PubliCE, (PubliCE) 2006

Monograph

Análisis Crítico Acerca del Debate Respecto del Entrenamiento con Series Únicas versus el Entrenamiento con Series Múltiples

Robert M Otto y Ralph N Carpinelli

RESUMEN

Varios investigadores han afirmado recientemente que una serie de meta-análisis inequívocamente respaldan la superioridad de la realización de múltiples series durante el entrenamiento de la fuerza, y que han finalizado el debate respecto de la realización de una única serie versus la realización de múltiples series. Sin embargo, nuestro análisis crítico de estos meta-análisis ha revelado numerosos errores matemáticos y estadísticos. Además, sus conclusiones son ilógicas, inconsistentes y no tienen aplicaciones prácticas para el entrenamiento de la fuerza.

Palabras Clave: entrenamiento de la fuerza, series, tamaño del efecto, meta-análisis, análisis critico

INTRODUCCION

La Asociación Nacional de Fuerza y Acondicionamiento (NSCA) (*National Strength and Conditioning Association*) recientemente declaró el final del debate respecto de la realización de una única serie versus la realización de múltiples series (1). La NSCA basó sus conclusiones en una presentación realizada por el Dr. Matthew Rhea en la Conferencia Nacional de la NSCA del 2004 titulada *La Dosis Respuesta para el Desarrollo de la Fuerza: Evidencias Científicas y Aplicaciones Prácticas*. El Dr. Rhea afirmó que las revisiones narrativas habían resultado en conclusiones conflictivas y confusas, y que sus tres meta-análisis (2-4) eran la resolución del debate establecido acerca de la realización de una única serie versus la realización de series múltiples. Este investigador anunció que el respaldo para la realización de series múltiples es más fuerte que la correlación entre el hábito de fumar y el cáncer de pulmón. De acuerdo con la NSCA, la presentación del Dr. Rhea pasó a tomar parte de la historia del entrenamiento de la fuerza y el acondicionamiento (1).

A pesar de que la NSCA afirmara que este tópico no era más un tema de debate, el Dr. Brent Alvar, quien es el mentor del Dr. Rhea y co-autor de los tres meta-análisis (2-4), realizó una presentación similar, utilizando estos tres meta-análisis y un estudio de entrenamiento (5), en un debate de punto y contrapunto acerca de la realización de una única series versus la realización de series múltiples un año después en la Conferencia Nacional de la NSCA del 2005. Este investigador afirmó que las revisiones narrativas carecían de peso científico, eran altamente susceptibles de errores y fundamentalmente realizaban evaluaciones poco válidas de la literatura. El Dr. Alvar afirmó que sus investigaciones (2-4) inequívocamente mostraban que la diferencia en la magnitud de las ganancias de la fuerza eran bastante grandes como resultado de la utilización de series múltiples durante el entrenamiento de la fuerza. Tales afirmaciones de certeza demandan la

presentación de una extraordinaria cantidad de evidencia. Debido a que el Dr. Alvar afirmó que cada uno de los tres meta-análisis requirió de dos años para terminarse, y por lo tanto la expectativa era que cada uno de estos trabajos debería haber sido reportado con precisión y meticulosidad. De esta manera, estaba garantizado el exámen minucioso de los meta-análisis en cuestión y de algunos de los estudios incluidos en estos.

Un meta-análisis es un procedimiento estadístico que combina los resultados de estudios independientes. Cada uno de los estudios incluidos en el meta-análisis debería estar dirigido a investigar cuestiones relacionadas a la investigación, tales como el efecto de la realización de una única serie versus la realización de series múltiples de entrenamiento de sobrecarga sobre la fuerza muscular. El meta-análisis requiere la conversión de los resultados de cada estudio en un parámetro denominado tamaño del efecto (*effect size*). En un intento para producir una única estimación de la efectividad de una intervención específica, se combinan los tamaños del efecto de cada estudio dentro del meta-análisis. El tamaño del efecto es el resultado de un procedimiento estadístico utilizado para calcular una estimación estandarizada respecto de cuan grande o cuan pequeña es la diferencia entre los valores pre y post entrenamiento de la variable estudiada (tal como las ganancias en la fuerza) o de la diferencia entre dos o más grupos con respecto a una variable específica. En términos estadísticos, el tamaño del efecto (ES) representa la diferencia en el número de desviaciones estándar (DE) entre las medias; en otras palabras el cociente de la diferencia entre las medias y la desviación estándar [ES=(Media 2 – Media 1)/DE]. Los estadísticos clasifican el tamaño del efecto asignando un valor de 0.2 a un efecto pequeño, 0.5 a un efecto moderado, y 0.8 a un efecto grande (6).

Los estadísticos también consideran que el meta-análisis es un tipo controversial de análisis. Esto es, un meta-análisis hereda todos los defectos de los estudios incluidos, así como también todos los problemas inherentes a las revisiones, la edición y la publicación de esos estudios. Por ejemplo, si una serie de estudios presentan sesgos similares, el único efecto del meta-análisis es reforzar los sesgos (7). La combinación de datos de baja calidad o de datos sesgados a partir de los estudios incluidos produce resultados poco confiables (8). Un meta-análisis también puede estar selectivamente sesgado (el efecto de arrastre de archivos). Esto es, los estudios que reportan hallazgos positivos (i.e., la ventaja de un protocolo de entrenamiento sobre otro) tienen una mayor probabilidad de ser publicados con respecto a aquellos que no han hallado diferencias significativas entre los protocolos (9); por ejemplo, resultados similares a partir de entrenamientos con una única serie versus series múltiples. Consecuentemente, los estudios incluidos o excluidos en el meta-análisis tienen un efecto profundo sobre las conclusiones.

Un meta-análisis confiable requiere que los datos principales de los estudios individuales sean reportados de manera consistente y con una alta calidad (8). Un meta-análisis que incluya estudios con diseños malos resultará en una estadística mala. Los investigadores que realizan meta-análisis con frecuencia son descuidados a la hora de resumir los estudios incluidos y fallan al entender los temas básicos (9). Los revisores de meta-análisis raramente, si es que alguna vez lo hacen, se toman el tiempo de revisar los estudios originales, debido a que es una tarea tediosa que demanda de mucho tiempo y que excede la capacidad y la tolerancia de la mayoría de los revisores (19). De mayor importancia aun, un meta-análisis no necesariamente excluye la posibilidad de que los resultados obtenidos en los estudios incluidos puedan ser resultado de fraudes o defectos metodológicos.

Afirmaciones espectaculares, tales como las realizadas por Rhea y sus colegas requieren de la presentación de una cantidad espectacular de evidencia. La preponderancia de estudios sugiere que no existen diferencias significativas en las ganancias de fuerza como resultado de la utilización de una única serie o de múltiples series de cada ejercicio (11-12). Por lo tanto, todo el peso de las pruebas descansa solamente en aquellas investigaciones que afirman que la utilización de series múltiples inequívocamente provocan ganancias superiores en la fuerza.

Este análisis crítico revela que los meta-análisis en cuestión (2-4) y los estudios incluidos en estos fallan en cumplir con la carga de la prueba. Asimismo, centramos nuestra atención en un tema mucho más grave que el debate acerca de la realización de una única serie versus la realización de series múltiples en el entrenamiento de la fuerza. Esto es, la comunidad de investigadores en el área del entrenamiento de la fuerza y el acondicionamiento nos deberíamos preguntar como es que estos meta-análisis con errores sobrevivieron al proceso de revisión por pares.

