



TRABAJO DE FIN DE GRADO

Entrenamiento en Suspensión. Revisión Sistemática de la Literatura.

(Suspension Training: a Systematic Review.)

Autor: D. Antonio Soler Alarcón

Tutora: D^a. Antonia Irene Hernández Rodríguez

Grado en Ciencias de la Actividad Física y Deporte

Facultad de Educación

UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

Curso Académico: 2016/ 2017

Almería, Junio de 2017

ÍNDICE

1. RESUMEN.....	2
2. INTRODUCCIÓN.....	3-6
3. ENTRENAMIENTO EN SUSPENSIÓN.....	7-16
4. CONCLUSIONES Y APLICACIONES.....	17-21
5. FUTURA INVESTIGACIÓN.....	22
6. BIBLIOGRAFÍA.....	23-25
7. ANEXO.....	26-41

1. RESUMEN

El entrenamiento en suspensión (ES) es un método de entrenamiento que se utiliza en la población desde hace relativamente poco tiempo. Esta revisión bibliográfica se ha realizado con el objetivo de reunir el grueso de todos los artículos más importantes relacionados con este tema y generar el comienzo del marco teórico que pueda ayudar a los entrenadores y usuarios a utilizar esta herramienta de la manera más eficiente y eficaz posible. Tras ser revisada la literatura y seleccionados los artículos meticulosamente, se han ordenado en cuatro grandes grupos: (ES) referente al tren superior, (ES) referente al tren inferior, (ES) referente a los músculos del core y otros aspectos del (ES). Tras la revisión, podemos decir que los usos más eficientes para esta herramienta son: la rehabilitación de lesiones en sujetos con miembros con movilidad reducida, readaptación al ejercicio de sujetos no entrenados o tras larga inactividad, calentamiento antes de una sesión de fuerza, entrenamiento de la fuerza neural y prevención de lesiones, entrenamiento en términos de potencia y fuerza resistencia y entrenamiento funcional o complementario a un entrenamiento base con cargas. También hemos realizado una tabla metodológica para adecuar el uso del (ES) según la condición física del sujeto encontrando que la mayor inestabilidad la provocan la distancia entre los apoyos, el % de peso que aplicas en el apoyo del TRX, según la herramienta que utilices (+ inest Airfit y – inest jungle gym) y según los grados de angulación del TRX(0º máxima inest).

Palabras clave: Suspensión, entrenamiento, revisión sistemática, metodología, marco teórico.

2. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el auge del entrenamiento en suspensión ha experimentado un crecimiento exponencial, su uso se ha extendido desde atletas y deportistas profesionales como entrenamiento complementario hasta readaptaciones de lesiones o adaptación al ejercicio de sujetos no entrenados.

La gran ventaja de este método es su facilidad de transporte y su versatilidad. Es un tipo de entrenamiento que puede ser realizado en cualquier ámbito (en casa enganchado de una puerta, atado a un árbol a una verja etc.) y además de ser muy asequible, permite un amplio rango de posibilidades de entrenamiento puesto que la intensidad se controla mediante la inclinación del cuerpo y los apoyos (Rauschenbach, Morrell, Ridley y Walsh, 2013).

Para continuar, esta herramienta de entrenamiento proveniente de las fuerzas militares de los NavySeals de los Estados Unidos y su abanico de posibilidades ha sido utilizado en diferentes asignaturas del Grado de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte como base o complemento de las enseñanzas adquiridas de entrenamiento, las cuales me dispongo a mencionar:

Como comentaba, en las asignaturas de todos los deportes tanto individuales como colectivos (deportes colectivos: vóleybol, fútbol, baloncesto y balonmano; deportes individuales: natación, atletismo, gimnasia y lucha y deportes de raqueta), es una herramienta ideal para tener en cualquier pabellón, piscina o instalación deportiva como complemento al entrenamiento táctico-técnico y su facilidad de introducir simultáneamente ejercicios de fuerza a las sesiones de entrenamiento diarias así como para la prevención de lesiones.

En las asignaturas dirigidas a la actividad física para la salud (ejercicio y actividad física orientada a la salud; actividad y ejercicio físico para la tercera edad; actividad física e inclusión social) también hemos utilizado las bases inestables y el entrenamiento en suspensión como un método de entrenamiento clave para trabajar la propiocepción en personas mayores, junto con el core y la fuerza general del organismo. Por su facilidad para ajustar la intensidad y el sencillo funcionamiento, es un método de entrenamiento ideal para sujetos no entrenados, personas mayores o readaptaciones de lesiones.

En la asignaturas de entrenamiento (desarrollo, aprendizaje y control motor; fundamentos del entrenamiento deportivo y fitness y wellness), es un valor añadido al entrenamiento con cargas. Se utiliza como complemento a este, para mantener los niveles de entrenamiento semanas que no puedas realizar tu entrenamiento habitual o para crear caminos neuronales nuevos y activar más y mejor el músculo. También es ideal para las primeras semanas de entrenamiento tras una lesión o una larga inactividad (Sannicandro, Cofano y Rosa, 2013).

En la asignatura de actividad en medio natural resulta de un método fácil de transportar, muy versátil y fácil de instalar en cualquier circunstancia y sería nuestro mejor aliado para realizar nuestros entrenamientos al aire libre.

Como continuación a los conocimientos adquiridos, la versatilidad, el fácil acceso a este método tan económico y la posibilidad de trabajar a diferentes intensidades y de manera muy fácil los diferentes grupos musculares y adaptarse a tantos grupos diferentes de tipo de entrenamiento, me parece muy interesante revisar el grosor de todos los artículos publicados hasta ahora sobre este tipo de entrenamiento y relacionarlo a conceptos tan novedosos como son el perfil de fuerza velocidad, la cuantificación de la carga mediante velocidad de ejecución o medición de activaciones musculares mediante electromiografías (Samozino, Rejc, Prampero, Belli y Morin, 2012).

Para comenzar, tras revisar concienzudamente los últimos estudios con el objetivo de profundizar en los contenidos y conocimientos científicos que hay en la literatura sobre el entrenamiento en suspensión, presentaré el marco teórico y las publicaciones más recientes sobre el trabajo de la fuerza en suspensión, las aplicaciones más eficientes para este tipo de entrenamiento y las últimas recomendaciones según los estudios más avanzados.

El entrenamiento en inestabilidad mejora sustancialmente la activación en los músculos del tren superior basándonos en estudios realizados en la comparación de la actividad electromiográfica de los músculos pectoral mayor, deltoides anterior, trapecio y tríceps braquial entre una flexión tradicional y una flexión (push-up) con material en suspensión. (Snarr y Esco, 2013; Borreani, Calatayud, Colado, Tella, Moya-Nájera, Martin, y Rogers 2015; Calatayud, Borreani, Colado, Martin, y Rogers, 2014).

Además de comparar la activación de la musculatura del tronco realizando ejercicios de plancha abdominal tanto en superficie estable como en suspensión, basándonos en análisis

electromiográficos de la activación muscular de los siguientes músculos: recto abdominal, oblicuos externos e internos, multífidus lumbares, transverso abdominal, erector espinal y erector espinal sacro-lumbar. Encontrando diferencias significativas en el nivel de actividad muscular entre las dos superficies, aunque apareciendo excepciones. También se revelan de entre diferentes tipos de ejercicios en suspensión cuáles de ellos presentan una activación mayor de los músculos estabilizadores o core. (Schoffstall, Titcomb, y Kilbourne, 2010; Snarr y Esco 2013 y; McGill, Cannon y Andersen, 2014; Atkins, Bentley, Brooks, Burrows, Hurst y Sinclair, 2015; Byrne, Bishop, Caines, Crane, Feaver y Pearcey, 2014; Cugliari, & Boccia, 2017; Soler et al, 2015)

En tercer lugar, centrándonos en el tren inferior, se valoraron variables como la fuerza, el tiempo y la potencia aplicadas. En el ejercicio de medio squat se revela una activación muscular menor en comparación al squat en suelo, siendo provocado por una reducción del peso al colgarse de las bandas. Podría ser una opción interesante para trabajar en movimientos de velocidad máxima reduciendo el peso corporal (Sannicandro, Cofano y Rosa, 2015).

Por último, encontramos que estas manifestaciones no son siempre significativas, y es que, cuando este tipo de entrenamientos se realiza con personas altamente entrenadas las diferencias entre ejercicios planteados en bases estables e inestables al parecer, son inexistentes. Incluso las adaptaciones son mayores en entrenamiento en bases estables. Por lo tanto habría que acotar el uso del entrenamiento en suspensión para los momentos en los que sea más eficiente. Este “mundo del entrenamiento en suspensión” está muy poco estudiado ya que apenas hay unas pocas referencias en la literatura de electromiografías que revelan activaciones musculares en diferentes situaciones y en comparación con medios estables. Según mi hipótesis inicial, en sujetos no entrenados que comienzan el entrenamiento de fuerza, el grupo que lo haga por un entrenamiento en suspensión lograrán mayores adaptaciones que los que entrenen mediante métodos tradicionales ya que la fuerza que más se mejora en las primeras etapas de entrenamiento es la fuerza neural y la propiocepción en la que se trabaja con el entrenamiento en suspensión la favorece, además de que la activación muscular general del organismo es mayor (estabilizadores), y por ejemplo, en push-ups es mayor también en el pectoral y deltoides (Lehman, MacMillan, MacIntyre, Chivers y Flutter, 2006; Soler et al, 2015)

En consecuencia, aunque existe una falta de conocimiento científico en relación al entrenamiento en suspensión y las adaptaciones que genera, hay, aunque escasos, ciertos estudios en la literatura. La metodología que hemos seguido para seleccionar los artículos ha sido la siguiente. Primeramente hemos realizado una búsqueda por medio de los motores de búsqueda Indaga, Dialnet, Pubmed y ProQuest de todos los artículos relacionados con “entrenamiento en inestabilidad” e “inestability Training”. Tras revisar todos los artículos encontrados, hemos seleccionado aquellos relacionados con el entrenamiento en suspensión y los que nos pudiesen interesar y hemos realizado una primera selección de estos. A continuación, realizamos una segunda búsqueda con las palabras “entrenamiento en suspensión” y “suspensión training” y de la misma manera, tras revisar el groso de artículos, seleccionamos todos los relacionados con entrenamiento en suspensión. Tras la segunda revisión, hicimos una búsqueda selectiva dentro de la bibliografía de los artículos que ya teníamos para ver si podría interesarnos y añadir los que consideramos a nuestra selección. Para concluir, revisamos y estudiamos todos los artículos seleccionados y los ordenamos en los apartados de: tren superior, tren inferior, core y otros aspectos a tener en cuenta. A continuación me dispongo a describir todos los artículos y las conclusiones más relevantes con la intención de generar un marco teórico con toda la literatura existente que guíe a los entrenadores a la hora de prescribir y utilizar el entrenamiento en suspensión de la manera más eficiente posible.

3. ENTRENAMIENTO EN SUSPENSIÓN

Para comenzar, los beneficios del entrenamiento en superficies inestables no sólo se aplican a los atletas de alto rendimiento, sino que también pueden ser utilizados por todos los que buscan un método para mejorar su condición física de forma rápida y segura. Provee flexibilidad y es un excelente complemento para obtener fuerza funcional así como una excelente herramienta para el trabajo de propiocepción.

Asimismo, tiene una serie de ventajas respecto al entrenamiento convencional: “Optimiza el tiempo de entrenamiento y disminuye la posibilidad de lesiones. Se adapta a cualquier persona independientemente de su condición física proporcionando un entrenamiento seguro, eficaz, divertido e individualizado. Cuando la persona es deportista, incrementa su rendimiento. Tiene una versatilidad inigualable, es extremadamente portátil en relación a máquinas grandes y muy asequible.”(Soler, Garrido, Sánchez y Hernández, 2015 p.4).

