

Article

Efecto Agudo de Configuraciones de Superseries para la Parte Superior e Inferior del Cuerpo versus Configuraciones de Series Tradicionales sobre la Velocidad de Ejecución de la Barra y el Volumen

Guillermo Peña García-Orea¹, David Rodríguez-Rosell², Daniel Segarra-Carrillo³, Marzo Edir Da Silva-Grigoletto⁴ y Noelia Belando-Pedreño⁵

¹Department of Physical Activity and Sport, University of Murcia, 30003 Murcia, Spain

²Physical Performance & Sports Research Center, Pablo de Olavide University, 41013 Seville, Spain

³Department of Sport Science, Miguel Hernández University, 03202 Alicante, Spain

⁴Department of Physical Education, Federal University of Sergipe, São Cristóvão 49100, Brazil

⁵Department of Physical Activity and Sport Science, European University of Madrid, 28670 Madrid, Spain

RESUMEN

Este estudio tuvo como objetivo comparar el efecto sobre la velocidad de ejecución de la barra y el número de repeticiones entre dos protocolos de entrenamiento de la fuerza basados en la velocidad que sólo difieren en la configuración de la serie de ejercicios de sentadilla completa (SQ) y press de banco (BP). Se asignó a hombres moderadamente entrenados en fuerza a un grupo de configuración de series tradicionales (TS, n = 9) o de series alternadas (AS, n = 10) para realizar cuatro sesiones de prueba contra diferentes cargas relativas (55-60-65-70% de 1RM). La carga relativa, la magnitud de la pérdida de la velocidad intraserie (%VL), el número de series, el tiempo de recuperación entre series y el orden de los ejercicios se compararon para ambos grupos en cada sesión. Se midieron la velocidad de propulsión media de la primera repetición (MPVfirst), el número medio de repeticiones por serie (NRS), el número total de repeticiones (TNR) y el tiempo total de entrenamiento por sesión (TT). No se observaron diferencias significativas entre las condiciones de entrenamiento para ninguna carga relativa en MPVfirst, NRS y TNR en ambos ejercicios. El grupo TS completó un número significativamente mayor de repeticiones ($p < 0.05$) a velocidades más rápidas ($MPV > 0.9-1.1 \text{ m}\cdot\text{seg}^{-1}$) en la SQ. En conclusión, las sesiones de entrenamiento que realizan ejercicios con AS entre SQ y BP con cargas relativas moderadas y %VL dan como resultado una velocidad de la barra y un volumen similares, pero de una manera más eficiente en el tiempo que el método tradicional.

INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente, las sesiones de entrenamiento de la fuerza (EF) se llevan a cabo utilizando intervalos de recuperación entre series de 2 a 5 minutos y series múltiples de ejercicios para la parte inferior y superior del cuerpo [1]. Estos períodos de recuperación minimizan las disminuciones en el volumen (número de repeticiones) y la intensidad entre series, pero dan como resultado entrenamientos largos que consumen mucho tiempo [2]. En este sentido, se han examinado previamente varias técnicas de entrenamiento que ahorran tiempo en las que las series se realizan alternativamente entre diferentes ejercicios (generalmente dos), ya sea que se dirijan al mismo grupo de músculos agonistas (por ejemplo, entrenamiento de superseries) o que involucren acciones musculares antagónicas (por ejemplo, serie emparejada agonista-antagonista) [3,4,5,6,7,8,9]. Durante el llamado entrenamiento de series en pares, los ejercicios que involucran músculos agonistas-antagonistas se realizan alternativamente con un período de descanso limitado o sin un período de descanso entre las series [10]. Por lo tanto, esta configuración de series de entrenamiento difiere de la serie tradicional, donde todas las series del mismo ejercicio se realizan antes de la ejecución de todas las series del siguiente ejercicio [9]. En resumen, estos estudios mostraron que el entrenamiento de series en pares de agonistas-antagonistas podría permitir (a) una reducción sustancial en el tiempo de entrenamiento para un volumen de entrenamiento equivalente (es decir, número de series), y (b) el rendimiento de repeticiones totales similares o superiores por serie en comparación con la configuración tradicional [3,4,5,6,7,8,9]. Sin embargo, también es probable que algunas de estas estrategias de ahorro de tiempo durante el EF puedan resultar en un deterioro agudo significativo del rendimiento neuromuscular, ya que la fatiga residual acumulada podría reducir la capacidad de continuar aplicando fuerza [2]. Como consecuencia, este hecho puede comprometer las adaptaciones de ganancia de fuerza, aunque el conocimiento sobre el efecto crónico de realizar series en pares sobre la función neuromuscular después de un programa de entrenamiento/intervención es más escaso [3,11].

Por otro lado, los ejercicios en pares que alternan los grupos musculares de la parte superior e inferior del cuerpo realizados sucesivamente (es decir, series de extremidades alternadas en pares) rara vez se han considerado [2,12,13]. Cierta evidencia ha resaltado que durante estas configuraciones de entrenamiento eficientes en el tiempo, los ejercicios multiarticulares de la parte superior del cuerpo realizados durante los intervalos de descanso de los ejercicios de la parte inferior del cuerpo podrían inducir disminuciones tanto en el número de repeticiones hasta el fallo como en la producción de potencia por repetición [2]. De hecho, la mayor parte de la investigación en este tema ha considerado la carga de volumen (es decir, repeticiones totales \times kilogramos levantados) como un criterio o variable determinante del rendimiento neuromuscular y la eficacia del entrenamiento [5,7,8,9,14].

Sin embargo, no está claro si puede ocurrir algún deterioro agudo del rendimiento neuromuscular (por ej., la velocidad del movimiento de la repetición o el número de repeticiones por serie) cuando se realizan series de extremidades alternadas en pares (por ej., sentadilla completa y press de banco) usando repeticiones por serie sin alcanzar la falla muscular. Este problema es especialmente relevante considerando que se ha cuestionado que las repeticiones hasta el fallo sean necesarias para promover mejoras neuromusculares adicionales e incluso pueden afectar el desarrollo de la fuerza a altas velocidades [15,16]. En este sentido, el EF basado en la velocidad (VBRT) ha sido reconocido como una metodología altamente efectiva y confiable para la prescripción del entrenamiento y el monitoreo de la carga durante los programas de EF [17]. Además, se ha informado que monitorear la pérdida de la velocidad de ejecución durante la serie es un indicador confiable del grado de fatiga en el que se incurre durante las sesiones de EF y una variable precisa para prescribir el volumen de entrenamiento [18].