META-ANALISIS #1

En el meta-análisis Nº1, Rhea y sus colegas (2) afirmaron que las revisiones narrativas, tales como la revisión de Carpinelli y Otto (11) dependen solamente de la jurisdicción de los revisores, y que los meta-análisis proveen una imagen más precisa de los efectos de los tratamientos. De hecho, nosotros no poseemos ningún poder de autoridad o jurisdicción, por lo cual simplemente realizamos una descripción de las metodologías, datos, resultados y conclusiones que fueron reportados por los autores de todos los estudios que realizaron comparaciones de series únicas y de series múltiples publicados hasta ese

momento. Nosotros no llegamos a ninguna conclusión inequívoca. Esto es, confiamos en que los lectores llegaran a sus propias conclusiones acerca del entrenamiento con series únicas o con series múltiples en base a la evidencia científica disponible. Cuando se refieren a nuestra revisión, Rhea y sus colegas (2) incorrectamente referencian nuestra respuesta (13) a una carta al editor de Sport Medicine (14), y no a nuestro artículo de revisión (11).

Rhea y sus colegas (2) utilizaron los valores medios y el conjunto de las desviaciones estándar para calcular el tamaño del efecto, y designaron al entrenamiento con series únicas como el grupo control. La rotulación de un grupo de tratamiento como grupo control es algo confuso. Un verdadero grupo control es un grupo sobre el cual no se realiza un tratamiento (sin exposición a ningún tipo de intervención) que se compara con un grupo sobre el cual si se realiza una intervención tanto al comienzo como al final del estudio. Quizás los autores se estaban refiriendo a un grupo de *comparación* más que a un grupo control. Estos investigadores afirmaron que los estudios incluidos en su meta-análisis habían utilizado series únicas y series triples de entrenamiento, y que para ser clasificado como un estudio *controlado*, ambos grupos deberían haber entrenado con igual intensidad y con la misma variación en los protocolos. Su definición operacional de *intensidad* del entrenamiento fue el promedio del porcentaje de 1RM utilizado a lo largo del programa de entrenamiento. Si el grupo que realizaba series múltiples utilizaba alguna variación en el protocolo de entrenamiento, el grupo que utilizaba series únicas debía seguir una variación similar en su protocolo.

Rhea y sus colegas (2) clasificaron a los participantes como entrenados o desentrenados. Estos investigadores afirmaron que para ser clasificados como entrenados, los participantes deberían haber realizado entrenamientos de la fuerza por al menos un año antes del comienzo del estudio. Su estándar para establecer un nivel de entrenamiento es ambiguo. En realidad, el tiempo que ciertas personas le han dedicado al entrenamiento de la fuerza puede ser irrelevante respecto de su nivel de aptitud física a nivel muscular. Algunos sujetos pueden obtener una gran aptitud física y volverse muy fuertes solo después de 3-6 meses de entrenamiento de la fuerza, mientras que otros pueden continuar siendo relativamente desentrenados incluso después de varios años de entrenamiento de la fuerza. Por lo tanto, la afirmación realizada por Rhea y sus colegas acerca de que el tamaño del efecto en participantes entrenados (ES=0.55) fue significativamente mayor que el observado en participantes previamente desentrenados (ES=0.23) es confusa, y no tiene ninguna aplicación práctica para el entrenamiento de la fuerza. Quizás una medición comparativa de la aptitud muscular, en lugar del tiempo de entrenamiento, podría haber sido un mejor indicador del nivel de entrenamiento.

Rhea y sus colegas incluyeron 16 estudios (5, 15-29) en su meta-análisis número 1 (2). Nosotros asumimos que estos reportaron los efectos de la utilización de series únicas y de series múltiples por ejercicio, y no por grupos musculares, ya que estos investigadores no aclararon que es lo que reportaron en su meta-análisis. Algunos de los estudios (e.g., Berger, 15) reportaron datos y describieron los protocolos de entrenamiento y de evaluación solo para un ejercicio (press de banca con pesos libres). Berger comparó los resultados de los grupos que habían entrenado utilizando el mismo número de repeticiones, y de acuerdo con Rhea y sus colegas, una intensidad similar o un similar porcentaje de 1RM. Sin embargo, Berger no reportó diferencias significativas entre la realización de 1 serie vs. 3 series de 2 RM, 1 serie vs. 3 series de 6 RM, o 1 serie vs 3 series de 10 RM. Capen (16) reportó los datos de ocho grupos de sujetos que utilizaron diferentes combinaciones de cuatro programas de entrenamiento, diseñados con diferentes cargas (RM), series, y frecuencia de entrenamiento. Sin embargo, cuando comparó la utilización de 1 versus 3 series (grupos C y E), la intensidad fue de 8-15 RM para el grupo C y de 1 RM para el grupo E. De esta manera, el estudio de Capen no cumplía con el criterio de intensidad establecido por Rhea y sus colegas para ser incluido en su meta-análisis. De hecho, solo seis (5, 17-201, 29) de los 16 estudios incluidos cumplían realmente con el criterio de utilizar una intensidad similar (porcentaje de 1 RM) y de variación en los protocolos establecido por Rhea y sus colegas (2), y cinco de los seis estudios mencionados reportaron que no se observaron diferencias significativas en las ganancias de fuerza con la utilización de protocolos de 1 y 3 series (17-20, 29).

Rhea y sus colegas afirmaron que unos pocos estudios reportaron diferencias significativas en las ganancias de fuerza con la utilización de 1 y 3 series, citando los estudios de Berger (15), Kraemer (22) y Kraemer y colaboradores (23), los cuales fueron listados dos veces (p. 487). De hecho, como señalamos previamente, no hubo diferencias significativas en el estudio de Berger cuando este comparó intensidades similares de entrenamiento (RM); y los estudios llevados a cabo por Kraemer y por Kraemer y colaboradores no cumplían con el criterio de variación establecido por Rhea y sus colegas acerca de estudios controlados. El único estudio que cumplía con los criterios de intensidad y de variación para la inclusión en el meta-análisis (Figura 1) fue el estudio llevado a cabo por Rhea y sus colegas (5). Sin embargo, estos fallaron en identificar en su propio estudio los criterios previamente mencionados, y asimismo, que habían citado su propio estudio de manera incorrecta (2). El estudio de Rhea y sus colegas (5) mostraba diferencias significativas en una variable como resultado del entrenamiento con 1 o 3 series. Sin embargo, el siguiente análisis crítico de su estudio revela numerosos errores estadísticos.

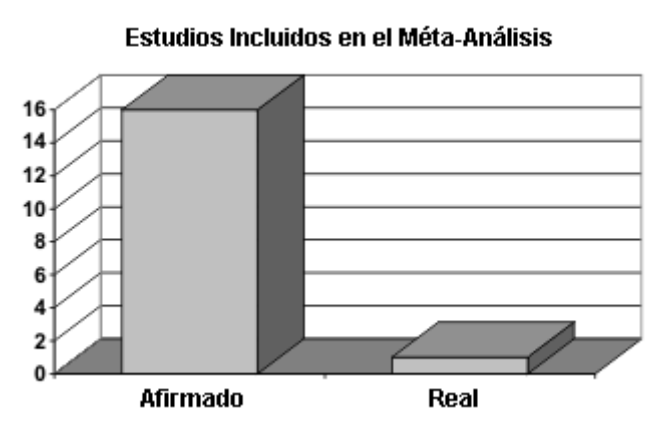


Figura 1. *Número de estudios controlados que realmente cumplían con los criterios de inclusión diseñados por Rhea et al. (2) y que mostraron diferencias significativas en las ganancias de fuerza.*

Rhea y sus colegas (5) asignaron a 16 sujetos que entrenaban de forma recreacional (edad media=21 años) con un mínimo de 2 años de experiencia en el entrenamiento de la fuerza para realizar 1 serie o 3 series en los ejercicios de press de piernas y de press de banca 3 veces por semana durante 12 semanas. No se indicó cuantas series estaban completando los sujetos antes de ser reclutados para el estudio. El diseño de este estudio falló en tener en cuenta diferentes tipos de sesgos, tales como si participantes estaban entrenando previamente con series múltiples o si los sujetos creían que las series múltiples eran superiores. Rhea y sus colegas (2) afirmaron que los sujetos con un grado avanzado de entrenamiento o los atletas competitivos requieren de la utilización de series múltiples para obtener las máximas ganancias de fuerza. Irónicamente, los sesgos potenciales son los mayores en este tipo de poblaciones.