También, los implementos para el entrenamiento inestable, reducen (o eliminan) los puntos de contacto del individuo con el suelo. Aquellos que respaldan el entrenamiento en superficies inestables afirman que debido a que todos los movimientos requieren tanto de estabilidad como de movilidad, es de mucho valor entrenar las dos cualidades de forma simultánea.

Por otro lado, en las últimas décadas se ha destacado el trabajo de propiocepción como uno de los mayores aliados para prevenir lesiones y han salido numerosos tipos de material para trabajar los músculos estabilizadores. Los diferentes materiales más usados en la actualidad como reductores de la estabilidad son: la pelota suiza o feedball, una pelota de plástico de gran tamaño y deformable; el BOSU, una plataforma en forma de media esfera hinchable con base rígida y que tiene la utilidad tanto por el lado cóncavo como por el lado convexo; el tablero basculante o Dyna Disc (bases redondas similares al bosu pero en menor tamaño y rígidas) y balón medicinal.

Pero continuando con el mismo tema, el protagonismo sin duda por su versatilidad y usabilidad en el entrenamiento de la fuerza lo tiene el entrenamiento en suspensión. Esta es una de las nuevas formas de entrenamiento en inestabilidad, utiliza cuerdas y/o correas que están ancladas y colgadas a un punto fijo, que permite al usuario trabajar en contra de su propio peso corporal (auto cargas) de una posición suspendida. La mayor participación del

músculo en la estabilización del ejercicio en suspensión provoca un aumento de activación muscular (Behm, Drinkwater, Willardson y Cowley, 2010). De forma sencilla, el entrenamiento en suspensión, o popularmente conocido como entrenamiento con TRX se podría definir como el repertorio de ejercicios y movimientos diseñados para que las manos o los pies del deportista se encuentren sujetos por un sólo punto de anclaje, mientras que el extremo opuesto del cuerpo permanece en contacto con el suelo o con otras superficies. Los diferentes agarres en el TRX (por ejemplo, a una mano, a dos manos, con talones, con punta de los pies, a distintas alturas e inclinaciones), así como las muy distintas formas de realizar el apoyo en el extremo contrario como por ejemplo, en el suelo (estable) o en una superficie inestable. Dotan de una versatilidad inigualable a este tipo de entrenamiento. (McGill et al, 2014).

3.1 ENTRENAMIENTO EN SUSPENSIÓN REFERENTE AL TREN SUPERIOR

Para comenzar, con los dispositivos de suspensión se han evaluado artículos cuyo trabajo compara las diferentes activaciones de los siguientes grupos musculares: pectoral, deltoides, tríceps braquial (Snarr y Esco, 2013) además del trapecio (Borreani et al, 2015; Calatayud et al, 2014) en la realización de el ejercicio push-up. Todos ellos miden la activación muscular mediante electromiografía (EMG) y comparan las diferencias obtenidas entre los diferentes medios.

En el primer artículo en el que me voy a centrar, Snarr y Esco (2013) fueron los pioneros en plantear la hipótesis de que las flexiones de brazos en suspensión generaban una activación superior de la musculatura que en situación estable. Tras el estudio de los resultados, el principal hallazgo fue que la activación muscular resultó significativamente mayor que en las flexiones tradicionales, apoyando su hipótesis inicial. Tanto en los músculos pectoral mayor (tabla 2.1.1), deltoides anterior (tabla 2.1.2) como tríceps braquial (tabla 2.1.3).

Para continuar, el siguiente estudio de Borreani et al (2015) parte de la misma hipótesis mencionada pero esta vez mide la activación muscular añadiendo también el trapecio, en flexiones de brazos en cuatro situaciones distintas: suspendidos a 10 y 65 cm. del suelo, y de igual manera a 10 cm. y 65 cm. del suelo esta vez en situación estable.

El trapecio tiene una mayor activación en ambas situaciones en el trabajo a 65 cm. Sin embargo, en la activación del deltoides anterior y el pectoral, los resultados son totalmente contrarios, la activación es siempre superior en ambas situaciones a 10 cm. En el caso del tríceps, la activación es mayor en bases estables a 10 cm. y en suspensión a 65 cm. aunque la diferencia no es significativa. Por lo tanto podemos concluir que, los trabajos en suspensión a 10 cm. del suelo tienen una activación muscular mayor que los ejecutados en medios estables, pudiendo generar mayores adaptaciones, aparte de la ventaja propioceptiva que este tipo de entrenamiento genera (tabla 2.1.4).

Continuando por la misma senda, Calatayud et al (2014) se centraron en averiguar cuál de los diferentes sistemas de entrenamiento en suspensión (TRX SuspensionTrainer, JungleGym XT, Flying y AirfitTrainer Pro (ver grafica 2.1.5) producía una mayor activación muscular incluyendo también la situación estable en el suelo.

A consecuencia de analizar los resultados de los diferentes sistemas de entrenamiento en suspensión, el sistema con polea (AirfitTrainer Pro) sería el que más activación muscular produciría en la zona abdominal y en los músculos de los brazos, excepto en el pectoral mayor y en el deltoides anterior, que se esperaba que fuese similar a la activación que produce el entrenamiento estable, ya que son los principales motores de movimiento en esta acción (tabla 2.1.6). La activación en un push-up en suspensión es mayor que en medios estables de manera global además de algunas otras conclusiones.

Primeramente podemos afirmar, que el sistema de entrenamiento en suspensión con polea (Airfit) provoca una gran activación del recto femoral y abdominal así como de los músculos lumbares (estabilizadores) debido al gran grado de inestabilidad. Este sistema produjo el triple de trampas en la ejecución en comparación con el sistema de anclaje independiente (JungleGym XT). Habría que tener un cuidado especial con la excesiva presión en la zona lumbar que podría producir lesiones trabajando con el Airfit así pues, solo recomendaría usarlo en sujetos entrenados y con muy buena técnica de ejecución. En el deltoides anterior no se encuentra activación significativa frente a los push-up en el suelo. En el pectoral mayor, se vio una activación ligeramente superior durante los push-up en suspensión que sobre el suelo. Las herramientas que activan en mayor medida este músculo son los que trabajan en suspensión pero tienen una mayor estabilidad (Junglegym XT y TRX System).

Para terminar con los artículos de tren superior he de mencionar el último documento relacionado con el entrenamiento en suspensión que da un giro novedoso y rellena un hueco en la literatura. Éste es el realizado por Gulmez (2017). El estudio tuvo como objetivo determinar y comparar la cantidad de cargas en las correas del TRX Suspension Trainingy las fuerzas de reacción en el apoyo en el suelo en cuatro ángulos diferentes durante el ejercicio de flexiones en suspensión (0°, 15°, 30° y 45°) (tabla 2.1.8). Los datos fueron registrados por una plataforma de fuerza (en el suelo) y por células de carga que estaban integradas en las correas del TRX. Los resultados muestran que cuando el ángulo del TRX fue reducido, la carga aplicada a las correas TRX aumentó y simultáneamente disminuyó la carga medida por la plataforma de fuerza. Igual que ocurría para el cambio de articulación del codo de la extensión a la flexión. Cuando el ángulo de TRX se fijó en 00° y los codos de los sujetos estaban en extensión durante el empuje de TRX, se aplicaba el 50,4% del peso corporal de los sujetos en las correas y cuando los codos estaban en flexión, el 75,3%. (tabla 2.1.9). Los resultados de este estudio pueden marcar un antes y un después en el estudio del entrenamiento en suspensión ya que pueden utilizarse en el cálculo de la carga y el volumen de entrenamiento, esto permitirá la programación de entrenamientos de fuerza resistencia y comparar las adaptaciones que genera con otros tipos de entrenamiento tradicionales.

A continuación me dispongo a continuar comentando los resultados de los artículos más relevantes del tren inferior.

3.2 ENTRENAMIENTO EN SUSPENSIÓN REFERENTE AL TREN INFERIOR

Continuamos pues, con las publicaciones referidas a estudiar las reacciones de los miembros inferiores ante el entrenamiento en suspensión. En la literatura son prácticamente inexistentes. No se ha realizado ningún estudio electromiográfico que mida las diferencias de activación muscular entre situaciones estables y en suspensión. Sin embargo hemos podido encontrar un estudio muy interesante de Sannicandro et al (2015) que compara las cargas creadas en el ejercicio de media sentadilla sobre los parámetros de fuerza y potencia aplicada entre ambas situaciones mencionadas. Además de cuantificar cualquier diferencia de desempeño de las dos extremidades en la potencia muscular durante la ejecución.

En el estudio referenciado, los sujetos realizaron el ejercicio de media sentadilla de manera bipedálica y monopedálica. Tanto para ambas ejecuciones como para ambas condiciones, las variables medidas por la resistencia fueron: el pico de fuerza (pkforce), el pico de tiempo (Tpeak) y la fuerza media (AvgF) mientras que para la potencia fueron reconocidos el pico de potencia (Pkpower), el tiempo máximo (Tpeak) y la potencia media (AvgP) durante la fase excéntrica y en la fase concéntrica. Las medidas se tomaron con dos plataformas de fuerza, una en cada pierna. Así pues, como revelan los resultados del estudio, se pueden deducir varias hipótesis que será futura misión de la ciencia confirmar.

Para comenzar, la primera afirmación que podemos realizar con rotundidad es que el trabajo en suspensión reduce significativamente la asimetría de la carga por encima del 50% en términos de potencia y tiempos aplicados y en el pico de potencia en torno al 35%. Siendo los dos primeros términos significativos tanto en el trabajo concéntrico como excéntrico. También observamos cómo este estudio encontró que la ejecución con la herramienta de entrenamiento de suspensión provoca aumentos en términos de potencia media y potencia pico y disminuciones en términos de tiempo para alcanzar la potencia máxima en comparación con la potencia en ejecución tradicional en base estable (tabla2.2.1).

A continuación y a diferencia del tren inferior continuaremos comentando el gran volumen de artículos referentes a la musculatura estabilizadora.

3.3 ENTRENAMIENTO EN SUSPENSIÓN REFERENTE A LA MUSCULATURA DEL CORE

Antes de comenzar, según se observa colateralmente de los estudios de la literatura de tren superior, el entrenamiento con suspensión proporciona una activación más intensa de la musculatura anterior y posterior, pero la musculatura lateral requiere un mayor nivel de estímulo (Calatayud et al, 2014).

De esta manera, dentro de la literatura existente relacionada con entrenamiento en suspensión, los estudios del core son los que toman más protagonismo y hay un mayor volumen de estos. Me dispongo pues a revisarlos y observar si la hipótesis inicial de que la activación en un medio en suspensión será mayor tanto en ejercicios isométricos como

dinámicos comparándola con entrenamientos tradicionales o estables se confirma. Todos los estudios utilizan electromiografía (EMG) en la diferente musculatura del core: recto abdominal superior e inferior, oblicuos internos y externos, así como erector espinal superior e inferior. Así pues los dividiré en dos tipos de estudios: los que comparan la actividad muscular entre diferentes herramientas o medios, y otro grupo que estudia las diferencias de activación entre diferentes tipos de ejercicios en suspensión.

3.3.1 Diferencias de activación muscular entre diferentes medios

Empezando por el principio, el primer artículo que encontramos en la literatura estudiando la actividad muscular del core con TRX es el realizado por Schoffstall et al (2010). Este estudio fue diseñado para probar la hipótesis de que varios ejercicios de V-up: V-up supino, V-up con feedball, V-up con una tabla inestable, V-up usando el dispositivo TRX , y el V-up usando un footwheel y compararlo también con un clásico crunch, no producirá ninguna actividad muscular significativamente diferente. No se encontraron diferencias significativas entre ninguno de los elementos V-up, aunque si que había una activación significativamente menor en el ejercicio de crunch respecto a los v-up.

