Monograph

Efectos de Diez Semanas de Entrenamiento para los Miembros Inferiores en una Superficie Inestable sobre los Marcadores del Rendimiento Atlético

William J Kraemer[1], Eric M Cressey[1], Chris A West[1], David P Tiberio[1] y Carl M Maresh[1]

[1]*Human Performance Laboratory in Department of Kinesiology, University of Connecticut.*

RESUMEN

Inicialmente reservado para los programas de rehabilitación, el entrenamiento en superficies inestables (UST) ha adquirido recientemente popularidad en los escenarios relacionados con el entrenamiento de la fuerza y el acondicionamiento, y del ejercicio en general. No obstante, ningún trabajo científico hasta la fecha ha estudiado los efectos del UST sobre el rendimiento en individuos saludables y entrenados. El propósito del presente trabajo fue estudiar los efectos de 10 semanas de UST para los miembros inferiores sobre el rendimiento en atletas de elite. Diecinueve hombres saludables y entrenados (edad, 18-23 años) miembros del equipo de fútbol universitario de la División I de la Asociación Nacional de Deporte Universitario (*National Collegiate Athletic Association*) participaron del presente estudio. El grupo experimental (US) (n=10) suplementó su programa normal de acondicionamiento con ejercicios para los miembros inferiores llevados a cabo sobre discos de goma inflables; el grupo control (ST) (n=9) realizó los mismos ejercicios pero sobre una superficie estable. Antes y después de la intervención se evaluaron la altura en los saltos con caída (BDJ) y en el salto con contramovimiento (CMJ), los tiempos en esprints de 40 y 10 yardas, y el tiempo en el test T (agilidad). El grupo ST mejoró significativamente la producción de potencia estimada tanto en el BDJ (3.2%) como en el CMJ (2.4%); mientras que no se observaron cambios significativos en el grupo US. Ambos grupos exhibieron mejoras significativas en los tiempos de esprints en 40 yardas (US=−1.8%, ST=−3.9%) y 10 yardas (US=−4.0%, ST=−7.6%). El grupo ST mostró una mejora significativamente mayor que el grupo US en el tiempo de esprint en 40 yardas; y una tendencia hacia una mayor mejora en el tiempo de esprint en 10 yardas. Ambos grupos exhibieron mejoras significativas en el test T (US=2.9%, ST=−4.4%); aunque no se evidenciaron diferencias significativas entre los grupos. Estos resultados indican que el UST, con la utilización de discos de goma inflables, atenúa las mejoras en el rendimiento en atletas entrenados y saludables. Dichos implementos han probado ser de valor en la rehabilitación, pero la aplicación del UST para la mejora del rendimiento atlético y del ejercicio en general debería realizarse con precaución.

Palabras Clave: inestabilidad, estabilidad, equilibrio, potencia, propiocepción, ciclo de estiramiento acortamiento

INTRODUCCION

El entrenamiento en superficies inestables (UST) ha recientemente adquirido popularidad en los escenarios relacionados con el entrenamiento de la fuerza y el acondicionamiento, y del ejercicio en general. Aunque el UST ha probado ser de gran valor en la rehabilitación, especialmente con respecto a los déficits propioceptivos relacionados con la inestabilidad funcional del tobillo (25, 39), hay pocos estudios que hayan examinado la forma en que el UST afecta el rendimiento en atletas saludables y entrenados. No obstante, muchas compañías y profesionales relacionados con el entrenamiento de la fuerza y el acondicionamiento han capitalizado esta tendencia para promover productos para el UST como herramientas útiles para la mejora del rendimiento.

Los implementos para el entrenamiento inestable, incluyendo los balones de estabilidad, tablas de equilibrio (*wobble boards*), almohadillas de espuma y discos de equilibrio, reducen (o eliminan) los puntos de contacto del individuo con el suelo. Los propulsores del entrenamiento en superficies inestables aseveran que dicho entrenamiento mejora el rendimiento a través de la mejora del equilibrio, del sentido cinestésico, de la propiocepcion y de la graduación de la fuerza (8, 27). 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 (8, 27). Tanto los procesos eferentes como aferentes modulan la función neuromuscular, aunque pocos estudios se han investigado los componentes eferentes. El entrenamiento en superficies inestables tiene el propósito de desarrollar la eficiencia aferente para reducir los riesgos de lesión y mejorar el rendimiento (8, 14, 27); dicho entrenamiento puede ayudar a establecer la apropiada contracción agonista-antagonista para la estabilidad articular y mejorar la tasa de desarrollo de la fuerza (14). La eficiente función aferente es crucial para la excitación neuromuscular; y las potenciales mejoras en este aspecto incluyen una más rápida recolección de la contribución propioceptiva, la transmisión de información al sistema nervioso central y el procesamiento de la información por el sistema nervioso central (15).

La eficiencia aferente es necesaria para la prevención de lesiones, debido a que la menor duración de los períodos de latencia previos a la actividad muscular permite la rápida tensión de los complejos articulares (14). En limitadas investigaciones, se ha observado que el entrenamiento con tablas de equilibrio mejoró la discriminación de los movimientos de inversión del tobillo en atletas y ancianos con articulaciones del tobillo ya estables (36); sin embargo en estos estudios los grupos de control no realizaron ejercicio. En jugadores de fútbol jóvenes se observaron resultados similares (35), pero en este caso no se consideró la historia de lesiones previas; y algunos de los sujetos pudieron simplemente corregir los déficits propioceptivos existentes relacionados con lesiones. Respecto del rendimiento, en sujetos desentrenados, el UST ha mostrado mejorar la tasa de desarrollo de la fuerza sin un incremento concomitante en al fuerza máxima estática en prensa de piernas (14), aunque no se incluyó un grupo control que permitiera la comparación con el ejercicio en superficies estables. A la inversa, Bruhn et al (9) hallaron que un programa de entrenamiento en superficie estable era superior al UST con respecto a la estabilización postural, a la máxima contracción isométrica voluntaria y a la altura en el salto con contramovimiento (CMJ).

