Selected Papers from Impact

Impacto de Protocolos de Entrenamiento sobre la Recuperación de la Velocidad de Levantamiento en Hombres y Mujeres Entrenados en Fuerza

Impact of Training Protocols on Lifting Velocity Recovery in Resistance Trained Males and Females

Christian Houmann Amdi[1], Daniel John Cleather[1] y Jamie Tallent[2,3]

[1]*Faculty of Sport, Applied Health and Performance Sciences, St. Mary's University, Twickenham, London TW1 4SX, UK*
[2]*School of Sport, Exercise and Rehabilitation Sciences, University of Essex, Colchester CO4 3SQ, UK*
[3]*Department of Physiotherapy, School of Primary and Allied Health Care, Faculty of Medicine, Nursing and Health Science, Monash University, Melbourne, VIC 3199, Australia † Institute for Globally Distributed Open Research and Education (IGDORE).*

RESUMEN

Se ha sugerido que existen diferencias de sexo en la recuperación después del entrenamiento de la fuerza. Este estudio tuvo como objetivo investigar las diferencias en la cinética de recuperación entre hombres y mujeres entrenados en fuerza siguiendo dos protocolos diferentes de sentadilla trasera (BSq). El primer protocolo (ocho mujeres y ocho hombres) consistió en cinco series de cinco repeticiones al 80% de su máximo de una repetición (1RM) en la BSq (SMRT), mientras que el segundo (siete mujeres y ocho hombres) consistió en cinco series al fallo muscular (MF) con una carga de 4-6RM (RMRT). La recuperación se cuantificó con la velocidad concéntrica media (MV) al 80% de 1RM inmediatamente antes y 5 min, 24, 48 y 72 hs después del protocolo de entrenamiento. Después de la SMRT, se observó una diferencia significativa entre los sexos, que favorecía a las mujeres, a los 5 min, 24 hs y 48 hs después de la SMRT ($p < 0.05$, tamaño del efecto (ES) = 1.01–2.25). Después de la serie de RMRT, sólo los hombres experimentaron una caída significativa en el rendimiento después de 5 min en comparación con la línea de base ($p = 0.025$, ES = 1.34). Sin embargo, no se observaron diferencias de sexo en ningún momento ($p > 0.05$). Estos resultados sugieren que los hombres experimentaron más fatiga que las mujeres siguiendo un protocolo en el que se equiparó el volumen relativo a 1RM, mientras que no hubo diferencias evidentes en la fatiga siguiendo un protocolo en el que se realizaron múltiples series hasta el MF.

Palabras Clave: diferencias de sexo; velocidad; ponerse en cuclillas; fatiga; fatigabilidad; 1RM; entrenamiento de fuerza

ABSTRACT

It has been suggested that sex differences exist in recovery following strength training. This study aimed to investigate the differences in recovery kinetics between resistance trained males and females following two different back squat (BSq) protocols. The first protocol (eight females and eight males) consisted of five sets of five repetitions at 80% of their one-repetition maximum (1RM) in the BSq (SMRT), while the second (seven females and eight males) consisted of five sets to muscular failure (MF) with a 4–6RM load (RMRT). The recovery was quantified with the mean concentric velocity (MV) at 80% of the 1RM immediately before and 5 min, 24, 48, and 72 h after the training protocol. Following the SMRT, a significant between-sex difference, favoring the females, was observed at 5 min, 24 h, and 48 h following the SMRT ($p < 0.05$, Effect Size (ES) = 1.01–2.25). Following the RMRT, only the males experienced a significant drop in performance after 5 min compared to the baseline ($p = 0.025$, ES = 1.34). However, no sex differences were observed at any timepoint ($p > 0.05$). These results suggest that males experienced more fatigue than females following a protocol where the volume relative to the 1RM was matched, while no differences in fatigue were evident following a protocol in which multiple sets were performed to MF.

Keywords: sex differences; velocity; squat; fatigue; fatigability; 1RM; strength training

INTRODUCCIÓN

Después de una sesión de entrenamiento de fuerza extenuante (EF), se observa una disminución temporal en la capacidad de trabajo y la función neuromuscular, denominada "fatiga" [1,2]. Se considera que esta disminución del rendimiento es el resultado de mecanismos periféricos y centrales [1,2]. Dada la recuperación suficiente, el cuerpo se adaptará, superando sus capacidades neuromusculares previas [1,3]. Por lo tanto, comprender las características temporales de la fatiga inducida por el EF ayudará a los profesionales a optimizar la prescripción del entrenamiento.

En humanos entrenados, algunos estudios han sugerido que las mujeres pueden experimentar menos daño muscular después de un ejercicio de fuerza extenuante cuando se miden los marcadores séricos [4,5,6], mientras que otros no observan diferencias de sexo [3,7]. Además, se ha demostrado que las mujeres son menos fatigables y capaces de realizar más repeticiones a una determinada intensidad que los hombres [8,9,10]. Esto posiblemente se deba a una mayor proporción de fibras musculares tipo I, mayor capilarización del tejido muscular, mayor flujo sanguíneo, menor compresión arterial mecánica y menor dependencia del glucógeno durante el ejercicio [9,11,12]. Por lo tanto, programas de entrenamiento similares pueden dar lugar a diferentes respuestas de entrenamiento entre hombres y mujeres.

Por el contrario, cuando se observa la pérdida de producción de fuerza después de un ejercicio extenuante, la investigación en humanos entrenados es menos clara [3,13,14,15,16]. Davis y cols. (2018) observaron una fatigabilidad reducida en los hombres y una recuperación a largo plazo más rápida, mientras que Häkkinen (1994) encontró que las mujeres estaban menos fatigadas inmediatamente después de un EF. A pesar de que Häkkinen (1994) y Judge y Burke (2010) sugirieron una superioridad femenina para la resistencia a la fatiga y la recuperación, muchos estudios no lograron detectar diferencias entre sexos en la cinética de recuperación luego del ejercicio en participantes entrenados [13,14,15,16]. Sin embargo, debido a las diferencias en la experiencia de entrenamiento de los participantes, la selección de ejercicios y los protocolos de entrenamiento, es difícil concluir si las diferencias observadas son el resultado de variables de confusión, como las metodologías de entrenamiento o la demografía de los participantes. Por ejemplo, en Davies y cols. (2018) y Marshall y cols. (2020), quienes observaron una ventaja de recuperación masculina y ninguna diferencia de sexo, respectivamente, la fuerza masculina y la femenina, en relación con la masa libre de grasa (FFM) o la masa corporal (BM), estaban dentro del 7% entre sí. Por el contrario, Häkkinen (1993,1994) y Judge y Burke (2010), quienes sugirieron una fatigabilidad femenina y/o una ventaja de la recuperación, compararon hombres con mujeres que eran 54–69% más débiles en relación con la FFM o la BM. Además, se han utilizado protocolos de entrenamiento muy diferentes en cuanto a la selección de ejercicios (sentadilla trasera (BSq), press de banco o una sesión de ejercicios de cuerpo completo), número de series duras (de una a veinte series) e intensidad de entrenamiento (del 70 al 100 % de 1RM). Además, todos los estudios requerían que los participantes realizaran al menos una serie hasta el fallo muscular (MF), con tres estudios que realizaron series múltiples hasta el MF [13,14,16]. Si bien varias series al MF garantizan una cantidad sustancial de fatiga, lo que podría ser de interés para los investigadores, es posible que no sea aplicable a las prácticas de entrenamiento del mundo real de personas entrenadas. En consecuencia, existe la necesidad de una mayor investigación sobre cómo el estado de entrenamiento y el protocolo de entrenamiento impactan la respuesta de los sexos al EF, particularmente cuando los participantes no están realizando series al MF.

Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue investigar las diferencias de sexo después de una sesión de entrenamiento emparejado de volumen relativo de 1RM sin MF y un protocolo en el que se empareja una proximidad al MF, con ambos grupos alcanzando el MF en series múltiples. El objetivo era observar cómo las diferencias en la intensidad y la proximidad al MF afectarían la recuperación de la fatiga y la fuerza en hombres en comparación con las mujeres. Se planteó la hipótesis de que las mujeres volverían a la línea de base (niveles iniciales) más rápido que los hombres siguiendo un protocolo sin llegar al MF. Sin embargo, cuando se igualó la proximidad al MF, se planteó la hipótesis de que no se producirían diferencias de sexo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Participantes

El cálculo del tamaño de la muestra a priori ($\alpha = 0.05$, $\beta = 0.8$) determinó un tamaño de muestra mínimo de 10 participantes por grupo para detectar una *d* de Cohen de 1.2 en la velocidad concéntrica media (VM) [17]. Veintidós participantes se inscribieron al comienzo del estudio y otros tres antes de la segunda parte de la recopilación de datos (10 mujeres y 15 hombres). Un hombre abandonó después de la prueba de referencia y otros ocho hombres y cinco mujeres no pudieron completar la segunda parte de la recopilación de datos, lo que dejó a ocho mujeres y ocho hombres que completaron el protocolo de EF submáximo (SMRT) y siete mujeres y ocho hombres que completaron el protocolo de RMRT (RMRT) (Tabla 1). La asignación a SMRT o a RMRT fue aleatoria (random.org), estratificada por sexo. Todos los participantes debían tener al menos seis meses de experiencia en EF con una frecuencia mínima de tres veces por semana y podían hacer la sentadilla al menos con el peso corporal en la prueba de referencia. Los participantes debían estar libres de cualquier lesión musculoesquelética existente o residual en la parte inferior del cuerpo durante los tres meses anteriores a la prueba.

Tabla 1. *Características de los participantes. Los datos se presentan como media ±SD.*

	SMRT Group (*n* = 16)		RMRT Group (*n* = 15)	
	Men (*n* = 8)	Women (*n* = 8)	Men (*n* = 8)	Women (*n* = 7)
Age (years)	29 ± 5	26 ± 4	28 ± 4	25 ± 4
Height (cm) *	182 ± 9 †	165 ± 9 †	182 ± 5 †	161 ± 8 †
Body Mass (kg) *	86 ± 14.4 †	70.3 ± 8.8 †	82.8 ± 6.2 †	61.8 ± 6 †
Fat Mass (kg)	14.3 ± 3.3	18.7 ± 8.2	11.2 ± 4.6	14.3 ± 5.2
Fat Free Mass (kg) *	71.7 ± 13 †	51.6 ± 7.6 †	71.6 ± 6.1 †	47.4 ± 5.7 †
1RM Back Squat (kg) * §	141.6 ± 29.0 †	85.1 ± 18.8 †	148.1 ± 26.5 †	80 ± 8.4 †
Relative strength (kg/kg) ^ *	1.97 ± 0.16 †	1.67 ± 0.35 †	2.07 ± 0.32 †	1.7 ± 0.24 †
MEV_{1RM} (m/s) ^^	0.33 ± 0.07	0.34 ± 0.09	0.37 ± 0.08	0.41 ± 0.1
Baseline $MV_{80\% \text{ of } 1RM}$ (m/s) *	0.72 ± 0.09 †	0.58 ± 0.1 †	0.71 ± 0.08	0.67 ± 0.1

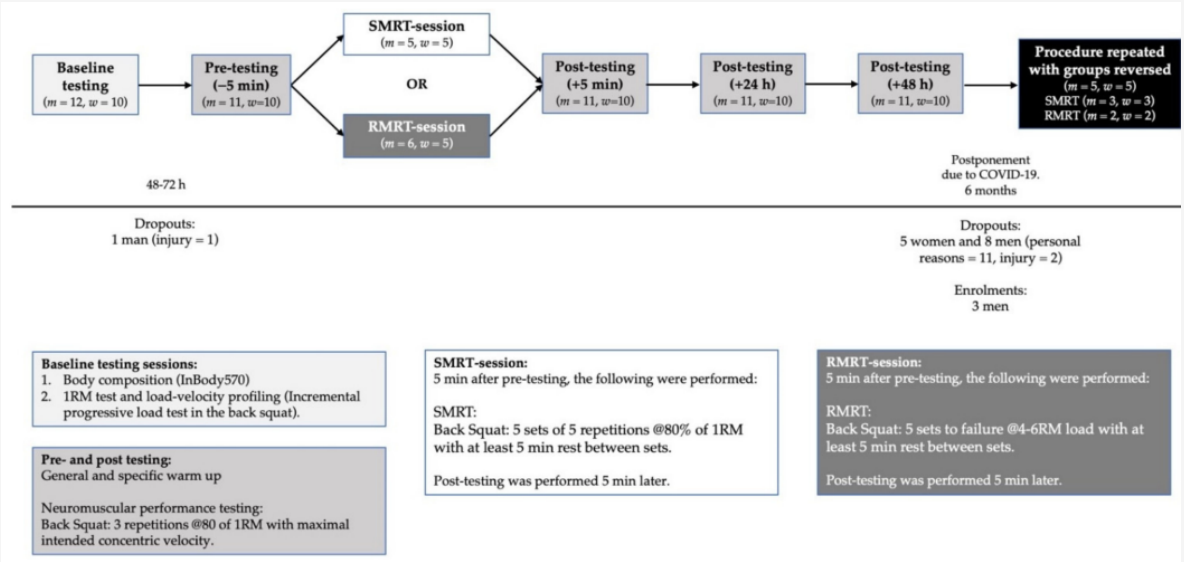
^ Relative strength = 1RM Back Squat/Fat Free Mass. ^^ MEV_{1RM} = The mean concentric velocity of their 1RM lift. * indicates a significant overall difference between the sexes ($p < 0.05$). § indicates a significant overall difference between the groups ($p < 0.05$). † indicates a significant between-sex within-group difference ($p < 0.05$).

Procedimientos experimentales

El estudio se diseñó sobre la base de un diseño cruzado que requería que los participantes se presentaran en el centro de evaluación 10 veces durante un período de seis semanas después de una familiarización. Durante la primera semana, se realizaron pruebas de referencia, que consistieron en evaluaciones de rendimiento de sentadilla trasera y composición corporal (1RM y perfil de carga-velocidad [18]). Luego, 48-72 hs más tarde, la mitad de los participantes (distribución equitativa de hombres y mujeres) realizaron el protocolo SMRT, que consistió en cinco series de cinco repeticiones (rep) al 80% de 1RM. La otra mitad completó un protocolo RMRT, que consistió en cinco series con una carga de 4-6RM al MF. Inmediatamente antes, 5 min, 24 hs, 48 hs y 72 hs después del entrenamiento, se midió la velocidad media (VM) en la BSq al 80% de 1RM para evaluar la recuperación de la función neuromuscular [19]. Después de un período de descarga de tres semanas, se pretendía que los grupos realizaran el protocolo de EF inverso y las sesiones de prueba posteriores al EF. Sin embargo, debido al brote de COVID-19, la recopilación de datos se suspendió antes de que se pudiera realizar el segundo protocolo de EF y se pospuso por seis meses. Como resultado, algunos participantes no pudieron participar en la segunda parte de la recopilación de datos; a quienes lo hicieron se les pidió que realizaran una nueva sesión de prueba inicial y se reclutaron más participantes (Figura 1). Los participantes debían abstenerse de cualquier entrenamiento extenuante 48 hs

antes de todas las pruebas.

Figura 1. *Resumen gráfico de los registros del estudio.*



Pruebas de referencia

Composición corporal

La composición corporal se midió con un dispositivo InBody 570 (InBody, Cerritos, CA, EE. UU.), que se ha encontrado que está altamente correlacionado con las lecturas de DXA (r = 0.93–0.98) [20]. Las mediciones se realizaron de acuerdo con las instrucciones del fabricante [20], siendo de interés principal la masa corporal (BM), la masa grasa (FM) y la masa libre de grasa (FFM). Se observó una fiabilidad test-retest casi perfecta (correlación intraclase (ICC) = 0.998–1.000).

Perfiles de carga-velocidad y evaluación de fuerza de 1RM

Después de una entrada en calor estandarizada (Tabla 2), se realizó una prueba de carga progresiva hasta la carga de 1RM en el ejercicio de BSq de acuerdo con trabajos previos [18]. En resumen, con la barra apoyada en la parte superior de la espalda, cada participante descendió con un movimiento fluido autodeterminado hasta que el pliegue de la cadera estaba por debajo de la parte superior de la rodilla, según lo evaluado visualmente por el investigador principal. Desde esta posición, se pedía a los participantes que realizaran las fases concéntricas lo más rápido posible. La carga inicial se fijó en 20 kg y se incrementaba progresivamente en aumentos de 10 kg hasta alcanzar una MV de <0.6 m/s, correspondiente al ≈85% de 1RM [21]. La VM se midió con PUSH band™ 2.0 (PUSH Inc., Toronto, Canadá). Posteriormente, para determinar la carga de 1RM con mayor precisión, la carga se ajustó individualmente con incrementos más pequeños (2.5–5 kg) hasta que el levantador no podía completar el levantamiento. A cada participante se le ofreció un intento extra de un peso determinado. Por razones de seguridad, cada ocupante ilegal tenía de dos a tres observadores durante cada serie, todos los cuales eran levantadores o entrenadores experimentados. Se ejecutaron tres repeticiones para cargas ligeras (≥1.1 m/s), dos para medias (0.6–1.1 m/s 1RM) y sólo una para las cargas más pesadas (<0.6 m/s). Se proporcionaron estímulos verbales y retroalimentación visual de la velocidad para motivar a los participantes a garantizar el máximo esfuerzo. Los participantes descansaron al menos 5 min entre series a velocidades inferiores a 0.6 m/s. La MV más rápida en cada carga fue considerada para el análisis. Todas las medidas de velocidad en este estudio son MV de la fase concéntrica del ascenso. Todas las pruebas de rendimiento y el entrenamiento se realizaron con un dispositivo de sentadillas independiente (equipo ER, Albertslund, Dinamarca), una barra de levantamiento de pesas de 20 kg y discos de peso calibradas (Eleiko, Halmstad, Suecia). Se observó una excelente fiabilidad test-retest para 1RM (ICC = 0.998) y para la MV (ICC = 0.905).

