

Article

El Entrenamiento de Fuerza Funcional y Tradicional es Igualmente Efectivo para Aumentar la Resistencia Muscular de las Extremidades Superiores e Inferiores y las Variables de Rendimiento en Hombres Jóvenes No Entrenados

Chongwen Zuo¹, Shumin Bo², Tao Wang^{1,3} y Wei Zhang^{1,4}

¹Graduate Department of Capital University of Physical Education and Sports, Beijing, China

²School of Kinesiology and Health of Capital University of Physical Education and Sports, Beijing, China

³School of Physical Education, Liaocheng University, Liaocheng, China

⁴College of Basic Medical, Jining Medical University, Jining, China

RESUMEN

Antecedentes: El entrenamiento de fuerza funcional (FRT) se ha propuesto como una alternativa segura al entrenamiento de fuerza tradicional (TRT) para desarrollar la capacidad de adaptación neuromuscular y mejorar la fuerza muscular y el rendimiento competitivo. Este estudio buscó comparar los efectos de 6 semanas de FRT y TRT sobre variables de rendimiento y de resistencia muscular de las extremidades superiores e inferiores en hombres jóvenes desentrenados. **Métodos:** Veintinueve varones jóvenes sanos no entrenados de entre 18 y 29 años recibieron aleatoriamente 6 semanas de FRT [40% de 1 repetición máxima (RM), 4,5 series de 20 repeticiones, 3 veces por semana] o TRT (70% de 1RM, 4,5 series de 12 repeticiones, 3 veces/semana). Todos los participantes se sometieron a numerosas pruebas antes y después del entrenamiento de 6 semanas, como resistencia muscular (repeticiones de press de banco y flexión de piernas) y pruebas de rendimiento físico (rendimiento de sprint, dominadas, capacidad de lanzamiento y capacidad de salto). **Resultados:** Después de las 6 semanas de entrenamiento, los grupos TRT y FRT mostraron un aumento igualmente significativo en la resistencia muscular ($p < 0.01$), mientras que las habilidades de lanzamiento y salto, el sprint de 30 m y el rendimiento de las dominadas en ambos grupos ($p < 0.01$) también mejoró significativamente. Sin embargo, no se observaron diferencias entre los grupos ($p > 0.05$). **Conclusión:** Estos hallazgos indican que tanto el entrenamiento de fuerza funcional como el entrenamiento de fuerza tradicional son métodos de entrenamiento efectivos para mejorar la resistencia y el rendimiento muscular de las extremidades superiores e inferiores en hombres jóvenes desentrenados.

FUNDAMENTO

Utilizado anteriormente para el tratamiento del deterioro funcional y parcial en adultos mayores, así como en pacientes con accidente cerebrovascular (Scholtes y cols., 2012; Lee y cols., 2013) y pacientes de rehabilitación post-operatorios (Ageberg y cols., 2008), entrenamiento de fuerza funcional (FRT) en superficies inestables (por ejemplo, pelota BOSU, pelota suiza y disco de equilibrio), ahora se emplea como una nueva técnica de entrenamiento para mejorar el rendimiento deportivo (Thompson, 2021). Conceptualmente, el FRT es un conjunto de ejercicios realizados para mejorar el rendimiento en las funciones diarias (Fowles, 2010) o desarrollar la capacidad de realizar actividades de la vida diaria (Thompson, 2016). Presenta varios ejercicios dinámicos que contienen movimientos articulares sincronizados, multidimensionales y numerosos realizados en superficies inestables para desarrollar diferentes variables de acondicionamiento físico (por ej., fuerza muscular) y rendimiento (por ej., potencia y velocidad) para aumentar la estabilidad del 'core' (La Scala Teixeira y cols., 2017; Feito y cols., 2018). Se sugiere que el FRT debería enfocarse más en mejorar los patrones de movimiento en lugar de concentrarse en adaptaciones musculares específicas, como se hace en otro ejercicio para mejorar el estado físico, como el entrenamiento de fuerza tradicional (TRT). Se informó que el entrenamiento de la fuerza regular se enfocó en los músculos específicos para mejorar la fuerza y el rendimiento físico al aumentar gradualmente la carga de entrenamiento en posiciones fijas o estables (Tomljanović y cols., 2011; Feito y cols., 2018).

Estudios previos informaron que los efectos del FRT se observaron generalmente en atletas, adultos mayores y pacientes enfermos y rara vez cubrieron a individuos jóvenes sanos y sin entrenamiento. Por ejemplo, una revisión sistemática (Xiao y cols., 2021) concluyó que, aunque el FRT mejoró significativamente la fuerza muscular, la potencia, la velocidad y la agilidad de los atletas, no se encontraron efectos significativos en la resistencia muscular ni en las variables antropométricas. Otro estudio de (Bale y Strand, 2008) informó que un FRT de miembros inferiores de 4 semanas dio mejores resultados que un TRT en la promoción del rendimiento funcional y la fuerza muscular en 18 pacientes post-ictus en la fase subaguda. De manera similar (Abbaspoor y cols., 2020), también indicó que un FRT combinado de 8 semanas podría ser un modelo de entrenamiento efectivo para aumentar la velocidad de la marcha, la fuerza del cuádriceps y la fuerza de agarre en mujeres con esclerosis múltiple (EM). Tomljanovic y cols. (2011) estudiaron a jóvenes estudiantes de kinesiología sanos durante un programa de 5 semanas y demostraron que mientras el FRT mejoraba el control y la coordinación postural, el TRT aumentaba el potencial energético de la musculatura entrenada; por lo tanto, aumentando la fuerza. Varios estudios realizados en individuos sanos sin experiencia sugirieron que el entrenamiento de la fuerza a la inestabilidad que implica fuerzas más bajas puede mejorar la fuerza máxima (Milovan y cols., 2012), la potencia (Mate-Munoz y cols., 2014), la velocidad de movimiento y la capacidad de salto (Sparkes y Behm, 2010) similar al de un TRT mantenido en condiciones estables junto con cargas más pesadas. Sin embargo, estos estudios sólo involucraron los efectos del ejercicio local sobre las capacidades físicas. No hay estudios hasta la fecha que hayan comparado el entrenamiento de la fuerza a la inestabilidad con programas de TRT en hombres jóvenes desentrenados en términos de resistencia muscular y rendimiento durante varias semanas. Esto podría ser significativo en los casos de dos programas de entrenamiento que tengan un volumen de ejercicio similar; sin embargo, hay pocos datos empíricos que sugieran que el FRT puede mejorar en gran medida la resistencia muscular.