En consecuencia, teniendo en cuenta las preocupaciones anteriores, se requiere dilucidar la respuesta aguda de series en pares que realizan repeticiones mucho antes de alcanzar la falla muscular e implican extremidades opuestas (es decir, grupos de músculos de la parte superior e inferior del cuerpo) sobre el rendimiento neuromuscular (por ejemplo, velocidad de la barra). Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue comparar el efecto sobre la velocidad de la barra y el volumen (es decir, las repeticiones por serie) de las series tradicionales vs las series alternadas en los ejercicios de sentadilla completa (SQ) y press de banco (BP), utilizando un enfoque de VBRT. De esta forma, planteamos la hipótesis de que realizar series alternadas entre ejercicios SQ y BP no afectará la velocidad de ejecución y las repeticiones por serie en comparación con las series tradicionales si se induce un grado moderado de fatiga en la serie.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño del estudio

Se utilizó un diseño de investigación cruzado para comparar el efecto sobre la velocidad de ejecución y el volumen entre

dos protocolos de VBRT que sólo diferían en la configuración de las series (estructuración) de los ejercicios de SQ y BP. El grupo de series tradicionales (TS) primero realizó todas las series de SQ y posteriormente todas las series de BP, y el grupo de series alternadas (AS) realizó ejercicios de SQ y de BP sucesivamente de manera alternada (Figura 1). Se estableció la misma recuperación entre series entre del mismo ejercicio (3 min). Para el propósito del estudio experimental, ambos grupos completaron cuatro sesiones de prueba (72 a 96hs de diferencia), aumentando la carga relativa en un 5% a lo largo de cada sesión y usando las mismas (1) cargas relativas (55 a 70% de 1RM) para cada ejercicio, (2) magnitud de la pérdida de velocidad (%VL) en cada serie de entrenamiento (15% y 20% para SQ y BP, respectivamente), (3) orden de los ejercicios (ejercicio de SQ seguido de ejercicio de BP), (4) número de series por ejercicio (tres); y (5) recuperación entre las series (3 min).

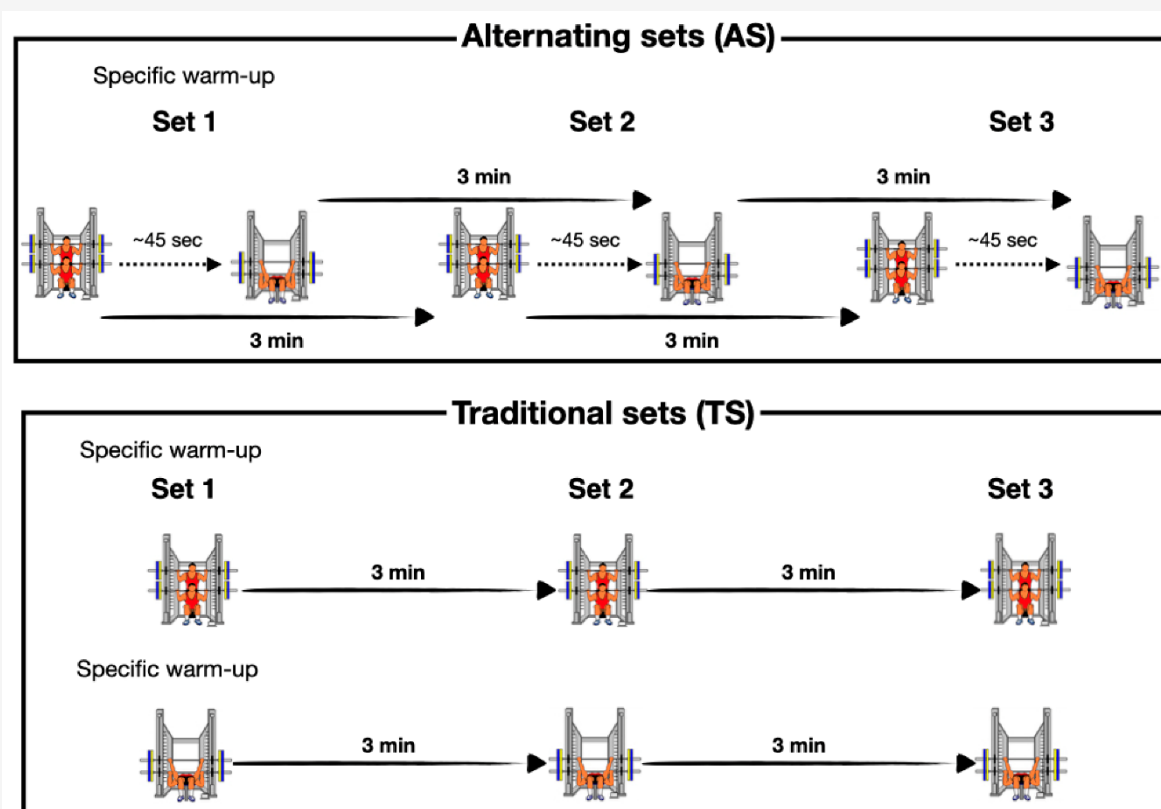


Figura 1. Representación esquemática del protocolo de entrenamiento para configuraciones de series alternadas en pares (panel superior) y series tradicionales (panel inferior). Nota: Se implementó un intervalo de descanso de ~45 seg entre la finalización de cada serie de SQ y la siguiente serie de BP para el grupo de series alternadas. Este tiempo de intervalo fue utilizado por los asistentes para ajustar individualmente la carga absoluta del BP adecuada y colocar el banco en la máquina Smith.

