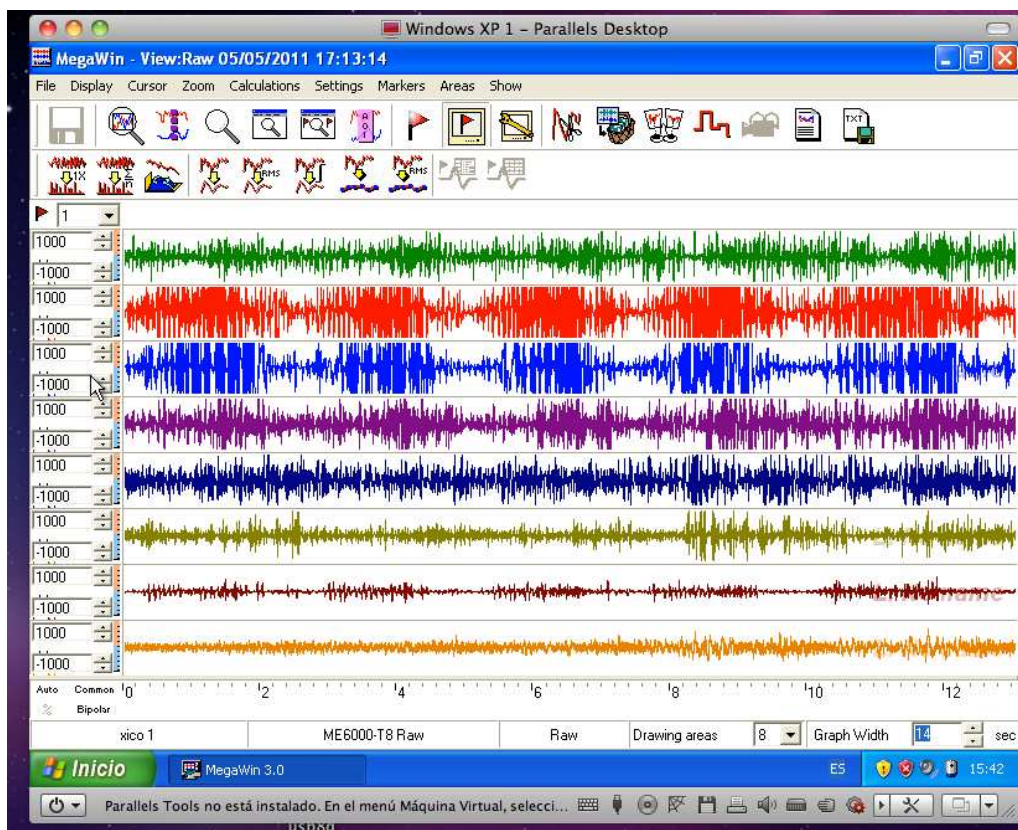


Fig 7: Señal Raw de las contracciones dinámicas obtenida del Megawin.

*Medición de la máxima contracción voluntaria isométrica*

Después de la colocación de los electrodos, se pasaba a tomar medida con el electromiógrafo de la máxima contracción voluntaria isométrica (MCVI) de cada uno de los músculos objeto del estudio.

Las pruebas isométricas se realizaron contra resistencia fija (no manual) conforme las posiciones indicaciones por Konrad, P. en su libro *The ABC of EMG* (49), en ellas, los sujetos mantenían la contracción isométrica máxima durante 7 segundos.

En la figura 8 se observa la prueba de MCVI del Recto Femoral (figura 8).



Figura 8. MCVI del RF

### *Medición de cada una de las condiciones dinámicas del estudio*

Una vez medida la MVCI del sujeto, se pasaban a realizar 5 repeticiones del ejercicio flexiones de brazos (Push Up) en cada uno de los equipamientos del estudio. Una vez establecida de manera contrabalanceada la condición con la que se iniciaba la medición, el posterior orden de ejecución se atribuyó de manera aleatoria. La velocidad de realización en todas las condiciones fue de dos segundos para la fase concéntrica y dos para la excéntrica indicada mediante metrónomo digital (iTunes, Apple Corp, California USA), a 120 bpm (beats por minuto).

Para igualar las características cinemáticas de todas las condiciones, los pies se situaron a una altura del suelo similar (en base estable) a la del apoyo de las manos sobre el equipamiento utilizado en cada momento, de esta forma la posición corporal era la misma; las manos se separaron a la distancia acromial de los sujetos, siendo el dedo corazón el que marcaba la posición de referencia. Asimismo, cada mano se apoyaba sobre un equipamiento de forma independiente, igualando de esta forma la independencia a nivel de lateralidad que ofrece el TRX, los pies se separaban a una distancia entre ellos de 25 cm. En la figura 9 se puede apreciar la referencia para la colocación de las manos.



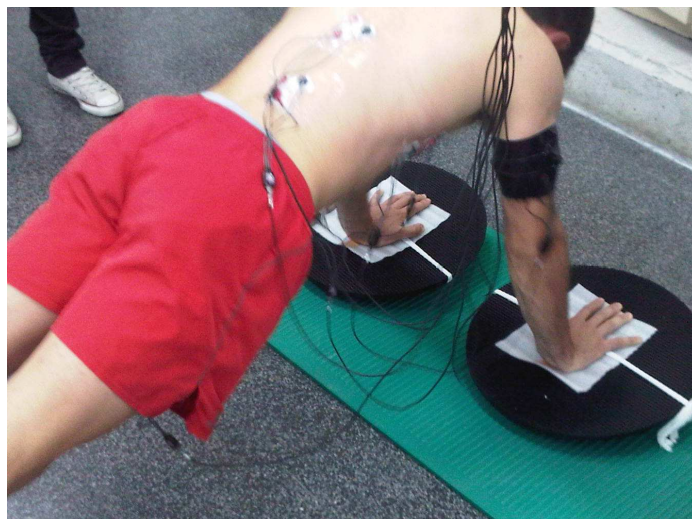


Figura 9. Referencias para la colocación de las manos

Para la realización del ejercicio en el TRX, se construyó un soporte independiente que permitía la ejecución del mismo en la posición requerida (figura 4); el resto de materiales se situaban directamente sobre el suelo, encima de una esterilla, para evitar deslizamientos no deseados de los equipamientos debido al encerado del suelo (figura 9).