Los niveles iniciales de fuerza en el ejercicio de press de banca fueron similares en los grupos que entrenaron con 1 y 3 series y ambos grupos mostraron un incremento significativo en la 1 RM (5). No se observaron diferencias significativas en las ganancias de fuerza entre los grupos que entrenaron con 1 y 3 series. La fuerza inicial en 1 RM en el ejercicio de press de piernas fue 19 % mayor en el grupo que entrenó con 1 series (269.04 kg) en comparación con el grupo que entrenó con 3 series (225.85 kg); sin embargo, se señaló que esta diferencia no fue estadísticamente significativa. Ambos grupos incrementaron significativamente la fuerza en 1 RM en el ejercicio de press de piernas, y la ganancia en el grupo que entrenó con 3 series fue significativamente mayor que la ganancia observada en el grupo que entrenó con 1 series. El grupo que entrenó con 3 series tuvo un incremento del 50 % en la fuerza en 1 RM en el ejercicio de press piernas (desde 225.9 a 343.5 kg) a lo largo de las 12 semanas de entrenamiento. No se observaron cambios significativos en la masa magra corporal o en el perímetro del muslo que justificaran las extraordinarias ganancias en la fuerza en estos sujetos experimentados y entrenados en la fuerza. La clasificación del nivel de entrenamiento realizada por Rhea y sus colegas (dos años de entrenamiento de la fuerza) es aparentemente un indicador muy pobre del nivel real de aptitud muscular. Ambos grupos alcanzaron niveles similares de fuerza hacia el final de las 12 semanas de entrenamiento (337.2 y 343.5 kg para los grupos que entrenaron con 1 y 3 series respectivamente). La Figura 2 muestra los valores reales absolutos de fuerza en 1 RM en las mediciones realizadas pre-, a la mitad y post-entrenamiento para ambos grupos.

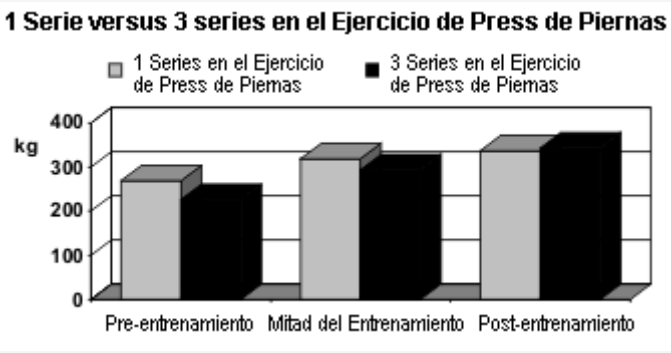


Figura 2. *Valores de 1 RM en el ejercicio de press de piernas registrados en las mediciones pre-entrenamiento, mitad del*

entrenamiento y post-entrenamiento (Rhea et al., 5).

Rhea y sus colegas (5) reportaron que la desviación estándar en el grupo que entrenó con 3 series, se incrementó unas 3.6 veces con respecto al valor inicial (desde 25.0 a 89.9), y que este valor se incrementó unas 4 veces en el grupo que entrenó con 1 serie (desde 16.8 a 69.0) entre las evaluaciones pre- y post-entrenamiento. Este incremento extremadamente grande entre los valores pre y el post-entrenamiento en las desviaciones estándar cuestiona los controles en la metodología del estudio y asimismo, si Rhea y sus colegas deberían haber considerado la utilización de estos datos para generar tamaños del efecto.

Rhea y sus colegas (2) han señalado que el tamaño del efecto es una medición de la efectividad del tratamiento. Si se utiliza el grupo que entrenó con 1 serie como grupo control (grupo de comparación), deberían haber reportado un tamaño del efecto de 2.3 para el ejercicio de press de banca y de 6.5 para el ejercicio de press de piernas (5). La medición de la efectividad respecto de la utilización de 3 series sobre la utilización de 1 serie para el ejercicio de press de banca (ES=2.3) fue al menos 3 veces mayor de los que los estadísticos (6) definen como grande (ES=0.8). Estos investigadores reportaron un tamaño del efecto para el ejercicio de press de piernas (ES=6.5) que es 8 veces mayor al que se considera un efecto grande. Esto es, las supuestas diferencias en las ganancias de fuerza entre los grupos fueron de 6.5 desviaciones estándar. En base a los datos reportados por Rhea y sus colegas (Tabla 2, p. 527) un tamaño del efecto de 6.5 requeriría una desviación estándar conjunta (denominador) de aproximadamente 7.6 (la diferencia en el incremento medio post-entrenamiento en la fuerza en 1 RM entre los grupos que entrenaron con 1 y 3 series dividido por la desviación estándar agrupada: 117.65-68.16= 49.49/7.6=6.5). Nosotros calculamos una desviación estándar agrupada de 80.1. Este valor supera en más de 10 veces la diferencia entre la desviación estándar real (DE=80.1) y la desviación estándar requerida (DE=7.6) para producir el tamaño del efecto reportado por Rhea y sus colegas (ES=6.5).

Rhea (30) ha propuesto elevar la escala para interpretar los tamaños del efecto. Esto es, al contrario de los estándares estadísticos contemporáneos, este investigador sugirió que, en los estudios relacionados con el entrenamiento de la fuerza, se debería considerar el valor de 1.5 como un efecto grande para participantes entrenados recreacionalmente en la fuerza. Sin embargo, Rhea no reportó ninguna razón respaldada con datos ni tampoco algún tipo de lógica para sus nuevos estándares. Además, aun si se validaran los elevados estándares sin respaldo propuestos, por este investigador, los extraordinariamente grandes tamaños del efecto (ES=2.3 y 6.5) reportados por Rhea y sus colegas (5) raramente, si es que alguna vez, se han reportado en la literatura científica. La Figura 3 muestra el tamaño del efecto (ES=6.5) reportado por Rhea y sus colegas en comparación con nuestra estimación del tamaño del efecto real (ES=0.62) para el ejercicio de press de piernas.