Distintos estudios han informado que ejercicios similares, cuando se realizan bajo parámetros inestables en comparación con condiciones estables (por ejemplo, fuerza muscular, potencia y velocidad), muestran mayores capacidades físicas (Tomljanović y cols., 2011; Yildiz y cols., 2019; Xiao y cols., 2021), ya que las capacidades físicas juegan un papel crucial en la determinación de la competitividad de los jugadores. Sin embargo, Behm y cols. (2010) afirmaron que los dispositivos inestables no siempre son efectivos para satisfacer las demandas específicas (por ej., fuerza y equilibrio) de los atletas. Por ejemplo, si un atleta necesita desarrollar una fuerza y potencia óptimas, entonces el entrenamiento en superficies inestables que requieren una carga y una fuerza externas reducidas no es muy eficaz para los atletas entrenados (Behm y Colado, 2012; Behm y cols., 2015; La Scala Teixeira y cols., 2017). Por el contrario, el entrenamiento de fuerza inestable también puede ser empleado por una población no entrenada para mejorar la fuerza y la potencia y promover beneficios funcionales para la salud. Se ha informado que el entrenamiento de fuerza en condiciones inestables puede impartir inestabilidad en el desempeño de las actividades diarias, las ocupaciones y los deportes, proporcionando así adaptaciones y transferencias de entrenamiento más beneficiosas (Tomljanović y cols., 2011). Otro estudio realizado por Behm y Colado (2012) informó que un déficit de fuerza del 30% inducido por un entrenamiento de fuerza inestable puede ser beneficioso, ya que la carga y el torque más bajos podrían reducir el riesgo de lesiones durante el entrenamiento o mejorar la restauración funcional después de una lesión. Sin embargo, un meta-análisis sugirió que el entrenamiento del equilibrio es altamente específico para tareas en individuos entrenados y no entrenados (Kummel y cols., 2016). Además, los efectos del entrenamiento de fuerza en superficies inestables son inconsistentes y desfavorables para el desarrollo del fitness muscular, especialmente la fuerza muscular, en comparación con condiciones estables (Behm y cols., 2015). Por lo tanto, hasta donde sabemos, ningún estudio hasta la fecha ha comparado los efectos de dos tipos de programas de entrenamiento de fuerza de igual volumen (funcional vs tradicional) sobre la resistencia y el rendimiento muscular de las extremidades superiores e inferiores en hombres jóvenes desentrenados.

Por lo tanto, este estudio tuvo como objetivo comparar los distintos efectos de los protocolos de FRT y de TRT, con el mismo volumen de entrenamiento, sobre la resistencia muscular de las extremidades superiores e inferiores y ciertas variables de rendimiento específicas (por ej., rendimiento de sprint, dominadas (pull-ups), capacidad de lanzamiento y capacidad de salto) en hombres no entrenados durante más de 6 semanas. Nuestra hipótesis sugiere que ambos grupos mostrarían un aumento significativo en todos los indicadores de rendimiento, aunque el grupo de FRT podría mostrar mayores mejoras en la resistencia muscular.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño general

Este estudio se diseñó como un ensayo controlado aleatorizado y se registró prospectivamente en <http://www.chictr.org.cn/as ChiCTR2100048485>, con la aprobación ética otorgada por el comité ético de la Universidad Capital de Educación Física y Deportes. Antes del inicio del estudio, todos los participantes fueron informados de los riesgos y requisitos del programa de entrenamiento, y se obtuvo el consentimiento voluntario de todos ellos. Este documento siguió la declaración CONSORT (Schulz y cols., 2010).

Participantes

Un total de 31 personas no entrenadas fueron evaluadas inicialmente en la Universidad Capital de Educación Física y Deportes en el distrito de Haidian, Beijing, China (Figura 1). Todos los participantes fueron reclutados a través de publicidad impresa y del boca en boca. Los criterios de inclusión fueron los siguientes: 1) participantes ≥ 18 años, 2) no realizar ningún tipo de entrenamiento de la fuerza regular durante los 6 meses anteriores al comienzo del estudio, y 3) los pacientes no fumaban, no bebían alcohol o ni consumían regularmente medicamentos, 4) pacientes sin enfermedades crónicas manifiestas y lesiones deportivas. En consecuencia, 29 participantes cumplieron con los criterios de inclusión, mientras que dos se retiraron por motivos personales. Todos los participantes fueron asignados aleatoriamente a los grupos de TRT ($n = 15$) o de FRT ($n = 14$) y se les indicó que no asistieran a ningún entrenamiento adicional y que mantuvieran hábitos alimenticios normales durante el período de entrenamiento de 6 semanas.