La presión de los materiales desestabilizadores hinchables, Stability Disc y FitnessDome (FD) se comprobaba al comienzo de la sesión manteniéndola constante a 1 bar y evitando de esta forma la amenaza que para el estudio supondría la realización de los ejercicios sobre estos materiales a diferentes presiones.

Como se indicó anteriormente, la velocidad de ejecución fue similar en todos los ejercicios y el ritmo era 2/2 tanto para la fase concéntrica como la excéntrica del movimiento y la posición inicial era con el sujeto en plancha prono y desde ahí comenzaba el ejercicio que en su fase de bajada concluía cuando los codos llegaban a una posición de flexión de 90°, dicha posición se

marcaba mediante unos soportes de foam que coincidían con la altura del torax en ese momento.

Entre ejercicios se realizaba un descanso activo protocolizado de 2.5 minutos para que la recuperación fuese efectiva. Durante el descanso se pasaban dos cuestionarios al sujeto, uno de sensación de esfuerzo percibido mediante la escala OMNI-RES, y otro de dolor (CDE) válido para los dolores crónicos y/o agudos. No obstante, dichos cuestionarios no son objeto de este estudio de Investigación y han servido al grupo de investigación como experiencia piloto para futuros estudios. En este sentido, se puede indicar que al finalizar todos los ejercicios se pasaba un cuestionario de preferencias acerca de los materiales a los sujetos que por supuesto tampoco es objeto de este estudio.

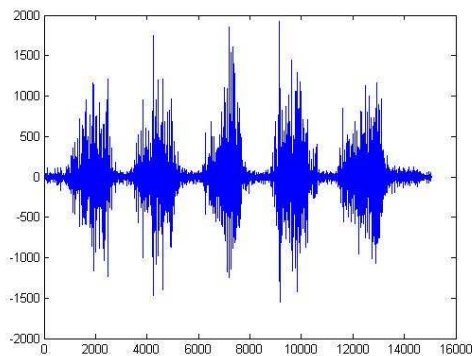
### 4.3.3. Reducción de Datos.

Las señales recogidas por el electromiógrafo se trataron posteriormente para convertirlas en digital con el software megawin V3.0, (Mega ElectronicsLtd, Kuopio, Finland) obteniendo la señal RAW digital y preparándola en formato ASC para el análisis posterior en Matlab.

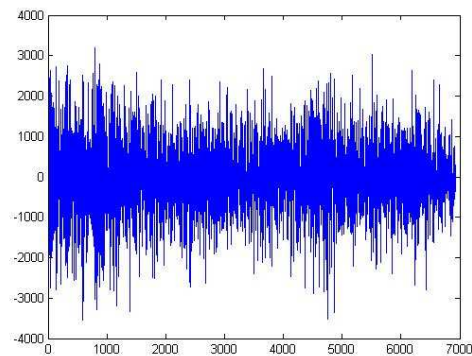
El software matlab 7.0 (MathworksInc, Natick, USA) se utilizó para acondicionar las señales raw procedentes del electromiógrafo, que fueron filtradas con un bandpass de corte de frecuencia a 20-400 Hz con un filtro Butterworth de cuarto orden. La amplitud de la señal de la electromiografía de superficie en el dominio del tiempo fue cuantificada usando la RMS y procesada cada 100 milisegundos.

Para la MCVI se seleccionó el valor más alto de la RMS en el segundo central. De esta forma se pudo normalizar los datos. En cuanto a la activación muscular realizada en cada ejercicio, se escogió el valor máximo de la RMS. Este valor correspondía al pico máximo de una de las 3 repeticiones centrales en la fase concéntrica del movimiento.

En las figuras 10 y 11 se pueden ver las siguientes señales, figura 10, señal RAW de las contracciones dinámicas; figura 11, señal RAW de la contracción isométrica.

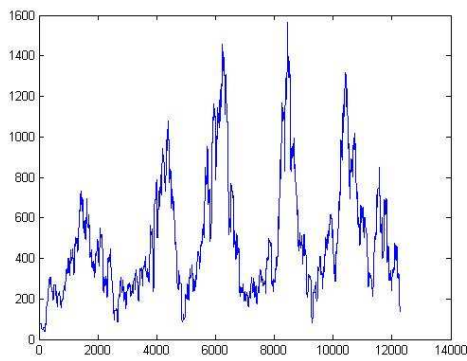
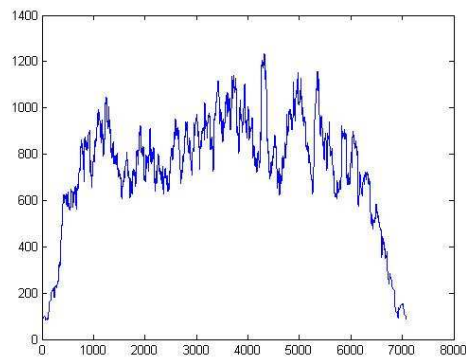


**Figura 10** señal RAW dinámica



**Figura 11** señal RAW isométrica

En las figuras 12 y 13 se pueden ver las siguientes señales, figura 12, señal RMS de las contracciones dinámicas; figura 13, señal raw de la contracción isométrica.