A pesar de los supuestos beneficios del UST, fuera del ámbito de la rehabilitación aún hay una considerable oposición respecto del uso de este tipo de entrenamientos; y los opositores especulan que el UST puede perjudicar la especificidad del entrenamiento, derivar en compensaciones biomecánicas desfavorables y desmejorar el desarrollo de las cualidades deportivas. El entrenamiento en superficies inestables ha mostrado incrementar la activación de la musculatura del núcleo corporal en comparación con los ejercicios realizados en superficies estables (6, 22), pero estos estudios han sido llevados a cabo con el torso sobre superficies inestables (i.e., ejercicios específicos para el tronco) en lugar de con las extremidades inferiores; y, dichos resultados pueden no ser aplicables al presente estudio. El incremento de la activación de la musculatura estabilizadora del núcleo corporal con UST para los miembros inferiores puede no influenciar favorablemente los movimientos dinámicos; ya que, los ejercicios UST realizados de pie no estresan la musculatura del núcleo de manera similar a los ejercicios específicos para el tronco (i.e., abdominales), en los cuales el desafío sobre la estabilidad total es menor. El entrenamiento con balones suizos ha mostrado mejorar la estabilidad de l a musculatura del núcleo corporal en atletas jóvenes pero no afecto favorablemente la actividad electromiográfica de los músculos abdominales y erectores de la columna, el VO_2 máx, la economía de carrera o la postura de carrera (31). Del mismo modo, no se han hallado correlaciones entre la utilización de ejercicios en tablas de equilibrio y la velocidad de patinaje en jugadores de hockey sobre hielo mayores de 19 años (7). Estos hallazgos respaldan la evidencia previa (13) de que hay poca transferencia entre el equilibrio estático y el equilibrio dinámico. El equilibrio y la estabilidad son destrezas específicas; el UST que requiere predominantemente de equilibrio estático, puede no tener transferencia a la mayoría de las actividades deportivas que requieren en mayor medida del equilibrio dinámico (10). Por último, la incorporación de UST a un patrón de reclutamiento neuromuscular para una actividad dada (e.g., lanzamientos sobre una superficie inestable) puede afectar negativamente el rendimiento crónico de esta destreza (39).

La activación de la musculatura del núcleo corporal ha mostrado ser significativamente mayor cuando se realizaron

sentadillas sobre superficies inestables en comparación al mismo ejercicio sobre superficies estables (2), y la inestabilidad en ejercicios para el fortalecimiento de la musculatura del tronco ha mostrado incrementar la activación de los músculos abdominales inferiores (6). Sin embargo, la producción de fuerza en condiciones de estabilidad es marcadamente mayor que en condiciones de inestabilidad, siendo también, significativamente, mayor la actividad antagonista (5). Behm et al (5) atribuyeron esta alteración en el reclutamiento al "exceso de estrés asociado con el incremento en las demandas posturales" (los músculos estabilizan las articulaciones en lugar de promover el movimiento) y a la "dispersión de la concentración [impulso neural] que provoca el intento de controlar dos extremidades con diferentes responsabilidades [equilibrio y fuerza]". Con la inestabilidad, actividad electromiográfica total no muestra cambios debido a que la musculatura de las extremidades ayuda a mantener la estabilidad articular (3, 6, 20).

Si bien los ejercicios con pesos libres realizados en superficies estables han mostrado ser seguros (41), ningún estudio ha examinado a la tasa de lesiones con el UST. En los estudios se le da mayor atención al mantenimiento del equilibrio, de manera que se le da menor atención a los componentes dinámicos del movimiento, que pueden derivar en una técnica de ejecución de los ejercicios potencialmente insegura. También se podrían cuestionar los beneficios del UST respecto de la prevención de lesiones; ya que, en un estudio se observaron menos esguinces de tobillo en jugadores de voleibol que entrenaron en tablas de equilibrio, pero esta reducción estuvo confinada a aquellos jugadores con esguinces previos. No se ha observado un efecto preventivo en atletas saludables, y la incidencia de lesiones de rodilla por sobreuso en realidad aumentó en el grupo que entrenó con tablas de equilibrio (34). El entrenamiento con tablas de equilibrio también fue inefectivo para reducir la tasa de lesiones por traumatismo en las extremidades inferiores de jugadoras de fútbol de elite, y la frecuencia de lesiones serias fue significativamente mayor en el grupo UST (30). El equilibrio estático no puede ser utilizado para predecir las lesiones en el tobillo en jugadores de fútbol (19), lo que indica que los métodos para mejorar el equilibrio estático pueden no ayudar a reducir la tasa de lesiones en actividades dinámicas, especialmente cuando se trata de atletas sin lesiones recientes en las extremidades inferiores. Con este debate en mente, el propósito del presente estudio fue determinar los efectos de 10 semanas de entrenamiento en superficie inestable para las extremidades inferiores sobre los índices de rendimiento del ciclo de estiramiento acortamiento de corta y larga duración (SSC), sobre la velocidad de carrera y la agilidad en jugadores de fútbol de elite de nivel universitario. Para nuestro conocimiento, este es el primer estudio que examina una intervención UST en deportistas entrenados y saludables sin historia reciente de lesiones. La hipótesis de investigación fue que habría cambios significativamente diferentes en el rendimiento en los tests de salto con SSC de corta y larga duración, en la velocidad de carrera y en la agilidad entre los sujetos que realizaron el UST para las extremidades inferiores y los que realizaron el entrenamiento en superficie estable.

METODOS

Enfoque Experimental del Problema

Para el presente estudio se utilizó un diseño que incluyó un grupo control y evaluaciones pre y post entrenamiento. Los sujetos fueron agrupados según la edad y la posición (arqueros, defensores, mediocampistas y delanteros, para así dar cuenta de los diferentes niveles de actividad durante el entrenamiento y la competición) y luego fueron asignados aleatoriamente a un grupo experimental (US, n=10), o a un grupo control (ST, n=9).

Sujetos

Diecinueve miembros del equipo de fútbol universitario de la División I de la Asociación Nacional de Deporte Universitario (*National Collegiate Athletic Association*) (edad, 18-23 años) con considerable experiencia en el entrenamiento con sobrecarga fueron seleccionados para participar en el presente estudio. Todos los sujetos tenían una experiencia previa en el entrenamiento con sobrecarga de al menos 6 meses pero no tenían experiencia en el UST o no habían sufrido esguinces de tobillo en los 6 meses previos. Cada sujeto dio su consentimiento por escrito antes de participar en el estudio, el cual fue aprobado por el comité de revisión institucional de la Universidad de Connecticut.

Evaluación Pre-Entrenamiento

Todos los sujetos llevaron a cabo la evaluación pre entrenamiento que se llevó a cabo en la semana programada para la evaluación de su entrenamiento en el mes de Enero. Las evaluaciones fueron llevadas a cabo en 1 solo día y en el siguiente orden: saltos con caída (BDJ), CMJ, esprint en 40 yardas (con la evaluación del tiempo de esprint en 10 yardas), y test T. La sesión de evaluación tomó aproximadamente 1 hora, y los sujetos tuvieron un amplio período de recuperación entre los tests. Todos los sujetos habían mostrado una gran eficiencia en cada uno de los tests por lo cual nos e requirió de una sesión de familiarización. Antes de la evaluación, se registró el peso corporal de cada sujeto completamente vestido. Como entrada en calor general, los sujetos realizaron un trote suave de 5 minutos de duración y luego realizaron una entrada en

calor dinámica dirigida por su entrenador de fuerza y acondicionamiento.