Tabla 2. *Resumen de los protocolos de calentamiento estandarizados.*

Standardized Warm-Up Routines	
General warm-up	2 rounds of 5 reps of: Cossack Squat (per side), Kang Squat, Inch Worms, World's Greatest Stretch (per side), and Off-set Squat with a 5 kg plate in front.
Specific warm-up	3 reps in the BSq with maximally intended concentric velocity with: 20 kg bar, 45%, 50%, 60%, and 70% of 1RM

Evaluación del rendimiento y protocolos de RT

Cuarenta y ocho a setenta y dos horas después de la evaluación inicial, los participantes se presentaron en el centro de evaluación y comenzaron a realizar el calentamiento estandarizado (Tabla 2). Para las pruebas de rendimiento neuromuscular antes del EF, los participantes realizaron tres repeticiones al 80% de 1RM con la máxima velocidad concéntrica prevista, de las cuales la MV más rápida se utilizó como medida de la función neuromuscular inicial. Después de cinco minutos de descanso, la mitad de los participantes realizaron el protocolo de SMRT mientras que la otra mitad realizó el protocolo de RMRT. Luego de otros cinco minutos de descanso, los participantes realizaron otras tres repeticiones al 80% de su 1RM, lo que estableció su función neuromuscular cinco minutos después del entrenamiento. Los participantes se presentaron en el centro de evaluación los siguientes tres días a la misma hora del día que su sesión de EF para la prueba posterior. El post-test consistió en una entrada en calor estandarizada seguida de tres repeticiones al 80% de 1RM con la máxima velocidad concéntrica prevista, de las cuales la MV más alta se utilizó para el análisis de la función neuromuscular a las 24 hs, 48 hs y 72 hs después del entrenamiento.

SMRT

El protocolo SMRT consistió en cinco series de cinco repeticiones al 80% de 1RM con al menos cinco minutos entre series en el ejercicio de BSq (Sentadilla trasera). El objetivo de este protocolo fue evaluar las diferencias entre hombres y mujeres cuando se estandarizó el volumen, relativo a la fuerza máxima.

RMRT

El protocolo RMRT consistió en cinco series al MF (fallo muscular) con una carga inicial de 4-6RM con al menos cinco minutos entre series. El MF se definió como la incapacidad del participante para completar el levantamiento y requirió la asistencia de los observadores. Después del calentamiento y las pruebas de referencia, la barra se cargó al 85% de 1RM. A partir de aquí, se instruyó a los participantes para que realizaran series de siete repeticiones. Si tenían éxito, la carga se incrementaba en un 2.5%. Esto se repitió hasta que se alcanzó el fallo en 4-6 repeticiones. Luego, los participantes completaron cuatro series adicionales hasta el fallo con la misma carga con al menos cinco minutos entre series, independientemente de que las repeticiones fueran por debajo de cuatro repeticiones. El objetivo de este protocolo fue evaluar las diferencias entre hombres y mujeres cuando se realizaba la misma cantidad de series hasta el MF. El tonelaje realizado antes de la primera serie contada se denominó tonelaje previo.

Instrumentación

La MV se midió con PUSH band™ 2.0, un dispositivo portátil basado en un teléfono inteligente diseñado para rastrear la velocidad de movimiento durante una variedad de ejercicios de fuerza, que se ha determinado que es válido y confiable en el ejercicio de BSq [22]. La PUSH band™ 2.0 se colocó en la barra de acuerdo con las instrucciones del fabricante. La producción de la MV concéntrica de cada sujeto se envió a través de Bluetooth a la aplicación PUSH patentada de Apple iPad. Los detalles de los cálculos de PUSH band™ 2.0 se han descrito en detalle en otro lugar [23].

Análisis estadístico

Todos los análisis estadísticos se realizaron en IBM SPSS Statistics 26 (IBM Corporations, Somers, NY, EE. UU.), excepto los cálculos del tamaño de la muestra. Los cálculos del tamaño de la muestra se realizaron *a priori* utilizando el software informático G*Power v3.1 con MANOVA: medidas repetidas, cálculos de interacción intraintermedia. Como resultado de los cambios metodológicos del brote del COVID-19, se realizó un análisis de potencia *post hoc*, que resultó en un 64% de probabilidad de detectar un resultado significativo con una *d* de Cohen de 1.2. El supuesto de homogeneidad para la prueba de Levene y la normalidad por la prueba de Shapiro-Wilk se cumplieron para todas las variables de entrenamiento y recuperación. Las características iniciales de los participantes se presentaron mediante estadísticas descriptivas (valores

medios y SD). La cinética de la recuperación se presentó como un porcentaje relativo al valor inicial (% ±SD). Para evaluar las diferencias en las características iniciales y las variables de entrenamiento, se realizó un modelo lineal mixto (MLM) con el protocolo y el sexo como factores fijos y los participantes individuales como factores aleatorios. Para determinar el efecto del tiempo, el protocolo y el sexo en la recuperación de la VM, se realizó un MLM con el protocolo, el sexo y el tiempo como factores fijos y los participantes individuales como factores aleatorios. Cuando se observó significación entre los factores fijos, se usaron las pruebas *post hoc* de Bonferroni para las comparaciones por pares. El nivel de significancia se fijó *a priori* en $p < 0.05$. Los tamaños del efecto (ES) dentro de los sexos se calcularon con la *d* de Cohen (diferencia pre-post dividida por la pre-SD) [24]. Debido al pequeño tamaño de la muestra, el ES entre sexos se calculó utilizando la *g* de Hedge [25]. Las interpretaciones eran triviales (<0.20), pequeñas (0.20–0.50), moderadas (0.50–0.80) y grandes (>0.80).

Resultados

Variables de entrenamiento

Las diferencias entre grupos, entre sexos, dentro del grupo entre sexos y dentro del sexo entre grupos en las variables de entrenamiento se ilustran en la Tabla 3 y la Tabla 4. A pesar de que no hubo diferencias en el tonelaje total de entrenamiento realizado ($p = 0.101$), se realizaron significativamente menos repeticiones totales ($p < 0.001$) a intensidades más altas ($p < 0.001$) durante el protocolo RMRT en comparación con SMRT. No se observaron diferencias de sexo en la intensidad del entrenamiento, el total de repeticiones realizadas o la MV de la última repetición durante el protocolo SMRT. Sin embargo, en el protocolo RMRT, las mujeres realizaron menos repeticiones totales ($p = 0.016$), entrenaron con intensidades más altas ($p = 0.013$), completaron las últimas repeticiones más lentamente que los hombres ($p = 0.044$) y realizaron sus últimas repeticiones a velocidades más lentas que sus MEV1RM ($p = 0.012$), mientras que la MV de la última repetición de los hombres no difirió de su MEV1RM ($p = 0.119$).