El siguiente estudio que apareció en el tiempo de los que hemos seleccionado, examinó las cargas de la columna vertebral durante ejercicios de empuje realizados sobre superficies estables y correas de suspensión inestable. En general, la inestabilidad asociada con los ejercicios en TRX requirió mayor actividad muscular del torso que cuando se realizaron en superficies estables. No hubo efectos significativos del ejercicio sobre la compresión de la columna vertebral. Curiosamente, una flexión estándar mostró significativamente más presión lumbar que el trabajo en TRX ángulo 1, ángulo 2 y el ángulo 3 (tabla ángulos 2.3.1) (tabla datos 2.3.2) (McGill et al , 2014).

Continuando sus estudios del año anterior, este mismo autor comprobó al año siguiente de entre cuatro ejercicios: legraise (rodillas flexionadas o extendidas), bodysaw y walkout (tabla 2.3.3) la fuerza que generaban los músculos estabilizadores y la fuerza que se aplicaba en la columna para prevenir futuras lesiones. En los resultados, se observó que el legraise de rodilla extendida, generó mayor activación en el recto abdominal, y en el oblicuo externo y de igual manera en el pectoral mayor. Los oblicuos externos fueron activados más que los músculos oblicuos internos en cada ejercicio. El bodysaw generó

una mayor activación del serrato anterior. Todos los ejercicios produjeron una activación sustancial de los abdominales aunque el bodysaw lo hizo en la forma más conservadora de la columna vertebral.(Tabla 2.3.4) (McGill et al, 2015).

El propósito de esta investigación cuyos autores fueron Snarr y Esco, fue medir la actividad (EMG) al realizar planchas con y sin múltiples dispositivos de inestabilidad. Los resultados indicaron que las planchas realizadas con los dispositivos de inestabilidad aumentaban la actividad EMG en la musculatura superficial cuando se comparaban con las planchas tradicionales estables. La herramienta que más actividad muscular generó fue la herramienta de suspensión (tabla 2.3.5).

Para concluir con las comparativas entre elementos, Atkins et al (2015), estudió el nivel de activación en nadadores profesionales comparando tres medios: suelo, balón suizo y suspensión con trabajo isométrico. Respecto al estudio de la activación en el ejercicio de plancha en las tres situaciones, la activación del recto abdominal fue significativamente mayor cuando se utilizó la suspensión que en situación estable o feedball. Para los oblicuos, el nivel más alto de activación se logró utilizando la situación estable. No hubo diferencias significativas en la activación de los estabilizadores posteriores entre ninguno de los ejercicios. Para todos los músculos y condiciones el trabajo en el feedball provocó la activación más baja (tabla 2.3.6).

3.3.2 Diferencias de activación muscular entre tipos de ejercicios en suspensión

De manera continuista en el tiempo y una vez demostrado por la literatura que la herramienta en suspensión genera una mayor activación muscular, ahora la duda que se plantean estos autores es qué tipo de ejercicio será el que más activación muscular genera y cuales menos para poder realizar una progresión de entrenamiento adecuada y segura.

Así pues, en el estudio realizado por Mok, Yeung, Cho, Hui, Liu y Pang (2015), observaron la diferencia entre la activación muscular del core durante cuatro ejercicios en suspensión (abducción de cadera en plancha en suspensión, curl de isquios en suspensión, flexiones suspendidas a 45° y remo a 45°) (tabla 2.3.7), se encontró que la abducción de cadera en plancha con suspensión tiene el mayor efecto potencial de fortalecimiento en los músculos centrales así como por el contrario el que menos activaba la musculatura central fue el ejercicio de flexión a 45°. (tabla 2.3.8).

Continuando los estudios de Mok et al (2015), en este caso otros autores Fong, Tam, Macfarlane, Bae, Chan y Guo (2015) se dispusieron a observar si en esos mismos cuatro ejercicios (tabla 2.3.7) mejoraba la actividad muscular en sujetos con lesiones lumbares crónicas (LBP) tras la aplicación de tape o kinesiología. Tras el estudio de resultados encontraron que los datos eran muy similares a los del estudio realizado por Mok et al (2015). Por lo tanto podemos concluir de ambos estudios que la abducción de la cadera en plancha activó con mayor eficacia los músculos abdominales, mientras que el curl de isquios activó eficazmente los músculos paraespinales. La aplicación de kinesio no confería beneficios inmediatos en el mejoramiento de la activación muscular durante el entrenamiento con TRX en adultos con lumbalgia crónica.

En el siguiente estudio, el objetivo fue examinar la activación muscular durante el desempeño de las variaciones del ejercicio de plancha tanto en suelo como en 3 posiciones diferentes en suspensión: pies suspendidos y brazos apoyados, brazos en suspensión y pies en el suelo y ambas extremidades en suspensión (tabla 2.3.9). La activación de los músculos abdominales fue más alta en todas las condiciones suspendidas en comparación con la plancha en suelo. El nivel más alto de activación del músculo abdominal se produjo en los brazos suspendidos y los brazos y pies suspendidos, condiciones, que no difieren entre sí. La activación del recto del abdomen fue mayor durante la condición de suspensión de los brazos, mientras que la actividad del serrato anterior alcanzó su punto máximo durante las planchas en suelo y con los pies suspendidos. La inestabilidad adicional creada por la suspensión de los brazos y los pies no dio lugar a ninguna activación adicional en ninguno de los músculos estudiados (tabla 2.3.10) (Byrne et al, 2014).

En el último estudio realizado de estas características, Cugiari y Boccia (2017), intentaron caracterizar y clasificar los ejercicios de entrenamiento básicos en suspensión basándose en la activación muscular. Realizaron cuatro ejercicios de suspensión (roll-out, bodysaw, pike y knee-tuck) (tabla 2.3.11). Tras el estudio de resultados, el ejercicio de bodysaw y Roll-out consiguieron una activación significativa del músculo recto abdominal y los músculos oblicuos externos por lo que estos últimos pueden considerarse adecuados para el entrenamiento de la fuerza (tabla 2.3.12).

Concluimos así el repaso de artículos referentes a los músculos estabilizadores y continuamos comentando artículos referidos a otros aspectos del entrenamiento en suspensión.

3.4 OTROS ASPECTOS A DESTACAR DEL ENTRENAMIENTO EN SUSPENSIÓN

Mientras el entrenamiento en suspensión se asentaba como herramienta para el trabajo de la fuerza resistencia en propiocepción, surgían además del interés por la diferencia de activación muscular otras dudas e intereses que la ciencia está estudiando.

Varias de esas cuestiones, se la plantearon Dudgeon, Aartun, Herrin, Thomas, Scheett (2010, 2011) que intentaron determinar el gasto calórico durante y después de una sesión de fuerza resistencia de una hora en TRX. Los sujetos realizaron 30 segundos de ejercicio con 60 segundos de descanso y un número total de 23 ejercicios. Los datos indicaron que los carbohidratos fueron la principal fuente de combustible durante el entrenamiento TRX, mientras que los lípidos fueron la fuente predominante durante la recuperación. Paralelamente, estos autores midieron también antes, durante y después la frecuencia cardíaca de los sujetos y el nivel de lactato generado. Los datos obtenidos sugirieron que un entrenamiento de TRX usando estos intervalos de trabajo, provocaron respuestas de lactato y de frecuencia cardíaca indicativos de ejercicio de intensidad moderada en varones físicamente activos.

Continuando con otro planteamiento importante y con la misma población que los artículos anteriores, Scheett, Aartun, Thomas, Herrin, y Dudgeon (2010, 2011) se preguntaron cómo variarían las respuestas hormonales anabólicas generadas tras el entrenamiento en suspensión ya mencionado. Este generó respuestas de testosterona total típicas y respuestas inferiores de cortisol total, resultando en un perfil anabólico positivo que dura al menos dos horas después del entrenamiento. Los entrenamientos que usan 30 segundos de trabajo e intervalos de descanso de 30 o 45 segundos podrían resultar en respuestas hormonales más robustas.

Con el objetivo de determinar el gasto de energía para dos protocolos de entrenamiento en suspensión tipo circuito usando diferentes relaciones de trabajo a reposo, Nunez, Beltz, McLain, Mermier y Kravitz (2016) utilizaron las relaciones de trabajo-descanso (45: 15-

sec, 30: 15-sec). El gasto energético total durante los dos protocolos de entrenamiento fue mayor en el protocolo (30-15). Sin embargo este protocolo resultó en un tiempo de ejercicio total de 2 minutos más largo, lo que puede explicar el aumento general tanto en gasto energético total como en repeticiones totales. No se observaron diferencias en la media de relación de intercambio respiratorio y % de VO₂max. para ambos protocolos. Basándonos en % VO₂max, el protocolo de (30-15) cumplió con las pautas de ACSM para el mantenimiento de la capacidad aeróbica y ambos protocolos obtuvieron un elevado gasto energético. Dado el corto tiempo de ejercicio esto puede ser explicado por una mayor activación muscular general provocada por la inestabilidad de esta herramienta (Nunez et al, 2016).

La última cuestión planteada hasta ahora por el grupo de investigadores Masteller, Laurent, Laurent, Bigelow y Sirard (2016) fue evaluar la eficacia de un programa de 6 semanas de entrenamiento en suspensión en la aptitud muscular en atletas jóvenes, en comparación con una condición de control de la enfermedad de Parkinson. Las evaluaciones de la aptitud muscular incluyeron: levantamiento del tronco, tablero de isoprone , push-up y pull-up modificado. Después de las mediciones iniciales, todos los participantes fueron asignados aleatoriamente a un grupo: intervención (INT, N = 17) o control (CON, N = 11). El cambio medio en el número de pull-ups completados por el grupo de intervención fue estadísticamente significativamente mayor que en el grupo control. Los cambios basales en el levantamiento de tronco fueron estadísticamente significativos en ambos, pero las diferencias entre los grupos en estos cambios no alcanzaron significación estadística. No se detectaron otros efectos significativos dentro o entre grupos.

Así concluimos el comentario de todo el grosor de artículos seleccionados sobre este tema, creemos que los datos observados revelan ciertas contundentes conclusiones que se han de tener muy en cuenta y comentamos a continuación.

4. CONCLUSIONES Y APLICACIONES

Tras revisar todos los artículos que hemos considerado más relevantes y tras analizar todo el conjunto de resultados podemos deducir ciertas conclusiones e hipótesis que nos ayudarán en el trabajo de campo del día a día tanto y como en la programación y planificación de nuestros entrenamientos. Así pues nos disponemos a comentarlas de la misma manera que hemos organizado los artículos:

4.1 CONCLUSIONES REFERENTE AL TREN SUPERIOR

Primeramente, podemos concluir que dependiendo de nuestro objetivo (focalizar la activación en músculos motores o estabilizadores) podemos usar el sistema de entrenamiento en suspensión más adecuado y establecer una progresión para incrementar la activación muscular. Con un sistema de entrenamiento en suspensión con poleas (Airfit) conseguiremos una mayor activación de los músculos estabilizadores y sinergistas, asumiendo una menor activación de los motores principales del movimiento en push-ups como son el pectoral y el deltoides, así como un aumento en el número de trampas en la ejecución. De manera contraria si lo que buscamos es la máxima activación de los motores principales y una menor participación de los sinergistas y activación de los estabilizadores nuestra mejor elección será el sistema JungleGymTX o TRX System a la vez que la ejecución será más limpia y segura. Un valor muy a tener en cuenta si utilizamos esta herramienta como base del entrenamiento rehabilitador. Lo que no nos queda ninguna duda es que el trabajo de flexiones en suspensión genera más activación muscular que el trabajo en estabilidad pudiendo generar mayores adaptaciones y aportando la ventaja del trabajo propioceptivo. Como entrenadores o usuarios debemos de gestionar adecuadamente la progresión de los ejercicios y material para proporcionar un entrenamiento seguro y eficiente. Y para ello me gustaría mencionar de nuevo la relevancia del estudio de Gulmez (2017) el cual nos permite cuantificar las cargas y adecuar así nuestra planificación. Hay que mencionar que para la cuantificación de las cargas únicamente podríamos utilizar la herramienta TRX Training puesto que como revelan los estudios, las activaciones musculares varían significativamente de una herramienta a otra (Calatayud et al 2014).