Saltos con Caída

El test de BDJ valora la eficiencia de los sujetos en actividades que incluyen SSC de corta duración (tiempo de contacto <250 ms), también conocida como fuerza reactiva rápida (17, 18). Los sujetos fueron instruidos para que se dejaran caer desde un cajón de 12 pulgadas de altura y luego de tomar contacto con el suelo, realizaran un salto máximo tratando de minimizar el tiempo de contacto con el suelo y evitando tocar el suelo con los talones. La altura de los saltos fue determinada utilizando un dispositivo Vertec Jump Training System (Sports Imports, Columbus, OH). Los sujetos completaron tantas pruebas como fueran necesarias para determinar la altura máxima de salto. En estos saltos, a la altura total de salto se le sustrajo el alcance del sujeto para obtener la altura neta de salto y con este número se calculó la potencia según el método descrito por Sayers et al. (29) para dar cuenta de las diferencias en la masa corporal entre los sujetos.

Salto con Contramovimiento

El CMJ valora la eficiencia de los sujetos en actividades que incluyen SSC de larga duración (tiempo de contacto >250 ms), también conocidas como actividades de fuerza reactiva lenta (17, 18). Los sujetos fueron instruidos para descender rápidamente hasta una profundidad de sentadilla elegida por ellos mismos e inmediatamente intentar realizar un salto máximo, y cuya altura fue determinada utilizando el dispositivo Vertec Jump Training System (Sports Imports, Columbus, OH). Los sujetos completaron tantas pruebas como fueran necesarias para determinar la altura máxima de salto. En estos saltos, a la altura total de salto se le sustrajo el alcance del sujeto para obtener la altura neta de salto y con este número se calculó la potencia según el método descrito por Sayers et al. (29) para dar cuenta de las diferencias en la masa corporal entre los sujetos.

Esprint en Diez y Cuarenta Yardas

Luego de la evaluación de los saltos, los sujetos completaron dos esprints submáximos de 40 yardas como extensión de la entrada en calor. Luego de esto los sujetos realizaron 3 esprints máximos de 40 yardas en una pista sintética cubierta. Cada prueba estuvo separada por un período de recuperación de 3 minutos, y para los análisis estadísticos se utilizó el menor tiempo. Para determinar el tiempo total y el tiempo en 10 yardas se utilizó un cronómetro automático digital unido a sensores (Brower Timing Systems, Draper, UT) ubicados a las 0, 10 y 40 yardas. El mejor tiempo de esprint en 10 yardas fue utilizado para los análisis estadísticos. La posición de partida fue seleccionada por cada sujetos siempre que se mantuviera un pie a 1 pulgada de la línea de partida.

Test en T

El test en T fue utilizado para valora la agilidad. Este test requiere que los sujetos realicen un esprint desde la línea de partida hasta un cono colocado a 10 yardas, girar a la izquierda y realizar un esprint de 5 yardas, tocar la línea, girar a la derecha y realizar un esprint de 10 yardas, tocar la línea, girar nuevamente hacia la izquierda y hacer un esprint hasta el cono del centro y de allí realizar un esprint hasta la línea de partida. Cada sujeto completó el test 3 veces con 3 minutos de pausa entre cada prueba; registrándose el mejor tiempo para el análisis de los datos. Para determinar el tiempo necesario para completar el test se utilizó un cronómetro digital automático unido a sensores (Brower Timing Systems, Draper, UT) ubicados en la línea de partida-llegada.

Entrenamiento

Entre las evaluaciones pre- y post-entrenamiento, todos los sujetos continuaron con sus entrenamientos normales de velocidad, fuerza y acondicionamiento; pero, a lo largo del período experimental, el grupo US realizó el UST en uno de los ejercicios de cada sesión de entrenamiento de sobrecarga (Tabla 1). En total, el período experimental duró 10 semanas (incluyendo una semana de descanso luego de la semana 4) y comprendió 27 sesiones. El período experimental coincidió con el período de entrenamiento fuera de temporada para evitar cualquier potencial conflicto con la preparación de temporada y competitiva; sin embargo, las últimas 4 semanas coincidieron con el calendario de verano del equipo.

Entrada en Calor con Ejercicios de Flexibilidad Dinámica
A) Peso muerto con velocidad: 4 x 2, 55% de 1RM
B) Peso muerto con barra: 3 x 5
C) Estocadas dinámicas con mancuernas (estable/inestable*): 3 x 8 derecha e izquierda
D1) Press inclinado con barra: 3 x 5
D2) Remo acostado a un brazo con mancuernas: 3 x 6 derecha e izquierda
E) Puentes laterales [*side bridges*]: 3 x 40 segundos derecha e izquierda

Tabla 1. *Ejemplo de un día de entrenamiento, semana 1, día 1. * El grupo experimental/inestable realizó estas estocadas con el pie delantero sobre un Disco Dyna. El grupo control/estable realizo este ejercicio con el pie directamente en el suelo. Todos los otros ejercicios fueron los mismos para ambos grupos.*

