

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte



La influencia del sexo en las diferentes variables del entrenamiento de fuerza

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	3
2.	PROCEDIMIENTO DE REVISIÓN	4
3.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	5
4.	DISCUSIÓN	7
5.	PROPUESTA DE INTERVENCIÓN	10
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	11
7.	ANEXOS.....	14



1. INTRODUCCIÓN

Está establecido que ambos sexos, hombres y mujeres, pueden incrementar su fuerza y masa muscular (así como sus valores de salud) como consecuencia del entrenamiento de fuerza y/o hipertrofia (Westcott WL., 2012). Ambos generan adaptaciones a este tipo de entrenamiento, y aunque se igualen los protocolos, estas adaptaciones no son en la misma medida (Huebner M. et al. 2020).

En la mayoría de estudios, los hombres incrementan su fuerza absoluta en mayor medida que las mujeres (Dias RM et al. 2005). No ocurre esto si lo relativizamos, algunos estudios encuentran que los valores de fuerza e hipertrofia evolucionan de forma similar entre sexos (Abe T. et al. 2000, Hostler D. et al. 2001, Roth SM. Et al. 2001, Salvador EPDR. et al. 2009). Sin embargo, otros estudios parecen favorecer a las mujeres al relativizar los valores, con un mayor incremento de masa muscular y fuerza (Cureton KJ et al. 1988, Hubal MJ et al. 2005, Jozsi AC et al. 1999, Kell RT. 2011, Ribeiro AS et al. 2014, Stock MS et al. 2014).

Hay que definir un punto clave en estas comparaciones entre sexos, y son las diferencias que existen en el nivel que tienen estos sujetos antes del entrenamiento. Estas diferencias tienen que ver con la antropometría y la fisiología (metabólicos, hormonales, entre otros). Hablando de diferencias antropométricas, los hombres generalmente muestran mayores valores de masa corporal y por tanto muscular, que a su vez desemboca en más fuerza antes del entrenamiento (Janssen I et al. 2000). Si profundizamos algo más, podríamos incluir en esta lista de diferencias antropométricas las diferencias en las proporciones corporales, puesto que influyen en la biomecánica del ejercicio (Collins KS et al. 2021). Con unas proporciones corporales diferentes, un mismo ejercicio podría cambiar en cuanto a las demandas que generan en los diferentes grupos musculares.

Otro punto clave a tener en cuenta serían las diferencias fisiológicas, puesto que son relevantes en la evolución de los valores de masa muscular y fuerza. Las mujeres presentan más porcentaje de fibras musculares tipo I, mayor concentración de estrógenos y menor de testosterona, mayor oxigenación muscular, mayor predisposición al metabolismo de grasas sobre el de carbohidratos y se muestran menos sensibles a la fatiga central (Hunter SK. 2016, Andsell P et al. 2020, Lundsgaard AM et al. 2014). Todas estas diferencias afectan en mayor o menor medida a las variables del entrenamiento de fuerza.

Algunos autores sugieren también que el ciclo menstrual puede incidir en los resultados de estos estudios, pero la evidencia no es clara. Algunos muestran que en la fase folicular temprana el rendimiento aumenta respecto a la fase ovulatoria (Sipavichiene S et al. 2013), mientras que otros no encuentran diferencias, ni entre estas dos fases ni en la fase lútea media (Anderson LJ et al. 2017, Mackay K et al. 2019). Lo mismo ocurre con las mujeres que tomaban anticonceptivos orales, algunos estudios muestran que, por ejemplo, se retarda la recuperación (Mackay K et al. 2019), mientras que en otros no parece ir por la misma línea (Anderson LJ et al. 2017). La evidencia pues, como decía, es confusa al respecto.

Es decir, todas las diferencias comentadas anteriormente (antropométricas y fisiológicas) provocan que cuando ambos empiezan a entrenar, los hombres partan de un nivel mayor. No obstante, la evidencia científica no esclarece qué ocurriría si encontramos mujeres y hombres que pudieran tener el mismo nivel de partida. Por tanto, el objeto de nuestro estudio es saber si, a pesar de la tendencia de que los resultados relacionados con el entrenamiento desaparezcan o incluso favorezcan a las mujeres cuando se relativizan los valores, persistirían ciertas diferencias cuando los niveles de partida de ambos sexos sean similares. Por ello, en la presente revisión se analizará la literatura científica más reciente con respecto a este constructo.

2. PROCEDIMIENTO DE REVISIÓN

Para la realización de la presente revisión bibliográfica, se llevó a cabo una búsqueda de artículos en dos bases de datos online, Pubmed y SPORTDiscus. Para identificar los estudios primarios más relevantes se usó en los buscadores booleanos las palabras clave “sex differences” AND “strength”. Igualmente, se filtró en las bases de datos para mostrar únicamente los artículos que estuvieran a texto completo. Tras dicha búsqueda, se tuvo en cuenta como criterios de inclusión que los artículos fueran desde enero de 2015 hasta febrero de 2022, con una muestra superior a 15 personas, y que dicha muestra fueran sujetos de ambos sexos y con experiencia en el entrenamiento.

En la primera búsqueda en PubMed aparecieron 517 resultados. En SPORTDiscus, con los mismos parámetros, aparecieron 55 resultados. Por tanto, la presente revisión sistemática, contó con un total de 572 artículos de partida.