Dos semanas antes de la primera sesión de evaluación, todos los sujetos se sometieron a 3 sesiones de familiarización (≥ 48 hs de diferencia) para recibir instrucción en la técnica de ejecución de cada ejercicio (por ej., posición inicial y final, y levantamiento de la carga a la velocidad máxima prevista). Durante este período, los sujetos también realizaron un test de carga progresiva en los ejercicios de SQ y de BP para la estimación de 1RM. Se pidió a los sujetos que se abstuvieran de cualquier otro tipo de actividad física extenuante, entrenamiento físico o competición deportiva durante la duración de la investigación. Cada sesión de prueba se llevó a cabo en un laboratorio de investigación bajo la supervisión directa de dos investigadores experimentados, a la misma hora del día (± 1.5 hs) para cada participante y en condiciones ambientales similares ($21-24^{\circ}\text{C}$ y $55-62\%$ de humedad).

Sujetos

Un total de 19 hombres jóvenes físicamente activos (edad: 24.0 ± 5.0 años, masa corporal: 73.1 ± 9.5 kg, altura: 1.73 ± 0.08 m) se ofrecieron como voluntarios para participar en este estudio. Los sujetos realizaron un entrenamiento de fuerza moderado (1RM SQ: 93.6 ± 19.1 kg, 1RM BP: 72.4 ± 12.4 kg), con una experiencia de EF de entre 6 meses y 3 años (1 a 3 sesiones por semana) y no habían tenido lesiones durante al menos 6 meses antes del estudio. Todos los sujetos declararon

no tomar ningún tipo de fármaco, suplemento dietético o medicación que pueda alterar el rendimiento físico. Después de una evaluación inicial, los sujetos se emparejaron de acuerdo con su relación de fuerza relativa (1RM/masa corporal) en los ejercicios de SQ y de BP y luego se asignaron al azar en dos grupos dependiendo de cómo se realizaban las series programadas entre ejercicios: grupo de serie tradicional (TS, n = 9) o grupo de serie alternada (AS, n = 10). El estudio se realizó de acuerdo con la Declaración de Helsinki y fue aprobado por el Comité de Ética de Investigación local. Antes de la participación, todos los sujetos firmaron un formulario de consentimiento por escrito después de haber sido informados de los riesgos, el propósito y los procedimientos experimentales del estudio.

Procedimientos de prueba

Las características descriptivas de las cargas utilizadas para cada sesión de prueba se informan en la Tabla 1 (ejercicio SQ) y la Tabla 2 (ejercicio BP). Todas las sesiones se realizaron en una máquina Smith (Multipower, Technogym), y las repeticiones se midieron y registraron utilizando un *encoder* de velocidad lineal (T-Force Dynamic Measurement System; Ergotech Consulting Ltd., Murcia, España). Un análisis completo de la confiabilidad de este dispositivo se informa en otra parte [19,20]. Las medidas de velocidad reportadas en este estudio correspondieron a la velocidad media de la fase propulsora (es decir, la MPV), definida como la porción de la acción concéntrica durante la cual la aceleración medida es mayor que la aceleración debida a la gravedad ($-9.81 \text{ m}\cdot\text{seg}^{-1}$) [20].

Tabla 1. Características descriptivas del protocolo de evaluación de la sentadilla en base a la velocidad realizada por ambos grupos experimentales.

Scheduled	Session 1	Session 2	Session 3	Session 4	Average
Target MPV ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	1.07 (~55% 1RM)	1.00 (~60% 1RM)	0.92 (~65% 1RM)	0.84 (~70% 1RM)	0.96 (62.5%)
Sets x VL (%)	3 x 15%	3 x 15%	3 x 15%	3 x 15%	3 x 15%
Actually performed MPV _{FIRST} ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	Average				
TS	1.06 ± 0.03 (~56.2% 1RM)	0.98 ± 0.03 (~61.5% 1RM)	0.89 ± 0.03 (~67.3% 1RM)	0.82 ± 0.02 (~71.3% 1RM)	0.94 ± 0.03 (64.0% 1RM)
AS	1.04 ± 0.03 (~57.6% 1RM)	1.00 ± 0.04 (~60.6% 1RM)	0.89 ± 0.01 (~67.2% 1RM)	0.81 ± 0.03 (~72.0% 1RM)	0.93 ± 0.03 (64.3% 1RM)
Intra-set VL (%)	Average				
TS	16.8 ± 1.3	17.3 ± 2.1	16.0 ± 0.9	16.2 ± 1.2	16.6 ± 1.4
AS	17.8 ± 1.2	17.6 ± 2.4	15.5 ± 1.1	16.3 ± 1.2	16.8 ± 1.5
Reps per set (#)	Total				
TS	11.1 ± 2.5	8.4 ± 3.7	6.1 ± 2.9	4.7 ± 1.1	30.3 ± 2.8
AS	8.0 ± 1.8	6.6 ± 2.8	5.4 ± 1.7	4.2 ± 1.1	24.4 ± 1.7

Note: Data are mean ± SD. MPV: mean propulsive velocity attained against the intended load (%1RM); VL: Velocity loss; Reps per set: number of repetitions performed; MPV_{FIRST}: mean propulsive velocity of the fastest (usually first) repetition in the set. The actual MPV, velocity losses and repetitions per set reported are the mean of the three sets. TS: Traditional-set group. AS: Alternating-set group.

Tabla 2. Características descriptivas del protocolo de prueba de press de banco en base a la velocidad realizada por ambos grupos experimentales.