Todos los UST fueron llevados a cabo con 1-2 Discos Dyna (Exertools, Inc., Novato, CA); estos discos inflables de goma tienen 14 pulgadas de diámetro y son ampliamente utilizados en la rehabilitación. El entrenamiento fue estructurado de manera tal que el volumen fuera idéntico en los dos grupos, pero que en cada sesión de entrenamiento se realizara un ejercicio suplementario para los miembros inferiores en diferentes superficies (inestable o estable). Estos ejercicios, de los cuales se realizaron 2 a 5 series de 5 a 15 repeticiones (o durante un cierto tiempo, por ejemplo en los ejercicios de equilibrio) consistentemente con los parámetros de la periodización no linear en el momento de las sesiones, consistieron de variaciones de ejercicios tales como sentadillas, peso muerto, estocadas (Figuras 1 y 2), sentadillas a una pierna, y equilibrio en una pierna. El grupo US realizó los ejercicios en una superficie inestable con el peso corporal o el peso corporal más la carga prescrita como porcentaje de una repetición máxima estimada (1RM) en condiciones inestables (Figura 1). A la inversa, el grupo ST simplemente realizó los mismos ejercicios pero en una superficie estable (i.e., el suelo o un banco); para la carga se prescribió el mismo porcentaje de 1RM, pero estimada en base a la 1RM en condiciones estables (Figura 2). Todas las estimaciones de la fuerza en 1RM se basaron en datos de los investigadores, así como también en la experiencia de especialistas certificados en el entrenamiento de la fuerza y el acondicionamiento. Este diseño explicó efectivamente la reducción en la producción de fuerza que se experimenta con el UST en comparación con el entrenamiento en superficies estables (3, 5) y por lo tanto replicó lo que ocurre cuando se implementa el UST en lugar del entrenamiento en superficies estables. Debido a que el UST generalmente es implementado en forma de ejercicios auxiliares o suplementarios, la inclusión de estos ejercicios al final de la sesión de entrenamiento permitió una mejor transferencia de las posibles aplicaciones a escenarios reales. No obstante quizás lo más importante es que la incorporación de los movimientos al final de las sesiones de entrenamiento interrumpe la continuidad del entrenamiento de equipo al hacer que los atletas realicen diferentes ejercicios desde el comienzo de las sesiones.

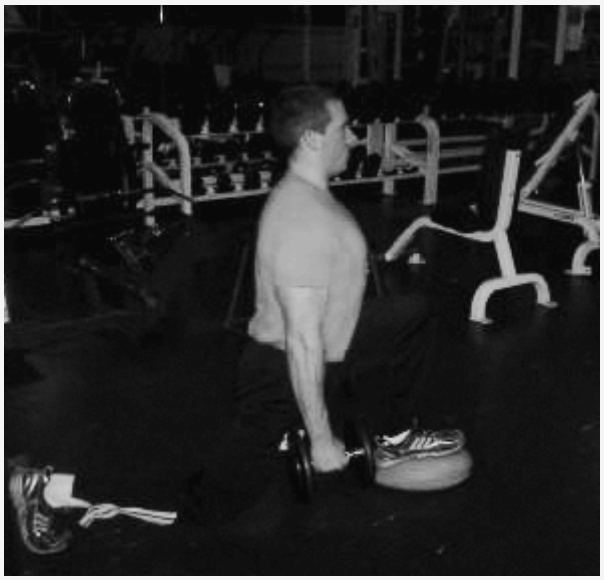

Figura 1. *Estocadas con mancuernas sobre superficie inestable.*

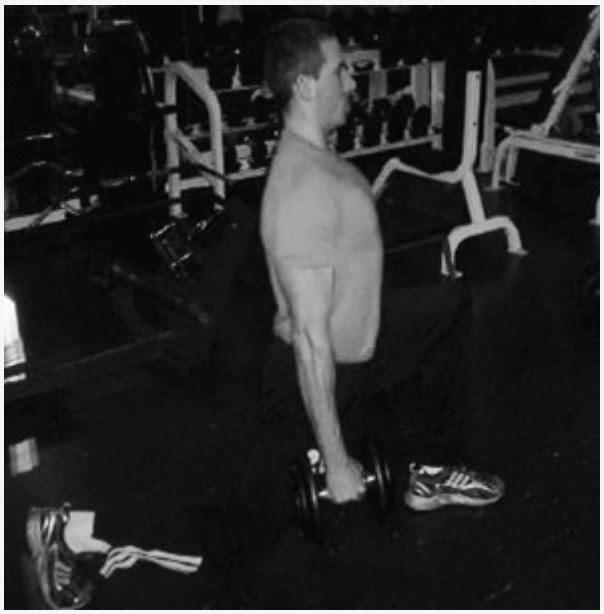

Figura 2*. Estocadas con mancuernas sobre superficie estable.*

Evaluaciones Post Entrenamiento

Las evaluaciones post entrenamiento se llevaron 11 semanas después de las evaluaciones pre entrenamiento, durante la semana de evaluaciones planificada para el mes de Abril. Todos los tests se realizaron en el mismo orden que en la evaluación pre entrenamiento, prestándole atención a la estandarización del calzado utilizado por los sujetos y de las condiciones para el registro de los tiempos durante las evaluaciones pre entrenamiento. Los cambios en el peso corporal y en la altura de alcance fueron registrados y factoreados en los análisis estadísticos de los datos.

Análisis Estadísticos

Todos los datos fueron analizados utilizando el programa SPSS 10.0 (SPSS, Inc., Chicago, IL). Antes del período experimental de 10 semanas, se realizaron pruebas *t* para muestras independientes para determinar si existían diferencias significativas entre los dos grupos. Cada conjunto de datos fue evaluado para determinar valores extremos y supuestos estadísticos, y se realizó la transformación Log10 para cumplir con tales supuestos. Todos los valores extremos fueron removidos del conjunto de datos. Luego de cumplir con todos los supuestos estadísticos para la estadística linear, se utilizó el análisis de varianza 2 × 2 (grupo × tiempo) para medidas repetidas, para determinar si existían diferencias significativas entre los cambios medios en cada grupo y en cada variable dependiente. Se realizaron cinco pruebas *t* para muestras apareadas con corrección del nivel alfa para el seguimiento de las interacciones significativas. Mediante la utilización del programa nQuery Advisor (Statistical Solutions, Saugus, MA) se determinó que la fortaleza estadística para el tamaño de la muestra utilizada estuvo en el rango de 0.67 a 0.82. La significancia estadística se estableció a $p \leq 0.05$. Todos los datos se presentan como media ± 1 DE.

RESULTADOS

Evaluación de la Altura de Salto

Las pruebas *t* para muestras independientes demostraron que, pre entrenamiento, no hubo diferencias significativas entre los dos grupos respecto de la potencia estimada para el BDJ y el CMJ. Los valores medios preentrenamiento para todas las mediciones de la altura de salto en ambos grupos se presentan en la Tabla 2. En contraste con el grupo ST, el cual mostró

una mejora significativa tanto en el BDJ como en el CMJ, el grupo US no mostró mejoras significativas en el BDJ o CMJ durante las evaluaciones post-entrenamiento. El grupo ST mostró mejoras significativamente mayores que el grupo US tanto en el BDJ como en el CMJ. Los valores medios y los porcentajes de cambio en la potencia estimada para el BDJ y el CMJ de ambos grupos se presentan en la Tabla 2.