Tras comprobar las citas duplicadas, 8 artículos fueron eliminados. Con tal de revisar la bibliografía más actual de los 564 artículos restantes, 56 se descartaron por tener como fecha de publicación un dato anterior a 2016. De esta manera, 508 artículos fueron incluidos para su análisis a texto completo, de los cuales 483 fueron eliminados por no seguir el tópico de la revisión tras la lectura de su título o abstract, 6 por ser revisiones sistemáticas, 4 por ser metaanálisis, 3 por tener una muestra o número de participantes menor a 15, y, por último, 2 por no ser ensayos clínicos aleatorizados. En la síntesis de la revisión sistemática se incluyeron 7 artículos finalmente. El diagrama de flujo describe todo el proceso desde la identificación inicial de los estudios potencialmente relevantes hasta la selección definitiva de éstos (figura 1).

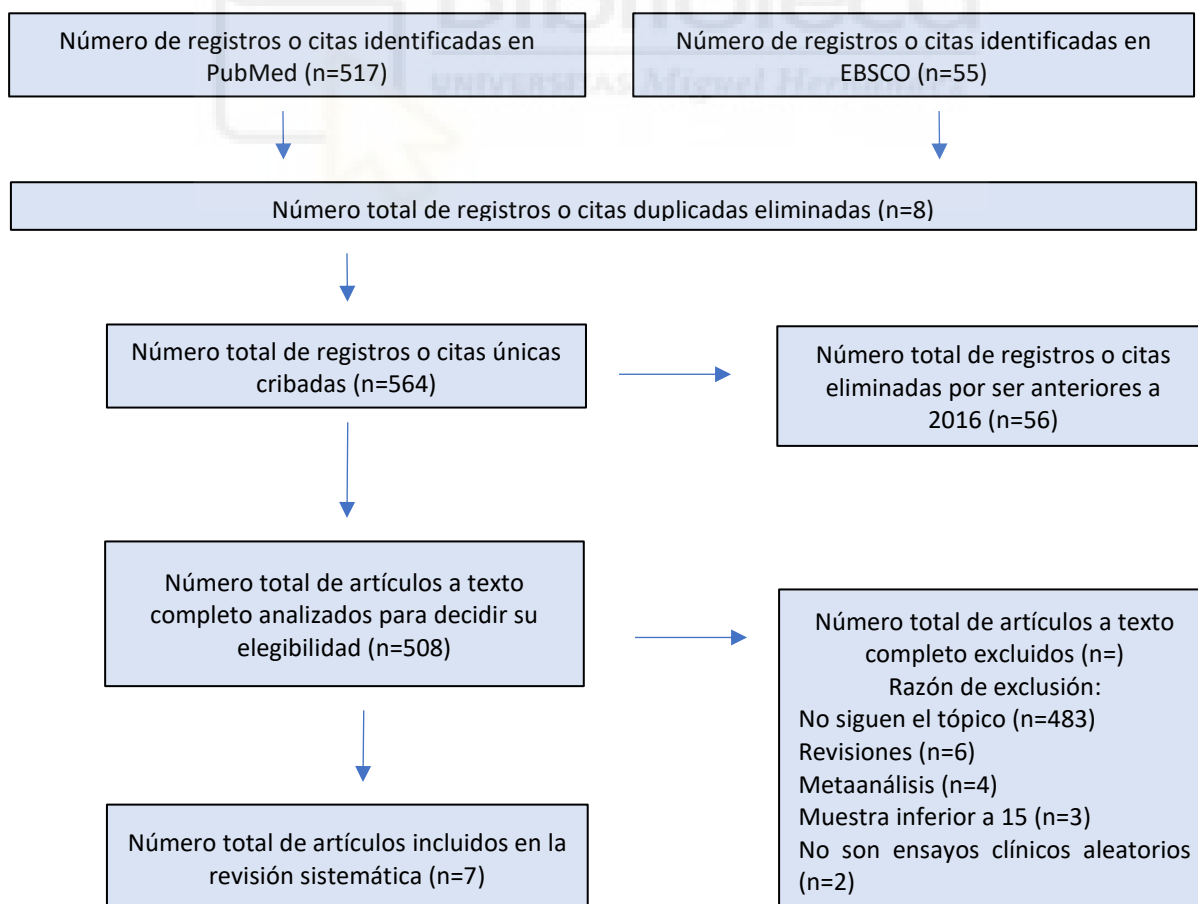


Figura 1. Diagrama de flujo de la revisión sistemática.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

La siguiente tabla, resume y muestra los resultados principales de los estudios incluidos en la revisión, así como los principales objetivos de cada uno de estos. Además, se añade la descripción de la metodología y conclusiones que se obtienen.