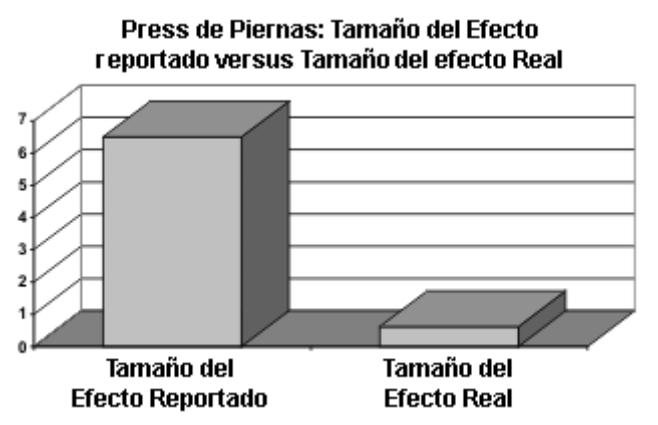


Figura 3. *Tamaño del efecto reportado por Rhea y sus colegas (5) versus nuestra estimación del tamaño del efecto comparando los porcentajes de incremento en la fuerza en 1 RM en el ejercicio de press de piernas entre los grupos que entrenaron con 1 serie y los grupos que entrenaron con 3 series.*

Interesantemente, uno de los estudios que Rhea y sus colegas (2) incluyeron en el meta-análisis Nº1, pero que realmente no cumplía con el criterio de similar variación entre los grupos que entrenaban con 1 y 3 series, fue una serie de Experimentos reportados por Kraemer (22). Los datos de esta serie de Experimentos pertenecían a una base de datos que

Kraemer había acumulado como entrenador durante al menos 15 años antes de su publicación. Las notables diferencias en los resultados de un protocolo de entrenamiento eran de 3 a 14 veces mayores que las de otro. El subtitulo de esta series de *Experimentos es Hechos por sobre Filosofía*, sin embargo, no hubo una lógica explicación fisiológica de estas extraordinarias diferencias. Debido a que estos datos inusuales (valores extremos o *outliers*) podrían sesgar críticamente los resultados estadísticos, estos deberían ser excluidos de un meta-análisis.

No obstante, vale la pena presentar la comparación de nuestros tamaños del efecto estimados a partir de los Experimentos llevados a cabo por Kraemer (22) con aquellos reportados por Rhea y sus colegas (5). Por ejemplo, en el Experimento #2, Kraemer reportó los resultados de las ganancias de fuerza para el ejercicio de press de piernas como resultado del entrenamiento de la fuerza con 1 serie (2.8 %) y con 3 series (18.9 %). El incremento en la fuerza en el ejercicio de press de piernas fue significativamente mayor en el grupo que entrenó con 3 series. Debido a que la fuerza inicial en el ejercicio de press de piernas era similar entre el grupo que entrenó con 1 series (176 kg) y el que entrenó con 3 series (175 kg), nosotros utilizamos los valores medios post-entrenamiento y agrupamos las desviaciones estándar para estimar el tamaño del efecto entre los grupos. Aunque las ganancias en la fuerza fueron más de seis veces mayores en el grupo que entrenó con 3 series (33 kg) en comparación con el grupo que entrenó con 1 serie (5 kg), nuestro tamaño del efecto estimado fue de 0.68. Desde un punto de vista práctico, un tamaño del efecto legítimo de 0.68 en atletas altamente entrenados sería extremadamente significativo. De acuerdo con Rhea (30), las diferencias en las ganancias de fuerza, en estos jugadores de fútbol americano de la División I altamente entrenados, serían clasificadas como un efecto moderado (ES= 0.50-1.0, Tabla 1, p. 919). En el estudio de Rhea y colegas (5), el grupo que entrenó con 3 series era, inicialmente, un 19 % más débil y tuvo una mejora en la fuerza para el ejercicio de press de piernas 1.7 veces mayor que el grupo que entrenó con 1 serie, y ambos grupos tuvieron desviaciones estándar dos veces más grandes que las reportadas por Kraemer (22). Rhea y sus colegas afirmaron que su tamaño del efecto fue de 6.5. Este tamaño del efecto inusualmente alto fue obviamente pasado por alto durante todo el proceso de revisión en el *Journal of Strength and Conditioning Research*.

Rhea y sus colegas (5) señalaron que el tiempo de recuperación entre las series en su estudio fue de 1-2 minutos para el grupo que entrenó con 3 series. Estos investigadores afirmaron que la duración del período de recuperación entre las series es una variable importante para provocar una sobrecarga durante el entrenamiento con series múltiples. Además citaron un libro de Zatsiorsky (31), el cual no cuenta con estudios acerca del entrenamiento de la fuerza para respaldar su teoría del corredor del entrenamiento de la fuerza. La teoría de Rhea y sus colegas es que si el tiempo entre las series no es el suficiente como para que las unidades motoras se recuperen del agotamiento, entonces se reclutan otras unidades motoras provocando una sobrecarga para la siguiente serie de ejercicio. Este escenario con la utilización de series múltiples presumiblemente sobrecarga las unidades motoras y provoca mayores adaptaciones en comparación con la utilización de un protocolo con una única serie (5). Al contrario de la teoría del corredor, el principio del tamaño, uno de los principios más respaldados de la neurofisiología (32-50) afirma que si una serie de repeticiones es llevada a cabo hasta el punto del esfuerzo máximo, las unidades motoras de un grupo específico (aquellas unidades motoras disponibles para un ejercicio específico) son reclutadas en un orden que va desde las unidades motoras más pequeñas y más fáciles de excitar hasta aquellas unidades motoras más grandes y más difíciles de excitar. Por lo tanto, durante la realización de una serie máxima de ejercicio son estimuladas todas las unidades motoras de este grupo específico y aparentemente no se requerirían series adicionales para estimular este grupo específico de unidades motoras. Las afirmaciones acerca de que el tiempo de recuperación entre las series o entre los ejercicios afectan los resultados específicos tales como el incremento en la fuerza muscular, en la potencia, en la hipertrofia o en la resistencia, carecen de respaldo científico (12).

Aunque en otro estudio llevado a cabo por Rhea y sus colegas (51) se compararon tres protocolos específicos de la llamada periodización y no la realización de series únicas versus la realización de series múltiples, un análisis crítico de este estudio claramente desafía su capacidad de reportar con precisión los resultados y las conclusiones. Estos investigadores asignaron de manera aleatoria a 60 hombres y mujeres entrenados recreacionalmente (edad media=21 años) a uno de los siguientes grupos para el entrenamiento de la resistencia muscular: periodización lineal (LP), periodización ondulada diariamente (DUP) o periodización lineal reversa (RLP). Los sujetos realizaron 3 series del ejercicio de extensiones de rodilla con 15, 20 o 25 RM (la variación específica en el protocolo dependió del grupo de tratamiento) 2 veces por semana durante 15 semanas. Todos los grupos incrementaron significativamente la resistencia muscular (repeticiones realizadas hasta el agotamiento con una carga igual al 50 % de la masa corporal). Rhea y sus colegas afirmaron que aunque el grupo RLP mostró el mayor incremento, no se observaron diferencias significativas entre los grupos. No había ninguna explicación acerca de porque Rhea y sus colegas (51) decidieron utilizar al grupo LP como el grupo control. Los investigadores afirmaron que el tamaño del efecto para el grupo RLP (ES=0.27) fue significativamente diferente del observado en los grupos LP (grupo de comparación) y DUP (ES=-0.02). Los investigadores concluyeron que si el objetivo es maximizar el incremento en la resistencia muscular, entonces se debería prescribir una periodización del tipo lineal reversa (RLP). Sin embargo, los datos mostrados en la Tabla 3 (p.85) están repletos de errores matemáticos y estadísticos, y no respaldan su conclusión acerca de que la periodización tipo RLP es superior a las periodizaciones LP y DUP.

De acuerdo con los datos presentados en la Tabla 3 de su artículo (p. 85), los grupos incrementaron el número de repeticiones entre las evaluaciones pre- y post-entrenamiento en 12.6 (LP), 12.2 (DUP) y 11.8 (RLP). Rhea y sus colegas

(51) afirmaron que los incrementos porcentuales fueron del 55.9, 54.5 y 72.8% respectivamente (72.8% no fue un error tipográfico ya que también aparece en el texto en la página 85). Sin embargo, sus propios datos (Tabla 3, p.85) revelaron que el incremento para el grupo RLP fue del 55.4%, un incremento en la resistencia muscular que fue casi idéntico al incremento observado en los otros dos grupos. Utilizando la misma metodología estadística que la que utilizaron Rhea y sus colegas (51) para calcular el tamaño del efecto con el incremento correcto en la resistencia muscular para el grupo RLP (55.4% en lugar de 72.8%), nosotros estimamos un tamaño del efecto de –0.008. En base a los datos reportados, los tres grupos en realidad mostraron ganancias similares en la resistencia muscular.