**Figura 12. Señal RMS Dinámica****Figura 13. Señal RMS isométrica**

#### 4.3.4.- Estadística.

El software SPSS 17 para Windows (SPSS INC, Chicago, IL, USA) se usó para realizar el análisis estadístico. Las variables tenían una distribución normal (Test de Kolmogorov-Smirnov) y homocedasticidad (Test de Levene). La estadística descriptiva se utilizó para calcular las medias, desviaciones estándar, error y dispersión. Se utilizó un modelo mixto (grupo muscular [4: OE, MFL, EED, RF] x condición ejercicio<sup>5</sup>). Se realizó un análisis múltiple de varianza (MANOVA) de medidas repetidas para determinar los efectos de las condiciones del ejercicio sobre las variables dependientes. Las cinco condiciones del ejercicio incluían (1) Estabilidad en el suelo, (2) Wobbleboard, (3) TRX Suspensión Trainer, (4) Stability Disc, (5) Fitness Dome. A continuación se realizó un posthoc de Bonferroni para establecer las diferencias significativas (fijadas a  $p \leq 0,05$ ) entre los ejercicios.

## 5. Resultados.

Los resultados de comparación de medias por pares muestran diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) en el OE entre el SD y el WBR siendo la mayor activación EMG durante la realización del ejercicio en el SD. También existen diferencias significativas en el OE, MF y RF entre el TRX y CE, WBR, SD y FD, correspondiendo en todos estos casos a una mayor activación máxima EMG en la realización del ejercicio sobre el TRX (tabla 1).

Tabla 1. Comparaciones EMG entre equipamientos.\*

	OE	MF	EED	RF
CE	154.16(26.59)	8.01(1.64)	79.11(26.61)	23.17(2.36)
WBR	144.24(20.90)	9.78(2.73)	80.86(28.94)	21.49(1.89)
SD	212.18(36.98)†	8.70(1.88)	64.09(20.86)	27.96(3.16)!!
FD	192.69(40.78)	8.64(2.28)	65.71(22.81)	25.75(2.68)
TRX	331.56(40.60)†‡	16.76(3.37)†‡	58.09(11.64)	38.80(3.41)†‡

\*Los datos son presentados como porcentaje de la media (error típico) respecto de la máxima contracción voluntaria isométrica ( $n=30$ ).

†Diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) en comparación con WBR.

‡ Diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) en comparación con CE, SD, FD,

!!Tendencia ( $p=0.05$ ) en comparación con WBR

En el músculo OE existen diferencias significativas entre la realización del ejercicio entre el SD y el WBR ( $p=0,03$ ) a favor del SD.

En el músculo OE hay diferencias significativas entre la realización del ejercicio en TRX® y CE ( $p=0,000003$ ), SD ( $p=0,000015$ ), WBR ( $p=0,000001$ ), FD ( $p=0,001035$ ), todas ellas a favor del TRX®.

En el músculo RF se observa una diferencia significativa ( $p=0.05$ ) entre la realización del ejercicio en SD y el WBR mostrando una mayor activación máxima EMG durante la realización del ejercicio en el SD.

En el músculo MF aparecen diferencias significativas entre la realización del ejercicio en TRX y CE ( $p=0,0233$ ), SD ( $p=0,0060$ ), WBR ( $p=0,0255$ ), FD ( $p=0,0083$ ), todas ellas a favor del TRX.

En el músculo RF aparecen diferencias significativas entre la realización del ejercicio en TRX y CE ( $p=0,0000610$ ), SD ( $p=0,0006060$ ), WBR ( $p=0,0000004$ ), FD ( $p=0,0000808$ ), todas ellas a favor del TRX.

Se muestran a continuación los resultados obtenidos músculo a músculo.

**Oblicuo Externo (OE).**

Existen diferencias significativas entre la realización del ejercicio entre el Stability Disc y el Wobbleboard rígido ( $p=0,03$ ) a favor del Stability Disc (tabla 2).

Tabla 2, comparación medias EMG por pares del músculo OE

Oblicuo (I)	Oblicuo (J)	Diferencia de medias (I-J)	Error típ	P
SD	CE	58,027	21,796	0,125261
	WBR	67,940*	21,338	0,034566
	FD	19,496	22,539	1,000000
	TRX	-119,375*	19,851	0,000015

*Los datos se presentan en diferencia de medias, error típico y significancia estadística; CE: condición estable, WBR: Wobbleboard rígido, SD: Stability Disc, FD: FitnessDome, TRX: suspension training*

También hay diferencias significativas entre la realización del ejercicio en TRX® y el resto, todas ellas a favor del TRX (tabla 3).

Tabla 3, comparación medias EMG por pares del músculo OE

Oblicuo (I)	Oblicuo (J)	Diferencia de medias (I-J)	Error típ	P
TRX	CE	177,401*	26,998	0,000003
	WBR	187,315*	26,275	0,000001
	SD	119,375*	19,851	0,000015
	FD	138,871*	30,907	0,001035

*Los datos se presentan en diferencia de medias, error típico y significancia estadística; CE: condición estable, WBR: Wobbleboard rígido, SD: Stability Disc, FD: FitnessDome, TRX: suspension training*

En la tabla 4 presentamos el análisis de las medias del músculo Oblicuo Externo (OE) en todos los ejercicios.