Tabla 3. *Variables de entrenamiento. Los datos se presentan como media ±SD.*

	SMRT Group (*n* = 16)		RMRT Group (*n* = 15)	
	Males (*n* = 8)	Females (*n* = 8)	Males (*n* = 8)	Females (*n* = 7)
Total tonnage performed (kg) *	2787.5 ± 272 †	1673.8 ± 371.5 †	2911.4 ± 389.6 †	1873 ± 181 †
Pre tonnage (kg) §	0 ± 0 €	0 ± 0 €	889.4 ± 462.6 €	893.4 ± 552.3 €
Training load (kg) *§	113.3 ± 23.2 † €	68.1 ± 15 † €	130.0 ± 23.5 † €	71.7 ± 7.4 † €
Training intensity (% of 1RM) §	80 ± 0 €	80 ± 0 €	87.7 ± 1.5 † €	89.7 ± 2.6 † €
Total reps completed § *	25 ± 0 €	24 ± 1.1 €	17.1 ± 1.6 † €	15.1 ± 2.3 † €
Mean Set Velocity Loss (%)	19.3 ± 7.2	21.0 ± 5.4	18.8 ± 6.1	15.9 ± 8.3
Mean Velocity Increase Between Sets (%)	25.6 ± 8.8	29.1 ± 11.2	23.2 ± 11.2	18.2 ± 18.4
Last MV_{mean} (m/s) § *	0.53 ± 0.1 €	0.46 ± 0.1 €	0.38 ± 0.06 † €	0.32 ± 0.05 † €
Last MV_{mean}–MEV_{1RM} (m/s) § *	0.2 ± 0.08 €	0.12 ± 0.09 €	0.02 ± 0.08 † €	−0.1 ± 0.12 † €

* indicates a significant overall difference between the sexes ($p < 0.05$). § indicates a significant overall difference between the groups ($p < 0.05$). † indicates a significant sex difference within groups ($p < 0.05$). € indicates a significant group difference within sexes ($p < 0.05$).

Tabla 4. *Rendimiento de la repetición y la velocidad en las series. Los datos se presentan como media ±SD.*

	SMRT Group (n = 16)		RMRT Group (n = 15)	
	Males (n = 8)	**Females (n = 8)**	**Males (n = 8)**	**Females (n = 7)**
Set 1				
Reps performed §	5 ± 0	5 ± 0 €	4.8 ± 0.7 †	4.3 ± 0.5 † €
Peak MV (m/s) § *	0.66 ± 0.04 €	0.60 ± 0.14 €	0.51 ± 0.09 † €	0.41 ± 0.06 † €
Last MV (m/s) §	0.52 ± 0.12 €	0.46 ± 0.13 €	0.38 ± 0.09 €	0.32 ± 0.05 €
Set 2				
Reps performed § *	5 ± 0 €	5 ± 0 €	4.3 ± 0.5 † €	3.3 ± 0.8 † €
Peak MV (m/s) § *	0.66 ± 0.09 † €	0.57 ± 0.09 † €	0.49 ± 0.06 † €	0.4 ± 0.04 † €
Last MV (m/s) § *	0.53 ± 0.09 † €	0.44 ± 0.1 † €	0.40 ± 0.08 €	0.33 ± 0.06 €
Set 3				
Reps performed §	5 ± 0 €	5 ± 0 €	3.5 ± 0.8 €	3 ± 1.2 €
Peak MV (m/s) § *	0.66 ± 0.09 €	0.59 ± 0.16 €	0.49 ± 0.1 † €	0.38 ± 0.09 † €
Last MV (m/s) §	0.52 ± 0.09 €	0.47 ± 0.11 €	0.4 ± 0.07 €	0.33 ± 0.07 €
Set 4				
Reps performed §	5 ± 0 €	4.9 ± 0.4 €	2.6 ± 0.9 €	2.6 ± 0.5 €
Peak MV (m/s) § *	0.66 ± 0.09 €	0.59 ± 0.16 €	0.46 ± 0.07 €	0.37 ± 0.08 €
Last MV (m/s) § *	0.55 ± 0.12 €	0.46 ± 0.11 €	0.36 ± 0.07 €	0.3 ± 0.05 €
Set 5				
Reps performed §	5 ± 0 €	4.8 ± 0.7 €	2 ± 0.9 €	2 ± 0.8 €
Peak MV (m/s) § *	0.65 ± 0.07 † €	0.57 ± 0.11 † €	0.43 ± 0.07 † €	0.34 ± 0.10 † €
Last MV (m/s) §	0.54 ± 0.12 €	0.47 ± 0.1 €	0.36 ± 0.09 €	0.30 ± 0.06 €

* indicates a significant overall difference between the sexes ($p < 0.05$). § indicates a significant overall difference between the groups ($p < 0.05$). † indicates a significant sex difference within groups ($p < 0.05$). € indicates a significant group difference within sexes ($p < 0.05$).

Cinética de recuperación

Un efecto principal significativo de grupo (F(1, 136.4) = 24.166, p <0.001), sexo (F(1, 18.9) = 7.161, p = 0.015) y tiempo (F(4, 128.1) = 3.793, p = 0.006) fue observado. Además, se encontraron efectos de interacción significativos de grupo × sexo (F(1, 136.4) = 10.399, p = 0.002) y grupo × tiempo (F(4, 128.1) = 2.733, p = 0.032). Las correcciones *post hoc* de Bonferroni revelaron después del protocolo SMRT que los hombres estaban significativamente más fatigados que las mujeres a los 5 min (p <0.001, ES = 1.62), 24 hs (p = 0.005, ES = 1.01) y 48 hs (p <0.001, ES = 2.25), pero no 72 hs (p = 0.061) (Figura 2). Después del protocolo RMRT, los hombres estaban significativamente por debajo de la línea de base a los 5 min después del entrenamiento (p = 0.,025, ES = 1.08); sin embargo, no se observaron diferencias entre hombres y mujeres en ningún momento (Figura 3). Además, las mujeres estaban significativamente más fatigadas después del protocolo RMRT en comparación con SMRT a los 5 min (p <0.001, ES = 1.70), 24 hs (p = 0.003, ES = 1.36), 48 hs (p = 0.002, ES = 1.34), y 72 hs (p = 0.001, ES = 1.82) después del ejercicio. No se observaron otros efectos significativos de grupo, sexo o tiempo para la cinética de la recuperación.

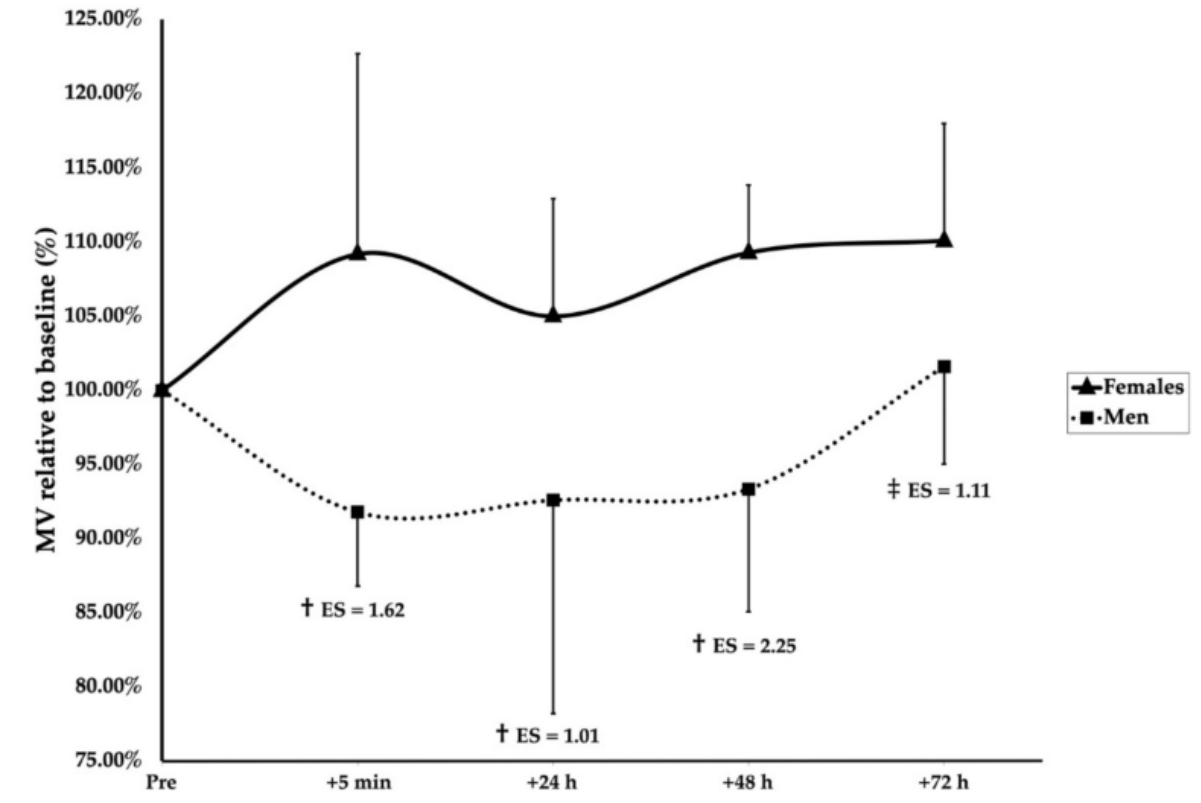


Figura 2. *Cinética de la recuperación después del protocolo SMRT. † indica una diferencia de sexo significativa (p <0.05). ‡ indica una tendencia a las diferencias por sexo (p = 0.061). Los tamaños del efecto (ES) son magnitudes entre sexos.*