Scheduled	Session 1	Session 2	Session 3	Session 4	Average
Target MPV ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	0.87 (~55% 1RM)	0.78 (~60% 1RM)	0.70 (~65% 1RM)	0.62 (~70% 1RM)	0.74 (62.5%)
Sets \times VL (%)	3 \times 20%	3 \times 20%	3 \times 20%	3 \times 20%	3 \times 20%
Actually performed MPV _{FIRST} ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	Average				
TS	0.85 \pm 0.02 (~56.0% 1RM)	0.77 \pm 0.03 (~60.4% 1RM)	0.69 \pm 0.02 (~65.6% 1RM)	0.61 \pm 0.01 (~70.7% 1RM)	0.73 \pm 0.02 (63.2%)
AS	0.84 \pm 0.03 (~56.3% 1RM)	0.76 \pm 0.02 (~61.2% 1RM)	0.68 \pm 0.02 (~66.2% 1RM)	0.60 \pm 0.02 (~71.0% 1RM)	0.72 \pm 0.02 (63.7%)
Intra-set VL (%)	Average				
TS	23.2 \pm 1.6	21.8 \pm 1.8	20.4 \pm 1.2	21.1 \pm 2.3	21.6 \pm 1.7
AS	22.2 \pm 2.5	22.7 \pm 1.9	20.5 \pm 1.9	20.5 \pm 1.8	21.4 \pm 2.0
Reps per set (#)	Total				
TS	9.7 \pm 3.5	6.9 \pm 2.1	5.6 \pm 1.3	4.3 \pm 0.7	26.4 \pm 2.3
AS	8.4 \pm 1.5	7.8 \pm 1.7	5.6 \pm 1.2	4.3 \pm 0.8	26.0 \pm 1.9

Note: Data are mean \pm SD. MPV: mean propulsive velocity attained against the intended load (%1RM); VL: Velocity loss; Reps per set: number of repetitions performed; MPV_{FIRST}: mean propulsive velocity of the fastest (usually first) repetition in the set. The actual MPV, velocity losses, and repetitions per set reported are the mean of the three sets. TS: Traditional-set group. AS: Alternating-set group.

Todos los sujetos completaron cuatro sesiones de evaluación (72-96 hs de diferencia) con una mayor carga a lo largo de cada sesión (55%, 60%, 65% y 70% de 1RM), realizando el ejercicio de SQ antes del ejercicio de BP. Variables de entrenamiento, incluyendo cargas relativas (55-70% 1RM), número de series (tres), magnitud del % de VL dentro de la serie (15% y 20% para los ejercicios de SQ y BP, respectivamente) y recuperación entre series (3 min), fueron idénticas para las dos condiciones experimentales durante cada sesión de prueba. La única diferencia entre ambos grupos fue la configuración de las series realizadas entre los ejercicios: tradicional o alternada. Se utilizó este rango de intensidades relativas moderadas (es decir, 55-70% 1RM) porque se consideran cargas de entrenamiento adecuadas para mejorar el rendimiento en acciones de alta velocidad (es decir, saltos y carreras de velocidad) [21,22]. Durante cada sesión de prueba, los sujetos recibían información acerca de la velocidad en forma inmediata mientras se les animaba a realizar cada repetición durante la acción concéntrica a la velocidad máxima prevista (es decir, lo más rápido posible). Antes de cada sesión, los sujetos de ambos grupos realizaron un calentamiento general estandarizado, consistente en 5 min de trote a un ritmo fácil elegido por ellos mismos, ejercicios de movilidad articular y estiramientos dinámicos, y un protocolo de calentamiento específico de (i) una serie de 8 repeticiones a velocidad moderada (contra 25 kg para SQ y BP), (ii) una serie de 5 repeticiones a alta velocidad (contra 25 kg para SQ y BP), y (iii) una serie de 2-3 repeticiones a la máxima velocidad prevista (frente a la carga absoluta propuesta que mejor coincidía con la MPV objetivo programada para SQ y BP), con un descanso entre series de 2 min.

Dado que este estudio se realizó con un enfoque de VBRT, la individualización de la carga relativa (% 1RM) para cada sesión de prueba se determinó a partir de la relación carga-velocidad general para una SQ [23] y un BP [24]. Por lo tanto, la velocidad objetivo a alcanzar en la primera repetición (normalmente la más rápida) de la primera serie de cada sesión se utilizó como indicador de la carga relativa para todos los sujetos. En consecuencia, antes de comenzar la primera serie en cada sesión de prueba, se hicieron ajustes individuales en la carga propuesta (kg) para que coincidiera con la MPV objetivo programada ($\pm 0.03 \text{ m}\cdot\text{seg}^{-1}$) asociada con el %1RM que se estableció para la sesión específica. Se utilizó un rango de $0.03 \text{ m}\cdot\text{seg}^{-1}$ ya que recientemente se ha demostrado que el cambio más pequeño detectable en la MPV cuando se utiliza el sistema T-Force es de $0.03 \text{ m}\cdot\text{seg}^{-1}$ [19]. Una vez ajustada la carga (kg), se mantuvo para las tres series. El volumen (número de repeticiones) a realizar en cada serie de ejercicios se determinó objetivamente por medio del porcentaje de la VL alcanzada en la serie [25] de modo que cada serie se terminara tan pronto como se alcanzara el límite de %VL prescrito independientemente del número de repeticiones completadas por cada participante [18,26,27]. Se establecieron magnitudes fijas de VL de intra-serie para todas las sesiones para proporcionar un nivel homogéneo de esfuerzo o fatiga entre los sujetos al final de cada serie [17]. Se utilizó un % de la VL moderada (es decir, 15% vs 20% para SQ y BP, respectivamente) porque representa un grado moderado de fatiga en la que se incurre en la serie (es decir, menos de la mitad del número máximo de repeticiones que se pueden completar en una serie al fallo) [17]. Se utilizaron diferentes magnitudes de %VL para cada ejercicio para igualar el mismo porcentaje de repeticiones por serie completada con respecto a las repeticiones máximas posibles contra cada carga relativa [25].

Técnica de Ejecución de los Ejercicios de SQ y de BP

En otra parte [23,28] se proporcionó una descripción detallada del protocolo de prueba de carga progresiva para ambos ejercicios, y la técnica de ejecución se reprodujo exactamente a lo largo del estudio. Para el ejercicio de SQ completa, los sujetos comenzaron desde la posición erguida con las rodillas y las caderas completamente extendidas, con una postura separada aproximadamente al ancho de los hombros y la barra apoyada sobre la espalda al nivel del acromion. Los sujetos descendieron en un movimiento continuo hasta que la parte posterior de los muslos y las pantorrillas se contactaron entre sí, luego invirtieron inmediatamente el movimiento y ascendieron de nuevo a la posición vertical. Se pidió a los sujetos que ejecutaran cada repetición sin ninguna pausa entre la acción excéntrica y la concéntrica, mientras que la fase excéntrica se realizó a una velocidad controlada (rango: 0.50-0.65 m·seg⁻¹). También se pidió a los sujetos que mantuvieran los pies en contacto con el suelo (es decir, sin saltar), aunque los talones podían levantarse ligeramente.