Evaluación	Pre-entrenamiento	Post-entrenamiento	% Cambio
Potencia estimada para el Salto con Caída (W)			
Inestable	5067.8 (387.8)	5109.5 (384.0)	0.8%
Estable	5156.3 (642.8)	5324.1 (602.57)	3.2% *†
Potencia estimada para el Salto con Contramovimiento (W)			
Inestable	5088.6 (390.6)	5324.1 (602.57)	0.0%
Estable	5174.5 (588.7)	5302.7 (545.8)	2.4%*†

Tabla 2. *Valores medios (±DE) y porcentaje de cambio de la potencia pico estimada para el salto con caída y para el salto con contra movimiento pre y post entrenamiento. *diferencia significativa respecto del valor pre-entrenamiento p<0.05. † Diferencia significativa entre los grupos p<0.05.*

Evaluación de la Velocidad

Las pruebas *t* para muestras independientes mostraron que, pre entrenamiento, no hubo diferencias significativas entre los dos grupos respecto del tiempo de esprint en 40 o 10 yardas. Los valores medios de todas las mediciones de la velocidad de carrera en ambos grupos se muestran en la Tabla 3. Tanto en el grupo ST como en el grupo US se observaron mejoras significativas en el rendimiento en los tests de esprint de 10 y 40 yardas. El grupo ST mostró una mejora significativamente mayor que el grupo US en el tiempo de esprint en 40 yardas y una tendencia (p=0.06) hacia una mayor mejora en el tiempo de esprint en 10 yardas. Los valores medios post entrenamiento y los porcentajes de cambio para los tiempos de esprint en 10 y 40 yardas se muestran en la Tabla 3.

Evaluación	Pre-entrenamiento	Post-entrenamiento	% Cambio
Esprint en 40 yardas (s)			
Inestable	5.02 (0.11)	4.93 (0.11)	-1.8%*
Estable	5.06 (0.24)	4.87 (0.16)	-3.9%*†
Esprint en 10 yardas (s)			
Inestable	1.73 (0.04)	1.67 (0.07)	-4.0%*
Estable	1.75 (0.09)	1.63 (0.08)	-7.6%*

Tabla 3. *Valores medios (±DE) y porcentaje de cambio para los tiempos en esprints de 10 y 40 yardas pre y post entrenamiento. *diferencia significativa respecto del valor pre entrenamiento p<0.05. †Diferencia significativa entre los grupos p<0.05.*

Evaluación de la Agilidad

Las pruebas *t* para muestras independientes revelaron que, pre entrenamiento, no hubo diferencias significativas entre los grupos respecto del tiempo en el test en T. Los valores medios de los tiempos en el test T para ambos grupos se muestran en la Tabla 4. Se observaron mejoras significativas tanto en el grupo ST como en el grupo US respecto del test pre entrenamiento. No se hallaron diferencias significativas (p>0.05) entre los grupos. Los valores medios y el porcentaje de cambio para el tiempo en el test en T se presentan en la Tabla 4.

Evaluación	Pre-entrenamiento	Post-entrenamiento	% Cambio
Test en T (s)			
Inestable	8.33 (0.15)	8.09 (0.21)	-2.9%*
Estable	8.42 (0.37)	8.06 (0.24)	-4.4%*

Tabla 4. *Valores medios (±DE) y porcentaje de cambio para los tiempos en el test en T. *diferencia significativa respecto del valor pre entrenamiento p<0.05.*

DISCUSION

El entrenamiento en superficies inestables ha emergido del mundo de la rehabilitación para volverse una iniciativa popular en el mundo del entrenamiento de la fuerza y el acondicionamiento, y numerosas compañías han capitalizado esta tendencia introduciendo una variedad de productos para el UST. Al hacerlo, han aseverado que el UST es una forma excelente de desarrollar la aptitud física general, reducir los riesgos de lesión, y, lo que es más aplicable para el presente estudio, mejorar el rendimiento deportivo. A pesar de estas afirmaciones, no existe evidencia científica que respalde al UST como medio para mejorar el rendimiento deportivo en poblaciones de sujetos saludables y entrenados. La literatura publicada hasta la fecha solo ha examinado los efectos del UST en sujetos desentrenados (y en ocasiones completamente desacondicionados), muchos de los cuales tenían una lesión previa a la intervención.

Esta incerteza está en completo contraste con los conocimientos que rodean el entrenamiento tradicional en superficies estables, el cual ha probado ser efectivo para mejorar las cualidades deportivas de sujetos saludables y entrenados, tales como la fuerza muscular (4), la potencia (4) la resistencia aeróbica (26), la resistencia anaeróbica (4), la tasa de desarrollo de la fuerza (4), la hipertrofia (4), la fuerza reactiva (4) y la agilidad (21). Estas cualidades se transfieren a la mejora del rendimiento en diversas tareas deportivas incluyendo el salto vertical (32), la velocidad de lanzamiento (33) la velocidad de carrera (12) y la economía de carrera (26). En contraste con las inconcluyentes investigaciones respecto del efecto del UST sobre la fuerza explosiva, varios estudios han demostrado la eficacia del entrenamiento con sobrecarga en superficies estables para mejorar la tasa de desarrollo de la fuerza sin altera los patrones de reclutamiento (16). A pesar de la falta de evidencia científica para validar o refutar el valor del UST en poblaciones de deportistas, todavía se mantiene abierto el debate, en base mayormente a supuestos teóricos, sobre su utilidad.

Los principales hallazgos de este estudio fueron que 10 semanas de UST para los miembros inferiores atenuaron las mejoras en el rendimiento en actividades de salto con SSC de corta y larga duración y en el tiempo de esprint en 40 yardas, en comparación con un programa de entrenamiento en superficie estable idéntico en todas las otras variables. También fue aparente una tendencia hacia una atenuación similar en el tiempo de esprint en 10 yardas. Sin embargo, no se hallaron diferencias significativas entre los grupos en la medición de la agilidad. En un sentido amplio, el efecto diferencial de entrenamiento entre los grupos puede estar fundamentalmente relacionado con el hecho de que el UST va en contra del principio de especificidad del entrenamiento. Es importante diferenciar entre inestabilidad en los pies, lo cual se relaciona con movimientos de cadena cinética cerrada en superficies estables, y la inestabilidad en el tronco y los brazos, que a menudo se encuentran inestables mientras la base está estable. La mayoría de las actividades deportivas se realizan de pie en superficies estables, y la inestabilidad se aplica en fases más avanzadas de la cadena cinética. Con respecto a esto, el entrenamiento UST puede ser de mayor utilidad para el entrenamiento de la musculatura del núcleo corporal y del tren superior (e.g., movimientos que se realizan en posición de sentado o recostado sobre un balón de estabilidad con y sin carga adicional) que para la musculatura de los miembros inferiores. Sin embargo, la inestabilidad puede ser impuesta en un contexto más específico con ejercicios unilaterales (6), aplicando torques desestablizantes a las regiones que se encuentran por encima de los pies, y levantando objetos incómodos para levantar (e.g., como aquellos que realizan los sujetos que entrenan para la competición del hombre más fuerte) (37).