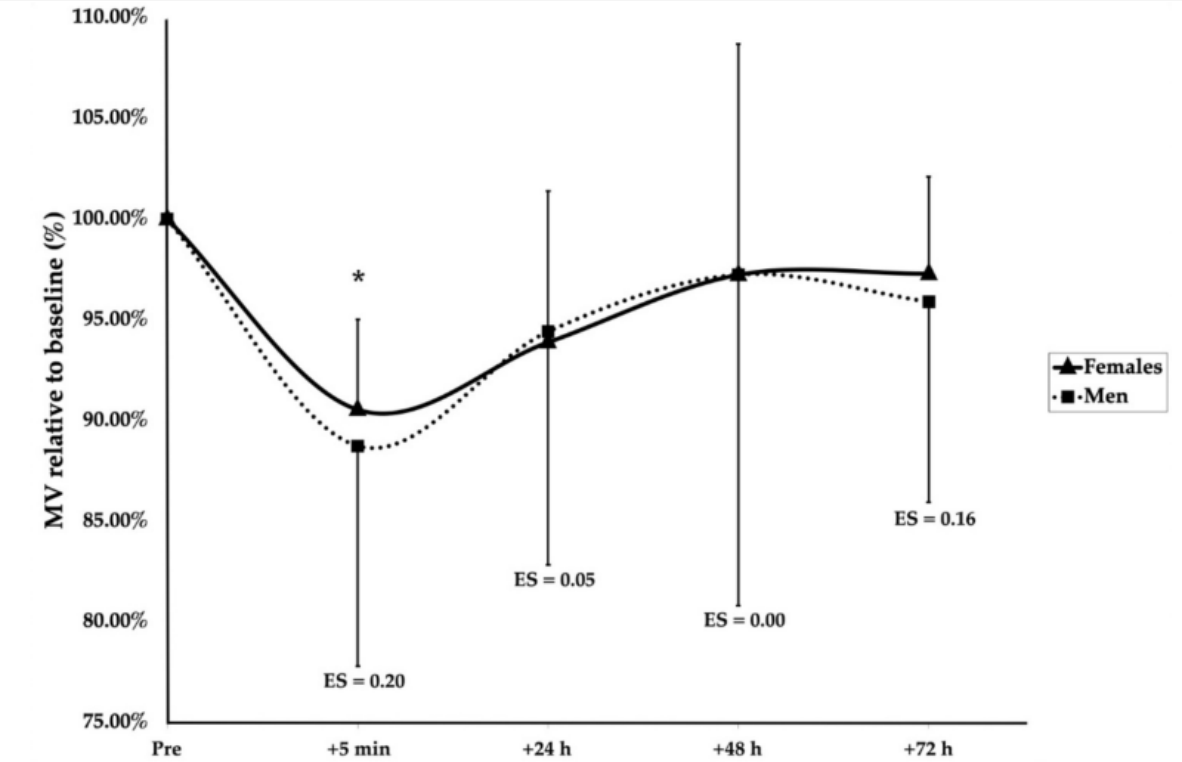


Figura 3. *Cinética de la recuperación después del protocolo RMRT. * indica un efecto temporal significativo para los hombres (p <0.05). ES son magnitudes entre sexos.*

Discusión

Los principales hallazgos de este estudio fueron que: (1) siguiendo un protocolo en el que el volumen se emparejaba en relación con la fuerza máxima, los hombres estaban significativamente más fatigados que las mujeres; (2) sin embargo, cuando se realizó una cantidad igual de series hasta el fallo muscular, no se observaron diferencias de sexo en la recuperación. Juntos, estos resultados podrían sugerir que el estrés de entrenamiento requerido para producir una cantidad sustancial de fatiga es mayor para las mujeres, pero, si el estrés es de suficiente magnitud, son evidentes pocas diferencias de sexo. Sin embargo, las mujeres entrenaron con intensidades más altas y pudieron completar las últimas repeticiones más lentamente durante el protocolo RMRT que los hombres y que su propia 1RM. Por lo tanto, no se puede descartar que los resultados después del protocolo SMRT no sean el resultado de diferencias sexuales fisiológicas en la fatigabilidad, sino una diferencia en la capacidad de los dos grupos para expresar su verdadera fuerza de 1RM (que puede ser o no una diferencia sexual).

La presente investigación observó que, cuando mujeres y hombres entrenados en fuerza realizan cinco series al MF con una carga de 4-6RM en la sentadilla trasera, no hay diferencias de sexo evidentes. Sin embargo, al realizar el mismo número de repeticiones al 80% de su 1RM, existe una gran diferencia de sexo. Esto está respaldado por múltiples estudios que no observaron diferencias de sexo en los días posteriores al entrenamiento de la fuerza [13,14,15,16]. Si bien Häkkinen (1994) y Judge y Burke (2010) observaron efectos de tiempo dentro del sexo, que sugieren una recuperación tardía del rendimiento de la fuerza en los hombres en los días posteriores al ejercicio, basaron erróneamente sus conclusiones en efectos de tiempo dentro del sexo y no entre diferencias de sexo [26]. En apoyo de las variables de programación que tienen un impacto en las diferencias de sexo, Hakkinen (1994) observó que los hombres estaban más fatigados que las mujeres inmediatamente después de 10 series de 10RM en la sentadilla trasera. Este efecto no se observó después de 20 series de 1RM [14], lo que sugiere un papel mediador del volumen y/o la intensidad en las diferencias de sexo observadas en la fatigabilidad. Por el contrario, Davies y cols. (2018) observaron que las mujeres estaban más fatigadas inmediatamente y en los días posteriores a 6 series, la última de las cuales era al MF, del ejercicio de sentadilla trasera al 80% de 1RM. Excluyendo los resultados de Marshall y cols. (2020) y Judge y Burke (2010) debido a los diferentes protocolos de entrenamiento y músculos evaluados, los resultados del estudio actual respaldan en parte los de la literatura actual. Los resultados combinados de los estudios que utilizan sentadillas como ejercicio fatigante podrían sugerir que las mujeres se ven menos afectadas por el entrenamiento que los hombres cuando las intensidades absolutas y/o relativas son más bajas. Sin embargo, cuando la intensidad y/o la fatiga son lo suficientemente altas, las diferencias de sexo parecen minimizarse. Una explicación para los diferentes resultados entre Davies y cols. (2018) y los estudios restantes podrían ser la sexta serie realizada al MF, ya que las mujeres pueden realizar más repeticiones a intensidades submáximas [8,10]. Además, se ha demostrado que ir al MF con más repeticiones produce más fatiga que con menos repeticiones [17]; sin embargo, como no se proporcionaron estos datos, esto sigue siendo una hipótesis.

Otra explicación podría ser las diferencias en el estado de entrenamiento. Se han sugerido múltiples diferencias sexuales fisiológicas para explicar las posibles diferencias sexuales en la fatigabilidad y la recuperación; sin embargo, muchos de estos están condicionados a cambios después del ejercicio. Se ha demostrado que las mujeres presentan una mayor área de fibra tipo I, mayores concentraciones de estrógenos circulantes, mayor perfusión muscular, menor dependencia del metabolismo anaeróbico y menos sensibilidad a la fatiga central [9,11,12]. Si bien muchos de estos factores se han asociado con la fatigabilidad y/o la recuperación [9,27,28], ellos o su asociación con la recuperación y/o la fatigabilidad están sujetos a cambios según el tipo de contracción, la intensidad del entrenamiento, el estado del entrenamiento, las condiciones del estado hormonal, etc. [9,29,30,31]. Por lo tanto, los detalles del historial de entrenamiento pueden disminuir o magnificar las diferencias fisiológicas observadas entre hombres y mujeres.