4.2 CONCLUSIONES (ES) REFERENTE AL TREN INFERIOR

Aunque únicamente en este apartado hemos comentado un artículo, este es de gran relevancia y podemos así pues concluir, que el medio de entrenamiento en suspensión es una herramienta tremendamente útil a la hora de trabajar con sujetos lesionados o con movilidad impedida, ya que reduce la asimetría de la carga considerablemente además de la carga misma ($38.1 \pm 3.4\%$ del peso corporal) por lo que condiciona al sujeto a distribuir más uniforme y efectivamente la carga (Sannicandro et al, 2015).

De igual manera, toma un interés sobresaliente como herramienta para trabajar en términos de potencia ya que la reducción de la carga disminuye significativamente el tiempo de aplicación de esta. La literatura publicada, afirma que la obtención de valores de alta potencia son compatibles con un nivel muy bajo de carga así como también sugiere que los porcentajes ideales para esta tipología de entrenamiento oscilan entre 10 y 30% de 1RM (Nakazawa, Yano y Miyashita, 1994; Nuzzo, McBride, Dayne, Israel, Dumke y Triplett, 2010)

Por el contrario pierde como herramienta valor para el trabajo específico de la fuerza ya que si desea realizar una sesión de entrenamiento de fuerza con esta herramienta se debería readaptar la carga con un mayor número de series y repeticiones en comparación con la carga externa prevista una sesión de entrenamiento de autocargas por la reducción de la carga anteriormente comentada.

4.3 CONCLUSIONES (ES) REFERENTE AL CORE

De todos los artículos analizados, la conclusión que rotundamente se puede afirmar es que la herramienta en suspensión provoca una mayor activación de la musculatura estabilizadora que otras situaciones (Atkins et al, 2015; Snarr y Esco, 2014). A su vez, al realizar ejercicios de push ups se produce una menor presión de la parte lumbar protegiendo así la columna. (McGill et al, 2014).

Por otro lado, de los hasta ahora pocos ejercicios estudiados se encontró que la abducción de cadera en plancha con los pies en suspensión junto con el bodysaw y roll-out son ejercicios adecuados si nuestro objetivo es una alta activación de los estabilizadores. Así

como si queremos activar la musculatura de la parte posterior, el ejercicio más adecuado es el curl de isquios (Mok et al, 2015; Cugliari y Boccia, 2017).

De todos estos datos y del estudio realizado por Byrne et al (2014) se puede deducir que a mayor distancia entre los apoyos, y mayor sea la proporción de peso que aplicamos en el apoyo del TRX, mayor será la inestabilidad y por lo tanto generará mayor activación muscular.

4.4 CONCLUSIONES OTROS ASPECTOS REFERENTES A (ES)

Refiriéndonos a otros aspectos de entrenamiento, también nos parecía de suma importancia observar y estudiar los resultados de otro tipo de artículos. Así pues podemos concluir que esta novedosa forma de ejercicio es un método eficaz de quemar calorías, mientras que también proporciona un gasto calórico adicional por encima de la línea de base durante un período de recuperación de dos horas. Respecto a la intensidad que genera este tipo de entrenamiento en términos de frecuencia cardíaca y generación de lactato son bajas por lo que podría ser una opción interesante para trabajar con gente con patologías cardíacas o muy poco entrenadas (Dudgeon et al, 2010 y 2011). Sin embargo en términos de gasto calórico podemos decir que se consume un alto número de calorías provocado quizás por el aumento de activación global de la musculatura durante el ejercicio (Nunez et al, 2016). También hemos de tenerlo en cuenta como un modo alternativo viable del ejercicio al entrenamiento tradicional de fuerza resistencia ya que produce adaptaciones anabólicas al tiempo que disminuye las respuestas hormonales catabólicas produciendo así un aumento de la síntesis de proteínas (Scheett et al, 2010 y 2011).

Haciendo un compendio e intentando sintetizar todas estas conclusiones en varias frases concluyentes me dispongo a realizar una lista de ideas principales que pueden empezar a confeccionar el marco teórico del entrenamiento en suspensión aunque asumimos que aún queda muchísimo por explorar en relación al entrenamiento con esta herramienta.

4.5 CONCLUSIONES GENERALES DE LA REVISIÓN

MARCO TEÓRICO DEL ENTRENAMIENTO EN SUSPENSIÓN (gráfica 1)



*(Dudgeon et al, 2010 y 2011; Nunez et al, 2016; Scheett et al, 2010 y 2011).

METODOLOGÍA PARA LA PROGRESIÓN DEL ENTRENAMIENTO EN SUSPENSIÓN (gráfico 2)



*La herramienta de entrenamiento en suspensión que genera mayor inestabilidad es el Airfit mientras que contrariamente la más estable es el sistema Junglegym.

5. FUTURA INVESTIGACIÓN

Partiendo de esta base y con el objetivo de clarificar y realizar de forma más eficiente el comienzo de los entrenamientos de sujetos no entrenados, el objetivo de este estudio será comparar las adaptaciones que genera un plan de actuación de entrenamiento en suspensión frente a un plan de actuación de entrenamiento tradicional en sujetos no entrenados mediante electromiografías, test de RM y estudio con placas de fuerza y ver a su vez, cuál de las dos actuaciones acerca más a los sujetos al perfil óptimo de fuerza velocidad. Me gustaría ampliar esta comparación entre sujetos entrenados y no entrenados y también ver como se adaptan ambos perfiles de sujetos a planes de actuación combinados (suspensión y tradicional).

6. BIBLIOGRAFÍA

1. Atkins, S. J., Bentley, I., Brooks, D., Burrows, M. P., Hurst, H. T., & Sinclair, J. K. (2015). Electromyographic response of global abdominal stabilizers in response to stable- and unstable-base isometric exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(6), 1609-1615.
2. Beretta Piccoli, M., Rainoldi, A., Heitz, C., Wüthrich, M., Boccia, G., Tomasoni, E., Barbero, M. (2014). Innervation zone locations in 43 superficial muscles: Toward a standardization of electrode positioning. *Muscle & Nerve*, 49(3), 413-421.
3. Behm, D. G., Drinkwater, E. J., Willardson, J. M., & Cowley, P. M. (2010). The use of instability to train the core musculature. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism = Physiologie appliquée, Nutrition Et métabolisme*, 35(1), 91
4. Borreani, S., Calatayud, J., Colado, J. C., Tella, V., Moya-Nájera, D., Martin, F., & Rogers, M. E. (2015). Shoulder muscle activation during stable and suspended push-ups at different heights in healthy subjects. *Physical Therapy in Sport : Official Journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine*, 16(3), 248-254.
3. Byrne, J. M., Bishop, N. S., Caines, A. M., Crane, K. A., Feaver, A. M., & Pearcey, G. E. P. (2014). Effect of using a suspension training system on muscle activation during the performance of a front plank exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(11), 3049-3055
4. Calatayud, J., Borreani, S., Colado, J. C., Martin, F., & Rogers, M. E. (2014). Muscle activity levels in upper-body push exercises with different loads and stability conditions. *The Physician and Sportsmedicine*, 42(4), 106-119.
5. Cugliari, G., & Boccia, G. (2017). Core muscle activation in suspension training exercises. *Journal of Human Kinetics*, 56(1), 61-71.
6. Dudgeon, W. D., Aartun, J., Herrin, J., Thomas, D., & Scheett, T. P. (2010). Metabolic responses during and following a suspension training workout: 2635. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 42(5), 695-696.
8. Dudgeon, W. D., Aartun, J. D., Thomas, D. D., Herrin, J., & Scheett, T. P. (2011). Effects of suspension training on the growth hormone axis. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25, S62A.
9. Fong, S. S. M., Tam, Y. T., Macfarlane, D. J., Ng, S. S. M., Bae, Y., Chan, E. W. Y., & Guo, X. (2015). Core muscle activity during TRX suspension exercises with and without kinesiology taping in adults with chronic low back pain: Implications for rehabilitation. *Evidence - Based Complementary and Alternative Medicine*, 2015, 1-6.

10. Gulmez, I. (2017) Effects of angle variations in suspension push-up exercise. Journal of Strength and Conditioning Research, 31(4), 1017-1023

11. Lehman GJ, MacMillan B, MacIntyre I, Chivers M, Flutter M. (2006); Shoulder muscle EMG activity during push up variations on and off a Swiss ball. Dynamic Medicine, 5: 7

12. Masteller, B., St.Laurent, C. W., St.Laurent, T. G., Bigelow, C., & Sirard, J. R. (2016). Effect of A suspension-training movement program on muscular fitness in youth: 509 board #346 June 1, 9. Medicine & Science in Sports & Exercise, 48, 147-148.

13. McGill, S. M., Cannon, J., & Andersen, J. T. (2014). Analysis of pushing exercises: Muscle activity and spine load while contrasting techniques on stable surfaces with a labile suspension strap training system. Journal of Strength and Conditioning Research, 28(1), 105-116.

14. McGill, S., Andersen, J., & Cannon, J. (2015). Muscle activity and spine load during anterior chain whole body linkage exercises: The body saw, hanging leg raise and walkout from a push-up. Journal of Sports Sciences, 33(4), 419.

15. Mok, N. W., Yeung, E. W., Cho, J. C., Hui, S. C., Liu, K. C., & Pang, C. H. (2015). Core muscle activity during suspension exercises. Journal of Science and Medicine in Sport / Sports Medicine Australia, 18(2), 189-194.

16. Nakazawa, K., Yano, H., & Miyashita, M., (1994). Ground reaction forces during walking in water, Med Sport Sci, 39, 28–34

17. Nunez, T. P., Beltz, N. M., McLain, T. A., Mermier, C. M., & Kravitz, L. (2016). Energy expenditure with two suspension training protocols: 649 June 1, 2. Medicine & Science in Sports & Exercise, 48, 169-170.

18. Nuzzo, J. L., McBride, J. M., Dayne, A. M., Israel, M. A., Dumke, C. L., & Triplett N. T., (2010). Testing of the maximal dynamic output hypothesis in trained and untrained subjects. J Strength Cond Res, 24(5), 1269-76

19. Rauschenbach, J., Morrell, K., Ridley, B., & Walsh, B. (2013). Make your own fitness: The suspension training project. Strategies, 26(5), 3-9.

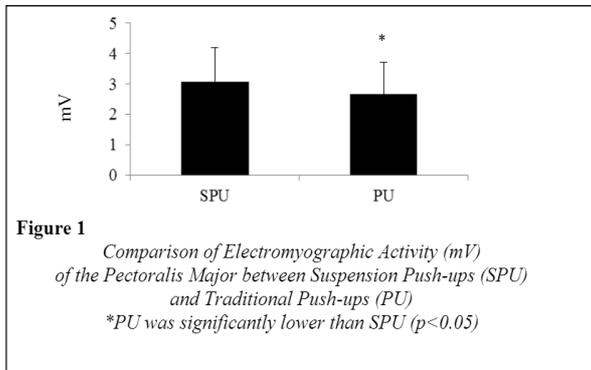
20. Samozino, P., Rejc, E., Di Prampero, P. E., Belli, A., & Morin, J. (2012) Optimal force-velocity profile in ballistic movements--altius: Citius or fortius? Medicine and Science in Sports and Exercise, 44(2), 313.