En su propuesta de cambiar la escala para evaluar los tamaños del efecto en la literatura referida al entrenamiento de la fuerza, Rhea (30) afirmó que un tamaño del efecto menor que 0.35 para individuos recreacionalmente entrenados era un valor trivial. Por lo tanto, de acuerdo con sus propios estándares, el tamaño del efecto reportado por estos investigadores, incorrectamente calculado, de 0.27 para el grupo RLP sería considerado como trivial. No existe otra descripción para un tamaño del efecto de –0.008 más que completamente insignificante. La Figura 4 muestra el incremento absoluto en la resistencia muscular (repeticiones), y compara el porcentaje de cambio reportado con el porcentaje real de cambio para los tres grupos. Rhea y sus colegas (51) deberían haberse detenido en sus resultados originales; esto es, afirmar que no hubo diferencias significativas entre los grupos.

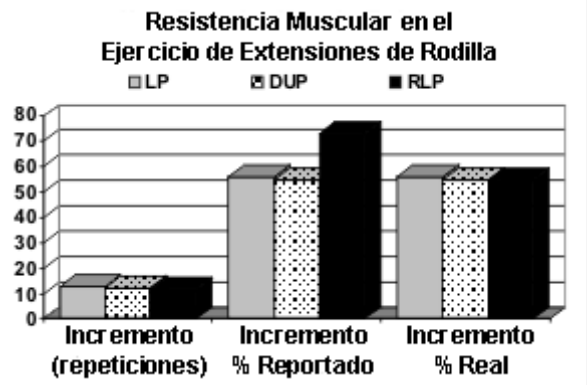


Figura 4. *Incremento absoluto en las repeticiones; incremento porcentual reportado y real (Rhea et al., 51).*

Nuestra revisión de estos dos estudios llevados a cabo por Rhea y sus colegas (5, 51) es lo que nosotros llamamos un análisis crítico. Esto es, leímos con atención el estudio, realizamos algunos cálculos matemáticos simples, tales como calcular el porcentaje de cambio en algunas variables, y determinamos si los datos reportados y los resultados respaldaban realmente los que los investigadores afirmaban en las discusiones. Para evitar que un meta-análisis herede los defectos de los estudios incluidos, un análisis critico de estos estudios debería siempre preceder a cualquier intento de meta-análisis; una tarea que se volverá más desafiante cuando se intente analizar críticamente estudios propios.

Solo uno (5) de los 16 estudios que cumplían con el criterio establecido respecto de un estudio controlado en el meta-análisis #1 (2) reportó diferencias significativas en relación a las ganancias de fuerza para un ejercicio; sin embargo, tanto el grupo que entrenó con 1 serie como el que entrenó con 3 series tuvieron niveles absolutos de fuerza similares al final del estudio. El valor medio para el tamaño del efecto en el meta-análisis #1 fue de 0.28, con una desviación estándar de 0.56 para el entrenamiento con 1 serie versus el entrenamiento con 3 series. Una desviación estándar dos veces más grande que el tamaño de la media representa datos con una enorme variación en las respuestas (ganancias de fuerza), quizás debido a diferencias en el potencial genético o a factores metodológicos pobremente controlados. También puede indicar una contradicción de la premisa estándar de la estadística paramétrica, la cual asume que la población es homogénea, y cuestiona la validez de la utilización del tamaño del efecto para estimar diferencias entre los resultados.

Rhea y sus colegas (2) concluyeron que a medida que una persona se acostumbra al entrenamiento de la fuerza, se requiere de un volumen mayor (mayor número de repeticiones) para maximizar las ganancias de fuerza. Su conclusión no está respaldada por los estudios incluidos en el meta-análisis #1. Consecuentemente, el meta-análisis #1 falló en cumplir con el peso probatorio para respaldar la inequívoca superioridad del entrenamiento con series múltiples.

META-ANÁLISIS #2

En el meta-análisis #2, Rhea y sus colegas (3) calcularon el tamaño del efecto utilizando la diferencia entre los valores medios obtenidos pre- y post-entrenamiento dividido por la desviación estándar *pre-entrenamiento*, lo que es diferente de la utilización de la desviación estándar agrupada utilizada en el meta-análisis #1 (2) y en sus dos estudios de entrenamiento (5, 51). Nosotros asumimos que cuando Rhea y sus colegas utilizaron los términos *media pre-test y desviación estándar pre-test* se referían a la media y a la desviación estándar pre-entrenamiento. No existe media o desviación estándar hasta que se hallan llevado a cabo las evaluaciones de la fuerza pre-entrenamiento.

Rhea y sus colegas han afirmado que las revisiones narrativas tales como las nuestras (11) han provocado *confusión* (presentaciones en las Conferencias Nacionales de la NCSA del 2004 y del 2005). Sin embargo, nosotros creemos que son Rhea y sus colegas los que han provocado la *confusión*, ya que cambiaron el tema de discusión de series por ejercicio; tal como en nuestra revisión (11), en su estudio de entrenamiento (5) y en el meta-análisis #1 (2), a series por grupo muscular en el meta-análisis #2 (3). De hecho, aun cuando la Declaración de Posición del ACSM acerca del entrenamiento de la fuerza (52) específicamente recomienda que el volumen de ejercicio para el incremento de la fuerza (p.372), de la hipertrofia (p.370), de la potencia (p.371) y de la resistencia (p.372) sea establecido en series por ejercicio y no en series por grupo muscular.

Rhea y sus colegas (3) no explicaron como fueron capaces de determinar los grupos musculares específicos que explicaran las ganancias en la fuerza reportadas en cada estudio. Más importante aun, no especificaron como codificaron las series por grupo muscular, esto es, los estudios que han empleado ejercicios múltiples para los músculos involucrados en el ejercicio evaluado y reportado. Por ejemplo, Berger (15) reportó sus resultados para el ejercicio de press de banca con pesos libres en nueve grupos de hombres que realizaban un programa de entrenamiento con pesas en la universidad. Los estudiantes ejecutaron diferentes combinaciones de series y repeticiones para el ejercicio de press de banca. Sin embargo, estos participantes también realizaron numerosos ejercicios diferentes en las clases de entrenamiento de la fuerza, y no se controló el número de series y repeticiones llevados a cabo con cualquiera de los otros ejercicios (53). Consecuentemente, algunos de los individuos que ejecutaron 3 series de repeticiones en el ejercicio de press de banca podrían estar realizando cualquier número de series y repeticiones en otros ejercicios tales como press militar, press de tríceps, y fondos en paralela, los cuales estresan el músculo tríceps. En efecto, algunos de los individuos pertenecientes a cualquiera de los tres grupos que entrenaron con 3 series podrían haber estado realizando 3 series o más para cada uno de los otros tres ejercicios que involucran al tríceps, y de esta manera estarían estresando al grupo muscular del tríceps, uno de los músculos principales en el ejercicio de press de banca, 12 veces o más. Otros individuos en el mismo grupo podrían haber estado realizando 1 serie de cada uno de los otros tres ejercicios que involucran al tríceps, dando un total de 6 series para el tríceps. Asimismo, el protocolo utilizado para estos otros ejercicios pudo haber variado de sesión a sesión. El punto es que Rhea y sus colegas no explicaron como fueron capaces de codificar el estudio de Berger, o cualquiera de los estudios incluidos en su meta-análisis, respecto del número de series por grupo muscular.