Tabla 4, medias % respecto MCVI y DT del músculo OE

Oblicuo	Media	Desviación típica	N
CE	154,1570	145,64199	30
SD	144,2437	114,49805	30
WBR	212,1837	202,58122	30
FD	192,6873	223,39512	30
TRX	331,5583	222,40408	30

*Los datos se presentan en medias % respecto MCVI y DT, desviación típica, N: número de sujetos, CE: condición estable, WBR: Wobbleboard rígido, SD: Stability Disc, FD: FitnessDome, TRX: suspension training*

**Multífidus (MF).**

Hay diferencias significativas entre la realización del ejercicio en TRX y el resto, todas ellas a favor del TRX (tabla 5), entre el resto de equipamientos, no se obtienen diferencias significativas en la comparación por pares.

Tabla 5, comparación medias EMG por pares del músculo MF

Multífidus (I)	Multífidus (J)	Diferencia de medias (I-J)	Error típ	P
TRX	CE	8,751*	2,622	0,0233
	WBR	6,983*	2,114	0,0255
	SD	8,064*	2,094	0,0060
	FD	8,123*	2,178	0,0083

*Los datos se presentan en diferencia de medias, error típico y significancia estadística; CE: condición estable, WBR: Wobbleboard rígido, SD: Stability Disc, FD: FitnessDome, TRX: suspension training*

En la tabla 6 presentamos el análisis de las medias del músculo Multífidus en todos los ejercicios.

Tabla 6, medias % respecto MCVI y DT del músculo MF

Multífidus	Media	Desviación típica	N
CE	8,0093	8,96922	30
SD	9,7770	14,96849	30
WBR	8,6967	10,27521	30
FD	8,6373	12,48027	30
TRX	16,7603	18,46977	30

*Los datos se presentan en medias % respecto MCVI y DT, desviación típica, N: número de sujetos, CE: condición estable, WBR: Wobbleboard rígido, SD: Stability Disc, FD: FitnessDome, TRX: suspension training*



**Erector Espinal Dorsal (EED)**

No hay diferencias significativas entre la realización del ejercicio en unos u otros equipamientos.

En la tabla 7 presentamos el análisis de las medias del músculo Paravertebral a nivel dorsal en todos los ejercicios.

Tabla 7, medias % respecto MCVI y DT del músculo EED

EED	Media	Desviación típica	N
CE	79,1087	145,79542	30
SD	80,8607	158,52874	30
WBR	64,0857	114,26035	30
FD	65,7110	124,93093	30
TRX	58,0923	63,75519	30

*Los datos se presentan en medias % respecto MCVI y DT, desviación típica, N: número de sujetos, CE: condición estable, WBR: Wobbleboard rígido, SD: Stability Disc, FD: FitnessDome, TRX: suspension training*

**Recto Femoral (RF).**

Hay diferencia significativa entre la realización del ejercicio en SD y el WBR a favor de la realización del ejercicio en el SD (tabla 8).

Tabla 8, comparación medias EMG por pares del músculo RF

R. Femoral (I)	R. Femoral (J)	Diferencia de medias (I-J)	Error típ	P
SD	CE	4,789	1,899	0,1740842
	WBR	6,472	2,180	0,0544191
	FD	2,213	1,979	1,0000000
	TRX	-10,840*	2,313	0,0006060

*Los datos se presentan en diferencia de medias, error típico y significancia estadística; CE: condición estable, WBR: Wobbleboard rígido, SD: Stability Disc, FD: FitnessDome, TRX: suspension training*

Hay diferencias significativas entre la realización del ejercicio en TRX y el resto, todas ellas a favor del TRX (tabla 9), entre el resto de equipamientos, no se obtienen diferencias significativas en la comparación por pares, excepto la tendencia vista en la tabla anterior.

Tabla 9, comparación medias EMG por pares del músculo RF

R. Femoral (I)	R. Femoral (J)	Diferencia de medias (I-J)	Error típ	P
TRX	CE	15,629*	2,835	0,0000610
	WBR	17,312*	2,334	0,0000004
	SD	10,840*	2,313	0,0006060
	FD	13,053*	2,412	0,0000808

*Los datos se presentan en diferencia de medias, error típico y significancia estadística; CE: condición estable, WBR: Wobbleboard rígido, SD: Stability Disc, FD: FitnessDome, TRX: suspension training*

Tabla 10, medias % respecto MCVI y DT del músculo RF

R. Femoral	Media	Desviación típica	N
CE	23,1747	12,94996	30
SD	21,4920	10,34100	30
WBR	27,9637	17,29601	30
FD	25,7510	14,66577	30
TRX	38,8037	18,70065	30

*Los datos se presentan en medias % respecto MCVI y DT, desviación típica, N: número de sujetos, CE: condición estable, WBR: Wobbleboard rígido, SD: Stability Disc, FD: FitnessDome, TRX: suspension training*

## 6. Discusión y Conclusiones.

Son numerosos los artículos publicados acerca de los beneficios que sobre la musculatura estabilizadora del CORE supone la realización de ejercicios sobre materiales desestabilizadores, pero al mismo tiempo, diferentes estudios ponen en duda la ventaja del entrenamiento sobre materiales desestabilizadores frente a la realización del mismo en condiciones estables (8,22,50)

Es conocido que sobre todo a nivel de rendimiento deportivo la producción de fuerza y potencia se ve seriamente afectada cuando se realizan ejercicios utilizando un material desestabilizador como soporte, asiento o punto de apoyo (8,22 50,51,52,53,54)

Dicho efecto puede afectar tanto como para ocasionar un descenso de entre el 20 y el 70% de la máxima potencia producida con el mismo ejercicio realizado en un entorno estable, como han podido constatar numerosos estudios (8,22,52,53,55, 56,57).