21. Sannicandro, I., & Cofano, G., (2013). L'allenamento in sospensione. Sport & Medicina 4, 8-9

22. Sannicandro, I., Cofano, G., & Rosa, A. R. (2015). Strength and power analysis in half squat exercise with suspension training tools. Journal of Physical Education and Sport, 15(3), 433.
23. Scheett, T., Aartun, J., Thomas, D., Herrin, J., & Dudgeon, W. (2010). Physiological markers as a gauge of intensity for suspension training exercise: 2636. Medicine & Science in Sports & Exercise, 42(5), 696.
24. Scheett, T. P., Aartun, J. D., Thomas, D. D., Herrin, J., & Dudgeon, W. D. (2011). Anabolic hormonal responses to an acute bout of suspension training. Journal of Strength and Conditioning Research, 25, S61B.
25. Schoffstall, J. E., Titcomb, D. A., & Kilbourne, B. F. (2010). Electromyographic response of the abdominal musculature to varying abdominal exercises. Journal of Strength and Conditioning Research, 24(12), 3422-3426.
26. Snarr, R. L., & Esco, M. R. (2013). Electromyographic comparison of traditional and suspension push-ups. Journal of Human Kinetics, 39(1), 75-83.
27. Snarr, R. L., & Esco, M. R. (2014). Electromyographical comparison of plank variations performed with and without instability devices. Journal of Strength and Conditioning Research, 28(11), 3298-3305.
28. Soler, A., Garrido, G., Sánchez, S. Hernandez, A. (2015) Comparativa activación muscular entre bases estables e inestables. Universidad de Almería. Fundamentos del entrenamiento deportivo, Jose Maria Muyor.

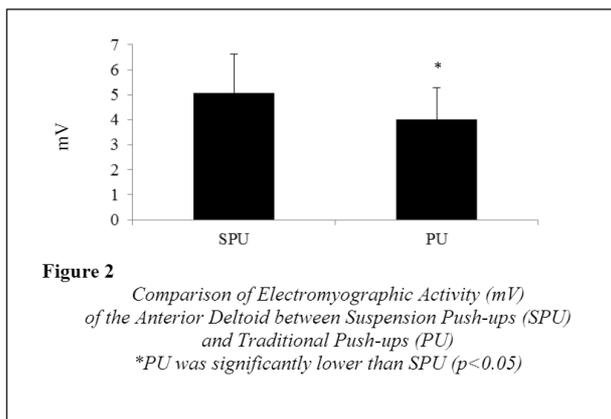
7.ANEXO

Tabla 2.1.1 Electromyographic comparison of traditional and suspension push-ups.



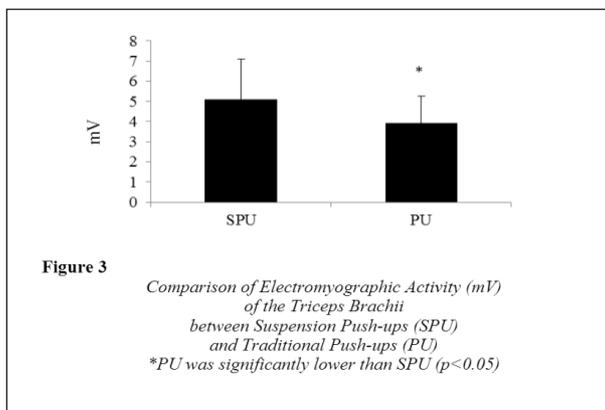
Fuente: (Snaar y Esco 2013)

Tabla 2.1.2 Electromyographic comparison of traditional and suspension push-ups



Fuente: (Snaar y Esco 2013)

Tabla 2.1.3 Electromyographic comparison of traditional and suspension push-ups



Fuente: (Snaar y Esco 2013)

Tabla 2.1.4 Shoulder muscle activation during stable and suspended push-ups at different heights in healthy subjects.

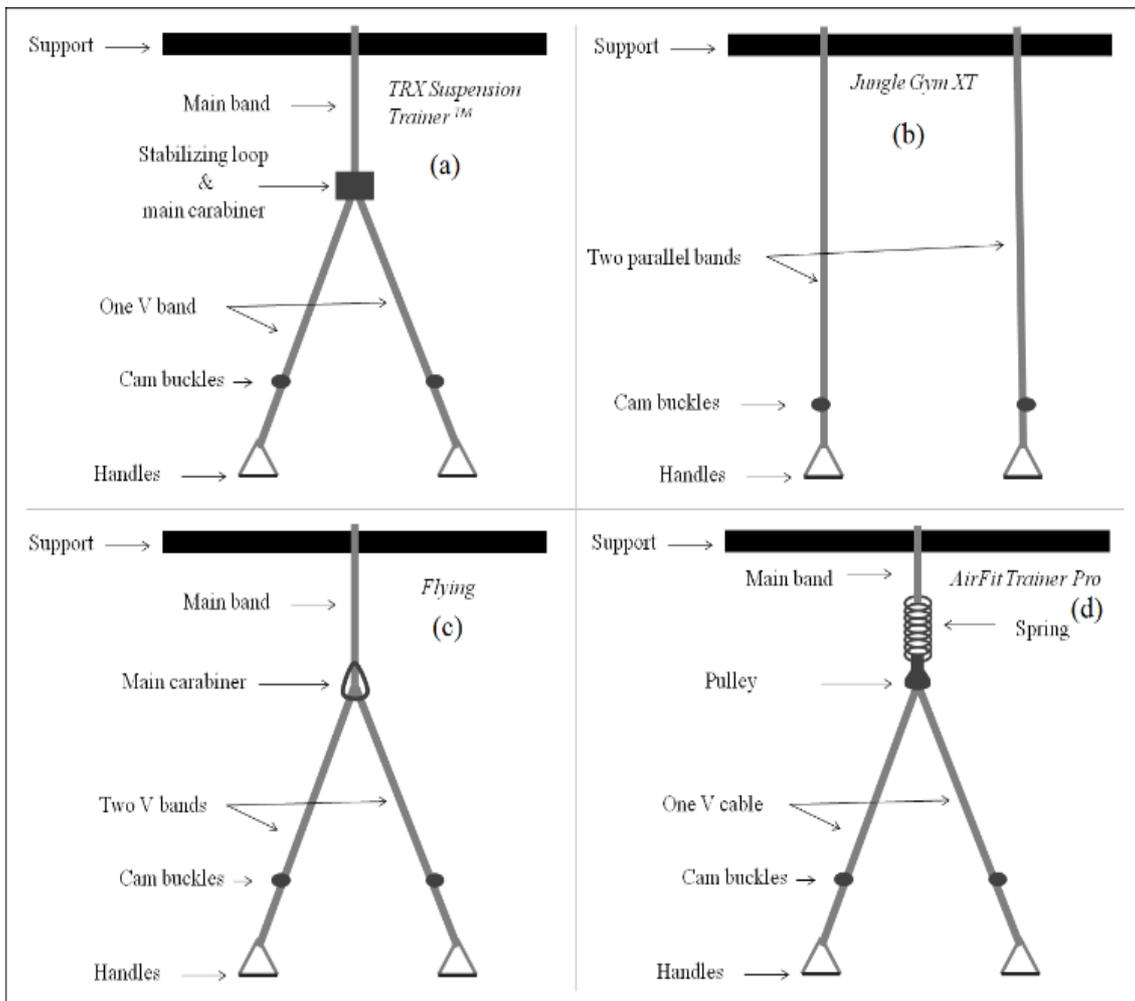
	Position	Stable		Suspension equipment		Interaction effect
		Mean	SE	Mean	SE	<i>p</i> value
Triceps Brachii	10	17.14*†	1.31	37.03*†	1.80	p<0.001
	65	10.61*†	0.89	47.27*†	2.04	
Upper Trapezius	10	5.83*†	0.58	14.69*†	1.91	p=0.127
	65	7.03*†	1.03	18.73*†	1.79	
Anterior Deltoid	10	26.22*†	1.46	19.08*†	0.91	p=0.006
	65	17.98*†	1.00	14.91*†	1.02	
Clavicular Pectoralis	10	29.25†	1.92	30.81†	2.46	p=0.002
	65	25.30*†	1.60	20.97*†	1.87	

* Significant differences between stable condition and suspension equipment

† Significant differences between the 2 different positions (i.e. 10 and 65 cm)

Fuente: (Borreani et al, 2015)

Table 2.1.5 Muscle activity levels in upper-body push exercises with different loads and stability conditions.



Fuente: (Calatayud et al, 2014)

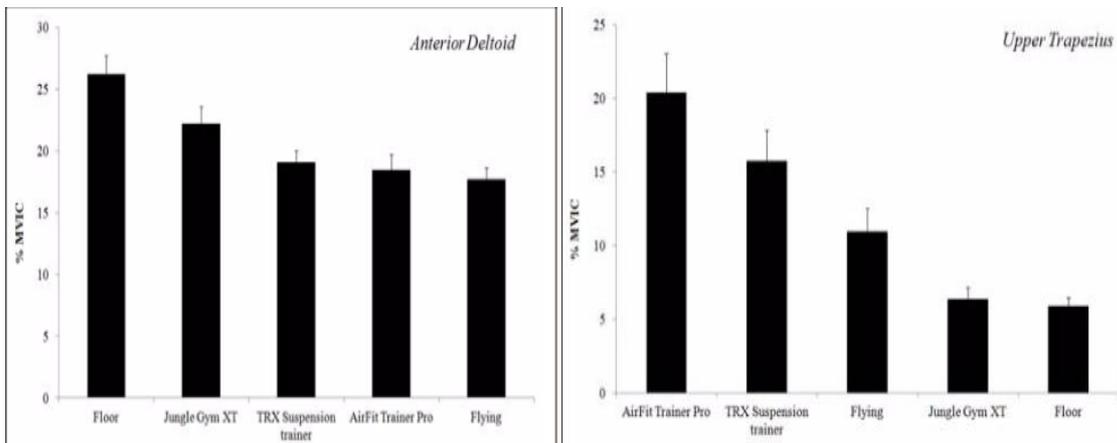
Tabla 2.1.6 Muscle activity levels in upper-body push exercises with different loads and stability conditions.