Rhea y sus colegas (3) describieron su interpretación de la *intensidad* como el *porcentaje promedio de 1RM*, lo que fue igual al concepto utilizado en el meta-análisis #1 (2). La *frecuencia* fue descrita como el número de veces por semana que se entrenaba un grupo muscular en particular. Los participantes debían haber realizado entrenamientos de la fuerza por al menos un año antes de participar en el estudio, para que estos fueran clasificados como entrenados. Al igual que en el meta-análisis #1 nosotros creemos que esta clasificación del nivel de entrenamiento (período de tiempo) es ambigua.

Rhea (54) señaló que una fuente potencial de sesgo en la investigación es la excesiva dependencia en las investigaciones publicadas. Este investigador recomendó que tanto los estudios publicados como los no publicados deberían ser incluidos en un meta-análisis. Rhea y sus colegas (3) afirmaron que ellos llevaron a cabo una búsqueda de estudios, con intervención de entrenamiento de la fuerza, publicados y no publicados. Sin embargo, no hay ninguna indicación en su narración o en la sección de referencias de cualquier estudio no publicado, de los criterios de inclusión y de exclusión para estos estudios o de cuantos estudios no publicados encontraron en su búsqueda.

Rhea y sus colegas (3) citaron el previamente mencionado estudio de Berger (15), el cual también estuvo incluido en el meta-análisis #1 (2). Estos investigadores afirmaron que este es uno de los estudios científicos más notables, y que el estudio demostraba como diferentes volúmenes e intensidades de entrenamiento provocaban diferentes incrementos en la fuerza. Sin embargo, los resultados reportados por Berger no respaldan esta afirmación. Berger reportó nueve comparaciones entre grupos que realizaron el mismo número de repeticiones (dos, seis o diez) en 1, 2 o 3 series. Siete de sus comparaciones no mostraron diferencias significativas en las ganancias de la fuerza. Curiosamente, la realización de 3 series de 6 repeticiones fueron significativamente mejores que la realización de 2 series de 6 repeticiones, pero no significativamente mejores que la realización de 1 serie de 6 repeticiones; y no se observaron diferencias significativas entre la realización de 1 series y de 2 series. Esto es, no se observa un patrón lógico en los resultados (53). Quizás las dos

pequeñas diferencias, aunque estadísticamente significativas, de las nueve reportadas por Berger, se debieron simplemente al azar. Nosotros estimamos el tamaño del efecto para cada uno de los tres grupos del estudio de Berger que realizaban un número similar de repeticiones (dos, seis, o diez), lo cual, de acuerdo con Rhea y sus colegas, denota una *intensidad* similar de entrenamiento. Los tamaños del efecto para la realización de 3 series versus la realización de 1 serie de 2, 6 y 10 repeticiones fueron 0.23, 0.21 y 0.12, respectivamente, para los sujetos de sexo masculino previamente desentrenados del estudio de Berger. Los estadísticos (6) clasifican estos tamaños del efecto como pequeños. De acuerdo con la clasificación propuesta por Rhea (30), estos tamaños del efecto son triviales.

Berger (15), y Rhea y colegas (3) afirmaron que la realización de 3 series de 6 repeticiones resultaba en las mayores ganancias de fuerza. De hecho, Berger reportó haber utilizado el análisis de covarianza para evaluar cualquier interacción significativa entre series y repeticiones. Este investigador reportó que los resultados para esta interacción no fueron significativos para ninguno de los períodos de entrenamiento. Esto es, la realización de 1, 2 o 3 series no fue sistemáticamente mejor con 2, 6 o 10 repeticiones, para provocar incrementos en la fuerza. La conclusión #6 de Berger establece que el entrenamiento con 1, 2 o 3 series combinando discretamente 2, 6 o 10 repeticiones por serie (interacción) no fue sistemáticamente más efectiva para provocar mejoras en la fuerza en comparación con otras combinaciones de series y repeticiones. La afirmación de Berger está respaldada por su análisis estadístico. Sin embargo, la conclusión #7 de Berger (la última oración de su estudio, p.181) establece que la combinación de 6RM en 3 series fue más efectiva para mejorar la fuerza que cualquier otra combinación de series y repeticiones. La Conclusión #7 de Berger no está respaldada por sus propios análisis estadísticos. En realidad contradice su Conclusión #6 y la afirmación de Rhea y colegas.

Como se mencionara previamente, el estudio de Berger (15) estuvo repleto de variables con el potencial de generar resultados confusos, tales como no controlar las series, repeticiones y el esfuerzo de cualquiera de los otros ejercicios que involucraban los músculos tríceps, pectoral mayor y deltoides, que los entrenados novatos podrían estar utilizando en sus clases de entrenamiento de la fuerza en la universidad (53). Estos defectos metodológicos deberían haber provisto evidencia suficiente como para que Rhea y sus colegas (3) clasificaran al estudio de Berger como un estudio a excluir en lugar de incluirlo en su meta-análisis. Interesantemente, en un meta-análisis llevado a cabo por un grupo diferente de investigadores (55), el estudio de Berger no alcanzó los criterios de inclusión, debido a que los autores también señalaron que el estudio no estaba bien controlado. Rhea y sus colegas (3) incluyeron uno de los estudios de seguimiento llevado a cabo por Berger (56) en su meta-análisis #2, pero no incluyeron el otro estudio realizado por el mismo autor (57). Ambos estudios de seguimiento llevados a cabo por Berger reportaron que no se observaron diferencias significativas en las ganancias de fuerza como resultado del entrenamiento con 3 series o con 6 series para el ejercicio de press de banca con pesos libres (56), o entre la utilización de 1, 2 o 3 series para el ejercicio de press de banca (57).

En el meta-análisis #2 (3) se incluyeron ocho estudios de entrenamiento de la fuerza del grupo de investigadores del Dr. Hurley (58-65). Estos estudios reportaron diferentes beneficios del entrenamiento de la fuerza relacionados con la salud. Con la excepción de un estudio (59) que utilizó un programa en donde se realizaban 5 series (9 semanas de entrenamiento solo para el tren inferior), los protocolos de entrenamiento utilizados en todos los estudios eran similares: 1 serie para cada ejercicio del tren superior, 2 series para cada ejercicio del tren inferior. Todos los estudios estuvieron bien controlados, supervisados y su duración (4-6 meses) fue mayor a la observada en la mayoría de los estudios de entrenamiento de la fuerza. Los resultados fueron reportados para los ejercicios que utilizaron 1 serie y 2 series dentro de toda la muestra, en lugar de realizar una comparación entre los diferentes grupos de entrenados. Las ganancias de fuerza fueron similares como resultado del entrenamiento con 1 o 2 series. Sin embargo, hay al menos otros 12 estudios (66-77) llevados a cabo por el grupo de investigadores del Dr. Hurley que siguieron el mismo protocolo de entrenamiento. La ganancia promedio de fuerza en los 19 estudios (58, 60-77) fue del 41.7% para el entrenamiento con 1 serie (tren superior) y del 38.6% para el entrenamiento con 2 series (tren inferior). La ganancia de fuerza en el tren inferior fue del 31.5% para los sujetos del estudio en donde se utilizaron 5 series (59). Rhea y sus colegas (3) no hicieron mención de la exclusión de estos 12 estudios adicionales en su meta-análisis.