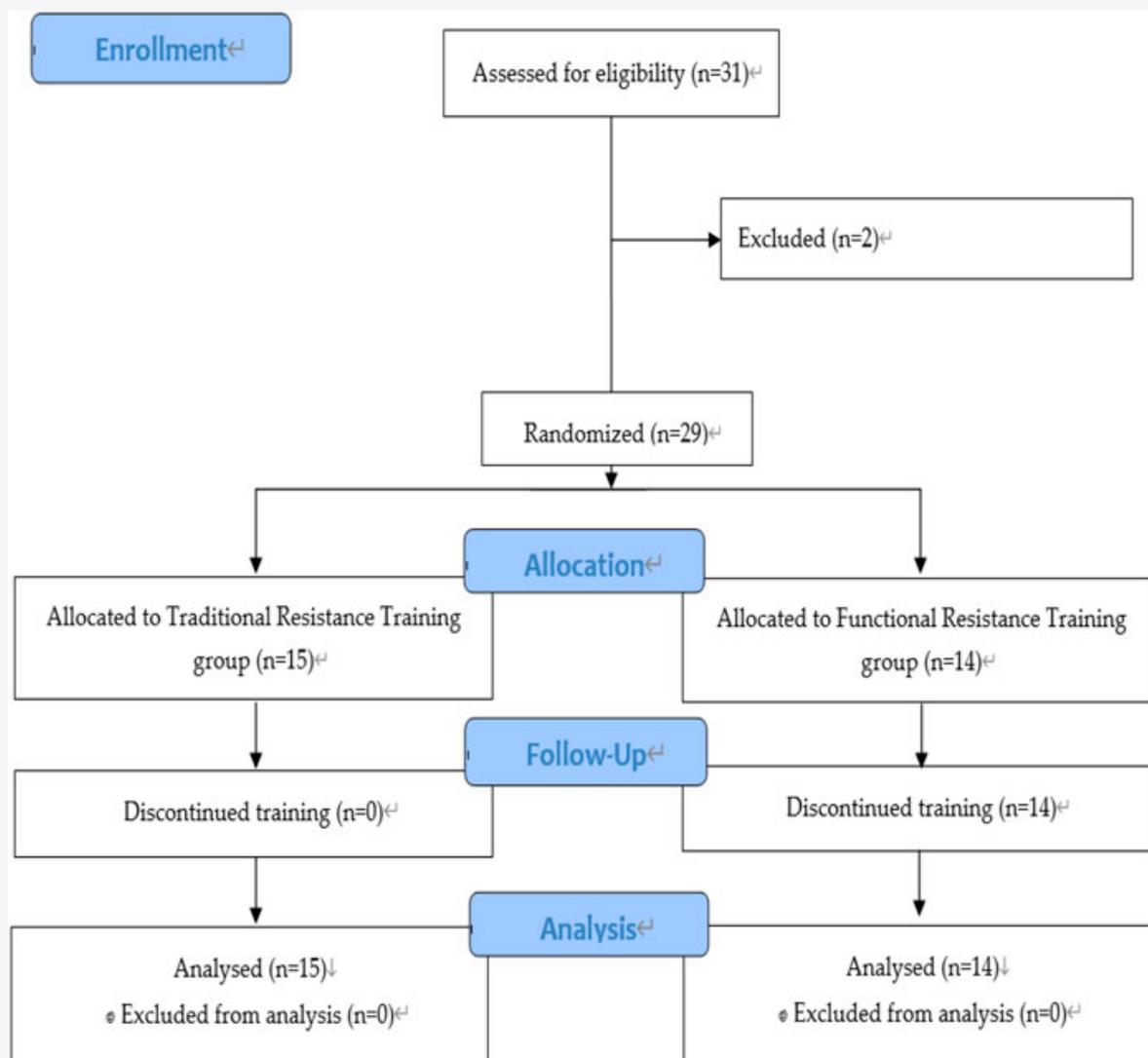


Figura 1. Diagrama de flujo del estudio (Schulz y cols., 2010).

Medidas Antropométricas

La altura y el peso se midieron con un estadiómetro portátil y una báscula electrónica antes y después de una intervención regular de entrenamiento de la fuerza de 6 semanas. Luego, se calculó el índice de masa corporal (IMC) según la siguiente fórmula: $IMC = \text{peso (kg)} / \text{talla (m)}^2$. Las medidas antropométricas de los participantes que ayunaron durante la noche (>8 hs) se evaluaron simultáneamente antes y después de la intervención del entrenamiento de la fuerza.

Procedimientos de la evaluación

Todos los participantes realizaron el proceso de evaluación antes, durante y después de la intervención de 6 semanas. El procedimiento de prueba involucró dos fases separadas con un intervalo de 24 hs. El primer día de pruebas incluyó medidas antropométricas y una prueba de 1RM, que incluía sentadillas con barra, press de banco, peso muerto y flexión de la pierna derecha. La segunda fase incorporó tests de habilidades de lanzamiento y salto, rendimiento de sprint, *pull-ups* y de resistencia muscular. Para evitar la influencia de la prueba de resistencia muscular en los resultados de otras pruebas, las mediciones de la resistencia muscular de las extremidades superiores e inferiores se organizaron como la última medición de todas las evaluaciones. Se pidió a los participantes que no realizaran ningún ejercicio físico el día anterior y que evitaran ingerir alimentos, cafeína y alcohol 12 hs antes de la medición.