TÍTULO	OBJETIVO	MUESTRA/GRUPOS	METODOLOGÍA	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
Nimphius et al. (2019)	1. Determinar si con sujetos (hombres y mujeres) similares en valores de fuerza, sigue habiendo diferencias en la ratio de activación muscular durante un esfuerzo isométrico máximo. 2. Examinar diferentes procesos de normalización en las diferencias por sexo.	Estudio realizado en North Carolina, EEUU. 32 personas (16 hombres, 16 mujeres) con al menos 2 años de experiencia en el entrenamiento de hipertrofia. Diferencia máxima de 10% en la fuerza máxima producida (normalizado al peso corporal).	Se compararon por parejas, con los valores más similares entre hombres/mujeres. Completaron una sesión de 60-90 minutos. Realizaron test submáximos y máximos de flexo-extensión de rodilla y sentadilla isométrica.	Si comparamos la IKE (extensión isométrica de rodilla) y IKF (flexión isométrica de rodilla) con el peso corporal, sí hay diferencias (IKE = 290.8 ± 63.9 hombres vs 210.6 ± 40.3 mujeres; IKF = 180.4 ± 29.4 vs 130.4 ± 27.0). Si lo normalizamos a la masa libre de grasa en el tren inferior no hay diferencias (IKE: 33.3 ± 6.4 vs 31.6 ± 9.2 ; IKF: 20.7 ± 2.5 vs 19.5 ± 5.7). Tampoco hay diferencias en las ratios de activación muscular (0.64 ± 0.14 vs 0.63 ± 0.16).	No hay diferencias en cuanto a ratios de actividad muscular en tarea isométrica cuando los valores de fuerza son similares. Es importante cómo se normalizan los datos para observar las diferencias.
Amdi CH et al. (2021)	Investigar cómo las diferencias en intensidad y proximidad al fallo, afectan en la fatiga y recuperación de fuerza comparando entre sexos.	16 sujetos entrenados (8 hombres, 8 mujeres) completaron el estudio. Se dividieron en dos grupos de 8 personas, los cuales eran mixtos: SMRT (submaximal RT protocol) y RMRT (RM RT-protocol). Después, se cambiaron de protocolo entre los grupos.	Tras un período de familiarización, se hicieron test máximos. A las 48-72h un grupo hacía SMRT (4x5 80% 1RM) y el otro RMRT (hasta fallar entre 4-6 reps @ 85% 1RM. Si hacían más repeticiones iban subiendo hasta fallar en ese rango de reps). Comprobaban fatiga neuromuscular (haciendo mediciones en 3 reps @ 80% 1 RM) según pasaba el tiempo. Semanas después se cambiaron los grupos.	No se observaron diferencias entre sexos en SMRT. Sin embargo, sí en RMRT, ya que las mujeres hicieron menos repeticiones, entrenaron con más intensidad, e hicieron las repeticiones más lentas. A su vez, en SMRT los hombres se fatigaban más tras 5 min, 24 y 48h. No tras 72. En RMRT sólo tras 5 min.	1. Cuando se sigue un programa de entrenamiento con un protocolo similar (relativizado a la fuerza máxima), los hombres se fatigan mucho más que las mujeres. 2. Cuando se realizan varias series al fallo, no hay diferencias en cuanto a recuperación entre los sexos.
Mehls K et al. (2020)	Comparar entre sexos la activación de los diferentes músculos del muslo durante una sentadilla.	28 sujetos entrenados (14 hombres y 14 mujeres), con al menos 1 año de experiencia en el entrenamiento de hipertrofia, estudiantes de la universidad Walsh University, North Canton, Ohio.	2 sesiones separadas 48 horas. En la primera sesión se hicieron mediciones antropométricas y un test de 1RM. En la segunda, hacían las mediciones de EMG (vastos lateral y medial, recto femoral, glúteo mayor, semitendinoso y bíceps femoral) en un 3x4 (85% 1RM)	Los hombres mostraron mayor activación del bíceps femoral en fase excéntrica (1 set: 1.42 ± 1 vs 0.57 ± 0.91 , 2 set: 1.44 ± 1.08 vs 0.31 ± 0.18 , 3 set: 1.30 ± 0.97 vs 0.44 ± 0.42 , hombres y mujeres respectivamente). Ninguna diferencia más en ninguna serie y resto de músculos.	La sentadilla no es la mejor opción para trabajar la cadena posterior en mujeres.
Margaret TJ et al. (2016)	1. Averiguar si existen diferencias entre sexos en potencia, pico de	18 atletas competitivos (9 hombres, 9 mujeres),	Consistió en 4 sesiones: tests de 1RM y composición corporal, y en las 3 sesiones restantes, hicieron	En valores absolutos, los hombres tienen mayores valores de potencia media que las mujeres ($P_{\text{mean}} = 698 \pm 36W$ vs $336 \pm 36W$). Ambos sexos evolucionan	Hombres producen mayor potencia debido a la diferencia en FFM y fuerza. Cuando se