Existen varios ejemplos muy importantes, y muy simples, para mostrar que el meta-análisis #2 es ilógico y poco práctico. En la Tabla 1 (p.458), Rhea y sus colegas (3) reportaron un tamaño del efecto de 2.8 como resultado del entrenamiento con una intensidad promedio del 60 % de 1 RM y un tamaño del efecto de 1.2 como resultado del entrenamiento con una intensidad del 70 % de 1 RM. Esto es, asumiendo que el esfuerzo puesto en el entrenamiento por sujetos previamente desentrenados fuera similar en ambas situaciones (e.g., fatiga muscular), el tamaño del efecto con una intensidad de entrenamiento igual correspondiente al 60 % de 1 RM fue 2.3 veces mayor que el tamaño del efecto como resultado del entrenamiento al 70 % de 1RM (un diferencia de 1.6 desviaciones estándar). Además, la variación en el porcentaje de 1 RM puede estar entre el 45-75% cuando el promedio es del 60 % de 1RM, con algunos períodos de entrenamiento al 45 % de 1 RM y otros sobrepasando la siguiente categoría (70 % de 1RM). No existe ningún mecanismo fisiológico conocido que pueda explicar el patrón de los resultados reportados. Rhea y sus colegas no explicaron este punto.

Rhea y colegas (3) reportaron tamaños del efecto de 1.75, 1.94 y 2.28 para la realización de 2, 3, y 4 series por grupo muscular en poblaciones previamente desentrenadas, pero fallaron al indicar si había alguna diferencia significativa en el

tamaño del efecto entre estos protocolos. Cinco series por grupo muscular provocaron un tamaño del efecto de 1.34, casi una desviación estándar por debajo de la utilización de 4 series (ES=2.8). El significado de esto es que un protocolo que utilice 1 serie para los ejercicios de press de banca, press militar, press para el tríceps, y fondos en paralela en poblaciones previamente desentrenadas provoca las mayores ganancias de fuerza en el tríceps; pero la adición de solo una serie más de estos ejercicios o la adición de solo un ejercicio más para el tríceps reduciría el efecto de entrenamiento en casi una desviación estándar. Las conclusiones de Rhea y sus colegas son ilógicas y no tienen ninguna aplicación práctica para el entrenamiento de la fuerza.

Los datos reportados por Rhea y sus colegas (3) para entrenados avanzados también son ilógicas desde un aspecto práctico. Estos investigadores afirman que el entrenamiento con una intensidad promedio del 80% de 1 RM resultó en un tamaño del efecto (ES=1.8) que fue casi tres veces mayores que el observado utilizando una intensidad del 85 % de 1 RM (ES=0.65). Sus datos aparentemente sugieren que si una RM promedio es de 100 kg para un ejercicio específico, y el entrenamiento implica la realización de 8 RM con 80 kg, lo que corresponde a una intensidad del 80 % de 1 RM según lo estimado por Rhea y sus colegas (e.g., con una variación de la intensidad entre el 70-90 % de 1 RM), entonces el efecto sobre las ganancias de fuerza es 2.8 veces mayor (más de una desviación estándar de diferencia) que realizar el mismo ejercicio específico con una carga promedio de 85 kg (85 % de 1RM, aproximadamente 6-7 RM). No existe mecanismo fisiológico conocido que pueda explicar esta gran diferencia en los resultados como producto de un cambio relativamente pequeño (5%) en la carga (Figura 5). Rhea y sus colegas no explicaron este tema. Además, la aplicación práctica de un *porcentaje promedio de 1RM* también es cuestionable y no fue tratado por Rhea y sus colegas. Por ejemplo, entrenar tres veces por semana con una intensidad promedio del 80 % de 1 RM podría referirse a entrenar con 1 serie por cada músculo específico en cada una de las tres sesiones utilizando el 78, 80 y 82 % de 1 RM (promedio=80 % de 1 RM), o con 3 series para el grupo muscular con el 65, 80 y 95% de 1RM (promedio=80 % de 1 RM); o a alguna combinación de estos ejemplos. Quizás Rhea y sus colegas insinúan que debido a que ellos afirman que los resultados son dependientes de un porcentaje específico de 1 RM, entonces los sujetos deberían evaluar su 1 RM cada semana o quizás en cada sesión de entrenamiento para cada grupo muscular. Estos investigadores no explicaron como se determinaba el porcentaje promedio de 1 RM o cuales eran las aplicaciones prácticas para el entrenamiento de la fuerza.

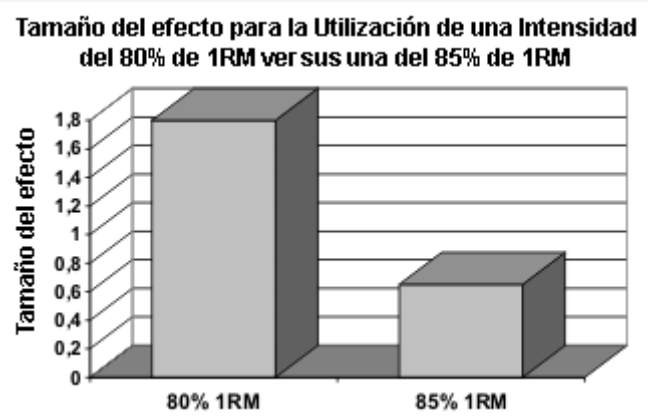


Figura 5. *Rhea et al. (3) afirman que el tamaño del efecto para el incremento de la fuerza fue 2.8 veces mayor (> a 1 desviación estándar) como resultado de entrenar con una intensidad promedio del 80% de 1RM versus una intensidad promedio del 85% de 1RM.*

Rhea y sus colegas (3) reportaron que el entrenamiento de cada grupo muscular 2 veces por semana provocó un tamaño del efecto de 1.4 para las ganancias en la fuerza, lo cual fue dos veces mayor que el observado con entrenamientos realizados 3 veces por semana (ES=0.70). Su explicación para esta diferencia fue que un mayor volumen de entrenamiento, lo cual es común en las intervenciones de entrenamiento para poblaciones entrenadas, es más exigente en comparación con los programas con un menor volumen y requieren de mayor tiempo de recuperación entre las sesiones. Sin embargo, nosotros no coincidimos con su explicación acerca de que las poblaciones previamente desentrenadas deberían realizar tres sesiones semanales simplemente debido a que las sesiones son menos exigentes. Nosotros no conocemos ninguna evidencia que sugiera que 4 series de 12 RM (60 % de 1 RM) realizadas 3 veces por semana sean menos exigentes que 4 series de 8 RM (80 % de 1 RM) realizadas 2 veces por semana. Cada serie en ambos protocolos son igualmente exigentes; esto es, el esfuerzo implicado para completar cada serie es máximo, como lo señala la designación de repetición máxima (RM) propuesta por Rhea y sus colegas. El volumen de entrenamiento de cada sesión, para aquellos que realmente creen que el volumen es significativo, es también similar en ambos protocolos. Por ejemplo, si la fuerza en

1RM para un ejercicio específico es de 100 kg, entonces 4 series de 8 repeticiones con 80 kg (80% de 1RM) producen un volumen de la sesión de 2560 unidades; y 4 series de 12 repeticiones con 60 kg (60% de 1RM) producen un volumen de la sesión de 2880 unidades. Rhea y sus colegas no citaron ninguna evidencia que respaldara su afirmación acerca de que un protocolo era más o menos exigente que el otro.