Mediciones de la fuerza máxima

Cada participante completó un test de 1RM antes del programa de entrenamiento de 6 semanas en el mismo orden, es decir, sentadilla con barra, press de banco, peso muerto y flexión de piernas sentado. Los tests de 1RM se ajustaron a las

pautas prescritas por el Colegio Americano de Medicina Deportiva (*American College of Sports Medicine* y cols., 2018). Las medidas se tomaron aumentando gradualmente el peso levantado por los participantes hasta que no lograran levantar el peso actual durante todo el ejercicio. Inicialmente, los participantes realizaron una entrada en calor de 5 min en un ergómetro de remo a un nivel de esfuerzo percibido de 3 (en la escala CR 10 Borg), seguida de dos series de entrada en calor de 5-10 repeticiones al 40-60% de 1RM. Para la última serie, los participantes realizaron de 3 a 5 repeticiones a aproximadamente 60-80% de 1RM, mientras que se permitió un período de descanso de 1-2 minutos entre las series de entrada en calor. Después de la última serie, se tomó un descanso de 3 minutos antes del test de 1RM real. Los participantes completaron la prueba en cinco pruebas, con un período de descanso entre cada serie de prueba de aproximadamente 3 min, y la carga más alta alcanzada se registró como la carga de 1RM. Antes de cada test de fuerza, se instruyó a los participantes para que entendieran cada patrón de movimiento de la prueba, especialmente el press de banco, que requería que los participantes bajaran la barra hasta el pecho sin tocarlo y que mantuvieran la parte superior de los brazos paralela al suelo y luego regresaran la barra hacia arriba y extender con éxito el codo con el comando de "presionar". Las sentadillas con barra se realizaron mientras los participantes sostenían una barra en la espalda y el *core* completamente estirado perpendicularmente a la rodilla. A todos los participantes se les pidió además que mantuvieran los pies separados el ancho de los hombros en un ángulo de 45° durante toda la prueba. Como los participantes estaban sentados, el ángulo de la cadera era de aproximadamente 110° en la prueba de flexión de piernas. Con un estímulo verbal, los participantes intentaban realizar una flexión concéntrica de la pierna dominante comenzando desde la posición extendida a 180° para alcanzar una flexión aproximada de 70° contra las cargas de resistencia (kg).

Mediciones de la resistencia muscular

La resistencia muscular de los miembros superiores e inferiores se evaluó mediante pruebas de press de banco y flexión de piernas; Se instruyó a los participantes para que completaran el número máximo de repeticiones (repeticiones) de press de banco y de flexión de piernas, respectivamente. Se usó la misma carga (70% de 1RM) para las mediciones previas y posteriores a la intervención, como lo sugiere un estudio anterior (Hackett y cols., 2021). De acuerdo con el test de 1RM, se pidió a los participantes que lograran una serie completa de movimientos y técnicas adecuadas. La cadencia de repetición se realizó en contracciones excéntricas y concéntricas de 1 seg. El número máximo de repeticiones y el volumen de carga de cada ejercicio se registraron para el análisis estadístico.

Medidas de rendimiento físico

Las mediciones del rendimiento físico consistieron en la capacidad de lanzamiento, la capacidad de salto, el sprint de 30 m y las dominadas (*pull-ups*). Para evaluar la capacidad de lanzamiento, se utilizó una prueba de lanzamiento de balón medicinal (MBT) en la que los participantes permanecieron sentados detrás de una línea marcada en el suelo y se les indicó que se sentaran en el suelo con la cabeza, el hombro y la espalda contra la pared. Sus piernas estaban separadas y mirando en dirección en la que se lanzaba la pelota. Sostenían en sus manos un balón medicinal de 2 kg con los brazos a 90° respecto a la abducción del hombro, similar a un pase de pecho en baloncesto, y se les indicó que lanzaran el balón horizontalmente. Además, a los participantes también se les indicó que no usaran la parte inferior del cuerpo para ejercer fuerza con la cabeza, el hombro y la espalda presionados contra la pared. Los participantes completaron tres pruebas de práctica con un descanso de 1 minuto entre cada prueba. El promedio de estas lecturas múltiples se utilizó para el análisis.

Se utilizó el Quattro Jump System (Kistler 9290AD, Suiza) para evaluar la capacidad de salto. Todos los participantes realizaron una prueba de salto con contramovimiento (CMJ) sin mover los brazos desde la plataforma de fuerza portátil. Para la posición inicial, los participantes se pararon erguidos sobre la plataforma de fuerza con las manos en las caderas, pero después de la indicación del instructor, se agachaban rápidamente hasta una posición de ángulo de rodilla de 90° y saltaban hacia arriba lo más alto posible, con las manos en las caderas. Durante la fase ascendente, los participantes dejaban la placa de fuerza con las extremidades inferiores completamente estiradas y aterrizaban sobre ambos pies en la plataforma de fuerza con las rodillas estiradas para medir el tiempo de aire. Como lo sugirió un estudio anterior (Sattler y cols., 2012), se utilizó como resultado final de la prueba el mejor de tres intentos consecutivos, con un descanso apropiado permitido entre cada intento.

En la prueba de velocidad de sprint de 30 m, los participantes debían correr una distancia de 30 m mientras pasaban por una fotocélula (Brower Timing System, Estados Unidos). Los participantes comenzaban con la señal de sonido, que activaba el sistema de cronómetro. Se colocaron dos juegos de fotocélulas en varillas en un pasillo de 30 m. Los resultados de tiempo de las varillas individuales se registraron como resultado de un sprint de 30 m. El mejor de dos pruebas consecutivas fue seleccionado como resultado final para el análisis estadístico.

La prueba de dominadas se realizó comenzando desde una posición de suspensión quieta con los brazos completamente estirados y bloqueados y los pies separados del suelo. La barra se agarraba con las manos en pronación, separadas por una distancia mayor que los hombros. Desde esta posición, se levantaba todo el cuerpo hasta que la barbilla quedaba más alta que la barra. En el descenso, el cuerpo se mantenía erguido, colgando de la barra con los brazos totalmente estirados. Este

procedimiento se repitió hasta que no podían terminar una dominada y se registró el número de dominadas.