Para el ejercicio de BP, los sujetos también debían ejecutar la fase excéntrica de cada repetición a velocidad controlada y una pausa momentánea (~1 seg) de la barra en los soportes laterales de la máquina Smith (1-2 cm por encima del pecho) se impuso entre la fase excéntrica y concéntrica para minimizar la contribución del ciclo de estiramiento-acortamiento y permitir mediciones más confiables y consistentes de la velocidad de movimiento [28]. Después de la pausa momentánea de la barra, se instruyó a los sujetos para que la empujaran a la máxima velocidad prevista. En este ejercicio, los pies se colocaron en el banco para evitar el arqueamiento lumbar, y las manos agarraron la barra ligeramente más ancha (5 a 7 cm) que el ancho de los hombros. La posición del banco se ajustó de manera que la proyección vertical de la barra coincidiera con la línea 'intermamaria' de cada participante.

Análisis estadístico

Los valores se informan como medias y desviaciones estándar (SD). La normalidad de distribución de las variables se examinó con el test de Shapiro-Wilk y la homogeneidad de la varianza entre grupos (TS vs AS) se verificó con la prueba de Levene. Las diferencias en las variables de prueba (MPV de la primera repetición, porcentaje de VL dentro de la serie y número de repeticiones realizadas en diferentes rangos de velocidad) entre los grupos para cada sesión de prueba se examinaron utilizando un t-test de Student para variables independientes. De manera similar, las diferencias entre grupos entre series en la MPV y el número de repeticiones se evaluaron usando un ANOVA factorial de medidas repetidas de 3 (series: 1° vs 2° vs 3°) × 2 (grupo: TS vs AS) con un ANOVA factorial de medidas repetidas de Bonferroni de ajuste para cada sesión (es decir, carga relativa, %1RM). Se aceptó la significación estadística a $p < 0.05$. Las pruebas de hipótesis nula se realizaron utilizando el software SPSS versión 25.0 (SPSS, Chicago, IL, EE. UU.).

Resultados

Las diferencias entre TS y AS en las variables de rendimiento neuromuscular seleccionadas para los ejercicios de SQ y de BP se muestran en la Tabla 1, Tabla 2, Tabla 3, Tabla 4, Tabla 5 y Tabla 6.

Tabla 3. Número de repeticiones realizadas en cada rango de velocidad y número total de repeticiones completadas por ambos grupos de entrenamiento en sentadilla.

MPV (m·s ⁻¹)	TS	AS
<0.3	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
>0.3–0.4	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
>0.4–0.5	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
>0.5–0.6	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
>0.6–0.7	3.2 ± 2.0	3.1 ± 1.7
>0.7–0.8	14.3 ± 3.5	15.0 ± 5.1
>0.8–0.9	27.1 ± 9.3	24.5 ± 8.3
>0.9–1.0	31.6 ± 15.5	22.0 ± 7.1 *
>1.0–1.1	14.1 ± 9.2	8.5 ± 3.4 *
>1.1	0.6 ± 1.3	0.1 ± 0.3
Total reps	90.8 ± 27.0	73.1 ± 18.1 *

Note: Data are mean ± SD. The experimental groups performed different set configurations: TS (*n* = 9), AS (*n* = 10). Statistically significant differences with respect to TS group (* *p* < 0.05). Abbreviations: TS: Traditional-set experimental group; AS: Alternating-set experimental group; MPV: mean propulsive velocity; Reps: number of repetitions performed.

Tabla 4. Número de repeticiones realizadas en cada rango de velocidad y número total de repeticiones completadas por ambos grupos de entrenamiento en press de banco.

MPV (m·s ⁻¹)	TS	AS
<0.3	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
>0.3–0.4	0.0 ± 0.0	0.2 ± 0.6
>0.4–0.5	2.6 ± 0.7	2.7 ± 1.5
>0.5–0.6	15.7 ± 3.9	17.6 ± 4.5
>0.6–0.7	26.7 ± 6.9	28.3 ± 5.8
>0.7–0.8	24.6 ± 12.2	22.2 ± 5.5
>0.8–0.9	9.9 ± 3.6	6.8 ± 2.6 *
>0.9–1.0	0.0 ± 0.0	0.3 ± 0.9
>1.0–1.1	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
>1.1	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
Total reps	75.1 ± 23.9	73.5 ± 12.9

Note: Data are mean ± SD. The experimental groups performed different set configurations: TS (*n* = 9), AS (*n* = 10). Statistically significant differences with respect to TS group (* *p* < 0.05). Abbreviations: TS: Traditional-set experimental group; AS: Alternating-set experimental group; MPV: mean propulsive velocity; Reps: number of repetitions performed.

Tabla 5. Velocidad de ejecución y número de repeticiones por serie realizadas por ambos grupos experimentales en el ejercicio de sentadilla completa.