	<p>potencia y velocidad en el peso muerto convencional.</p> <p>2. Comparar las relaciones entre potencia, velocidad, fuerza y masa libre de grasa.</p>	<p>entrenados en la fuerza participaron.</p>	<p>mediciones en 3 intentos exactamente iguales, pero con diferentes cargas: 30%, 60% y 90% del 1RM.</p>	<p>parecido. Pico de potencia en 60% en ambos sexos (Combined $P_{peak} = 908 \pm 105.5W$). Si normalizamos a la FFM (fat free mass), también generan más potencia los hombres ($10 \pm 0 W*kg/FFM$ vs $7 \pm 0 W*kg/FFM$). Mujeres tienen más velocidad ($0.014 \pm 0.001 m/s*kg/FFM$ vs $0.010 \pm 0.001 m/s*kg/FFM$).</p>	<p>normaliza a la FFM, las mujeres tienen mayor velocidad. Se desconoce si igualando los valores de fuerza y masa se mantendrían los resultados.</p>
<p>Merrigan JJ et al. (2018)</p>	<p>Evaluar las diferencias en cuanto a las características del músculo y la fuerza isométrica de los extensores de codo entre hombres y mujeres.</p>	<p>30 sujetos entrenados (15 hombres, 15 mujeres), con al menos 1RM de press de banca de 1x bodyweight (bw) en hombres y 0.7x bw en mujeres</p>	<p>Se hacen mediciones con ultrasonidos del espesor muscular, volumen muscular, ángulo de peneación, longitud del fascículo, calidad muscular (entendido como la cantidad de tejido adiposo y conectivo en el músculo), longitud del miembro y una contracción máxima isométrica (MVIC).</p>	<p>En la MVIC, los hombres reportaban valores mayores ($27.86 \pm 3.55kg$ vs $16.15 \pm 3.15kg$), no así si los relativizamos a su espesor y volumen muscular (10.67 ± 1.69 vs $9.62 \pm 1.69kg/cm$; 0.069 ± 0.017 vs $0.077 \pm 0.022 kg/cm3$). MVIC tiene fuerte correlación con todas las mediciones, y medianamente con la calidad muscular y la longitud del miembro.</p>	<p>Hombres y mujeres muestran un similar potencial de fuerza si lo relativizamos. La fuerza isométrica que ofrecen los extensores de codo, está altamente relacionada con el espesor y volumen muscular, el ángulo de peneación y la longitud del fascículo.</p>
<p>Davies RW et al. (2018)</p>	<p>Evaluar las diferencias de la recuperación de la función neuromuscular después del entrenamiento de hipertrofia en hombres y mujeres con valores de fuerza y experiencia similares.</p>	<p>11 hombres y 8 mujeres, con una experiencia y rendimiento similares (en cuanto a la masa libre de grasa (FFM)).</p>	<p>Tras una semana de mediciones corporales, hacían un 1RM de squat, después un 5x5 @ 80% 1RM, y después una serie al fallo con ese peso. Medían a las 4, 24, 48 y 72 horas.</p>	<p>Parece que, para las mujeres, las funciones musculares se vieron más afectadas, con una pérdida de fuerza en 24h ($-10 \pm 7\%$ vs $-25 \pm 10\%$), 48 y 72h (0 vs $-27 \pm 11\%$, 0 vs $-14 \pm 10.5\%$) post intervención, pero no en 4h ($-13 \pm 6\%$ vs $-13 \pm 15\%$). La CK basal era menor en las mujeres 32 ± 15 vs $80 \pm 42 IU/L$, y reportaron más dolor 4h post-intervención (3 ± 1 hombres vs 5 ± 2 mujeres).</p>	<p>Concluyen que las diferencias en los tiempos de recuperación no se pueden atribuir a la fuerza, rendimiento, experiencia o fatiga. Divagan sobre la influencia del ciclo, o la fatiga central.</p>
<p>Eckel TL et al. (2017)</p>	<p>Evaluar la relación entre el press de banca y las flexiones cuando se realizan repeticiones al fallo con una carga igualada.</p>	<p>25 sujetos entrenados, con al menos 6 meses de experiencia en el press de banca (16 hombres y 9 mujeres).</p>	<p>Tres sesiones separadas 48h entre sí. Día 1 midieron valores antropométricos, agarre y fuerza (1RM). Días 2 y 3 realizaron flexiones y press de banca al fallo, respectivamente. La carga que escogían en el press de banca era la relativa a la medida en la flexión isométrica el día 1.</p>	<p>Las repeticiones fueron mayores en flexiones (19.36 ± 11.68) que en press de banca (11.4 ± 8.38), y los hombres realizaron más repeticiones que las mujeres en ambos ejercicios (20.22 ± 8.20 vs 6.78 ± 5.69).</p>	<p>El press de banca y las flexiones son ejercicios muy diferentes. Las repeticiones al fallo pueden venir dadas por la musculatura del tren superior y las diferencias sexuales en la posición del cuerpo. La elección entre estos dos ejercicios debería basarse en el objetivo del entrenamiento y el sexo.</p>

4. DISCUSIÓN

El objetivo de nuestro estudio es identificar las diferencias que existen entre sexos cuando analizamos distintas variables relacionadas con el entrenamiento de fuerza. Para ello, se ha llevado a cabo una revisión sistemática de la literatura más reciente en la que se han incluido 7 estudios científicos que han cumplido con todos los criterios de inclusión y exclusión propuestos.

Lo que demuestran los estudios presentados podría sintetizarse en que existen diferencias entre sexos en algunas de las diferentes variables que afectan al entrenamiento de fuerza. Podemos encontrar diferencias en fuerza, masa muscular, fatiga y recuperación o respuesta a diferentes estímulos, entre otros. No obstante, algunos estudios sugieren que, si miramos desde otro punto de vista los valores absolutos de cada individuo, es decir, si relativizamos estos valores, estas diferencias se reducirían e incluso desaparecerían.

Dicha disparidad en las variables del entrenamiento de fuerza, como pueden ser el volumen de entrenamiento tolerable, la fatiga generada post entrenamiento, la recuperación intra y post entrenamiento, la relación entre carga interna y externa, etc., podrían explicarse por las diferencias antropométricas y fisiológicas de los sujetos. Es decir, cuando comparamos hombre y mujer, por estas diferencias comentadas anteriormente, las mujeres tenderán a tener unas diferencias hormonales y predisposición genética que les haga ser más pequeñas, que tengan menos masa corporal (también menos masa muscular), mayor porcentaje de fibras tipo I, más tendencia a preservar los hidratos de carbono como fuente de energía, así como una mayor capacidad de recuperación (estrógenos) entre otros.