INTERVENCIONES DE EJERCICIO

Protocolo TRT

La Tabla 1 presenta el resumen de los protocolos TRT y FRT. Los participantes de ambos grupos fueron entrenados en 18 sesiones (de 60 min cada una) tres veces por semana durante seis semanas consecutivas. Cada tiempo de sesión contenía un calentamiento de 5 a 10 minutos en un ergómetro antes de cada entrenamiento, mientras que los 50 minutos restantes de la sesión se dedicaron al entrenamiento de todo el cuerpo. El programa de TRT constaba de cinco ejercicios, a saber, sentadilla con barra para las extremidades inferiores, press de banco horizontal para los músculos del pecho, peso muerto para los músculos de la espalda y las piernas, curl de brazos invertido para los bíceps y flexiones de piernas sentado para los cuádriceps en condiciones estables (70% de 1RM, y 4-5 series de 12 repeticiones), con 1-2 min de descanso entre series.

Tabla 1. Protocolos de entrenamiento de resistencia.

Group	Exercises	Sets	Repetitions	Training Intensity	Rest
TRT	Barbell Squat	4,5	12	70%1RM	1,2 min
	Bench Press	4,5	12	70%1RM	1,2 min
	Deadlift	4,5	12	70%1RM	1,2 min
	Reverse Arm Curl	4,5	15	10 kg	1,2 min
	Leg Flexion	4,5	15	70%1RM	1,2 min
FRT	Barbell Squat & BOSU	4,5	20	40%1RM	1,2 min
	Bench Press & Swiss ball	4,5	20	40%1RM	1,2 min
	Deadlift & BOSU	4,5	20	40%1RM	1,2 min
	Kettlebell Swing & BOSU	4,5	15	20 kg	1,2 min
	Bulgarian Split Squats & BOSU	4,5	15	16 kg	1,2 min

Protocolo FRT

El grupo de FRT realizó los mismos ejercicios de entrenamiento que el grupo de TRT en dispositivos inestables (por ej., pelota BOSU, pelotas suizas y discos de equilibrio). Además, un programa de entrenamiento inestable puede no proporcionar la misma intensidad de sobrecarga muscular que el TRT en condiciones estables teniendo en cuenta los factores de seguridad (Kibele y Behm, 2009). El press de banco horizontal, el peso muerto y la sentadilla con barra se realizaron sobre una pelota suiza, un disco de equilibrio y una pelota BOSU, mientras que los swings con pesas rusas y las sentadillas divididas búlgaras se realizaron sobre la pelota BOSU, respectivamente. Los equivalentes del volumen total de entrenamiento fueron coordinados entre los dos grupos. La repetición en el grupo FRT se calculó utilizando la siguiente fórmula: 70% 1RM levantando peso (kg) × repeticiones (grupo TRT)/40% 1RM hasta la fatiga volitiva, con 1-2 min de descanso entre series. Así, el grupo de FRT realizó 4-5 series de 20 repeticiones al 40% de 1RM con 1-2 min de descanso entre las series. La evaluación de la fuerza para todos los participantes se volvió a realizar después de 3 semanas de intervención para garantizar que los participantes habían reajustado las intensidades de entrenamiento en función de sus ganancias de fuerza. Se pidió a todos los participantes que mantuvieran hábitos dietéticos normales y evitaran comer en exceso para minimizar cualquier posible variabilidad inducida por la dieta en las mediciones de fuerza muscular y composición corporal.

Análisis estadístico

Los análisis estadísticos se realizaron con SPSS versión 22.0 Windows (SPSS, Inc. Chicago, IL, Estados Unidos). El tamaño de la muestra se estimó en base a un diseño experimental similar (Unhjem y cols., 2016). Además, con un tamaño del efecto $f^2 = 0.30$, una potencia de 0.80 y un nivel de significancia de 0.05 (Cohen, 1992), se encontró que el tamaño mínimo de la muestra de 24 (12 por grupo) era adecuado utilizando análisis de varianza de mediciones repetidas (ANOVA, G*Power 3.1; Heinrich Heine, Düsseldorf, Alemania). Todos los datos iniciales y posteriores a la intervención se distribuyeron normalmente utilizando la prueba W de Shapiro-Wilk, que indicó una normalidad adecuada en la distribución de todas las variables. Todos los datos previos y posteriores a la intervención se expresaron como media ± desviación

estándar (SD). Se usó un t-test de muestra independiente para probar la diferencia de medición previa a la intervención entre los dos grupos. Los efectos del entrenamiento se analizaron utilizando un ANOVA mixto de medidas repetidas de dos vías ([tiempo (antes y después del entrenamiento)] – grupo de entrenamiento (TRT y FRT)] para verificar las diferencias en la resistencia muscular y el rendimiento físico entre los grupos. Se aplicaron pruebas *ad hoc* utilizando las correcciones de Bonferroni, se presentó la diferencia de medias de los cambios en la resistencia muscular y el rendimiento físico para cada grupo, además, los tamaños del efecto se calcularon como eta cuadrado parcial y se convirtieron a la *d* de Cohen, clasificándose como pequeño (0- 0.2), medio (0.2-0.8) y grande (>0.8) Se consideró estadísticamente significativo un valor de $p < 0.05$.

RESULTADOS

Participantes

La Tabla 2 presenta las principales características de todos los participantes al inicio del estudio. No se observaron diferencias significativas entre los grupos en términos de edad, altura, peso corporal, índice de masa corporal y tests de 1RM. Además, todos los participantes de los grupos se adherieron a las 18 sesiones de entrenamiento programadas durante el período de intervención. No se observaron lesiones relacionadas con el entrenamiento, así como el abandono de los participantes.