La investigación sobre las diferencias de sexo en la recuperación después del entrenamiento de fuerza es equívoca ya que los estudios que favorecen a las mujeres también son aquellos con las mayores diferencias en la fuerza relativa entre los sexos. Por lo tanto, se desconoce si las diferencias observadas se deben a diferencias en el sexo biológico o al estado de entrenamiento. Como resultado de la estigmatización del entrenamiento de fuerza para las mujeres, la participación en deportes de fuerza y la ejecución de los mismos en términos de volumen, intensidad y esfuerzo pueden diferir entre los sexos [32,33,34], dejando la historia del entrenamiento como una variable no considerada. Esta distinción es importante ya que se ha observado que los individuos más fuertes son más fatigables [9] y, si los individuos poseen diferentes habilidades para expresar su fuerza máxima, conducirá a un entrenamiento a diferentes intensidades relativas cuando el entrenamiento se exprese en relación con el máximo [11]. Por lo tanto, es importante discutir los posibles mecanismos en relación con las diferencias en la fisiología específica del sexo y cómo les afecta el entrenamiento. Al observar la investigación sobre las diferencias de sexo en la cinética de la recuperación, los estudios que sugirieron una ventaja femenina compararon a mujeres con hombres que eran, en relación con el BM o la FFM, 54–68% más fuertes que ellos [13,14,15], mientras que ninguna diferencia de sexo o una ventaja de fatigabilidad masculina fueron evidentes cuando las fuerzas relativas estaban dentro del 5-7% entre sí [3,16].

Al observar el estudio actual, es evidente que los sexos no eran igualmente fuertes. Se ha sugerido que las mujeres pueden

completar más repeticiones hasta el fallo a intensidades submáximas que los hombres, especialmente por debajo del 80% de 1RM [8,10]. Aunque no se investigó directamente, esta hipótesis está respaldada en parte por los datos de entrenamiento del estudio actual. Primero, las mujeres necesitaban usar intensidades más altas (% de 1RM) durante el protocolo RMRT para alcanzar el fallo entre cuatro y seis repeticiones (89.7 vs. 87.4%), y todos los hombres alcanzaron una carga de 4-6RM entre el 85 y el 90% de 1RM, mientras que las mujeres oscilaron entre el 87 y el 95% de 1RM, que es una diferencia que podría haber sido aún mayor si el protocolo no hubiera requerido que algunos de los participantes realizaran varias series de siete repeticiones de antemano. En segundo lugar, al calcular las repeticiones esperadas hasta el fallo tanto para hombres como para mujeres a partir de los datos de velocidad obtenidos de SMRT y RMRT y ajustando las diferencias entre grupos dentro del sexo en la VM en 1RM y el 80 % en la línea base, es aproximado que se esperaba que las mujeres pudieran realizar ≈4 repeticiones más que los hombres al 80% de 1RM (ver ecuación), lo que puede alterar drásticamente la cantidad de fatiga experimentada después del EF [17].

$$\text{Expected RM} = \frac{\text{Peak MV}_{\text{SMRT}} - (\text{Last MV}_{\text{RMRT}} - (\text{Group difference in MEV}_{1\,\text{RM}} \text{ and MV}_{80\%\text{ at baseline}}))}{(\text{Average velocity loss per rep})}$$

Esta diferencia entre los sexos puede ser el resultado de diferencias biológicas; sin embargo, no se pueden descartar diferencias en el estado de entrenamiento. Primero, los hombres fueron relativamente más fuertes que las mujeres en este estudio (2.02 vs. 1.68 1RM de BSq (kg)/FFM (kg)). En segundo lugar, los hombres en el grupo de RMRT produjeron MV similares tanto en su 1RM como en su última repetición antes del fallo, mientras que las mujeres pudieron completar una repetición a velocidades de 0.08–0.1 m/seg más lentas que su MV de 1RM. La capacidad de superar una repetición pesada se ve típicamente en levantadores más hábiles [35], posiblemente debido a factores técnicos o psicológicos. Esto sugiere que las mujeres en esta muestra pueden no estar habituadas a levantamientos casi al fallo a intensidades máximas. Por lo tanto, es probable que las mujeres fueran sometidas a una intensidad relativa más baja que los hombres durante el protocolo SMRT, lo que explica al menos en parte las grandes diferencias de sexo observadas.

Al estudiar a las mujeres, se ha sugerido que se implementen múltiples medidas metodológicas para disminuir el riesgo de que diferentes estados de maduración, ciclo menstrual y anticonceptivos afecten los resultados observados, aumentando así la validez interna de los estudios [36,37]. Si bien estos factores pueden afectar las respuestas individuales al entrenamiento, en promedio, los efectos de la fase del ciclo menstrual y el estado de los anticonceptivos orales sobre las variaciones en el rendimiento y la fatigabilidad son triviales o pequeños en el mejor de los casos [38,39,40,41]. Sin embargo, el impacto en la recuperación está menos estudiado. Sólo unos pocos estudios hasta la fecha, utilizando la verificación hormonal, han comparado la recuperación del rendimiento neuromuscular después del ejercicio de fuerza a lo largo de las fases del ciclo menstrual y de los anticonceptivos orales [42,43,44,45]. En mujeres desentrenadas después del ejercicio excéntrico, algunas investigaciones han encontrado una menor capacidad de recuperación en la fase folicular temprana en comparación con la fase ovulatoria [42], mientras que otros estudios no observan diferencias entre la fase folicular temprana y la fase ovulatoria o la fase lútea media [43,44]. Lo mismo se observa con la anticoncepción oral, donde algunos [44], pero no todos [43], encuentran una recuperación retrasada en mujeres no entrenadas que toman anticonceptivos orales. Además, no se ha observado ningún efecto de la fase de anticonceptivos orales, en mujeres entrenadas, sobre la recuperación de la función neuromuscular después de un protocolo de sentadillas de alto volumen [45]. Cuando se miden los marcadores sanguíneos de daño muscular en mujeres no entrenadas, puede ocurrir más daño muscular en la fase folicular temprana [42,43,46]; sin embargo, esto no se ha observado en mujeres entrenadas [47]. Así, mientras algunos estudios sugieren una menor capacidad de recuperación en la fase folicular temprana y con anticonceptivos orales, otros no logran observar tal diferencia.

Curiosamente, se ha observado que 8 semanas de entrenamiento de la fuerza en mujeres previamente desentrenadas condujeron a menores fluctuaciones en el estrógeno y la progesterona a lo largo del ciclo menstrual [48]. Esto podría explicar por qué algunos estudios en mujeres no entrenadas observan un efecto de la fase del ciclo menstrual o el estado anticonceptivo, mientras que no se observan diferencias en aquellos que usan participantes entrenadas. No se puede descartar que el estado hormonal pueda haber afectado los resultados del estudio actual, ya que no se hizo ningún esfuerzo para corregir esto. Los estudios futuros deben intentar investigar cómo la fase del ciclo menstrual y el estado de los anticonceptivos orales afectan la cinética de recuperación, preferiblemente en mujeres entrenadas para quienes estos detalles son más importantes, ya que el estado hormonal, la fatigabilidad y la recuperación pueden verse afectados por el estado de entrenamiento [9,48,49].

Este estudio no está exento de limitaciones. En primer lugar, debido al confinamiento por el COVID-19, se pospuso la segunda parte de la recopilación de datos, lo que resultó en grandes tasas de abandono, disminución del poder estadístico y posiblemente alteración del estado de entrenamiento de los participantes restantes. En un intento de mitigar esto [50], se realizaron modificaciones: (1) aunque no lo suficiente como para satisfacer los cálculos de potencia *a priori*, se reclutaron sujetos adicionales. Al observar los tamaños del efecto, parece que el poder estadístico fue suficiente para detectar las magnitudes entre sexos, ya que fueron grandes después del protocolo SMRT y triviales después del protocolo RMRT; (2) se

requirió que los sujetos que participaron en ambas recopilaciones de datos se sometieran a pruebas de referencia adicionales ya que podrían haber ocurrido cambios en el estado de entrenamiento; y (3) para tener en cuenta que algunos individuos estaban incluidos en ambos ensayos y otros no, los análisis estadísticos se cambiaron de un MANOVA de medidas repetidas a un modelo lineal mixto. En segundo lugar, el único objetivo de este estudio fue investigar las diferencias en la fatiga, medida por la velocidad de levantamiento, siguiendo diferentes protocolos de entrenamiento, lo que deja las explicaciones mecanicistas de los resultados observados fuera del alcance de este artículo. Para explicar los resultados observados, muchas medidas podrían ser de interés. Primero, la sentadilla trasera es un movimiento relativamente complejo que requiere que los participantes se equilibren con el peso; por lo tanto, los datos de la plataforma de fuerza que examinan la distribución del peso en sus pies como una medida de las habilidades técnicas podrían ser de interés, ya que las habilidades técnicas menores pueden evitar que las personas experimenten un verdadero MF en movimientos complejos y, por lo tanto, acumulen menos fatiga. En segundo lugar, las medidas de fatiga central y periférica, por ejemplo, la técnica de interpolación de contracción, medidas para el agotamiento del sustrato, la oxigenación muscular, etc., permitirían explicar cómo y si los sexos se fatigan a través de diferentes mecanismos. En tercer lugar, sería interesante ver si existe alguna asociación entre la composición del tipo de fibra, el flujo sanguíneo, la densidad capilar, la compresión arterial mecánica, el agotamiento del sustrato y la recuperación, y especialmente si estas correlaciones cambiarían con el estado de entrenamiento.