Lo que realmente se intenta cuestionar en algunos de estos estudios es, si las diferencias en las variables del entrenamiento son realmente una cuestión de diferencias antropométricas y fisiológicas, o es una cuestión del nivel individual de cada sujeto. Es decir, por ejemplo, la cantidad de masa muscular que tiene un individuo sabemos que tiene una correlación muy fuerte y positiva con la fuerza que tiene este sujeto. Entonces, si las mujeres tienen menos masa muscular, tendrán menos fuerza. El objeto de estudio es saber si, en el caso de que contemos con un grupo de hombres y mujeres que tengan valores similares en masa muscular, las diferencias mostradas en estas variables que afectan al entrenamiento persistirían o desaparecerían. Es decir, que lo que sugieren algunos de estos autores es que puede ser que igualando "el nivel" de los sujetos, estas diferencias cambien o desaparezcan.

El objetivo de esta revisión sistemática es discernir en cuáles de las variables del entrenamiento de fuerza hay que tener en cuenta que existen realmente diferencias sexuales, y no diferencias por el nivel del sujeto en cuestión.

Algunos de los presentes estudios que intentan evaluar las diferencias en cuanto a valores de fuerza (Nimphius et al., 2019; Merrigan et al., 2018), ven que realmente si relativizamos los valores de fuerza a la masa libre de grasa (FFM) de los sujetos, las diferencias desaparecen.

Los resultados de estos estudios dejan dos cuestiones resueltas acerca del tema en cuestión. La primera es que los hombres son más fuertes en valores absolutos, es decir, en carga externa (kgs levantados). Es decir, por cuestiones fisiológicas y antropométricas serán capaces de desarrollar más masa muscular, y por lo tanto serán más fuertes. La segunda es que, si comparamos un grupo de hombres con un grupo de mujeres que tengan valores similares en FFM, los valores de fuerza serán parecidos. Estos resultados apoyan la idea de que realmente, las diferencias que se ven normalmente no es una cuestión de sexo en sí, sino del nivel que tengas en cuanto a entrenamiento se refiere. Claro que, para que una mujer tenga una FFM similar a la de un hombre en valores absolutos, ésta ha tenido que entrenar más tiempo para llegar a un nivel X de masa muscular, porque ambos sujetos, en valores normativos sí tenían

diferencias (ya que, los datos muestran que la media de masa muscular de los hombres es mayor a la de las mujeres en poblaciones sedentarias)

Sin embargo, según el estudio de Margaret et al. (2016) si normalizamos también a la FFM los valores que se obtienen de potencia (que no fuerza), los hombres generan más potencia (aunque los resultados de éste último son algo limitados, pues había diferencias significativas entre hombres y mujeres en valores de fuerza/FFM), es decir, a una misma velocidad absoluta la potencia sería menor en el grupo de las mujeres. Aun así, es curioso que las mujeres tuvieran más velocidad en todas las cargas cuando lo relativizaban a la FFM. Esto puede deberse a que frente a un mismo % del 1RM, las mujeres son capaces de realizar más repeticiones (Amdi et al. 2021), con lo cual, si frente al mismo % del 1RM realizan las mismas repeticiones, les supone un esfuerzo “menor”. Los autores concluyen que sería apropiado tener en cuenta compensar esa falta de masa muscular en mujeres en los programas de entrenamiento.

Enlazando con el hecho de que frente a un mismo % del RM las mujeres pueden realizar más repeticiones, encontramos también que, si exponemos a un grupo mixto a un mismo entrenamiento submáximo, hallaremos diferencias sexuales en la recuperación y fatiga muscular, fatigándose más los hombres (Amdi et al. 2021; Davies et al. 2018). Sin embargo, si el entrenamiento es máximo, estas diferencias desaparecerán. Los resultados que nos aportan en otro ensayo (Davies et al. 2018) muestran cierta controversia. Aquí mezclan un entrenamiento submáximo y máximo, en el cual los resultados favorecen al hombre mostrando una recuperación más rápida.

Los resultados pues, son equívocos. En uno de los ensayos, las mujeres se recuperan antes cuando el volumen e intensidad (en cuanto a % del RM se refiere) están igualados. Pero si ambos entrenan hasta el fallo muscular, estas diferencias se reducen o incluso inclinan la balanza hacia el hombre. Es decir, los tiempos de recuperación van a variar en cada sexo dependiendo de la intensidad del esfuerzo.

Volviendo a las diferencias fisiológicas, parece ser que las mujeres son menos propensas a la fatiga, y a una mejor recuperación cuando el entrenamiento es submáximo, como ya dijimos antes: tienen predominancia de fibras lentas, predominancia del metabolismo de grasas sobre el de carbohidratos, mayores niveles de estrógenos, menos propensas a fatiga central, etc., por lo tanto, esto podría explicar los resultados a favor de que las mujeres se recuperan mejor. No obstante, si tenemos en cuenta el factor de que con un mismo % del 1RM son capaces de hacer más repeticiones, si establecemos el mismo protocolo (ejemplo: 4x5 @ 80% 1RM), las mujeres se quedarían más lejos del fallo muscular y por lo tanto esto podría ser una explicación de que se recuperen antes en protocolos submáximos.