Hasta la fecha son muy pocos los estudios que hayan demostrado mejoras significativas del rendimiento en sujetos entrenados mediante intervenciones que hayan enfatizado la realización de ejercicios de fuerza sobre medios desestabilizadores (26,27). Por el contrario, la mayoría de los estudios han utilizado sujetos desentrenados o activos a nivel recreacional (13,58,59,60,61,62), por tanto, con los estudios realizados hasta la fecha no queda totalmente demostrado que exista una asociación definitiva entre la mejora de la estabilización central, mediante el entrenamiento con medios desestabilizadores, y la mejora del rendimiento deportivo. Sin duda, algunos de

los problemas pueden estar en la especificidad biomecánica y validez científica de los tests utilizados para medir la estabilidad central, y por otro en la inespecificidad de los ejercicios utilizados para transferir la supuesta mejora al gesto deportivo, como podría ser el caso del ejercicio que hemos seleccionado en la presenta investigación. Sin embargo podría ser un ejercicio de acondicionamiento neuromuscular genérico de gran utilidad, de hecho suele ser empleado para tal fin (33-35,46,47).

Por otro lado, están bien documentadas las ventajas del entrenamiento sobre materiales desestabilizadores a nivel de iniciación a la práctica de Actividad Física y a nivel de rehabilitación, como también lo están las ventajas de estos materiales en la realización de ejercicios específicos para la musculatura estabilizadora del CORE (11-15,17,18). Sin embargo, no está suficientemente demostrado que las ventajas en dicha musculatura sean evidentes mientras se realizan otros ejercicios no específicos de la misma, como así es sugerido por determinados autores (1,21,22,26,27).

Nuestro estudio ha sido el primero en el que se ha realizado un mismo ejercicio, flexiones de brazos (Push Up), sobre cinco condiciones diferentes de estabilidad, todo ello para comprobar y comparar su nivel de activación EMG. En este sentido, se puede afirmar que los datos obtenidos en nuestro estudio no revelan diferencias significativas entre realizar el ejercicio en condiciones de estabilidad y sobre el Wobble Board Stability Disc, Fitness Dome en ninguno de los músculos estudiados, hallazgo en la línea de las evidencias encontradas por García-Massó et al. (2011).

Como elemento original de nuestra investigación, también es reseñable que han aparecido diferencias estadísticamente significativas a nivel del OE entre el Wobble Board y el Stability Disc ( $p \leq 0.05$ ), siendo la activación EMG mayor en el Stability Disc. Así como también apareció una diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) en el RF entre el Wobble Board y el Stability Disc, que entendemos lógica debido a que tanto el RF como el OE son músculos estabilizadores y trabajan conjuntamente para mantener la posición deseada en este ejercicio.

Dado que nuestros sujetos están en buen estado de forma y con experiencia a nivel de entrenamiento de la fuerza se puede decir que nuestra muestra coincide con las muestras de otros estudios en los que se ponía de manifiesto que los materiales desestabilizadores no presentaban una ventaja para el rendimiento físico. Aunque por el contrario, y en referencia directa al TRX, en el presente estudio se han encontrado diferencias estadísticamente significativas sobre la totalidad del resto de materiales en los músculos OE, MF, RF, pudiéndose explicar este hecho en la alta desestabilización producida por este material, que hace que las activaciones musculares sean muy elevadas y el ejercicio suponga un esfuerzo grande aún para personas entrenadas.

Sin embargo, también se debe enfatizar que este nivel de activación, principalmente del RF, podría producir mucha tensión a nivel de raquis lumbar ya que son numerosos los estudios que demuestran la relación existente ante el acortamiento de los músculos flexores de la cadera y el dolor de espalda a nivel lumbar, ya que las posturas de rectificación o inversión lumbar, aumentan la presión intra-discal y el estrés de cizalla anteroposterior (25,63).

En ocasiones, la estabilización activa y equilibrio conseguido puede venir dada por la activación de los músculos flexores de la cadera que debe ser evitada o reducida para minimizar la presión intra-discal y el estrés a nivel vertebral (16).

De hecho, se observa en nuestro estudio que en el OE las activaciones EMG producidas por la casi totalidad de los materiales empleados superan el 100% de la MVCI, y aunque esto pudiera hacer pensar que ha existido algún error a la hora de la normalización de los datos, al observar los resultados procedimos a realizar una prueba de MVCI diferente a la realizada en primera instancia siendo los resultados a nivel de % de activación EMG sobre el 100% similares a los de la prueba planteada en el estudio.

En consecuencia, achacamos este hecho a que existe un aumento en la activación muscular para favorecer el fenómeno de la co-activación muscular del tronco, el cual es una estrategia usada por el sistema motor para estabilizar la columna (64,65) dándose de forma muy intensa en aquellos ejercicios que son realizados sobre materiales desestabilizadores (8,12,47,66,67).

Por tanto, se puede concluir que el TRX sí que presenta unos niveles de desestabilización suficientes para que los practicantes con experiencia en el trabajo de fuerza y deportistas de rendimiento obtengan beneficios sobre la activación de los músculos del CORE, (OE y MF) y estabilizadores de cadera (RF), mientras que el resto de materiales utilizados (WB, SD, FD) no presentaban mayores niveles de activación EMG en comparación con realizar el ejercicio sobre una condición estable (CE).

Así pues, mientras que el uso del TRX si tiene explicación a nivel de provocar mayores niveles de intensidad a la hora de provocar activaciones musculares más elevadas, el uso del resto de materiales debería hacerse con un objetivo de dar variedad al entrenamiento de las personas, evitando el aburrimiento y la relajación y motivando la adscripción o fidelización a la práctica de ejercicio físico, hecho ya destacado para otros materiales para acondicionar el tronco que no aportan mayor activación respecto una condición estable (68,69).