Tabla 2. Características antropométricas de los participantes al inicio del estudio.

TABLE 2 Anthropometric characteristics of the participants at baseline.			
Test	TRT (n = 15)	FRT (n = 14)	p-value
Age (y)	22.1 ± 2.9	20.9 ± 2.7	0.262
Height (cm)	176.6 ± 5.4	176.7 ± 6.0	0.957
Body mass (kg)	77.9 ± 11.6	73.4 ± 10.2	0.270
BMI (kg/m ²)	24.9 ± 3.1	23.4 ± 2.6	0.168
BP (kg)	75.0 ± 9.8	71.4 ± 10.3	0.348
BS (kg)	116.0 ± 19.9	114.3 ± 16.0	0.801
DL (kg)	118.7 ± 21.3	110.0 ± 25.4	0.310
R-LF (kg)	43 ± 6.5	39.3 ± 6.8	0.143

BMI body mass index, *BP* bench press, *BS* barbell squat, *DL* deadlift, *R-LF* right leg flexion, *TRT* traditional resistance trainings, *FRT* functional resistance training.

Resistencia muscular

La Tabla 3 presenta los resultados de las pruebas de resistencia muscular. Ambos protocolos de entrenamiento mostraron aumento de press de banco (repeticiones) para la resistencia muscular de los miembros superiores (TRT +10.1 repeticiones, $p = 0.000$, FTR +12.4 repeticiones, $p = 0.000$, Cohen $d = 0.43$), flexión de la pierna derecha (repeticiones) para la resistencia muscular de las extremidades inferiores (TRT +8.1, $p = 0.000$, FTR +7.9, $p = 0.000$, Cohen $d = -0.03$), con efecto principal del tiempo ($p < 0.001$) y sin diferencia entre grupos. Además, la resistencia muscular expresada como volumen-carga también aumentó significativamente en ambos grupos para el press de banco (TRT +508.7 kg, $p = 0.000$, FTR +587.9 kg, $p = 0.000$, Cohen $d = 0.23$) y las pruebas de flexión de la pierna derecha (TRT +251.3 kg, $p = 0.000$, FTR +214.8 kg, $p = 0.000$, Cohen $d = -0.13$) sin diferencias significativas entre los grupos de entrenamiento.

Tabla 3. Cambio en la resistencia muscular de los miembros superiores e inferiores como diferencia de las medias, una prueba estadística de diferencia de grupo y tamaños del efecto según Cohen d.

Test	Group	Pre	Mid	Post	Md	Es a	Es b	p ^a
BP Rep	TRT	19.5 ± 5.5	26.7 ± 5.0##	29.7 ± 6.3**	10.1	1.84	0.43	0.374
	FRT	17.6 ± 5.3	25.1 ± 6.8##	30.0 ± 7.1**	12.4	2.34		
BP VL (kg)	TRT	1,033.2 ± 341.4	1,394.4 ± 289.0##	1,541.9 ± 330.2	508.7	1.49	0.23	0.510
	FRT	897.1 ± 361.1	1,256.9 ± 426.6##	1,484.9 ± 375.5**	587.9	1.63		
R-LF Rep	TRT	21.6 ± 5.2	25.7 ± 7.0##	29.7 ± 8.3**	8.1	1.56	-0.03	0.907
	FRT	23.3 ± 9.2	25.6 ± 6.0##	31.1 ± 7.8**	7.9	0.86		
R-LF VL (kg)	TRT	661.0 ± 207.8	787.5 ± 274.6##	912.2 ± 327.8**	251.3	1.21	-0.13	0.570
	FRT	679.0 ± 357.4	731.5 ± 232.8##	893.8 ± 304.9**	214.8	0.60		

BP bench press, R-LF right leg flexion, Rep repetition, VL volume-load, TRT traditional resistance training group, FRT functional resistance training group, MD mean difference Post-Pre, ES a effect sizes within the group as Cohens d, ES b effect sizes between groups as Cohens d, p G value of the difference between groups, Mid-Pre ##p < 0.01, Post-Pre **p < 0.01.

Rendimiento físico

Como se muestra en la Tabla 4, se observó una diferencia significativa en las habilidades de lanzamiento y salto. El rendimiento del MBT aumentó en 0.4 y 0.3 m en los grupos TRT y FRT, mientras que el rendimiento en el CMJ aumentó en 6.7 y 5.0 cm en los grupos TRT y FRT, respectivamente, sin diferencias significativas entre los grupos; los tamaños del efecto indicaron efectos pequeños (Cohen $d = -0.18$ para MBT y -0.17 para CMJ).

Tabla 4. Cambio en el rendimiento físico como diferencia de las medias, prueba estadística de diferencia de grupo y tamaños del efecto según Cohen d.