La mayoría de los movimientos deportivos se realizan a altas velocidades y dependen en gran parte del SSC. Dado que el UST retrasa la fase de amortiguación de los movimientos SSC, se podría inferir que la subsiguiente producción de fuerza debida a la liberación de la energía acumulada durante la fase excéntrica podría verse marcadamente comprometida con estas superficies de entrenamiento (18). Aunque el UST puede tener un impacto favorable sobre la función aferente en sujetos lesionados con déficits en la propiocepcion, en sujetos saludables puede desmejorar en forma crónica el óptimo funcionamiento del SSC tanto a través de factores mecánicos (perdida de energía acumulada en forma de calor) y psicológica (tentativa de movimiento). Efectivamente, al entrenar en forma lenta y tentativa, el atleta puede condicionarse a moverse de la misma manera cuando realiza actividades deportivas. Durante el UST hay una sostenida actividad antagonista para mantener la estabilidad articular (5), por lo cual no es irracional conjeturar que dicho efecto de

entrenamiento pueda ser perjudicial para alcanzar una óptima tasa y magnitud de producción de fuerza, si este tipo de actividad se mantiene a través del tiempo durante el entrenamiento. Si bien, el incremento en la activación de los antagonistas puede ayudar a mantener la estabilidad articular, esto puede ser contraproducente para las tareas que requieren de fuerza y potencia. El torque desarrollado por los antagonistas reduce el torque neto en la dirección deseada y, a través de la inhibición recíproca, puede desmejorar la habilidad individual para activar completamente los músculos agonistas (28). Por lo tanto, la utilización del UST puede derivar en un deportistas dubitativo para quién la estabilidad se gana a expensas de la movilidad y la producción de fuerza. Sale (28) señaló que con el entrenamiento de sobrecarga prolongado (en superficies estables) emergen dos patrones de alteración en la actividad muscular: (a) "una reducción en la activación antagonista absoluta en conjunto con un incremento o el mantenimiento de la activación agonista" y (b) el mantenimiento de la "activación antagonista absoluta con el incremento de la activación agonista, reduciendo el índice de activación antagonista/agonista". Los patrones de activación muscular con el UST pueden ir en contra de estos dos resultados.

Los costos de tiempo de entrenamiento para un deportista también pueden ser un tema de debate en este estudio. Con el limitado tiempo de entrenamiento, los atletas deben ser provistos con ejercicios y variables del programa de entrenamiento que produzcan los mayores resultados en el menor tiempo posible. En vista de los hallazgos del presente estudio, parece que el grupo que utilizó el UST podría haberse beneficiado más de un entrenamiento más específico del deporte que hiciera énfasis en acciones musculares dinámicas (como el utilizado por el grupo que entrenó sobre superficies estables). Además, Gruber (15) recientemente halló que el UST mejoró la activación neuromuscular en sujetos desentrenados pero solo en las primeras fases (<50 ms) de la acción muscular. Por lo tanto se debería cuestionar si los ejercicios que mejoran la función neuromuscular en toda la duración de la acción muscular fueron de hecho superiores en este caso; investigaciones previas (1) han establecido la eficacia del entrenamiento de la fuerza explosiva y con altas cargas en superficies estables con respecto a este efecto más extensivo del entrenamiento. También cabe señalar, que el efecto de entrenamiento sobre la primera fase del movimeinto (incremento de la tasa de desarrollo de la fuerza) observada en los estudios previos con sujetos desentrenados puede no ser aplicable a sujetos entrenados.

Existe una correlación entre el BDJ (SSC corto) y el rendimiento en esprints de 30 a 100 metros, mientras que el CMJ (SSC largo) ha sido correlacionado con el rendimiento en esprints de hasta 300 metros (17). Nicol y comí (24) señalaron que el tiempo de contacto y la carga de impacto se incrementan debido a fallos contráctiles (debido las repetidas cargas impuestas por el estiramiento) y a la acumulación de fatiga metabólica. Como resultado, el sistema neuromuscular altera la rigidez músculo-tendinosa incrementando el nivel de preactivación, lo cual deriva en una reducida tolerancia al estiramiento y, a su vez, en una pérdida de la capacidad de recuperación elástica. Esto se corresponde con la necesidad de incrementar el trabajo durante el despegue (24), verificándose que el SSC cumple un rol menos importante a medida que se incrementa la duración del ejercicio. Dado que las alteraciones negativas respecto del funcionamiento del SSC pudieron ser un factor principal para la atenuación del rendimiento en el grupo UST, se podrían haber observado diferencias más marcadas entre los grupos respecto de los movimientos que incorporan el SSC corto (aquellos más correlacionados con el rendimiento de esprint en condiciones donde no hay fatiga, e.g., BDJ, esprint en 40 yardas) que en los movimientos que incorporan el SSC largo (e.g., CMJ). Esta última categoría de movimientos está caracterizada por una mayor fase de amortiguación.

La tendencia hacia una significancia estadística en los tiempos de esprint en 10 yardas puede haber estado relacionada con el incremento en la fuerza máxima y la potencia, las cuales han mostrado ser importantes para la aceleración inicial durante el esprint (23). Dado que el UST compromete la intensidad del ejercicio, en comparación con la realización de los mismos ejercicios en condiciones estables, es probable que el grupo que entrenó en superficies estables haya tenido un mayor estímulo para incrementar la fuerza máxima como resultado de la intervención. Tanto la fuerza máxima como la potencia están influenciadas por el SSC, cuyo funcionamiento parece ser afectado negativamente por el UST. Cronin y Hansen (11) hallaron que el rendimiento en saltos CMJ estuvo significativamente correlacionado con la aceleración inicial durante el esprint. Esta tendencia tiene una implicación directa en términos de las decisiones que debe tomar un entrenador respecto de la utilización de ejercicios UST como ejercicios auxiliares, ya que ambos grupos realizaron ejercicios tradicionales para el entrenamiento de la fuerza con cargas altas en superficies estables (e.g., sentadillas, peso muerto) antes de los ejercicios específicos de la intervención experimental. Por lo tanto, estos resultados sugieren que sería ideal mantener la especificidad (con ejercicios en superficies estables) durante toda la sesión de entrenamiento.