Session (#)	1			2			3			4		
Target MPV (m·s ⁻¹)	1.07 (~55% 1RM)			1.00 (~60% 1RM)			0.92 (~65% 1RM)			0.84 (~70% 1RM)		
Set (#)	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
MPV _{FIRST} (m·s ⁻¹)												
TS group	1.09 ± 0.03	1.05 ± 0.03	1.06 ± 0.04	0.99 ± 0.03	0.98 ± 0.05	0.97 ± 0.03	0.91 ± 0.02	0.88 ± 0.04	0.87 ± 0.04	0.84 ± 0.02	0.81 ± 0.03	0.81 ± 0.03
AS group	1.09 ± 0.03	1.04 ± 0.04	1.00 ± 0.06	1.01 ± 0.02	0.99 ± 0.06	0.98 ± 0.07	0.91 ± 0.02	0.88 ± 0.02	0.88 ± 0.02	0.84 ± 0.01	0.80 ± 0.05	0.79 ± 0.03
Reps per set (#)												
TS group	10.4 ± 3.8	12.1 ± 2.8	10.8 ± 3.9	7.9 ± 3.9	8.6 ± 3.9	8.7 ± 5.1	6.8 ± 2.4	5.2 ± 2.0	6.3 ± 4.6	5.0 ± 1.7	4.6 ± 1.2	4.6 ± 1.0
AS group	7.9 ± 2.4	8.1 ± 2.8	8.2 ± 2.7	7.0 ± 2.5	6.0 ± 0.9	7.2 ± 5.5	6.0 ± 2.2	5.6 ± 1.9	4.7 ± 1.6	4.3 ± 1.2	4.3 ± 1.3	3.9 ± 1.3

Note: Data are mean ± SD. MPV: mean propulsive velocity attained against the intended load (%1RM); Reps per set: number of repetitions performed; MPV_{FIRST}: mean propulsive velocity of the fastest (usually first) repetition in each set. TS: Traditional-set group. AS: Alternating-set group.

Tabla 6. Velocidad de ejecución y número de repeticiones por serie realizadas por ambos grupos experimentales en el ejercicio de press de banco.

Session (#)	1			2			3			4		
Target MPV (m·s ⁻¹)	0.87 (~55% 1RM)			0.78 (~60% 1RM)			0.70 (~65% 1RM)			0.62 (~70% 1RM)		
Set (#)	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
MPV _{FIRST} (m·s ⁻¹)												
TS group	0.87 ± 0.02	0.85 ± 0.03	0.83 ± 0.02	0.78 ± 0.03	0.77 ± 0.03	0.78 ± 0.04	0.69 ± 0.02	0.69 ± 0.02	0.69 ± 0.03	0.62 ± 0.02	0.60 ± 0.02	0.61 ± 0.02
AS group	0.87 ± 0.04	0.84 ± 0.03	0.82 ± 0.04	0.78 ± 0.02	0.75 ± 0.02	0.75 ± 0.04	0.70 ± 0.02	0.67 ± 0.03	0.66 ± 0.03	0.62 ± 0.02	0.60 ± 0.02	0.59 ± 0.03
Reps per set (#)												
TS group	10.2 ± 4.2	9.8 ± 3.2	9.1 ± 3.1	7.6 ± 3.1	6.7 ± 1.9	6.3 ± 1.7	5.3 ± 1.1	5.6 ± 1.7	5.8 ± 1.4	4.4 ± 0.9	4.4 ± 0.9	4.1 ± 0.9
AS group	8.6 ± 2.0 *	8.6 ± 1.9	7.9 ± 1.7	8.3 ± 2.3 *	8.3 ± 1.4	6.8 ± 1.9	6.2 ± 1.1	5.3 ± 1.5	5.3 ± 1.6 *	4.6 ± 1.2	4.3 ± 0.9	3.9 ± 0.9

Note: Data are mean ± SD. MPV: mean propulsive velocity attained against the intended load (%1RM); Reps per set: number of repetitions performed; MPV_{FIRST}: mean propulsive velocity of the fastest (usually first) repetition in each set. TS: Traditional-set group. AS: Alternating-set group. Statistically significant differences with respect to: * TS group (p < 0.05).

Variables de prueba basadas en la velocidad

Tanto la MPV más rápida (es decir, la carga relativa, %1RM) como el %VL realmente realizados en las tres series coincidieron estrechamente con los programados para cada sesión de prueba y ejercicio en ambos grupos (Tabla 1 y Tabla 2). En consecuencia, no se observaron diferencias significativas en el %VL promedio alcanzado en las tres series entre los grupos durante las sesiones de evaluación completas en la SQ (16.6±1.4 % y 16.8±1.5 % para los grupos TS y AS, respectivamente) y ejercicio de BP (21.6±1.7% y 21.4±2.0% para los grupos TS y AS, respectivamente).

Velocidad de ejecución (MPV_{FIRST})

No se observaron diferencias significativas entre los grupos para la MPV de la primera repetición (promedio de las tres series) en ninguna sesión de prueba y ejercicio (Tabla 1 y Tabla 2). Por lo tanto, los sujetos de los grupos TS y AS ejecutaron las repeticiones a la misma MPV promedio de todas las sesiones de evaluación (0.94 ± 0.03 m·seg⁻¹ vs. 0.93 ± 0.03 m·seg⁻¹ en la SQ y 0.73±0.02 m·seg⁻¹ vs 0.72±0.02 m·seg⁻¹ en el BP, respectivamente).

Volumen (Número de repeticiones)

No se observaron diferencias significativas en el número de repeticiones por serie (promedio de las tres series) para cualquier carga relativa y ejercicio (Tabla 1 y Tabla 2). Las comparaciones del número total de repeticiones promedio por serie en el ejercicio de SQ revelaron que el grupo TS realizó un mayor número de repeticiones no estadísticamente significativo que el grupo AS (30.3±2.8 vs 24.4±1.7, respectivamente). Sin embargo, ambos grupos experimentales completaron un número total muy similar de repeticiones promedio por serie en el ejercicio de BP (26.4±2.3 vs 26.0±1.9 para los grupos TS y AS, respectivamente).

Con respecto al número de repeticiones realizadas en diferentes rangos de velocidad en el ejercicio de SQ (Tabla 3), el grupo TS completó un mayor número de repeticiones a velocidades más rápidas (MPV >0.90-1.10 m·seg⁻¹) y un mayor número de repeticiones totales que el grupo AS (90.8±27.0 vs 73.1±18.1, p <0.05, respectivamente). Para el ejercicio de BP, no hubo diferencias significativas entre los grupos en el número de repeticiones completadas, excepto por el rango de

velocidad de 0.80-0.90 m·seg⁻¹ (Tabla 4). Ambos grupos realizaron un número similar de repeticiones totales (75.1±23.9 vs 73.5±12.9 para los grupos TS y AS, respectivamente) en todo el espectro de rangos de velocidad.