Para concluir recomendamos la utilización de materiales desestabilizadores en combinación, y nunca de forma exclusiva, con el entrenamiento en condiciones estables. Ya que parece ser que cuando no es posible aumentar la resistencia externa en el ejercicio, sí que existe una relación directa entre el incremento de la desestabilización y el grado de activación de los músculos estabilizadores, de esta forma tanto los profesionales como los investigadores tendrán herramientas prácticas para generar progresiones lógicas con las que incrementar el estímulo, incluso aún disponiendo de la opción de implementar resistencias externas el empleo de estos dispositivos de desestabilización podrían aportar a ciertas poblaciones una aplicación mucho más segura puesto que eludiendo dichas resistencias se podría evitar un estrés excesivo sobre el raquis lumbar (70,71).

## 7. Perspectivas del Estudio.

A la hora de establecer una referencia de uso de los materiales desestabilizadores, es importante realizar la investigación mediante un diseño de comparación de grupos, rendimiento deportivo, practicantes recreacionales o inexpertos y rehabilitación, nuestro estudio ha coincidido con los realizados hasta ahora a nivel de rendimiento, excepto en el TRX, con lo que sería muy interesante realizar el ejercicio en las diferentes condiciones desestabilizadoras que ofrece este tipo de equipamiento; de esta forma se podría establecer un orden de menor a mayor dificultad en el uso de este equipamiento, racionalizando su práctica.

La incorporación de cuestionarios de percepción del esfuerzo, junto con cuestionarios de preferencias y dolor podrían servir para elaborar un orden o prioridad de uso en función de las necesidades y objetivos de los practicantes de ejercicio físico.

Pese a que hay estudios en el que las medias de activación EMG superan el 100% de la MCVI, habría que realizar diferentes pruebas de la MCVI para ver cuál de ellas se adapta mejor a este tipo de estudio.



## 8. Agradecimientos.

Agradezco al Departamento de Educación Física de la Universidad de Valencia y más concretamente al Laboratorio de Actividad Física y Salud los recursos puestos a mi disposición para llevar a cabo esta investigación.

Esta investigación no hubiera sido posible sin la participación desinteresada de las personas que intervinieron en la misma como sujetos experimentales, a todos ellos, mil gracias de todo corazón. Asimismo, mi más sincero agradecimiento a Joao Alves (Kimo) y Rocio Lendínez por su ayuda a pie de laboratorio.

A Sebastián Borreani y prof. Carlos Pablos, mi agradecimiento por sus aportaciones a la investigación realizada y sus tan acertadas críticas y opiniones.

Este trabajo no hubiera sido posible sin la ayuda y supervisión del profesor Dr. Juan Carlos Colado Sánchez, sus aportaciones como director del trabajo de Investigación han supuesto para mí un aprendizaje muy valioso.

Por último, agradecer a mi familia las muchas horas que me han prestado para que este trabajo haya podido finalizarse, sin ellos no hubiera sido posible.

Fernando Martín Rivera

## 9. Referencias Bibliográficas.

- (1) Heredia JR, Peña G, Isidro F, Mata F, Moral S, Martín F, Da Silva M. Bases para la utilización de la inestabilidad en los programas de acondicionamiento físico saludable. in press, rev digital [www.efdeportes.com](http://www.efdeportes.com). 2011.
- (2) Hernando G, Cañadas M, Barrejón A. Materiales inestables en entrenamiento personal, en: Nuevas tendencias en entrenamiento personal, Hernando G, Editorial Paidotribo. 2009; p. 224-257.
- (3) Akuthota V, Nadler S. Core strengthening. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 2004; 85(S1), S86-S92
- (4) Marshall P, Murphy BA. Changes in muscle activity and perceived exertion during exercises performed on a swiss ball. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 2006a; 31(4): 376-383.
- (5) Marshall PW, Murphy BA. Increased deltoid and abdominal muscle activity during Swiss ball bench press. *J. Strength Cond. Res.* 2006b; 20(4): 745-750.
- (6) Anderson KG, Behm DG. Trunk muscle activity increases with unstable squat movements. *Can. J. Appl. Physiol.* 2005; 30:33-45.
- (7) Itoi E, Kuechle D, Newman S, Morrey B, An K. Stabilizing function of the biceps in stable and unstable shoulders. *J. Bone Joint Surg. Br.* 1993; 75(4): 546-550.

- (8) Behm DG, Anderson K, Curnew RS. Muscle force and activation under stable and unstable conditions. *J. Strength Cond. Res.* 2002; 16(3):416-422.
- (9) Lehman GJ, MacMillan B. Shoulder muscle EMG activity during push up variations on and off a Swiss ball. *Dyn Med.* 2006.
- (10) Lehman GJ, Gordon T, Langley J, Pemrose P, Tregaskis S. Replacing a Swiss ball for an exercise bench causes variable changes in trunk muscle activity during upper limb strength exercises. *Dynamic Medicine.* 2005<sup>a</sup>; 4:6
- (11) Lehman GJ, Hoda W, Oliver S. Trunk muscle activity during bridging exercises on and off a Swiss ball. *Chiropractic&Osteopathy.* 2005<sup>b</sup>; 13:14.
- (12) Vera FJ, Grenier SG, McGill SM. Abdominal muscle response during curl-ups on both stable and labile surfaces. *Physical Therapy.* 2000; 80(6): 564-569.
- (13) Cosio-Lima LM, Reynolds KL, Winter C, Paolone V, Jones MT. Effects of physioball and conventional floor exercises on early phase adaptations in back and abdominal core stability and balance in women. *J. Strength Cond. Res.* 2003; 17(4): 721-725.
- (14) Marshall PW, Murphy BA. Core stability exercise on and off a Swiss ball. *Arc. Physical Med. Rehab.* 2005; 86(2):242-249.
- (15) Behm DG, Leonard AM, Young WB, Bonsey AC, MacKinnon SN. Trunk muscle electromyographic activity with unstable and unilateral exercises. *J. Strength Cond. Res.* 2005; 19(1):193-201.