Siguiendo en esta línea, si comparamos protocolos máximos, las mujeres necesitarán o más peso para realizar las mismas repeticiones, o más repeticiones para llegar al fallo muscular con el mismo peso. Con lo cual, también parece coherente que esto genere más fatiga, y en el caso de que genere la misma, podríamos pensar que sus procesos de recuperación son más rápidos, puesto que se recuperan a la par con un entrenamiento más fatigante.

Los autores también reconocen que cuanto más dispares son los grupos en cuanto a fuerza relativa, mayor diferencia en los resultados comparando entre sexos. Esto nos llevaría al punto anterior, donde comentábamos las diferencias por nivel.

Además de todo lo mencionado anteriormente, las diferencias fisiológicas podrían magnificar o disminuir los resultados. Los autores (Davies et al. 2018) reconocen que no tuvieron en cuenta la fase del ciclo en la muestra de las mujeres del estudio, ya que el 50% se encontraba en fase folicular, 25% en fase lútea y 25% tomaban anticonceptivos orales. Concluyen de hecho que no tienen evidencia que sugiera que el ciclo pudiera incidir en la recuperación para el ensayo.

Por último, también podemos destacar que, al margen de todas las diferencias comentadas, también tenemos hallazgos de diferencias en patrones de activación muscular durante mismos ejercicios. Nimphius et al. (2019) no encuentran diferencias cuando normalizamos los valores a la FFM del tren inferior durante una sentadilla isométrica, sin embargo, en el ensayo de Margaret et al. (2016) se ve que sí hay diferencias en la fase excéntrica durante una sentadilla, en la cual las mujeres tienden a activar en menor medida la cadena posterior (bíceps femoral).

Estas incongruencias en los resultados pueden explicarse una vez más por las diferencias en cuanto a fuerza de los sujetos. Es más, en el ensayo en el que muestran diferencias de activación en la cadena posterior, hay gran diferencia de fuerza entre hombres y mujeres, sin embargo, en el que no hay diferencias, la fuerza estaba igualada por parejas. Parece ser que las mujeres tienen más predisposición a utilizar más la cadena anterior y menos la posterior, cuando tienen menos nivel. Con el entrenamiento, esto se reduce.

En cuanto al tren superior, en otro experimento de Eckel y colaboradores (2017) también encontramos diferencias en la activación y en diferentes ejercicios. El peso que utilizan para el press de banca viene predeterminado por una medición sobre cuánta fuerza hacían sobre una plataforma haciendo flexiones. Con lo cual, si había una brecha de fuerza entre sexos, las mujeres iban a cargar más peso en cuanto a % del 1RM en el press de banca. De ahí las diferencias en los resultados.

A la hora de diseñar un entrenamiento para mujeres, hay que tener en cuenta la selección de ejercicios y el nivel, pues sabemos que, a menor nivel, tienen más predisposición a comportarse de forma diferente.

Para concluir, parece ser que la evidencia apunta a que, a mayor brecha de fuerza entre hombres y mujeres, más diferencias encontraremos. Si reducimos esta brecha o la eliminamos, las diferencias serían menores, se igualarían o incluso se darían al contrario, hablando siempre en valores relativos a la masa muscular y la fuerza. En valores absolutos, siempre estarán presentes ciertas diferencias antropométricas y fisiológicas que no hay que dejar pasar cuando prescribamos entrenamiento de fuerza/hipertrofia a diferentes sexos.

Aclarar también, que los autores de la revisión reconocen la limitación de sus estudios en cuanto a que los sujetos no eran iguales en fuerza/FFM. Esto aumenta en gran medida la incongruencia de resultados, creando así mucha controversia. Es necesario investigar más acerca de ello porque la evidencia es confusa y equívoca y no deja nada del todo claro.

5. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

Dado que después de haber revisado la bibliografía actual más reciente respecto a este constructo, la evidencia no es clara o tiene muchas limitaciones, cabría la opción de presentar una propuesta acerca de hacia dónde deberían dirigirse las futuras investigaciones.

Las limitaciones más comunes que presentan la evidencia actual, vienen determinadas principalmente por dos razones. La primera es porque hay una brecha de fuerza/FFM entre sexos, y lo que sugieren los artículos es que cuando esta brecha se hace más o menos pequeña, los valores relacionados con el rendimiento deportivo cambian. La segunda es que hay ciertas diferencias que van a estar presentes queramos o no, puesto que antropométricamente y fisiológicamente hay valores que no podemos cambiar. Esto repercute directamente en cómo se expresa el rendimiento deportivo y en cómo influyen las variables del entrenamiento (volumen, intensidad, recuperación) en nuestro cuerpo. Quizá los métodos que se han utilizado hasta ahora para reducir al mínimo estas diferencias (e igualar así la brecha entre sexos), no sean los adecuados, véase el estudio de Amdi CH et al. (2021), en el que para igualar el volumen en un protocolo maximal (4-6 reps hasta fallar empezando con el @ 85% del 1RM) las mujeres necesitan poner más peso para fallar (relativo a su 1RM), y por tanto hacer más series para llegar a esas 4-6 reps hasta el fallo muscular.