Velocidad de ejecución entre series y número de repeticiones

Las comparaciones de la MPV más rápida (es decir, %1RM) entre las series no mostraron diferencias significativas entre los grupos (TS vs AS) para cualquier carga relativa y ejercicio (Tabla 5 y Tabla 6). Las comparaciones entre grupos del número de repeticiones realizadas entre series revelaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en el ejercicio de BP con las cargas correspondientes al 55% (primera serie), 60% (primera serie) y 65% (tercera serie) 1RM.

Tiempo total de entrenamiento por sesión

Las diferencias entre los grupos en el tiempo total de entrenamiento completado por sesión, incluido el calentamiento estandarizado, revelaron una duración total del entrenamiento significativamente más corta ($p < 0.001$) para el grupo AS (23.3±2.2 min) que para el grupo TS (42.2±3.1 min).

Discusión

El propósito del presente estudio fue comparar el efecto agudo sobre la velocidad de ejecución de la barra y el volumen de dos configuraciones de series diferentes (TS vs. AS) en los ejercicios SQ y BP. Hasta donde sabemos, este es el primer estudio que compara configuraciones de series tradicionales versus alternas: (1) usando ejercicios emparejados que involucran los grupos musculares de las extremidades superiores e inferiores (ejercicios SQ y BP); (2) aplicar la metodología VBRT para establecer la carga relativa (%1RM) y el volumen (%VL en el conjunto); (3) inducir un grado de fatiga de moderado a bajo en cada serie (es decir, % VL dentro de la serie), es decir, terminar cada serie mucho antes de llegar a la falla muscular; y (4) medir el rendimiento neuromuscular en función de la velocidad de ejecución (es decir, el MPV más rápido) y el volumen (es decir, el número de repeticiones por serie). El principal hallazgo de la presente investigación fue que el grupo AS realizó una velocidad de ejecución y un número de repeticiones por serie similares al grupo TS durante las diferentes sesiones de evaluación, lo que confirma nuestra hipótesis. Por lo tanto, considerando que la duración total del entrenamiento fue significativamente más corta (aproximadamente la mitad) para el grupo AS, nuestros resultados sugieren que esta configuración RT podría constituir un método de entrenamiento más eficiente en el tiempo que la configuración TS, ya que permite optimizar el tiempo de entrenamiento sin comprometer el rendimiento neuromuscular agudo durante la sesión de entrenamiento. Esto ocurre, al menos, cuando ambos ejercicios combinados (SQ y BP) se realizan con cargas relativas moderadas (55-70% 1RM) y un grado de fatiga moderado (15%VL y 20%VL para los ejercicios SQ y BP, respectivamente).

La configuración de series AS aplicada en este estudio resultó en una MPV promedio similar de las tres series y una MPV entre series en los ejercicios de SQ y de BP que la condición tradicional (Tabla 1, Tabla 2, Tabla 5 y Tabla 6). Esto se observó con cada carga relativa utilizada en el presente estudio (es decir, 55, 60, 65 y 70% de 1RM). Estos resultados parecen indicar que, en comparación con la serie TS, la configuración AS no afectó negativamente el rendimiento neuromuscular al comienzo de cada serie cuando se indujo un grado moderado de fatiga (es decir, 15-20% de la VL intra-serie) en el anterior ejercicio. Por otro lado, ambos grupos (TS y AS) completaron un número similar de repeticiones por serie en el ejercicio de BP para cada carga relativa (Tabla 2) y en la mayoría de los diferentes rangos de velocidad (Tabla 4), lo que indica que el volumen de entrenamiento fue no significativamente afectado en la condición AS a pesar de ser alternado con el ejercicio de SQ en la misma serie. Sin embargo, las comparaciones entre grupos en el ejercicio de SQ revelaron que el grupo TS realizó un mayor número de repeticiones totales durante todas las sesiones que las realizadas por el grupo AS (Tabla 1 y Tabla 3), especialmente a velocidades más rápidas. Este hecho podría explicarse por el menor grado de fatiga experimentado en el grupo TS al no intercalar el ejercicio de BP durante los intervalos de recuperación entre series del ejercicio de SQ. Sin embargo, se desconoce si este deterioro agudo con respecto al número de repeticiones en la condición de series AS afectaría el desarrollo de la fuerza luego de una intervención de entrenamiento.

Los efectos de la realización consecutiva de dos ejercicios diferentes dirigidos a los mismos grupos musculares o antagonistas seguidos de un período de recuperación (también llamado entrenamiento de superseries y series de pares) se han abordado previamente [5,6,7]. Estas técnicas representan estrategias de entrenamiento observadas en el mundo real que han sido reconocidas por ahorrar tiempo de entrenamiento con respecto a un enfoque tradicional al reducir el tiempo dedicado al descanso pasivo [8,9]. Sin embargo, la escasez de estudios cruzados que examinen pares de ejercicios de miembros superiores e inferiores (por ej., SQ y BP) en variables relacionadas con el rendimiento mecánico y neuromuscular (es decir, velocidad, potencia, fuerza) dificulta una comparación directa con nuestros resultados. Cierta evidencia ha sugerido que es poco probable que los ejercicios de la parte superior del cuerpo realizados en una condición de serie AS afecten directamente el impulso central de los músculos de la parte inferior del cuerpo involucrados en el ejercicio de SQ [2]. En este estudio, el protocolo tradicional sólo consistió en series de SQ (4 × 80% 1RM, 3 min de tiempo de recuperación entre series), mientras que la condición de series AS realizó ejercicios de BP y tirón en banco entre series