Aunque el grupo que entrenó en superficies estables mejoró más que el grupo UST en el test en T, una medición de la agilidad, esta diferencia no fue significativa. Debido a que el test en T es similar a otros los tests utilizados en que depende en mayor medida del SSC, esta falta de significación subraya la necesidad de realizar futuras investigaciones con muestras de mayor tamaño.

Aplicaciones Prácticas

Una crítica al UST es que dicho tipo de entrenamiento no permite imponer la carga suficiente como para inducir ganancias

en la fuerza; los resultados del presente estudio no solo verifican esta afirmación sino que además demuestran que el UST en realidad atenúa las ganancias en la potencia (y presumiblemente en la fuerza) que se alcanzan con el entrenamiento concurrente en superficies estables. Como tal, los entrenadores que aplican el UST teniendo en mente provocar un efecto a nivel propioceptivo en realidad están provocando la desmejora del desarrollo de importantes cualidades deportivas; este hallazgo demuestra que la propiocepcion puede entrenarse de mejor manera con ejercicios específicos en superficies estables.

Como lo propusieran inicialmente Anderson y Behm (3), el UST puede ser de utilidad en situaciones en las que se desea mantener la activación de los músculos pero reducir el torque articular de manera que disminuya el estrés impuesto sobre el sistema articular. Si bien la electromiografía se ha utilizado tradicionalmente para medir los cambios en las fuerzas externas, los músculos utilizados para ayudar en la estabilidad articular pueden contribuir significativamente a las señales electromiográficas sin alterar la fuerza medible (6). Las situaciones aplicables pueden incluir las fases de “descarga” o “regeneración” durante las cuales se permite que el cuerpo de los deportistas se recupere de movimientos realizados con altas producciones de fuerza y a alta velocidad. Al parecer dichas intervenciones utilizando el UST podrían ser mejor utilizadas para el tren superior, el cual opera característicamente en forma de cadena cinética abierta en la mayoría de los movimientos deportivos. A la inversa, en base a los resultados del presente estudio, similares intervenciones parecen afectar negativamente el rendimiento de las extremidades inferiores, las cuales característicamente operan en forma de cadena cinética cerrada en la mayoría de los deportes.

Sin embargo, no puede ignorarse la utilidad del UST para la rehabilitación. Además de la reeducación propioceptiva luego de las lesiones (especialmente lesiones del tobillo), el UST puede ser de utilidad en escenarios en los cuales los músculos no pueden ser cargados sin restricciones a través de todo el rango de movimiento (lo cual implica torques articulares significativos). El UST también puede ser de utilidad como una forma de entrenamiento preventivo en sujetos saludables pero con historia de esguinces de tobillo u otros traumas de las extremidades inferiores. No obstante, con los presentes resultados en mente, parece haber un punto de disminución e incluso de resultados negativos con este tipo de entrenamiento, por lo cual los profesionales relacionados con la aptitud física y los entrenadores deberían ser prever utilizar dichas intervenciones con extrema moderación fuera del ámbito de la rehabilitación. Los programas de entrenamiento para atletas saludables deberían adherirse al principio de la especificidad respecto de las superficies de entrenamiento al igual que con las otras características de las acciones musculares. Aunque hay ciertos deportes (e.g., surf, snowboard) para los cuales el UST puede ofrecer una transferencia apreciable al rendimiento, los resultados del presente estudio sugieren que para la mayoría de los deportistas, la inestabilidad debería aplicarse al entrenamiento en un contexto más específico. Estos contextos incluyen la aplicación de torques desestabilizadores aplicados en fases más avanzadas de la cadena cinética, tal como lo encontrarían los atletas durante las actividades deportivas en donde se mueven sobre superficies de contacto fijas. Ejemplos de dichos torques desestabilizadores incluyen ejercicios unilaterales (6), levantamientos realizados con objetos asimétricos y cargas desiguales (38) y ejercitaciones de cambio de dirección realizadas a velocidades progresivamente mayores. Dichas iniciativas provocan una fluctuación constante del centro de gravedad del atleta dentro de su base de apoyo, y por lo tanto provocan la inestabilidad y a través del tiempo, un efecto de entrenamiento que le permite al atleta ganar estabilidad en el contexto deportivo.

Agradecimientos

Los autores desean reconocer la contribución de los Jugaores, Entrenadores y Miembros del Equipo de Fútbol Masculino de la Universidad de Connecticut, a los entrenadores e internos del Departamento de Fuerza y Acondicionamiento de la Universidad de Connecticut; y a la facultad y estudiantes graduados del Departamento de Kinesiología de la Universidad de Connecticut. Sin la amplia asistencia ofrecida por estos grupos, este estudio no hubiera sido posible.

REFERENCIAS

1. Aagaard, P., E.B. Simonsen, J.L. Anderson, P. Magnusson, and P. Dyhre-Poulsen (2002). Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *J. Appl. Physiol. 93:1318–1326*
2. Anderson, K., and D.G. Behm (2005). Trunk muscle activity increases with unstable squat movements. *Can. J. Appl. Physiol. 30:33–45*
3. Anderson, K.G., and D.G. Behm (2004). Maintenance of EMG activity and loss of force output with instability. *J. Strength Cond. Res. 18:637–640*
4. Baechle, T.R., and R.W. Earle (2000). Essentials of Strength Training and Conditioning (2nd ed). *Champaign, IL: Human Kinetics*
5. Behm, D.G., K. Anderson, and R.S. Curnew (2002). Muscle force and activation under stable and unstable conditions. *J. Strength Cond. Res. 16:416–422*
6. Behm, D.G., A.M Leonard, W.B. Young, W.A. Bonsey, and S.N. MacKinnon (2005). Trunk muscle electromyographic activity with