- (16) Hildenbrand K, Noble L. Abdominal muscle activity while performing trunk-flexion exercises using the AbRoller, AbSlide, FitBall and conventionally performed trunk curls. *J. Ath. Training*. 2005; 39(1):37-47
- (17) Hubscher M, Zech A. Neuromuscular Training for Sports Injury Prevention: A systematic Review. *MedSciSportsExerc*, Published ahead of print. 2010; 42(3): p. 413-421.
- (18) McKeon PO, Hertel, J., Systematic review of postural control and lateral ankle instability, part I: can deficits be detected with instrumented testing. *J Athl Train*, 2008; 43(3): p. 293-304.
- (19) Kolber MJ, Beekhuizen K. Lumbar stabilization: An evidenced-based approach for the athlete with low back pain. *Strength Condit. J*. 2007; 29(2): 26-37.
- (20) Marshall PW, Murphy BA. Muscle activation changes after exercise rehabilitation for chronic low back pain. *Arch Phys Med Rehabil*, 2008; 89(7): p. 1305-13.
- (21) Behm DG, Drinkwater EJ, Willardson JM, Cowley P. The use of instability to train the core musculature review. *Appl. Physiol. Nutr. Metab*. 2010; Vol. 35.
- (22) Drinkwater EJ, Pritchett EJ, Behm DG. Effect of instability and resistance on unintentional squat-lifting kinetics. *Int. J. Sports Physiol. Perform*. 2007; 2(4): 400-413.
- (23) Jeffreys I. Developing a progressive core stability program. *Strength and Conditioning Journal*. 2002; 24(5), 65-66.

- (24) Leetun D, Ireland M, Willson J, Ballantyne B, Davis M. (). Core stability measures as a risk factors for lower extremity injury in athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2004; 36(6), 926-934.
- (25) McGill S. Low back stability: from formal description to issues for performance and rehabilitation. *Exercise and Sports Science Reviews*. 2001; 29(1), 26-31.
- (26) Scibek J, Guskiewicz W, Prentice W, Mays S, Davis J. The effect of core stabilization training on functional performance in swimming. Masters Thesis, University of North Carolina, Chapel Hill. 2001
- (27) Stanton R, Reaburn PR, Humphries B. The effects of short-term Swiss Ball Training on Core Stability and Running Economy. *J. StrengthCod. Res*. 2004; 18(3):522-528.
- (28) Kibler WB, Press J, Sciascia A. The role of core stability in Athletic function. *Sport Med*. 2006; 36(3): 189-198
- (29) Cholewicki J, McGill SM. Mechanical stability of the in vivo lumbar spine: Implications for injury and chronic low back pain. *ClinBiomech*. 1996; 11:1-15
- (30) Panjabi, MM. The stabilizing system of the spine. Part II. Neutral zone and instability hypothesis. *J Spinal Disorders*. 1992; 5:390-397.
- (31) McGill SM, Grenier S, Kavcic N, Cholewicki J. Coordination of muscle activity to assure stability of the lumbar spine. *J. Electromyog. ClinalNeurophy*. 2003; 44(1):57-64

- (32) Bettendorf, B. 2010 TRX suspension training: Scientific Foundations and Practical Applications (on line). 2010 (fecha de acceso 16 agosto 2011) Disponible en: [www.trxspain.com](http://www.trxspain.com)
- (33) Beach T, Howarth S, Callaghan J. Muscular contribution to low-back loading stiffness during standard and suspended push-ups. *Human Movement Science*. 2008; 27 (3), 457-472.
- (34) Schoffstall E, Titcomb A, Kilbourne F. Electromyographic Response of the Abdominal Musculature to Varying Abdominal Exercises, *Journal of Strength & Conditioning Research*. 2010 (December 2010 - Volume 24 - Issue 12 - pp3422-3426)
- (35) ACSM's Health-Related Physical Fitness Assessment Manual (2<sup>nd</sup> ed). Philadelphia, PA: Wolters Kluwer/Lippincott. 2008.
- (36) Cogley RM, Archambault TA, Fibeger JF, Koverman MM, Youdas JW, Hollman JH. Comparison of muscle activation using various hand positions during the push-up exercise. *J Strength Cond Res* 2005;19: 628-633.
- (37) Hardwick DH, Beebe JA, McDonnell MK, Lang CE. A comparison of serratus anterior muscle activation during a wall slide exercise and other traditional exercises. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2006; 36: 903-910.
- (38) Martins J, Tucci HT, Andrade R, Araújo RC, Bevilaqua-Grossi D, Oliveira AS. Electromyographic amplitude ratio of serratus anterior and upper trapezius muscles during modified push-ups and bench press exercises. *J Strength Cond Res* 2008; 22: 477-484,.
- (39) Moseley JB, Jobe FW, Pink M, Perry J, Tibone J. EMG analysis of the