de SQ con descanso de 50 seg entre los ejercicios, dando como resultado un tiempo de recuperación entre series de aproximadamente 3 min entre series de SQ. Para todos los ejercicios, se completaron cuatro repeticiones para las series 1 a 3, mientras que la cuarta serie se realizó hasta el fallo concéntrico. El principal hallazgo de este estudio fue que realizar ejercicios multiarticulares para la parte superior del cuerpo durante los intervalos de descanso de una sentadilla SQ (es decir, condición de serie AS) perjudicó el número de repeticiones de SQ hasta el fallo y la potencia promedio equivalente al volumen en la cuarta serie en comparación con la condición de TS. Los resultados de nuestro estudio son consistentes con los de este estudio previo ya que, en las tres primeras series, no realizadas hasta el fallo muscular, no se observó un deterioro agudo del rendimiento de SQ en la condición AS. Sin embargo, este estudio no se basó en un enfoque de VBRT, no informó el efecto sobre el rendimiento del BP y del tirón en banco, y sólo examinó el efecto usando cargas del 80% de 1RM. De manera similar, un estudio previo mostró que realizar series AS entre SQ y BP (3 × 10 repeticiones realizadas a velocidad máxima, 2 min de recuperación entre series y 65% de carga de 3RM) tuvo reducciones significativas y mayores en la velocidad media y la potencia entre series en el ejercicio de BP en comparación con series pareadas de remo inclinado y de BP y la condición tradicional (donde el BP se realizó sólo) [13]. Sin embargo, las discrepancias con nuestros resultados podrían explicarse por las diferencias en la configuración de las sesiones de EF analizadas en ambos estudios (por ej., tiempo de recuperación entre series, emparejamiento de la carga relativa y número de repeticiones por serie, tiempo transcurrido entre los ejercicios). De acuerdo con nuestros resultados, la investigación también ha encontrado que la inclusión de ejercicios de una sola articulación para la parte inferior del cuerpo en forma de circuito de entrenamiento (press de banco + extensiones de piernas + extensiones de tobillos) no afectó significativamente la velocidad, la potencia y el número de repeticiones de la barra en el press de banco realizado hasta la fatiga voluntaria (5 × 6RM, 3 min de descanso activo entre series) en comparación con una condición de series tradicionales de TS [29]. Sin embargo, este estudio no informó diferencias entre las condiciones de entrenamiento sobre el rendimiento del ejercicio de la parte inferior del cuerpo y, además, las series se realizaron hasta la falla muscular.

Finalmente, Robbins, Young, Behm y Payne (2010) [6] compararon los efectos agudos de realizar series TS vs AS entre el lanzamiento en un BP y un tirón de banco sobre la velocidad máxima, la potencia máxima, la altura de lanzamiento de press de banco, el volumen de carga por serie y la sesión, y actividad electromiográfica (3 series; 4 min de tiempo de recuperación entre series). No se encontraron diferencias en ninguna de las variables estudiadas entre ambas condiciones de entrenamiento, por lo que la principal conclusión de este estudio fue que la realización de series de pares agonista-antagonista parecería ser un método de entrenamiento efectivo con respecto a la eficiencia y el mantenimiento del rendimiento neuromuscular. Aunque estos hallazgos son similares a los del presente estudio, se debe considerar que los ejercicios utilizados no involucraron extremidades opuestas (es decir, grupos musculares de la parte superior e inferior del cuerpo), y el tirón de banco se realizó hasta la falla muscular.

Los hallazgos de esta investigación pueden servir como una guía práctica para implementar de manera efectiva series AS en los programas de EF destinados a mantener el rendimiento neuromuscular (es decir, la velocidad de ejecución y las repeticiones por serie) durante las series, especialmente para aquellas personas con limitaciones de tiempo para realizar sesiones que combinan entrenamiento con ejercicios de la parte superior e inferior del cuerpo. En base a nuestros resultados, realizar series AS de dos ejercicios de fuerza no debería tener un efecto sustancialmente perjudicial en el rendimiento neuromuscular durante series consecutivas, en comparación con un enfoque tradicional, siempre que se respeten ciertas reglas: (i) los ejercicios en pares deben involucrar ejercicios de diferentes segmentos corporales o músculos agonistas (es decir, grupos de músculos de la parte superior e inferior del cuerpo); (ii) se debe lograr un grado de fatiga de moderado a bajo en cada serie de entrenamiento en ambos ejercicios emparejados (es decir, $\leq 15-20\%$ de la VL dentro de la serie), es decir, realizar series que terminan mucho antes de alcanzar la falla muscular; y (iii) el tiempo de recuperación entre series para cada ejercicio tiene que ser lo suficientemente largo para permitir una recuperación neuromuscular completa o casi completa (~3 a 5 min).

El tamaño de muestra relativamente pequeño y la heterogeneidad en los niveles de fuerza entre los participantes deben considerarse como la principal limitación del presente estudio. Además, sería necesario analizar los efectos crónicos que un programa de entrenamiento con estas características (es decir, cargas relativas y nivel de fatiga (%VL) incurrido en la serie) podría tener sobre el rendimiento neuromuscular y las ganancias de fuerza.

Conclusiones

Las sesiones de entrenamiento que realizaron ejercicios con series AS entre la SQ y el BP con cargas moderadas y lograron un grado moderado de fatiga en ambos ejercicios, dieron como resultado un rendimiento neuromuscular similar (es decir, velocidad de ejecución y número de repeticiones por serie), pero de una manera más eficiente en el tiempo que el enfoque tradicional.

Financiamiento

Esta investigación no recibió financiación externa.

Declaración de la Junta de Revisión Institucional

El estudio se realizó de acuerdo con la Declaración de Helsinki, y fue aprobado por el Comité Ético de la Universidad de Murcia (protocolo código 1862/2018).

Declaración de consentimiento informado

Se obtuvo el consentimiento informado de todos los sujetos involucrados en el estudio.

Declaración de disponibilidad de datos

El estudio no reportó ningún dato.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

REFERENCIAS

1. Para ver las referencias bibliográficas remitirse al artículo original. (Acute Effect of Upper-Lower Body Super-Set vs. Traditional-Set Configurations on Bar Execution Velocity and Volume). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35878121/>.

Cita Original

Acute Effect of Upper-Lower Body Super-Set vs. Traditional-Set Configurations on Bar Execution Velocity and Volume. Peña García-Orea G, Rodríguez-Rosell D, Segarra-Carrillo D, Da Silva-Grigoletto ME, Belando-Pedreño N. Sports (Basel). 2022 Jul 14;10(7):110. doi: 10.3390/sports10070110.