Quizás el objeto de la propuesta de investigación debería ir dirigido a que en un trabajo con una muestra sin diferencias en fuerza/FFM se comparen dos protocolos de entrenamiento, uno con más volumen de entrenamiento que el otro. El ejercicio sería la sentadilla, puesto que de la bibliografía actual es lo que más se utiliza, y el protocolo sería 6 repeticiones con un RIR 2 (repetitions in reserve), en los que un grupo realizaría 4 series y el otro 8 (6 RIR 2 sería la primera serie, después ese peso se mantendría para el resto de las series, intentando hacer 6 repeticiones en todas). Ambos, hombres y mujeres harían los dos protocolos en diferentes momentos, para la posterior comparación sobre cómo se comportan ambos con diferente volumen de entrenamiento. El RIR lo utilizaríamos para que sea equivalente entre hombres y mujeres, en lugar del porcentaje del 1RM. Este concepto hace alusión a las repeticiones que no hacemos, pero que podríamos llegar a realizar en una serie hasta el fallo muscular. Es decir, si seguimos el protocolo comentado anteriormente, 6 reps RIR 2, ese RIR 2 quiere decir que podríamos hacer 2 repeticiones más antes de llegar al fallo muscular, en total 8, pero sólo hacemos 6. Para dejar la subjetividad del RIR a un lado, podríamos establecer sesiones de familiarización, en las que mediríamos por un lado el 1RM basado en el protocolo establecido por Hoffman JR. (NSCA, 2012) (anexo 1), y también analizaríamos el perfil fuerza/velocidad de cada sujeto, comprobando así a qué velocidad se establece esa 6ª repetición con un RIR 2, para poder escoger bien el peso en los protocolos del estudio. Mi propuesta acerca del RIR vs porcentaje del 1RM viene motivada puesto que, aunque sometamos a ambos sexos (por ejemplo) al 80% del 1RM, sabemos que las mujeres serían capaces de hacer unas 4 repeticiones más con ese mismo porcentaje (Amdi CH. et al., 2021). Por lo tanto, aunque sea relativamente el mismo peso, no sería igual hacer 4 repeticiones que hacer 8. De hecho, lo que se ve en este estudio es justo eso, que a las mujeres les genera menos fatiga si ambos sexos hacen un 4x5 @ 80% 1RM, y que cuando ambos hacen series de entre 4-6 repeticiones hasta el fallo muscular con una carga entre el 85-92% la fatiga es similar o mayor en las mujeres, pero ellas han tenido que poner una carga más cercana al 1RM y además hacer más series previas para llegar al protocolo.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Abe, T., DeHoyos, D. V., Pollock, M. L., & Garzarella, L. (2000). Time course for strength and muscle thickness changes following upper and lower body resistance training in men and women. *European journal of applied physiology*, *81*(3), 174–180. <https://doi.org/10.1007/s004210050027>
- Amdi, C. H., Cleather, D. J., & Tallent, J. (2021). Impact of Training Protocols on Lifting Velocity Recovery in Resistance Trained Males and Females. *Sports (Basel, Switzerland)*, *9*(11), 157. <https://doi.org/10.3390/sports9110157>
- 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. *Research quarterly for exercise and sport*, *88*(2), 193–202. <https://doi.org/10.1080/02701367.2017.1300229>
- Ansdell, P., Thomas, K., Hicks, K. M., Hunter, S. K., Howatson, G., & Goodall, S. (2020). Physiological sex differences affect the integrative response to exercise: acute and chronic implications. *Experimental physiology*, *105*(12), 2007–2021. <https://doi.org/10.1113/EP088548>
- Collins, K. S., Klawitter, L. A., Waldera, R. W., Mahoney, S. J., & Christensen, B. K. (2021). Differences in Muscle Activity and Kinetics Between the Goblet Squat and Landmine Squat in Men and Women. *Journal of strength and conditioning research*, *35*(10), 2661–2668. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004094>
- Cureton, K. J., Collins, M. A., Hill, D. W., & McElhannon, F. M., Jr (1988). Muscle hypertrophy in men and women. *Medicine and science in sports and exercise*, *20*(4), 338–344. <https://doi.org/10.1249/00005768-198808000-00003>
- 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. *Frontiers in physiology*, *9*, 1480. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01480>
- Dias, R.M., Cyrino, E.S., Salvador, E., Nakamura, F.Y., Pina, F.L., & Oliveira, A.R. (2005). Impact of an eight-week weight training program on the muscular strength of men and women. *Revista Brasileira De Medicina Do Esporte*, *11*, 224-228.
- Eckel, T. L., Watkins, C. M., Archer, D. C., Wong, M. A., Arevalo, J. A., Lin, A., Coburn, J. W., Galpin, A. J., & Brown, L. E. (2017). Bench press and pushup repetitions to failure with equated load. *International Journal of Sports Science & Coaching*, *12*(5), 647–652. <https://doi.org/10.1177/1747954117733879>
- Hostler, D., Crill, M. T., Hagerman, F. C., & Staron, R. S. (2001). The effectiveness of 0.5-lb increments in progressive resistance exercise. *Journal of strength and conditioning research*, *15*(1), 86–91.
- Hubal, M. J., Gordish-Dressman, H., Thompson, P. D., Price, T. B., Hoffman, E. P., Angelopoulos, T. J., Gordon, P. M., Moyna, N. M., Pescatello, L. S., Visich, P. S., Zoeller, R. F., Seip, R. L., & Clarkson, P. M. (2005). Variability in muscle size and strength gain after unilateral resistance training. *Medicine and science in sports and exercise*, *37*(6), 964–972.
- Hoffman J. R. (2012). Athlete testing and Program Evaluation in Hoffman J. R. (Ed.), *NSCA's Guide to Program Design* (1 ed., Vol I, pp. 32-33). Human Kinetics
- Huebner, M., & Perperoglou, A. (2020). Sex differences and impact of body mass on performance from childhood to senior athletes in Olympic weightlifting. *PloS one*, *15*(9), e0238369. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0238369>