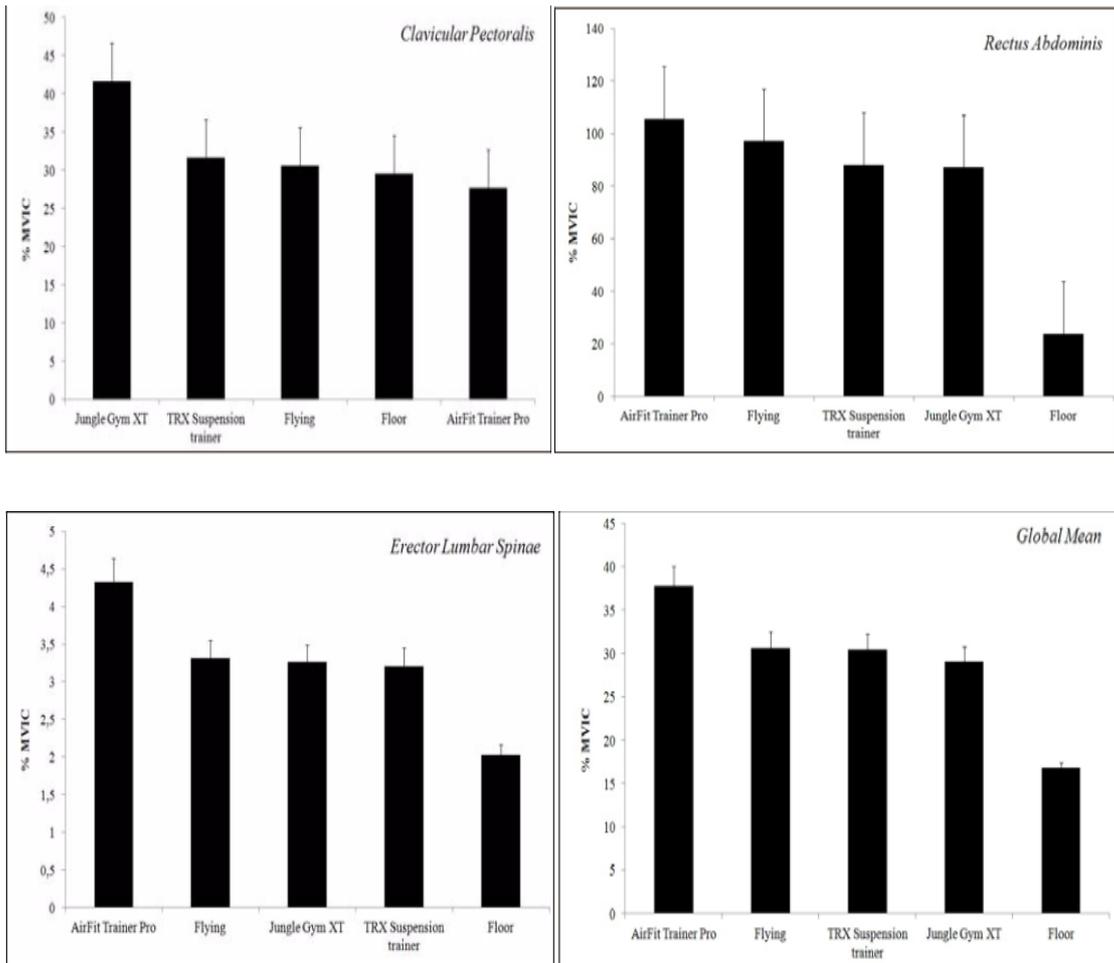
	Floor	TRX Suspension trainer	Jungle Gym XT	Flying	AirFit Trainer Pro	
Triceps Brachii	17.14 (1.31)†‡§	37.04 (1.80)†	24.40 (1.68)*†‡§	34.93 (1.78)*†‡	47.82 (2.54)*†‡‡§	F(4,108)=114.212 p<0.001
Upper Trapezius	5.90 (.56)†§	15.73 (2.10)*†‡§	6.35 (.77)†§	10.97 (1.54)*†‡‡	20.39 (2.65)*†‡‡§	F(4,92)=27.184 p<0.001
Anterior Deltoid	26.22 (1.46)†§	19.08 (.91)*	22.18 (1.41)§	17.70 (.95)*†	18.46 (1.24)*	F(4,96)=14.125 p<0.001
Clavicular Pectoralis	29.60 (1.88)†	31.68 (2.53)†	41.60 (2.88)*†‡§	30.59 (2.28)†	27.69 (2.41)†	F(4,112)=16.504 p<0.001
Rectus Abdominis	23.85 (2.80)†‡§	87.98 (8.98)*	87.13 (9.27)*	97.11 (10.54)*	105.53 (9.84)*†‡‡§	F(4,100)=51.771 p<0.001
Rectus Femoris	7.45 (.72)†‡§	11.86 (1.28)*	13.43 (1.43)*	12.36 (1.21)*	19.23 (2.20)*†‡‡§	F(4,100)=22.013 p<0.001
Erector Lumbar Spinae	2.03 (.14)†‡§	3.21 (.24)*	3.26 (.23)*	3.31 (.24)*	4.32 (.32)*†‡‡§	F(4,112)=50.535 p<0.001
Global	16.75 (.67)†‡§	30.50 (1.75)*	29.03 (1.72)*	30.62 (1.91)*	37.76 (2.27)*†‡‡§	F(4,108)=51.007 p<0.001

Global = mean of the 7 muscles. * =Significant differences compared to the Floor; †= Significant differences compared to the TRX Suspension trainer; ‡=Significant differences compared to the Jungle Gym XT; §=Significant differences compared to the Flying; || =Significant differences compared to the AirFit Trainer Pro

Fuente: (Calatayud et al, 2014)

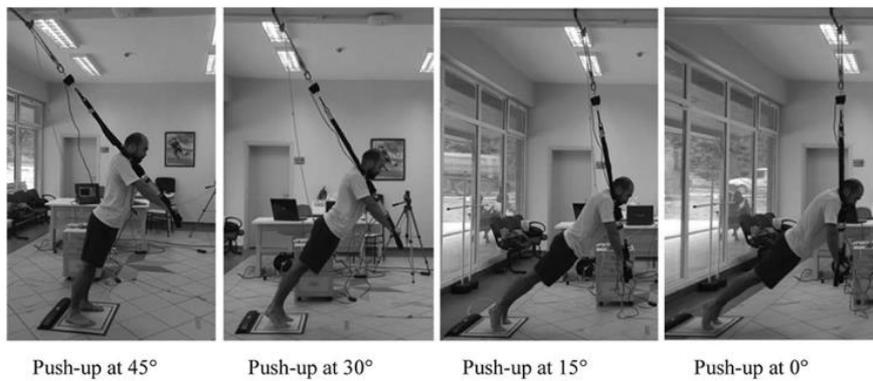
Table 2.1.7 Muscle activity levels in upper-body push exercises with different loads and stability conditions





Fuente: (Calatayud et al, 2014)

Tabla 2.1.8 Effects of angle variations in suspension push-up exercise.



Fuente (Gulmez 2017)

Tabla 2.1.9 Effects of angle variations in suspension push-up exercise.

TABLE 3. Load distribution on TRX straps and the force platform at 4 different angles expressed as percentage of the total load.

TRX angles	Elbow positions	Loads on the straps (%)			Loads on the force platform (%)		
		Right (dominant hand), mean	Left (nondominant hand), mean	Total, mean	Right (foot) mean	Left (foot) mean	Total, mean
45°	Elbow flexion	17.3	17.4	34.7	31.3	34	65.3
	Elbow extension	6.8	6.6	13.4	42.9	43.7	86.6
30°	Elbow flexion	23	22.8	45.8	27.4	26.8	54.2
	Elbow extension	12	11.7	23.7	38.5	37.8	76.3
15°	Elbow flexion	29.7	29.5	59.2	21	19.8	40.8
	Elbow extension	18.3	18.8	37.1	32.1	30.7	62.8
0°	Elbow flexion	35.3	36.4	71.7	12.4	15.9	28.3
	Elbow extension	26.5	27.7	54.2	22.1	23.7	45.8

Fuente (Gulmez 2017)

Tabla 2.2.1 Strength and power analysis in half squat exercise with suspension training tools.

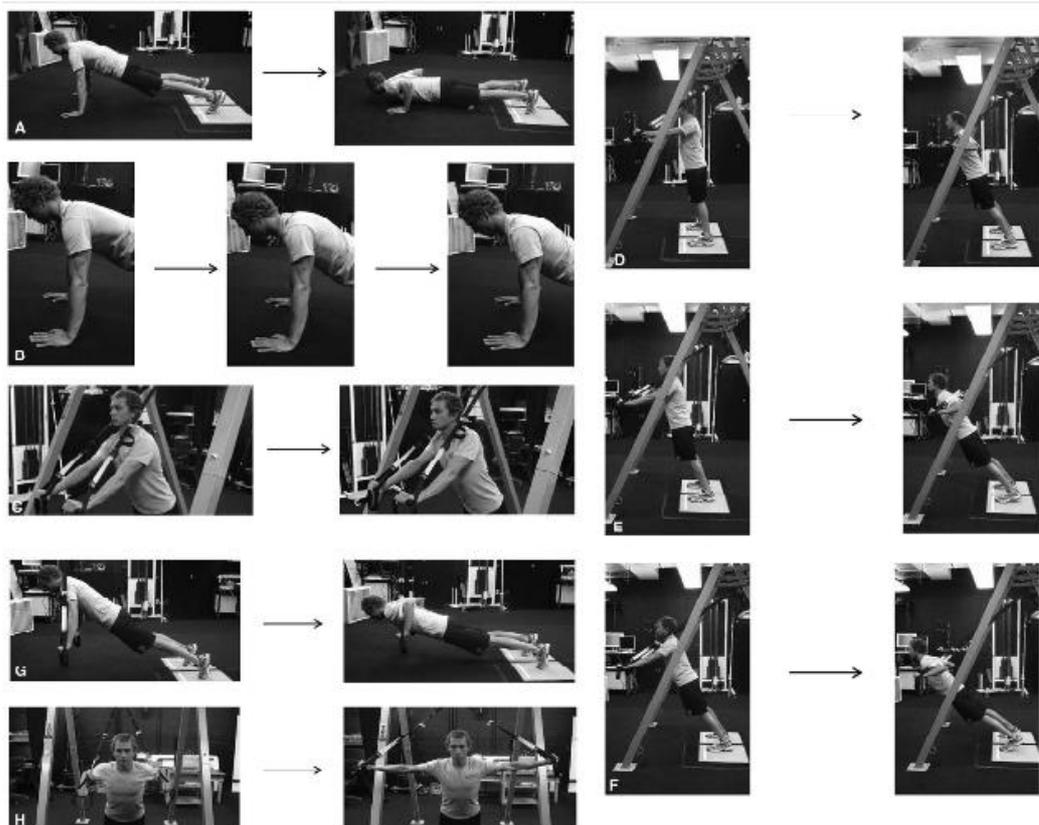
Table 7. Asymmetry differences between two leg during the bipodalic execution with and without the suspension training tool (TRX) in eccentric and concentric phase on power parameters

Tab. 7	ECN eccentric	TRX eccentric	Diff. %	Df	T	P VALUE
pkpower % asym.	18,689±17,16	8,368±8,51	- 55,2%	18	2,902	0,010*
Tpeak % asym.	8,947±7,58	3,889±3,36	- 56,5%	18	2,457	0,024*
AvgP % asym.	14,563±12,29	9,737±6,94	- 33,1%	18	1,243	0,230
	ECN concentric	TRX concentric	Diff. %	Df	T	P VALUE
pkpower % asym.	16,695±10,1	7,653±6,24	- 54,1%	18	3,573	0,002**
Tpeak % asym.	9,484±4,54	3,453±3,27	- 63,5%	18	6,023	0,000****
AvgP % asym.	14,732±12,55	9,074±6,2	- 38,4%	18	1,704	0,106

ECN: execution without the suspension training tool; TRX: suspension training tool

Fuente: (Sannicandro, 2015).

Table 2.3.1 Analysis of pushing exercises: Muscle activity and spine load while contrasting techniques on stable surfaces with a labile suspension strap training system.



Fuente: (McGill, 2014)

Tabla 2.3.2 Analysis of pushing exercises: Muscle activity and spine load while contrasting techniques on stable surfaces with a labile suspension strap training system.