Test	Group	Pre	Mid	Post	Md	Es a	Es b	p ^a
MBT (m)	TRT	5.9 ± 0.4	6.0 ± 0.4##	6.2 ± 0.4**	0.4	1.00	-0.18	0.513
	FRT	5.9 ± 0.7	6.1 ± 0.6##	6.3 ± 0.6**	0.3	0.43		
CMJ (cm)	TRT	59.1 ± 9.1	65.1 ± 5.0#	65.9 ± 5.2**	6.7	0.74	-0.17	0.483
	FRT	61.3 ± 10.7	66.2 ± 10.9##	66.3 ± 10.3**	5.0	0.47		
CMJ power	TRT	20.7 ± 2.9	22.4 ± 2.6##	23.4 ± 2.8**	2.7	0.93	0.04	0.753
	FRT	20.1 ± 3.8	21.9 ± 3.3#	23.1 ± 3.0**	3.0	0.79		
30 m sprint(s)	TRT	4.1 ± 0.3	3.8 ± 0.3##	3.8 ± 0.3**	-0.3	-1.0	0.00	0.343
	FRT	4.1 ± 0.2	3.7 ± 0.2##	3.7 ± 0.2**	-0.3	-1.5		
Pull-ups (reps)	TRT	8.1 ± 3.5	10.1 ± 3.7##	12.5 ± 3.7**	4.5	1.29	-0.07	0.303
	FRT	8.9 ± 4.0	11.1 ± 4.5##	12.9 ± 4.2**	4.0	1.0		

MBT medicine ball throw, CMJ countermovement jump, TRT traditional resistance training group, FRT functional resistance training group, MD mean difference Post-Pre, ES a effect sizes within the group as Cohens d, ES b effect sizes between groups as Cohens d, p G value of the difference between groups, Mid-Pre #p < 0.05 ##p < 0.01, Post-Pre **p < 0.01.

Conclusión

En resumen, no hubo diferencias entre las 6 semanas de entrenamiento de fuerza funcional en comparación con el entrenamiento de fuerza tradicional sobre la resistencia muscular y el rendimiento muscular de las extremidades superiores e inferiores. Por lo tanto, ambos patrones de entrenamiento fueron métodos efectivos para fortalecer el físico de hombres jóvenes sin entrenamiento previo. Sin embargo, dadas las limitaciones resumidas en este estudio, es necesario ser cauteloso con el resultado del estudio. Además, entrenar en una superficie inestable con carga externa y desafiar deliberadamente el equilibrio de los participantes es intrínsecamente inseguro. Por lo tanto, los entrenadores, atletas o aficionados deben seleccionar métodos de entrenamiento apropiados que se adapten a sus fuerzas del *core* para obtener mejores resultados de entrenamiento.

Declaración de Disponibilidad de Datos

Las contribuciones originales presentadas en el estudio están incluidas en el artículo/Material Suplementario, más consultas pueden ser dirigidas a los autores correspondientes.

Declaración de Ética

Los estudios con participantes humanos fueron revisados y aprobados por la Universidad Capital de Educación Física y Deportes en el distrito de Haidian, Beijing, China después de la autorización de ética institucional. Los

pacientes/participantes dieron su consentimiento informado por escrito para participar en este estudio. Se obtuvo el consentimiento informado por escrito de la(s) persona(s) para la publicación de cualquier imagen o dato potencialmente identificable incluido en este artículo.

Agradecimientos

El primer autor de la Universidad Capitalina de Educación Física y Deportes diseñó este estudio, como un subestudio. El primer autor tuvo pleno acceso a todos los datos de este estudio y tuvo la responsabilidad final de la decisión de enviarlo para su publicación. El primer autor quisiera agradecer a todos los pacientes que estuvieron dispuestos a unirse al estudio.