- scapular muscles during a shoulder rehabilitation program. *Am J Sports Med* 1992; 20: 128-134.
- (40) Neumann DA. *Kinesiology of the Musculoskeletal System: Foundations for Physical Rehabilitation*. St. Louis: Mosby. 2002.
- (41) Uhl TL, Carver TJ, Mattacola CG, Mair SD, Nitz AJ. Shoulder muscle activation during upper extremity weight-bearing exercise. *J Orthop Sports Phys Ther* 2003; 33: 109-117.
- (42) Freeman S, Karpowicz A, Gray J, McGill S. Quantifying muscle patterns and spine load during various forms of the push-up. *Med Sci Sports Exerc* 2006; 38: 570-577.
- (43) Jenkins DB. *Hollinshead's Functional Anatomy of the Limbs and Back*. (9th ed.). St. Louis, MO: Saunders Elsevier, 2009.
- (44) Knapik JJ, Sharp MA, Canham-Chervak M, Hauret K, Patton JF, Jones BH. Risk factors for training-related injuries among men and women in basic combat training. *Med Sci Sports Exerc* 2001; 33: 946-954.
- (45) Lear JL, Gross MT. An electromyographical analysis of the scapular stabilizing synergists during a push-up progression. *Phys Ther* 1998; 28: 146-157.
- (46) Gouvali MK, Boudolos K. Dynamic and electromyographical analysis in variants of push-up exercise. *J Strength Cond Res* 2005; 19: 146-151.
- (47) Youdas JW, Budach BD, Ellerbusch JV, Stucky CM, Wait KR, Hollman JH. Comparison of muscle activation Patterns during the conventional push up

- and perfect pushup® exercises. J Strength Cond Res 2010; 24 (12): 3352-3362.
- (48) Cram JR, Kasman G. Introduction to Surface Electromyography, Aspen 1998.
- (49) Konrad P. The ABC of EMG, A practical introduction to kinesiological electromyography, Noraxon INC. USA. 2005
- (50) Anderson KG, Behm DG. Maintenance of EMG activity and loss of force output with instability. J. Strength Cond. Res. 2004; 18(3): 637-640.
- (51) Kornecki S, Zschorlich V. The nature of the stabilizing functions of skeletal muscles. J. Biomech. 1994; 27(2): 215-225.
- (52) McBride JM, Cormie P, Deane R. Isometric squat force output and muscle activity in stable and unstable conditions. J. Strength Cond. Res. 2006; 20(4): 915-918.
- (53) Willardson JM. Core stability training: applications to sports conditioning programs. J. Strength Cond. Res. 2007; 21(3): 979-985.
- (54) Koshida S, Urabe Y, Miyashita K, Iwai K, Kagimori A. Muscular outputs during dynamic bench press under stable versus unstable conditions. J. Strength Cond. Res. 2008; 22(5): 1584-1588.
- (55) Anderson KG, Behm DG. Maintenance of EMG activity and loss of force output with instability. J. Strength Cond. Res. 2004; 18(3): 637-640.
- (56) Kornecki S, Zschorlich V. The nature of the stabilizing functions of skeletal muscles. J. Biomech. 1994; 27(2): 215-225.



- (57) Koshida S, Urabe Y, Miyashita K, Iwai K, Kagimori A. Muscular outputs during dynamic bench press under stable versus unstable conditions. *J. Strength Cond. Res.* 2008; 22(5): 1584-1588.
- (58) Cowley PM, Swensen T, Sforzo GA..Efficacy of instability resistance training. *Int. J. Sports Med.* 2007; 28(10): 829-835.
- (59) Kean CO, Behm DG, Young WB. Fixed foot balance training increases rectus femoris activation during landing and jump height in recreationally active women. *J. Sports Sci.Med.* 2006; 5: 138-148.
- (60) Thompson CJ, Cobb KM, Blackwell J. Functional training improves club head speed and functional fitness in older golfers. *J. Strength Cond. Res.* 2007; 21(1): 131-137.
- (61) Yaggie JA, Campbell BM. Effects of balance training on selected skills. *J. Strength Cond. Res.* 2006; 20(2): 422-428.
- (62) Butcher SJ, Craven BR, Chilibeck PD, Spink KS, Grona SL, Sprigings EJ..The effect of trunk stability training on vertical takeoff velocity. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* 2007; 37(5): 223-231.
- (63) Wilke HJ, Neef P, Caimi M, Hoogland T, Claes L.E. New in vivo measurements of pressures in the intervertebral disc in daily life. *Spine.* 1999 24(8), 755-762.
- (64) Gardner-Morse MG, Stokes IAF. The effects of abdominal muscle coactivation on lumbar spine stability. *Spine* 1998; 23, 86-92.

- (65) Granata KP, Marras WS. () Cost-Benefit of Muscle Cocontraction in Protecting Against Spinal Instability, *Spine*. 2000; 25(11), 1398-1404.
- (66) Fransson PA, Gomez S. Changes in multi-segmented body movements and EMG activity while standing on firm and foam support surfaces. *Eur J ApplPhysiol*, 2007. 101(1): p. 81-9.
- (67) Behm DG, Anderson KG. The role of instability with resistance training. *J. Strength Cond. Res*. 2006; 20(3):716-722.
- (68) Demont RG. Comparison of two abdominal training devices with abdominal crunch using strength and EMG measurements. *J Sports Med Phys Fitness*. 1999; 39: 253-258.
- (69) Sands WA, McNeal JR. A kinematic comparison of four abdominal training devices and a traditional abdominal crunch. *J. Strength Cond. Res*. 2002;16(1):135-141.
- (70) Behm DG, Drinkwater EJ, Willardson JM, Cowley PM. Canadian Society for Exercise Physiology. Canadian Society for Exercise Physiology position stand: The use of instability to train the core in athletic and nonathletic conditioning. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2010 Feb; 35(1):109-12.
- (71) Behm DG, Drinkwater EJ, Willardson JM, Cowley PM. The use of instability to train the core musculature. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2010 Feb; 35(1):91-108. Review.