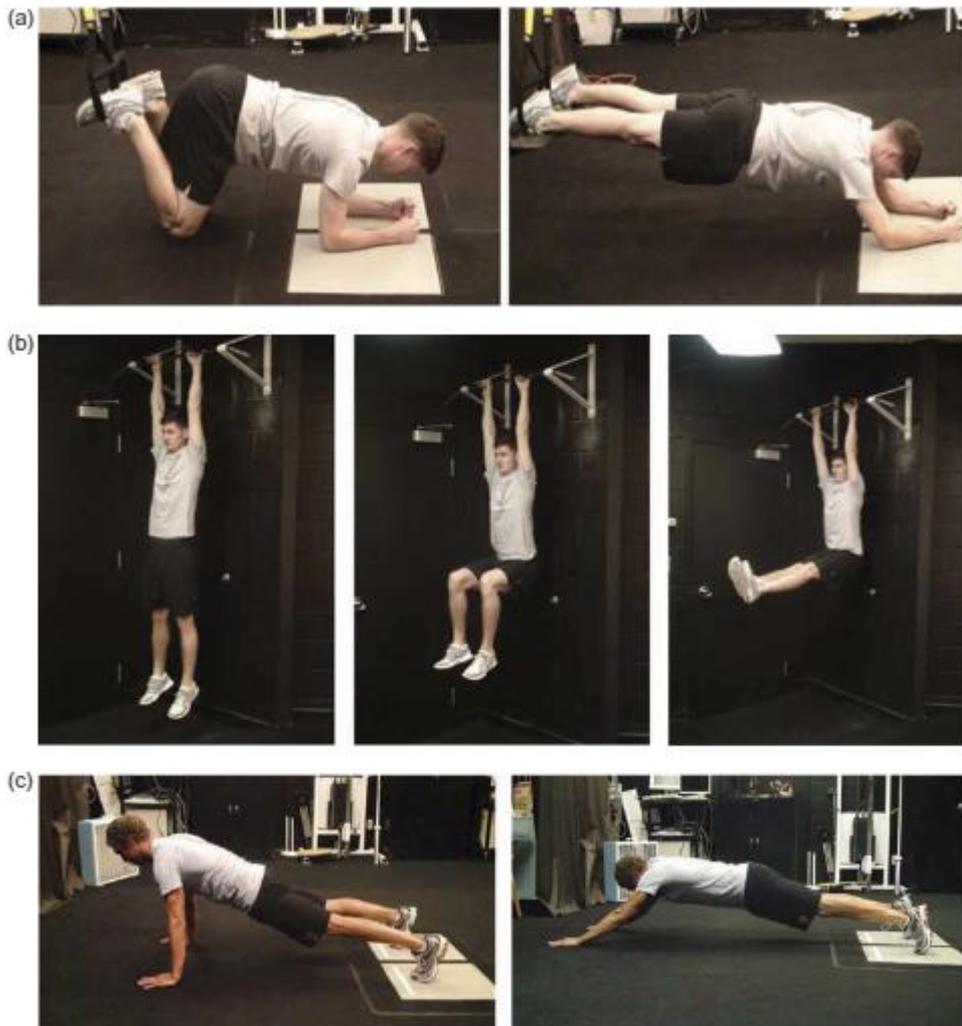
TABLE 3. Muscle activation at the peak phase of push exercises.*

	RI D	RI UFS	RI FS	Biceps	Triceps	Anterior deltoid	Upper trapezius	Pectoralis major	RRA	RFO	RIO	Quadriceps	Gluteus maximus	Gluteus medius	Serratus anterior
Standard push-up	3.12	6.22	1.68	3.53	22.09	71.19	9.36	46.61	10.26	14.88	9.23	14.97	2.21	1.95	117.28
Stable shoulder protraction (coached)	2.24	6.15	2.44	3.45	22.72	51.51	6.37	40.56	10.93	12.14	10.99	9.33	4.01	1.80	140.17
Stable shoulder protraction (not coached)	4.69	9.80	4.08	1.89	26.86	63.78	6.16	33.23	18.80	22.26	11.78	17.97	1.42	2.55	59.10
TRX shoulder protraction (coached)	3.35	10.68	9.66	1.29	16.11	66.38	4.08	59.79	13.51	23.85	12.06	9.38	2.87	3.08	112.35
TRX shoulder protraction (not coached)	3.32	6.88	3.53	2.28	26.35	75.64	9.63	17.87	19.39	24.87	5.36	14.45	1.33	1.79	72.66
TRX shoulder protraction (coached)	2.02	6.90	8.43	2.21	15.50	67.50	11.33	19.04	11.59	24.08	3.99	8.43	2.56	1.56	120.61
TRX shoulder protraction (not coached)	5.45	11.56	3.00	1.95	21.89	19.82	6.56	6.82	5.41	10.40	10.43	5.00	1.30	2.02	19.33
TRX push-angle 1	7.34	11.20	5.06	1.00	12.36	17.06	6.54	6.39	6.74	13.06	13.11	4.44	2.91	1.96	25.04
TRX push-angle 2	3.75	7.00	1.96	1.51	25.27	27.93	10.00	18.41	11.01	7.77	5.91	5.86	1.26	1.93	23.30
TRX push-angle 3	3.81	8.87	3.83	1.33	14.01	29.34	9.96	50.75	9.85	8.98	5.90	5.11	2.61	1.89	43.95
TRX push-up	1.34	1.52	1.33	1.51	17.59	14.37	11.38	3.87	18.30	13.82	6.97	6.90	1.82	1.90	19.26
Bench press	1.05	1.75	2.61	1.44	12.65	16.94	15.75	4.11	19.13	17.37	7.40	6.06	3.62	2.79	35.04
	2.05	2.28	1.47	2.41	21.44	34.63	16.02	8.86	23.68	18.58	8.57	10.16	2.84	2.46	36.23
	1.80	2.37	2.64	2.40	14.08	29.98	18.02	7.12	19.86	18.86	8.36	6.64	6.62	2.76	47.10
	2.91	3.07	2.04	4.28	32.14	54.00	24.71	15.39	30.12	27.22	11.61	11.84	2.36	4.07	78.51
	2.78	2.40	3.11	3.01	18.74	31.42	27.39	10.16	20.05	24.34	12.41	6.87	4.94	4.56	88.86
	3.86	5.97	3.74	6.14	29.61	77.76	22.23	42.34	36.70	19.12	12.67	18.35	3.56	3.28	55.55
	3.11	6.36	5.80	4.88	19.35	70.49	25.79	32.80	35.38	11.89	13.51	11.21	8.83	3.12	60.25
	4.27	3.35	2.76	20.24	12.27	45.72	7.14	48.11	19.69	15.42	9.09	7.44	2.14	2.43	93.54
	7.44	2.62	4.90	17.06	8.07	41.65	10.10	37.61	15.07	11.24	6.97	4.42	4.49	2.93	115.98
	19.41	26.44	25.69	18.73	66.79	208.10	17.03	141.44	24.95	6.99	22.09	2.28	10.27	10.71	305.13
	13.56	17.91	19.31	12.93	27.16	180.11	13.86	87.17	20.11	5.20	13.39	2.62	23.89	15.17	221.86

*RDL = right latissimus dorsi, RUEFS = right upper erector spinae, RLES = right lower erector spinae, RRA = right rectus abdominis, REO = right external oblique, RIO = right internal oblique.

Fuente: (McGill, 2014)

Tabla 2.3.3 Analysis of pushing exercises: Muscle activity and spine load while contrasting techniques on stable surfaces with a labile suspension strap training system



The exercises performed: (a) Body saw, (b) Leg raises, (c) Walkout.

Fuente: (McGill, 2015)

Tabla 2.3.4 Analysis of pushing exercises: Muscle activity and spine load while contrasting techniques on stable surfaces with a labile suspension strap training system.

Table II. Rank of mean spine compression at the peak phase (P-phase) of each exercise.

Exercise	Rank	Mean spine compression (N)	SD
Leg raise, knees straight	1	3057.8	1333.3
Walkout	2	2718.7	1051.3
Leg raise, knees bent	3	2530.1	1189.4
Body saw	4	2423.4	1043.4

Fuente: (McGill, 2015)

Tabla 2.3.5 Electromyographical comparison of plank variations performed with and without instability devices.

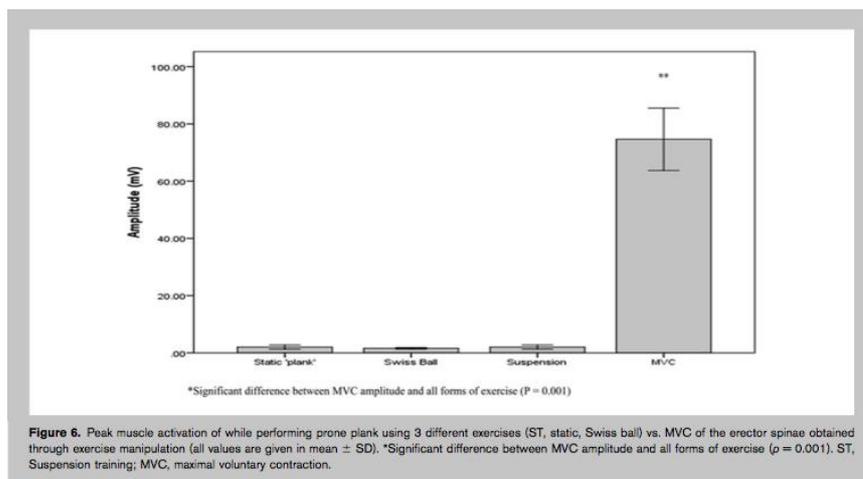
TABLE 2. Comparison of the raw electromyographic values (mV) of the selected musculature between the different exercises.*

	RA	EO	LSES
REG	0.81 ± 0.90†	0.56 ± 0.35†	0.10 ± 0.04†
EB	1.34 ± 1.21‡	0.75 ± 0.39§	0.17 ± 0.09
FB	1.59 ± 1.51	1.17 ± 0.75	0.16 ± 0.11
ET	1.98 ± 1.89	1.01 ± 0.54	0.17 ± 0.08
FT	1.19 ± 1.35§	0.89 ± 0.81§	0.13 ± 0.06

*RA = rectus abdominis; EO = external oblique; LSES = lumbosacral erector spinae; REG = traditional plank; EB = elbows on ball plank; FB = feet on ball plank; ET = elbows in suspension device plank; FT = feet in suspension device plank.
 †Significantly lower compared with EB, FB, ET, and FT ($p \leq 0.05$).
 ‡Significantly lower compared with ET ($p \leq 0.05$).
 §Significantly lower compared with ET and FB ($p \leq 0.05$).
 ||Significantly lower compared with ET and EB ($p \leq 0.05$).

Fuente (Snarr y Esco 2014)

Tabla 2.3.6 Electromyographic response of global abdominal stabilizers in response to stable- and unstable-base isometric exercise.



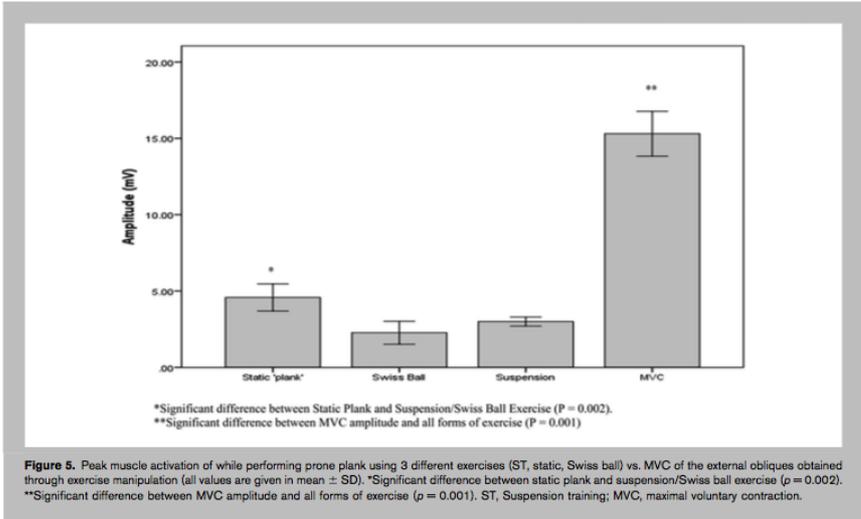


Figure 5. Peak muscle activation of while performing prone plank using 3 different exercises (ST, static, Swiss ball) vs. MVC of the external obliques obtained through exercise manipulation (all values are given in mean \pm SD). *Significant difference between static plank and suspension/Swiss ball exercise ($p = 0.002$). **Significant difference between MVC amplitude and all forms of exercise ($p = 0.001$). ST, Suspension training; MVC, maximal voluntary contraction.