unstable and unilateral exercises. *Strength Cond. Res. 19:193–201*
7. Behm, D.G., M.J. Wahl, D.C. Button, K.E. Power, and K.G. Anderson (2005). Relationship between hockey skating speed and selected performance measures. *J. Strength Cond. Res. 19:326–331*
8. Brooks, D., and C.C. Brooks. BOSU (2002). Integrated Balance Training Manual. *DW Fitness, LLC*
9. Bruhn, S., N. Kullmann, and A. Gollhofer (2004). The effects of a sensorimotor training and a strength training on postural stabilisation, maximum isometric contraction and jump performance. *Int. J. Sports Med. 25:56–60*
10. Cote, K.P., M.E. Brunet, B.M. Gansneder, and S.J. Shultz (2005). Effects of pronated and supinated foot postures on static and dynamic postural stability. *J. Athl. Train. 40:41–46*
11. Cronin, J.B., and K.T. Hansen (2005). Strength and power predictors of sports speed. *J. Strength Cond. Res. 19:349–357*
12. Delecluse, C (1997). Influence of strength training on sprint running performance: Current findings and implications for training. *Sports Med. 24:147–156*
13. Drowatzky, J.N., and F.C. Zuccato (1966). Interrelationships between selected measures of static and dynamic balance. *Res. Q. 38:509–510*
14. Gollhofer, A (2003). Proprioceptive training: Considerations for strength and power production. In: Strength and Power in Sport (2nd ed.). *P.V. Komi, ed. Oxford: Blackwell, pp. 331–343*
15. Gruber, M., and A. Gollhofer (2004). Impact of sensorimotor training on the rate of force development and neural activation. *Eur. J. Appl. Physiol. 92:98–105*
16. Hakkinen, K., M. Alen, W.J. Kraemer, E. Gorostiaga, M. Izquierdo, H. Rusko, J. Mikkola, A. Hakkinen, H. Valkeinen, E. Kaarakainen, S. Romu, V. Erola, J. Ahtiainen, and L. Paavolainen (2003). Neuromuscular adaptations during concurrent strength and endurance training versus strength training. *Eur. J. Appl. Physiol. 89:42–52*
17. Hennessy, L., and J. Kilty (2001). Relationship of the stretch-shortening cycle to sprint performance in trained female athletes. *J. Strength Cond. Res. 15:326–331*
18. Komi, P.V (2003). Stretch-shortening cycle. In: Strength and Power in Sport (2nd ed.). *P.V. Komi, ed. Oxford: Blackwell, pp. 184–202*
19. Konradsen, L (2002). Factors contributing to chronic ankle instability: Kinesthesia and joint position sense. *J. Athl. Train. 37:381–385*
20. Kornecki, S., and V. Zschorlich (1994). The nature of the stabilizing functions of skeletal muscles. *J. Biomech. 27:215–225*
21. McBride, J.M., T. Triplett-McBride, A. Davie, and R.U. Newton (2002). The effect of heavy- vs. light-load jump squats on the development of strength, power, and speed. *J. Strength Cond. Res. 16:75–82*
22. Mori, A (2004). Electromyographic activity of selected trunk muscles during stabilization exercises using a gym ball. Electromyogr. *Clin. Neurophysiol. 44:57–64*
23. Newman, M.A., K.M. Tarpenning, and F.F. Marina (2004). Relationships between isokinetic knee strength, single-sprint performance, and repeated-sprint ability in football players. *J. Strength Cond. Res. 18:867–872*
24. Nicol, C., and P.V. Komi (2003). Stretch-shortening cycle fatigue and its influence on force and power production. In: Strength and Power in Sport (2nd ed.). *P.V. Komi, ed. Oxford: Blackwell pp. 203–228*
25. Osborne, M.D., L.S. Chou, E.R. Laskowski, J. Smith, and K.R. Kaufman (2001). The effect of ankle disk training on muscle reaction time in subjects with a history of ankle sprain. *Am. J. Sports Med. 29:627–632*
26. Paavolainen, L., K. Hakkinen, I. Hamalainen, A. Nummela, and H. Rusko (1999). Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. *J. Appl. Physiol. 86:1527–1533*
27. Ruiz, R., and M.T. Richardson (2005). Functional balance training using a domed device. *Strength Cond. J. 27:50–55*
28. Sale, D.G (2003). Neural adaptation to strength training. In: Strength and Power in Sport (2nd ed.). *P.V. Komi, ed. Oxford: Blackwell pp. 281– 314*
29. Sayers, S.P., D.V. Harackiewicz, E.A. Harman, P.N. Frykman, and M.T. Rosenstein (1999). Cross-validation of three jump power equations. *Med. Sci. Sports Exerc. 31:572–577*
30. Soderman, K., S. Werner, T. Pietila, B. Engstrom, and H. Andredson (2000). Balance board training: Prevention of traumatic injuries of the lower extremities in female soccer players? A prospective randomized intervention study. Knee Surg. *Sports Traumatol. Arthrosc. 8:356–363*
31. Stanton, R., P.R. Reaburn, and B. Humphries (2004). The effect of short-term Swiss ball training on core stability and running economy. *J. Strength Cond. Res. 18:522–528*
32. Tricoli, V., L. Lamas, R. Carnevale, and C. Ugrinowitsch (2005). Short-term effects on lower-body functional power development: Weightlifting vs. vertical jump training programs. *J. Strength Cond. Res. 19:433–437*
33. Van Den Tillaar, R (2004). Effect of different training programs on the velocity of overarm throwing: A brief review. *J. Strength Cond. Res. 18:388–396*
34. Verhagen, E., A. van Der Beek, J. Twisk, L. Bouter, R. Bahr, and W. van Mechelen (2004). The effect of a proprioceptive balance board training program for the prevention of ankle sprains: A prospective controlled trial. *Am. J. Sports Med. 32:1385–1393*
35. Waddington, G., H. Seward, T. Wrigley, N. Lacey, and R. Adams (2000). Comparing wobble board and jump-landing training effects on knee and ankle movement discrimination. *J. Sci. Med. Sport. 3:449–459*
36. Waddington, G.S., and R.D. Adams (2004). The effect of a 5-week wobble-board exercise intervention on ability to discriminate different degrees of ankle inversion, barefoot and wearing shoes: a study in healthy elderly. *J. Am. Geriatr. Soc. 52:573–576*
37. Waller, M., T. Piper, and R. Townsend (2003). Strongman events and strength and conditioning programs. *Strength Cond. J. 25:44–52*
38. Wester, J.U., S.M. Jespersen, K.D. Nielsen, and L. Neumann (1996). Wobble board training after partial sprains of the lateral ligaments of the ankle: A prospective randomized study. *J. Orthop. Sports Phys. Ther. 23:332–336*
39. Willardson, J.M (2004). The effectiveness of resistance exercises performed on unstable equipment. *Strength Cond. J. 26:70–74*

40. Zatsiorsky, V.M (1995). Science and Practice of Strength Training. *Champaign, IL: Human Kinetics*
41. Zemper, E.D (1990). Four-year study of weight room injuries in a national sample of college football teams. *Natl. Strength Cond. Assoc. J. 12:32–34*

Cita Original

Cressey, E.M., C.A. West, D.P. Tiberio, W.J. Kraemer, y C.M. Maresh. The effects of ten weeks of lower-body unstable surface training on markers of athletic performance. J. Strength Cond. Res.; 21 (2): 561–567