Aplicaciones prácticas

En la práctica, los resultados actuales pueden tener dos conclusiones principales. Uno, si se usa el entrenamiento basado en la zona de RM, que requiere que el atleta realice todas o varias series hasta el fallo muscular a intensidades más altas, no parece necesario hacer diferencias de sexo en la programación con respecto a la recuperación. Dos, si usan una programación basada en porcentaje o velocidad, los entrenadores deben reconocer que diferentes atletas individuales y sexos pueden realizar un número diferente de repeticiones y tener diferentes velocidades máximas de esfuerzo a distintas intensidades. Por lo tanto, además de las pruebas de 1RM y/o la creación de perfiles de carga-velocidad individuales, es posible que se necesiten pruebas máximas de repetición a intensidades más bajas para medir la proximidad al fallo y recopilar datos de velocidad antes y/o durante un programa de entrenamiento para garantizar la intensidad deseada de entrenamiento a realizar.

Conclusiones

En conclusión, siguiendo un protocolo submáximo en el que el volumen era igual en relación con la fuerza máxima, los hombres experimentaron más fatiga que las mujeres. Sin embargo, cuando se expusieron a cinco series hasta el fallo muscular, no se observaron diferencias de sexo en la fatiga o en la recuperación. Se debe tener cuidado al interpretar estos resultados, ya que la fuerza relativa no coincidió y los resultados no se pueden reducir a puras diferencias biológicas de sexo. La investigación futura debe centrarse en el impacto del historial de entrenamiento en las magnitudes de las diferencias sexuales en respuesta al ejercicio, si el entrenamiento específico puede alterar esta respuesta y si existen diferencias sexuales en los perfiles de carga-velocidad y fatiga-velocidad en poblaciones igualmente entrenadas. Además, la inclusión de medidas mecanicistas podría ayudar a explicar las posibles diferencias sexuales.

Financiamiento

Esta investigación no recibió financiación externa.

Declaración de la Junta de Revisión Institucional

La aprobación ética se obtuvo de la Universidad de St. Mary, Twickenham, Londres, el 6 de diciembre de 2019 y se extendió el 25 de noviembre de 2020 (ref. nr. SMU_ETHICS_2020-21_014) debido a COVID-19. El estudio se realizó de acuerdo con las normas éticas de la Declaración de Helsinki.

Declaración de consentimiento informado

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

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a todos los participantes que desinteresadamente se ofrecieron como voluntarios para participar en este estudio sin compensación económica. Además, un agradecimiento especial a Rune Hokken, Steffen Fisker y los observadores por su ayuda.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

REFERENCIAS

1. Brentano, M.A.; Martins Kruel, L.F. (2011). A review on strength exercise-induced muscle damage: Applications, adaptation mechanisms and limitations. *J. Sports Med. Phys. Fit. 2011, 51, 1–10.*
2. Zając, A.; Chalimoniuk, M.; Maszczyk, A.; Gołaś, A.; Lngfort, J. (2015). Central and peripheral fatigue during resistance exercise—A critical review. *J. Hum. Kinet. 2015, 49, 159–169.*
3. Davies, R.W.; Carson, B.P.; Jakeman, P.M. (2018). Sex differences in the temporal recovery of neuromuscular function following resistance training in resistance trained men and women 18 to 35 years. *Front. Physiol. 2018, 9, 1480.*
4. Amorim, M.Z.; Machado, M.; Hackney, A.C.; de Oliveira, W.; Luz, C.P.N.; Pereira, R. (2014). Sex differences in serum CK activity but not in glomerular filtration rate after resistance exercise: Is there a sex dependent renal adaptative response? J. *Physiol. Sci. 2014, 64, 31–36.*
5. Baranauskienė, N.; Kilikevičienė, S.; Stasiulė, L.; Civinskienė, G.; Stasiulis, A. (2017). Gender differences in residual effect of prior drop jumps on oxygen uptake during heavy cycling exercise. *Medicina 2017, 53, 331–338.*
6. Wolf, M.R.; Fragala, M.S.; Volek, J.S.; Denegar, C.R.; Anderson, J.M.; Comstock, B.A.; Dunn-Lewis, C.; Hooper, D.R.; Szivak, T.K.; Luk, H.-Y.; et al. (2012). Sex differences in creatine kinase after acute heavy resistance exercise on circulating granulocyte estradiol receptors. *Eur. J. Appl. Physiol. 2012, 112, 3335–3340.*
7. Benini, R.; Nunes, P.R.P.; Orsatti, C.L.; Portari, G.V.; Orsatti, F.L. (2015). Influence of sex on cytokines, heat shock protein and oxidative stress markers in response to an acute total body resistance exercise protocol. *J. Exerc. Sci. Fit. 2015, 13, 1–7.*
8. Clark, B.C.; Manini, T.M.; Thé, D.J.; Doldo, N.A.; Ploutz-Snyder, L.L. (2003). Gender differences in skeletal muscle fatigability are related to contraction type and EMG spectral compression. *J. Appl. Physiol. 2003, 94, 2263–2272.*
9. Hunter, S.K. (2016). The relevance of sex differences in performance fatigability. *Med. Sci. Sports Exerc. 2016, 48, 2247–2256.*
10. Maughan, R.J.; Harmon, M.; Leiper, J.B.; Sale, D.; Delman, A. (1986). Endurance capacity of untrained males and females in isometric and dynamic muscular contractions. *Eur. J. Appl. Physiol. 1986, 55, 395–400.*
11. Ansdell, P.; Thomas, K.; Hicks, K.M.; Hunter, S.K.; Howatson, G.; Goodall, S. (2007). Physiological sex differences affect the integrative response to exercise: Acute and chronic implications. *Exp. Physiol. 2020, 105, 2007–2021.*
12. Lundsgaard, A.-M.; Kiens, B. (2014). Gender differences in skeletal muscle substrate metabolism—Molecular mechanisms and insulin sensitivity. *Front. Endocrinol. 2014, 5, 195.*
13. Häkkinen, K. (1994). Neuromuscular fatigue in males and females during strenuous heavy resistance loading. *Electromyogr. Clin. Neurophysiol. 1994, 34, 205–214.*
14. Häkkinen, K. (1993). Neuromuscular fatigue and recovery in male and female athletes during heavy resistance exercise. *Int. J. Sports Med. 1993, 14, 53–59.*
15. Judge, L.W.; Burke, J.R. (2010). The effect of recovery time on strength performance following a high-intensity Bbnch press workout in males and females. *Int. J. Sports Physiol. Perform. 2010, 5, 184–196.*
16. Marshall, P.W.; Metcalf, E.; Hagstrom, A.D.; Cross, R.; Siegler, J.C.; Enoka, R.M. (2020). Changes in fatigue are the same for trained men and women after resistance exercise. *Med. Sci. Sports Exerc. 2020, 52, 196–204.*
17. Pareja-Blanco, F.; Villalba-Fernández, A.; Cornejo-Daza, P.J.; Sánchez-Valdepeñas, J.; González-Badillo, J.J. (2019). Time course of recovery following resistance exercise with different loading magnitudes and velocity loss in the set. *Sports 2019, 7, 59.*
18. Conceição, F.; Fernandes, J.; Lewis, M.; Gonzaléz-Badillo, J.J.; Jimenéz-Reyes, P. (2016). Movement velocity as a measure of exercise intensity in three lower limb exercises. *J. Sports Sci. 2016, 34, 1099–1106.*
19. Vernon, A.; Joyce, C.; Banyard, H.G. (2020). Readiness to train: Return to baseline strength and velocity following strength or power training. *Int. J. Sports Sci. Coach. 2020, 15, 204–211.*
20. McLester, C.N.; Nickerson, B.S.; Kliszczewicz, B.M.; McLester, J.R. (2018). Reliability and agreement of various InBody body composition analyzers as compared to dual-energy x-ray absorptiometry in healthy men and women. *J. Clin. Densitom. 2018, 23, 443–450.*
21. Sánchez-Medina, L.; Pallarés, J.G.; Pérez, C.E.; Morán-Navarro, R.; González-Badillo, J.J. (2017). Estimation of relative load from bar velocity in the full back squat exercise. *Sports Med. Int. Open 2017, 1, 80–88.*
22. Clemente, F.M.; Akyildiz, Z.; Pino-Ortega, J.; Rico-González, M. (2021). Validity and reliability of the inertial measurement unit for barbell velocity assessments: A systematic review. *Sensors 2021, 21, 2511.*
23. Lake, J.; Augustus, S.; Austin, K.; Comfort, P.; McMahon, J.; Mundy, P.; Haff, G.G. (2019). The reliability and validity of the bar-mounted PUSH BandTM 2. *0 during bench press with moderate and heavy loads. J. Sports Sci. 2019, 37, 2685–2690.*
24. Rhea, M.R. (2004). Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use of the effect size. *J. Strength Cond. Res. 2004, 18, 918–920.*
25. Ialongo, C. (2016). Understanding the effect size and its measures. *Biochem. Med. 2016, 26, 150–163.*
26. Nieuwenhuis, S.; Forstmann, B.U.; Wagenmakers, E.-J. (2011). Erroneous analyses of interactions in neuroscience: A problem of significance. *Nat. Neurosci. 2011, 14, 1105–1107.*
27. Hall, E.C.R.; Lysenko, E.A.; Semenova, E.A.; Borisov, O.V.; Andryushchenko, O.N.; Andryushchenko, L.B.; Vepkhvadze, T.F.; Lednev, E.M.; Zmijewski, P.; Popov, D.V.; et al. (2020). Prediction of muscle fiber composition using multiple repetition testing. *Biol. Sport 2020, 38, 277–283.*
28. Terzis, G.; Spengos, K.; Manta, P.; Sarris, N.; Georgiadis, G. (2008). Fiber type composition and capillary density in relation to submaximal number of repetitions in resistance exercise. *J. Strength Cond. Res. 2008, 22, 845–850.*
29. Hickson, R.C.; Dvorak, B.A.; Gorostiaga, E.M.; Kurowski, T.T.; Foster, C. (1998). Potential for strength and endurance training to amplify endurance performance. *J. Appl. Physiol. 1988, 65, 2285–2290.*
30. Moro, T.; Brightwell, C.R.; Phalen, D.E.; McKenna, C.F.; Lane, S.J.; Porter, C.; Volpi, E.; Rasmussen, B.B.; Fry, C.S. (2019). Low skeletal muscle capillarization limits muscle adaptation to resistance exercise training in older adults. *Exp. Gerontol.*