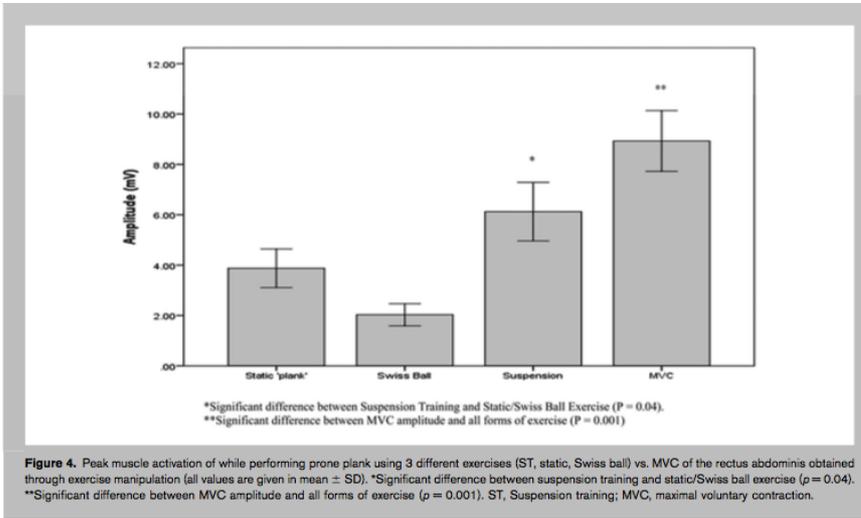


Figure 4. Peak muscle activation of while performing prone plank using 3 different exercises (ST, static, Swiss ball) vs. MVC of the rectus abdominis obtained through exercise manipulation (all values are given in mean \pm SD). *Significant difference between suspension training and static/Swiss ball exercise ($p = 0.04$). **Significant difference between MVC amplitude and all forms of exercise ($p = 0.001$). ST, Suspension training; MVC, maximal voluntary contraction.

Fuente (Atkins et al (2015))

Tabla 2.3.7 Core muscle activity during suspension exercises.



Fig. 1. Holding positions of the suspension workouts. (A) Hip abduction in plank. (B) Chest press. (C) 45° row. (D) Hamstring curl.

Fuente (Mok et al, 2014)

Tabla 2.3.8 Core muscle activity during suspension exercises.

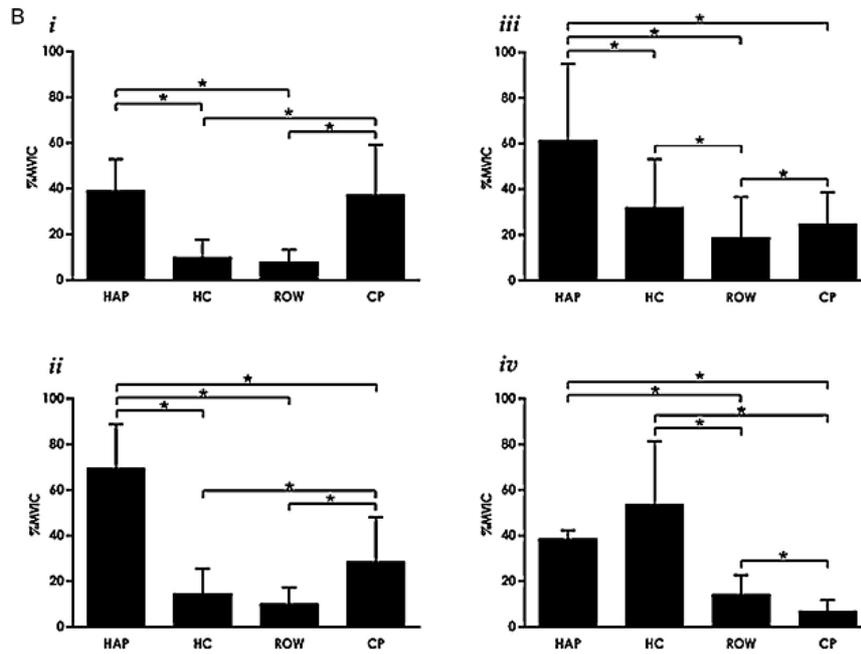
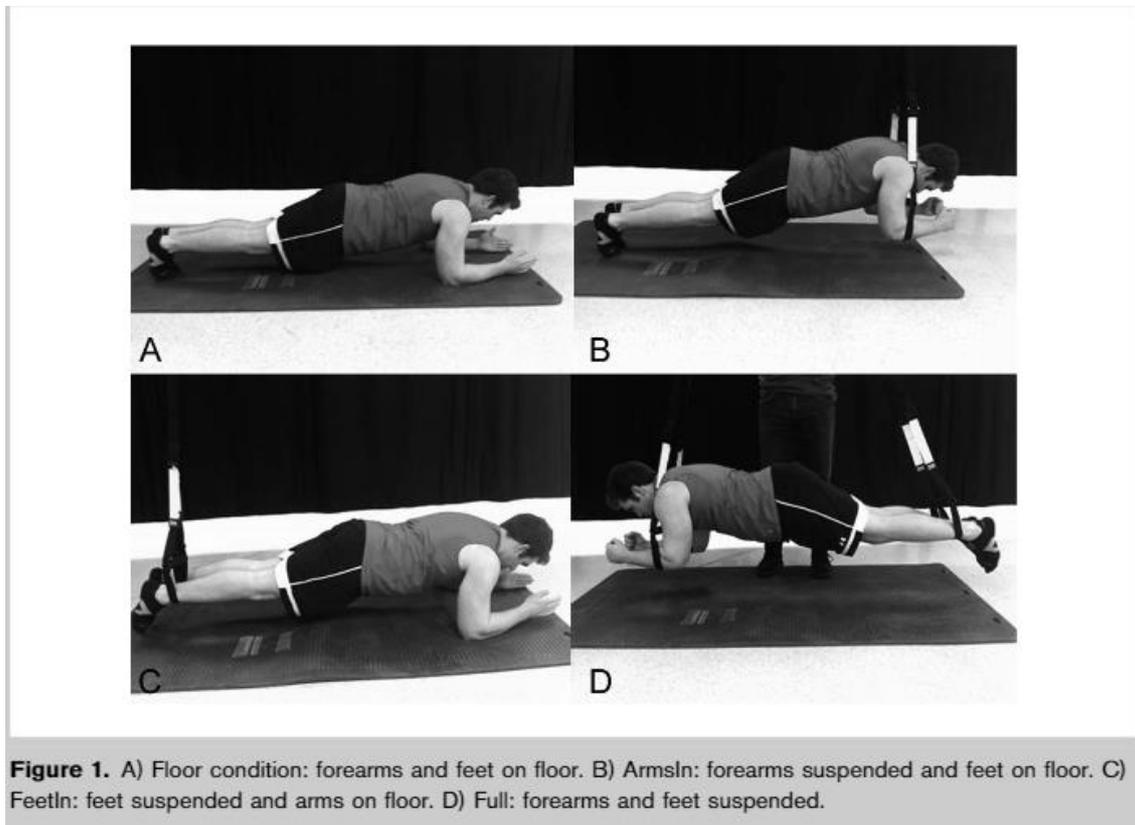


fig. 2. A. Differences in muscle activation within exercises. (i) Hip abduction in plank (HAP). (ii) Hamstring curl (HC). (iii) 45° row (ROW). (iv) Chest press (CP). RA: rectus abdominis, EO: external oblique, IO/TrA: internal oblique/transversus abdominis, LMF: lumbar multifidus. (B) Differences in muscle activation between exercises. (i) RA. (ii) IO/TrA. (iii) IO/TrA. (iv) LMF. Values are mean and SD. *indicates $p < 0.001$.

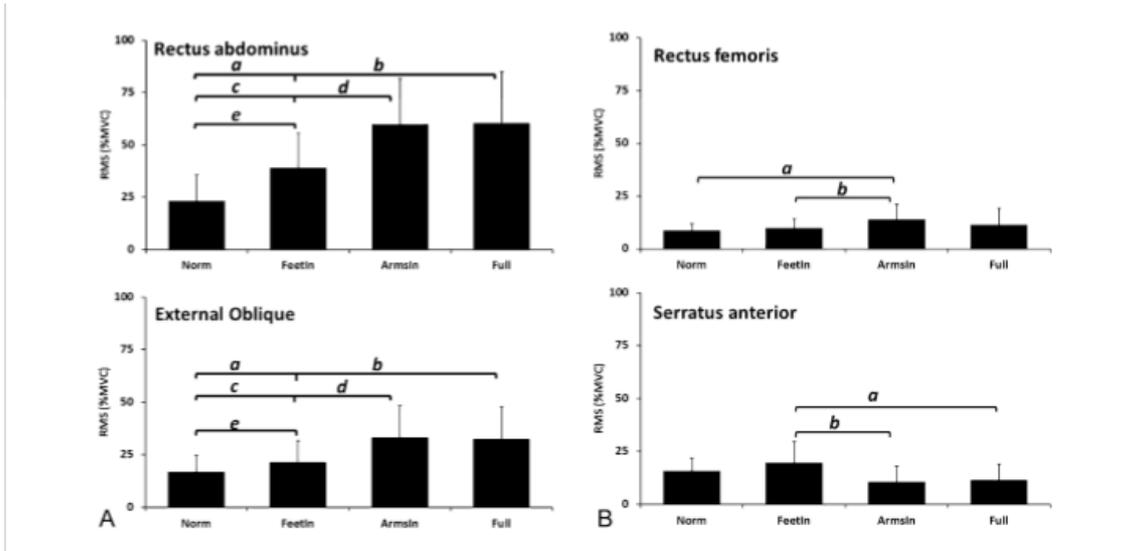
Fuente (Mok et al, 2014)

Tabla 2.3.9 Effect of using a suspension training system on muscle activation during the performance of a front plank exercise.



Fuente (Byrne et al, 2014)

Tabla 2.3.10 Effect of using a suspension training system on muscle activation during the performance of a front plank exercise.



Fuente (Byrne et al, 2014)

Tabla 2.3.11 Core muscle activation in suspension training exercises.

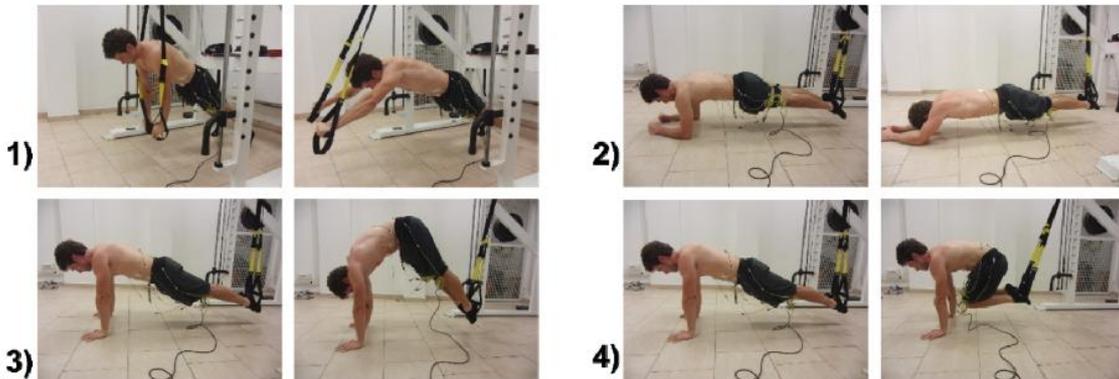


Figure 2
Initial and final positions of each exercise: 1) Roll-out; 2) Body saw; 3) Pike; 4) Knee-tuck.

Fuente: Cugiari y Boccia (2017)

Tabla 2.3.12 Core muscle activation in suspension training exercises.

*Muscle activation (Median, IR) expressed as percentage values
of electromyographic amplitude normalized to maximum voluntary contraction.
Results of the two-way ANOVA after Tukey multiple comparisons
are reported as symbols; $p < 0.01$.*

	Lower rectus abdominis	Upper rectus abdominis	External oblique	Internal oblique	Lower erector spinae	Upper erector spinae
Pike	57 (36) † §	41 (48) †	55 (21)	23 (20)	12 (7)	9 (4)
Bodysaw	100 (42) † Φ Ψ	57 (52)	59 (33)	32 (20)	4 (3)	8 (6)
Knee-tuck	54 (50) † §	44 (41) †	42 (7) †	18 (26)	8 (5)	6 (5)
Roll-out	140 (89) § Φ Ψ	67 (78) Φ Ψ	71 (44) Ψ	40 (31)	9 (5)	11 (6)

Fuente: Cugiari y Boccia (2017)