- Hunter S. K. (2016). The Relevance of Sex Differences in Performance Fatigability. *Medicine and science in sports and exercise*, 48(11), 2247–2256. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000928>
- Janssen, I., Heymsfield, S. B., Wang, Z. M., & Ross, R. (2000). Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18-88 yr. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 89(1), 81–88. <https://doi.org/10.1152/jappl.2000.89.1.81>
- Jones, M. T., Jagim, A. R., Haff, G. G., Carr, P. J., Martin, J., & Oliver, J. M. (2016). Greater Strength Drives Difference in Power between Sexes in the Conventional Deadlift Exercise. *Sports (Basel, Switzerland)*, 4(3), 43. <https://doi.org/10.3390/sports4030043>
- Jozsi, A. C., Campbell, W. W., Joseph, L., Davey, S. L., & Evans, W. J. (1999). Changes in power with resistance training in older and younger men and women. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, 54(11), M591–M596. <https://doi.org/10.1093/gerona/54.11.m591>
- Kell R. T. (2011). The influence of periodized resistance training on strength changes in men and women. *Journal of strength and conditioning research*, 25(3), 735–744. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181c69f22>
- Lundsgaard, A. M., & Kiens, B. (2014). Gender differences in skeletal muscle substrate metabolism - molecular mechanisms and insulin sensitivity. *Frontiers in endocrinology*, 5, 195. <https://doi.org/10.3389/fendo.2014.00195>
- 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. *European journal of applied physiology*, 119(11-12), 2733–2744. <https://doi.org/10.1007/s00421-019-04254-y>
- Mehls, K., Grubbs, B., Jin, Y., & Coons, J. (2022). Electromyography Comparison of Sex Differences During the Back Squat. *Journal of strength and conditioning research*, 36(2), 310–313. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000003469>
- Merrigan, J. J., White, J. B., Hu, Y. E., Stone, J. D., Oliver, J. M., & Jones, M. T. (2018). Differences in elbow extensor muscle characteristics between resistance-trained men and women. *European journal of applied physiology*, 118(11), 2359–2366. <https://doi.org/10.1007/s00421-018-3962-4>
- Nimphius, S., McBride, J. M., Rice, P. E., Goodman-Capps, C. L., & Capps, C. R. (2019). Comparison of Quadriceps and Hamstring Muscle Activity during an Isometric Squat between Strength-Matched Men and Women. *Journal of sports science & medicine*, 18(1), 101–108.
- Ribeiro, A. S., Avelar, A., Schoenfeld, B. J., Trindade, M. C., Ritti-Dias, R. M., Altimari, L. R., & Cyrino, E. S. (2014). Effect of 16 weeks of resistance training on fatigue resistance in men and women. *Journal of human kinetics*, 42, 165–174. <https://doi.org/10.2478/hukin-2014-0071>
- Roberts, B. M., Nuckols, G., & Krieger, J. W. (2020). Sex Differences in Resistance Training: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of strength and conditioning research*, 34(5), 1448–1460. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000003521>
- Roth, S. M., Ivey, F. M., Martel, G. F., Lemmer, J. T., Hurlbut, D. E., Siegel, E. L., Metter, E. J., Fleg, J. L., Fozard, J. L., Kostek, M. C., Wernick, D. M., & Hurley, B. F. (2001). Muscle size responses to strength training in young and older men and women. *Journal of the American Geriatrics Society*, 49(11), 1428–1433. <https://doi.org/10.1046/j.1532-5415.2001.4911233.x>
- Salvador, E., Dias, R.M., Gurjão, A.D., Avelar, A., Pinto, L.G., & Cyrino, E.S. (2009). Effect of eight weeks of strength training on fatigue resistance in men and women. *Isokinetics and Exercise Science*, 17, 101-106.

- Sipavičienė, S., Daniusevičiūtė, 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 research international*, 2013, 243572. <https://doi.org/10.1155/2013/243572>
- Stock, M. S., & Thompson, B. J. (2014). Sex comparisons of strength and coactivation following ten weeks of deadlift training. *Journal of musculoskeletal & neuronal interactions*, 14(3), 387–397.
- Westcott W. L. (2012). Resistance training is medicine: effects of strength training on health. *Current sports medicine reports*, 11(4), 209–216. <https://doi.org/10.1249/JSR.0b013e31825dabb8>



7. ANEXOS

ANEXO 1

Protocol for Testing Maximal Strength (1RM)

The athlete should do the following:

1. Perform a warm-up set of 10 repetitions at a resistance that is approximately 50% of the expected 1RM
2. Perform another warm-up set of 5 repetitions at a resistance that is approximately 75% of the expected 1 RM
3. Rest 3 to 5 minutes
4. Perform one repetition with a resistance that is approximately 90% to 95% of the expected 1RM
5. Rest 3 to 5 minutes
6. Attempt 1RM lift
7. Rest 3 to 5 minutes
8. If the attempt is successful, increase the resistance and attempt a new 1RM
9. Continue this protocol until failure