2019, 127, 110723.
31. Tesch, P.A.; Lindeberg, S. (1984). Blood lactate accumulation during arm exercise in world class kayak paddlers and strength trained athletes. *Eur. J. Appl. Physiol. 1984, 52, 441–445.*
32. Dos Santos, W.M.; Junior, A.C.T.; Braz, T.V.; Lopes, C.R.; Brigatto, F.A.; Dos Santos, J.W. (2020). Resistance-trained individuals can underestimate the intensity of the resistance training session: An analysis among genders, training experience, and exercises. *J. Strength Cond. Res. 2020.*
33. Emmonds, S.; Heyward, O.; Jones, B. (2019). The challenge of applying and undertaking research in female sport. *Sports Med.-Open 2019, 5, 51.*
34. Nimphius, S. (2019). Exercise and sport science failing by design in understanding female athletes. *Int. J. Sports Physiol. Perform. 2019, 14, 1157–1158.*
35. Zourdos, M.C.; Klemp, A.; Dolan, C.; Quiles, J.M.; Schau, K.A.; Jo, E.; Helms, E.; Esgro, B.; Duncan, S.; Garcia Merino, S.; et al. (2016). Novel resistance training-specific rating of perceived exertion scale measuring repetitions in reserve. *J. Strength Cond. Res. 2016, 30, 267–275.*
36. Elliott-Sale, K.J.; Minahan, C.L.; de Jonge, X.A.K.J.; Ackerman, K.E.; Sipilä, S.; Constantini, N.W.; Lebrun, C.M.; Hackney, A.C. (2021). Methodological considerations for studies in sport and exercise science with women as participants: A working guide for standards of practice for research on women. *Sports Med. 2021, 51, 843–861.*
37. Janse de Jonge, X.; Thompson, B.; Han, A. (2019). Methodological recommendations for menstrual cycle research in sports and exercise. *Med. Sci. Sports Exerc. 2019, 51, 2610–2617*
38. Blagrove, R.C.; Bruinvels, G.; Pedlar, C.R. (2020). Variations in strength-related measures during the menstrual cycle in eumenorrheic women: A systematic review and meta-analysis. *J. Sci. Med. Sport 2020, 23, 1220–1227.*
39. Pereira, H.M.; Larson, R.D.; Bemben, D.A. (2020). Menstrual cycle effects on exercise-induced fatigability. *Front. Physiol. 2020, 11, 517.*
40. McNulty, K.L.; Elliott-Sale, K.J.; Dolan, E.; Swinton, P.A.; Ansdell, P.; Goodall, S.; Thomas, K.; Hicks, K.M. (2020). The effects of menstrual cycle phase on exercise performance in eumenorrheic women: A systematic review and meta-analysis. *Sports Med. 2020, 50, 1813–1827.*
41. Elliott-Sale, K.J.; McNulty, K.L.; Ansdell, P.; Goodall, S.; Hicks, K.M.; Thomas, K.; Swinton, P.A.; Dolan, E. (2020). The effects of oral contraceptives on exercise performance in women: A systematic review and meta-analysis. *Sports Med. 2020, 50, 1785–1812.*
42. Sipavičienė, S.; Daniusevičiutė, L.; Klizienė, I.; Kamandulis, S.; Skurvydas, A. (2013). Effects of estrogen fluctuation during the menstrual cycle on the response to stretch-shortening exercise in females. *BioMed Res. Int. 2013, 2013, 243572.*
43. Anderson, L.J.; Baker, L.L.; Schroeder, E.T. (2017). Blunted myoglobin and quadriceps soreness after electrical stimulation during the luteal phase or oral contraception. *Res. Q. Exerc. Sport 2017, 88, 193–202.*
44. Mackay, K.; González, C.; Zbinden-Foncea, H.; Peñailillo, L. (2019). Effects of oral contraceptive use on female sexual salivary hormones and indirect markers of muscle damage following eccentric cycling in women. *Eur. J. Appl. Physiol. 2019, 119, 2733–2744.*
45. Romero-Parra, N.; Rael, B.; Alfaro-Magallanes, V.M.; Janse de Jonge, X.; Cupeiro, R.; Peinado, A.B. (2020). The effect of the oral contraceptive cycle phase on exercise-induced muscle damage after eccentric exercise in resistance-trained women. *J. Strength Cond. Res. 2020, 35, 353–359.*
46. Oosthuyse, T.; Bosch, A.N. (2017). The effect of gender and menstrual phase on serum creatine kinase activity and muscle soreness following downhill running. *Antioxidants 2017, 6, 16.*
47. Romero-Parra, N.; Barba-Moreno, L.; Rael, B.; Alfaro-Magallanes, V.M.; Cupeiro, R.; Díaz, Á.E.; Calderón, F.J.; Peinado, A.B. (2020). Influence of the menstrual cycle on blood markers of muscle damage and inflammation following eccentric exercise. *Int. J. Environ. Res. Public Health 2020, 17, 1618.*
48. Timon, R.; Corvillo, M.; Brazo, J.; Robles, M.C.; Maynar, M. (2013). Strength training effects on urinary steroid profile across the menstrual cycle in healthy women. *Eur. J. Appl. Physiol. 2013, 113, 1469–1475.*
49. Hyldahl, R.D.; Chen, T.C.; Nosaka, K. (2017). Mechanisms and mediators of the skeletal muscle repeated bout effect. *Exerc. Sport Sci. Rev. 2017, 45, 24–33.*
50. Orkin, A.M.; Gill, P.J.; Ghersi, D.; Campbell, L.; Sugarman, J.; Emsley, R.; Steg, P.G.; Weijer, C.; Simes, J.; Rombey, T.; et al. (2021). Guidelines for reporting trial protocols and completed trials modified due to the COVID-19 pandemic and other extenuating circumstances: The CONSERVE 2021 statement. *JAMA 2021, 326, 257–265.*

Cita Original

Amdi, C.H.; Cleather, D.J.; Tallent, J. (2021) Impact of Training Protocols on Lifting Velocity Recovery in Resistance Trained Males and Females. Sports, 9, 157. https://doi.org/10.3390/sports9110157