REFERENCIAS

1. Abbaspoor E., Zolfaghari M., Ahmadi B., Khodaei K. (2020). The Effect of Combined Functional Training on BDNF, IGF-1, and Their Association with Health-Related Fitness in the Multiple Sclerosis Women. *Growth Hormone IGF Res.* 52, 101320.
2. Ageberg E., Thomeé R., Neeter C., Silbernagel K. G., Roos E. M. (2008). Muscle Strength and Functional Performance in Patients with Anterior Cruciate Ligament Injury Treated with Training and Surgical Reconstruction or Training Only: a Two to Five-Year Followup. *Arthritis Rheum.* 59, 1773-1779.
3. Bale M., Inger Strand L. (2008). Does Functional Strength Training of the Leg in Subacute Stroke Improve Physical Performance? A Pilot Randomized Controlled Trial. *Clin. Rehabil.* 22, 911-921.
4. Behm D., Colado J. C. (2012). The Effectiveness of Resistance Training Using Unstable Surfaces and Devices for Rehabilitation. *Int. J. Sports Phys. Ther.* 7, 226-241.
5. Behm D. G., Drinkwater E. J., Willardson J. M., Cowley P. M. (2010). Canadian Society for Exercise Physiology Position Stand: The Use of Instability to Train the Core in Athletic and Nonathletic Conditioning. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 35, 109-112.
6. Behm D. G., Muehlbauer T., Kibele A., Granacher U. (2015). Effects of Strength Training Using Unstable Surfaces on Strength, Power and Balance Performance across the Lifespan: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med.* 45, 1645-1669.
7. Campos G., Luecke T., Wendeln H., Toma K., Hagerman F., Murray T., et al. (2002). Muscular Adaptations in Response to Three Different Resistance-Training Regimens: Specificity of Repetition Maximum Training Zones. *Eur. J. Appl. Physiology* 88, 50-60.
8. Cohen J. (1992). A Power Primer. *Psychol. Bull.* 112, 155-159.
9. Cressley E. M., West C. A., Tiberio D. P., Kraemer W. J., Maresh C. M. (2007). The Effects of Ten Weeks of Lower-Body Unstable Surface Training on Markers of Athletic Performance. *J. Strength Cond. Res.* 21, 561.
10. Fatouros I. G., Jamurtas A. Z., Leontini D., Taxildaris K., Aggelousis N., Kostopoulos N., et al. (2000). Evaluation of Plyometric Exercise Training, Weight Training, and Their Combination on Vertical Jumping Performance and Leg Strength. *J. Strength Cond. Res.* 14, 470-476.
11. Feito Y., Heinrich K., Butcher S., Poston W. (2018). High-intensity Functional Training (HIFT): Definition and Research Implications for Improved Fitness. *Sports* 6, 76.
12. Fowles J. R. (2010). What I Always Wanted to Know about Instability Training. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 35, 89-90.
13. Gruber M., Gollhofer A. (2004). Impact of Sensorimotor Training on the Rate of Force Development and Neural Activation. *Eur. J. Appl. Physiology* 92, 98-105.
14. Hackett D. A., Davies T. B., Sabag A. (2021). Effect of 10 Sets versus 5 Sets of Resistance Training on Muscular Endurance. *J. Sports Med. Phys. Fit.* 62(6):778-787.
15. Keiner M., Kadlubowski B., Sander A., Hartmann H., Wirth K. (2020). Effects of 10 Months of Speed, Functional, and Traditional Strength Training on Strength, Linear Sprint, Change of Direction, and Jump Performance in Trained Adolescent Soccer Players. *J. Strength Cond. Res. Publish Ahead of Print.*
16. Kibele A., Behm D. G. (2009). Seven Weeks of Instability and Traditional Resistance Training Effects on Strength, Balance and Functional Performance. *J. Strength Cond. Res.* 23, 1.
17. Kümmel J., Kramer A., Giboin L.-S., Gruber M. (2016). Specificity of Balance Training in Healthy Individuals: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med.* 46, 1261-1271.
18. La Scala Teixeira C. V., Evangelista A. L., Novaes J. S., Da Silva Grigoletto M. E., Behm D. G. (2017). "You're Only as Strong as Your Weakest Link": A Current Opinion about the Concepts and Characteristics of Functional Training. *Front. Physiol.* 8, 643.
19. Lee J. A., You J. H., Kim D. A., Lee M. J., Hwang P. W., Lee N. G., et al. (2013). Effects of Functional Movement Strength Training on Strength, Muscle Size, Kinematics, and Motor Function in Cerebral Palsy: a 3-month Follow-Up. *NeuroRehabilitation* 32, 287-295.
20. Liu C.-j., Shiroy D. M., Jones L. Y., Clark D. O. (2014). Systematic Review of Functional Training on Muscle Strength, Physical Functioning, and Activities of Daily Living in Older Adults. *Eur. Rev. Aging Phys. Act.* 11, 95-106.
21. Maté-Muñoz J. L., Monroy A. J., Jodra Jiménez P., Garnacho-Castaño M. V. (2014). Effects of Instability versus Traditional Resistance Training on Strength, Power and Velocity in Untrained Men. *J. Sports Sci. Med.* 13, 460-468.
22. Milovan B., Marjan M., Radovanović D., Ignjatovic A. (2012). Effects of 8-Week Instability Resistance Training on Maximal Strength in Inexperienced Young Individuals. *Serbian J. Sports Sci.* 1, 17-21.
23. American College of Sports Medicine (2018). ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. *Editors D. Riebe, J. K.*

Ehrman, G. Liguori, and M. Magal. Tenth edn (Philadelphia: Wolters Kluwer).

24. Sattler T., Sekulic D., Hadzic V., Uljevic O., Dervisevic E. (2012). Vertical Jumping Tests in Volleyball: Reliability, Validity, and Playing-Position Specifics. *J. Strength Cond. Res.* 26, 1532-1538.
25. Scholtes V. A., Becher J. G., Janssen-Potten Y. J., Dekkers H., Smallenbroek L., Dallmeijer A. J. (2012). Effectiveness of Functional Progressive Resistance Exercise Training on Walking Ability in Children with Cerebral Palsy: a Randomized Controlled Trial. *Res. Dev. Disabil.* 33, 181-188.
26. Schulz K. F., Altman D. G., Moher D. (2010). CONSORT 2010 Statement: Updated Guidelines for Reporting Parallel Group Randomised Trials. *BMJ* 340, c332.
27. Sparkes R., Behm D. G. (2010). Training Adaptations Associated with an 8-week Instability Resistance Training Program with Recreationally Active Individuals. *J. Strength Cond. Res.* 24, 1931-1941.
28. Thompson W. R. (2016). Worldwide Survey of Fitness Trends for 2017. *ACSM'S Health & Fit. J.* 20, 8-17.
29. Thompson W. R. (2021). Worldwide Survey of Fitness Trends for 2021. *ACSM's Health Fit. J.* 25, 10-19.
30. Tomljanović M., Spasić M., Gabrilo G., Uljević O., Foretić N. (2011). Effects of Five Weeks of Functional vs. *Traditional Resistance Training on Anthropometric and Motor Performance Variables.* *Kinesiology* 43, 145-154.
31. Unhjem R., Flemmen G., Hoff J., Wang E. (2016). Maximal Strength Training as Physical Rehabilitation for Patients with Substance Use Disorder; a Randomized Controlled Trial. *BMC Sports Sci. Med. Rehabil.* 8, 7.
32. Xiao W., Soh K. G., Wazir M. R. W. N., Talib O., Bai X., Bu T., et al. (2021). Effect of Functional Training on Physical Fitness Among Athletes: a Systematic Review. *Front. Physiol.* 12, 738878. Yildiz S., Pinar S., Gelen E. (2019). Effects of 8-Week Functional vs. *Traditional Training on Athletic Performance and Functional Movement on Prepubertal Tennis Players.* *J. Strength Cond. Res.* 33, 651-661.

Cita Original

Zuo C, Bo S, Wang T and Zhang W (2022) Functional and Traditional Resistance Training Are Equally Effective in Increasing Upper and Lower Limb Muscular Endurance and Performance Variables in Untrained Young Men. *Front. Physiol.* 13:868195. doi: 10.3389/fphys.2022.868195