Rhea y sus colegas (3) también afirmaron que el entrenamiento que va más allá de los protocolos que utilizan una única serie provocan incrementos adicionales en la fuerza. Sus datos para entrenados avanzados (Tabla 3, p.458) muestran tamaños del efecto de 0.92, 1.0 y 1.17 para la realización de 2, 3 y 4 series por grupo muscular. No hay análisis estadísticos reportados de las diferencias entre estos tamaños del efecto; y por lo tanto, cualquier conclusión realizada a partir de estos datos es cuestionable.

Interesantemente, Rhea y sus colegas (3) concluyeron que la prescripción de programas de entrenamiento para la fuerza es un proceso complejo que implica la manipulación de cada una de las variables del entrenamiento de la fuerza. En contraste, nosotros hemos reportado previamente que la compleja manipulación de cualquier variable relacionada con el entrenamiento de la fuerza en un intento de incrementar las ganancias de fuerza, hipertrofia, potencia o resistencia en personas entrenadas novatas, y personas de nivel intermedio o avanzado se basa principalmente en opiniones no fundamentadas, y carece de evidencia científica substancial para su respaldo. Nosotros respaldamos nuestra conclusión en un análisis crítico de los estudios disponibles acerca del entrenamiento de la fuerza (12).

Rhea y sus colegas (3) concluyeron que la progresión (continuación de las adaptaciones a través del tiempo) es dependiente de la variación (la llamada *periodización*), del trabajo adicional (volumen), y de una mayor intensidad (mayor porcentaje de 1 RM). Estas conclusiones reportadas por Rhea y sus colegas son ilógicas, sin fundamentos y no tienen una aplicación práctica razonable para el entrenamiento de la fuerza.

META-ANÁLISIS #3

Peterson et al. (4) afirmaron que la Declaración de Posición del ACSM del 2002 sobre el entrenamiento de la fuerza (52) examinó, afirmó y reforzó las investigaciones que establecían los principios requeridos para la obtención de ganancias óptimas de fuerza. Estos autores alegaron que la alteración crónica de la carga, las repeticiones, las series, los períodos de recuperación y la selección de los ejercicios son los prerrequisitos para el diseño de un programa progresivo para el entrenamiento de la fuerza. Además los autores afirmaron que a medida que se incrementa la experiencia de entrenamiento, debe haber un incremento en el volumen y en la intensidad, así como también un continuum en las adaptaciones al entrenamiento correspondiente a poblaciones específicas. Estas adaptaciones están basadas en el nivel de entrenamiento (experiencia). La Declaración de Posición del ACSM fue la única referencia citada en un intento de respaldar todas estas afirmaciones realizadas por Peterson y sus colegas.

Peterson y sus colegas (4) afirmaron que el meta-análisis #2 (3) es crítico respecto al cuerpo de investigaciones, debido a que se identificaron datos objetivos acerca de la dosis óptima de entrenamiento que produce las máximas ganancias de fuerza en poblaciones previamente desentrenadas y entrenadas; es decir, esencialmente eliminó la ambigüedad que rodea las variables fundamentales del entrenamiento en poblaciones específicas, maximizando de esta manera las potenciales adaptaciones; y que el meta-análisis #2 respaldaba fuertemente la Declaración de Posición del ACSM (52). Nuestro análisis crítico (12) de la Declaración de Posición del ACSM reveló que todas las afirmaciones previamente mencionadas eran principalmente insubstanciales. Esto es, el ACSM falló en cubrir el peso de las pruebas requerido para un documento científico. De hecho, los Lineamientos para la Prescripción y Evaluación del Ejercicio del ACSM recientemente publicados (2005) (78) son inconsistentes con los publicadas en la Declaración de Posición del ACSM del 2002. Los nuevos lineamientos del ACSM recomiendan la realización de una serie para cada uno de 8-10 ejercicios (p.158); y establece que la mayoría de la evidencia reporta ganancias similares en la fuerza muscular, hipertrofia, potencia y resistencia como resultado de la utilización de programas que utilizan una única serie y que utilizan series múltiples (p.157). Los lineamientos del ACSM también señalan que para cualquier rango de repeticiones realizadas comúnmente tal como 3-6, 6-10, 10-12 (i.e., porcentaje de 1RM), lo cual fue definido como *intensidad* por Rhea y sus colegas (2-4), hay una falta de evidencia científica para sugerir que un número específico de repeticiones (*intensidad*) provocará respuestas superiores respecto de las adaptaciones específicas tales como fuerza, hipertrofia, o resistencia muscular (p.156). Contrariamente a la definición de *intensidad* propuesta por Rhea y sus colegas, los nuevos Lineamientos del ACSM definen la intensidad como el grado de esfuerzo o dificultad para realizar un ejercicio. La realización de 3 RM, 10 RM, y 15 RM, resultarán todas en una intensidad similar, lo cual queda indicado por el término repetición máxima (RM), y la utilización de un porcentaje de 1 RM no describe una verdadera medición de la intensidad (p.156). Más importante aun, los Lineamientos (78) señalan que hay muy poca evidencia científica para sugerir que el estímulo para mejorar la fuerza muscular en poblaciones entrenadas en la fuerza es diferente del que se deba utilizar en poblaciones previamente desentrenadas (p.158).

Peterson y sus colegas (4) calcularon el tamaño del efecto utilizando los valores medios post-entrenamiento menos los valores medios pre-entrenamiento dividido por la desviación estándar pre-entrenamiento. De acuerdo con Thomas et al. (79) es recomendable la utilización de la desviación estándar agrupada cuando no hay un grupo control. El Dr. Alvar señaló en su presentación del 2005 en la NSCA que el Dr. Thomas es el profesor de metodología de la investigación que guió a su grupo a través de los tres meta-análisis (2-4), y afirmó que el Dr. Landers, uno de los coautores del Dr. Thomas, es el gurú de la investigación meta-analítica. Sin embargo, muchos de los estudios en el meta-análisis #2 (3) y #3 (4), tales como los previamente discutidos estudios de Berger (15) y Kraemer (22), no tenían grupo control. De acuerdo con sus propios consejeros estadísticos, la ausencia de un grupo control en estos estudios requería la utilización de la desviación estándar agrupada en lugar de la desviación estándar pre-entrenamiento utilizada por Peterson y sus colegas (4).

Peterson y sus colegas (4) afirmaron que debido a la progresión diseñada en la Declaración de Posición del ACSM (52), la dosis respuesta para el entrenamiento de la fuerza en atletas entrenados difiere de las poblaciones menos entrenadas. Estos investigadores definieron la población demográfica en su meta-análisis #3 como atletas competitivos de nivel universitario o profesional. Sin embargo, no proveyeron explicación alguna acerca de cómo diferenciar entre aquellos deportistas avanzados altamente entrenados, cuyos objetivos son obtener las mayores ganancias de fuerza y de hipertrofia muscular dentro de las limitaciones de su potencial genético, y aquellos atletas competitivos de nivel universitario o profesional, que pueden tener una muy limitada experiencia en el entrenamiento de la fuerza, o pueden no tener ninguna experiencia. La falta de un parámetro que identifique las diferencias fisiológicas objetivas entre estos grupos delineados arbitrariamente dificulta cualquier conclusión acerca de la respuesta diferencial a un volumen o intensidad especifico de entrenamiento.

Uno de los criterios para la inclusión de los estudios en el meta-análisis #3 fue que los participantes en los estudios debían haber sido atletas competitivos de nivel universitario o profesional. Sin embargo, al menos nueve (80-88) de los estudios incluidos por Peterson y sus colegas, involucraban sujetos que no habían realizado entrenamientos de la fuerza en los 3 (83), 6 (88) o 12 meses (85) previos al estudio, sujetos que no tenían experiencia previa con el entrenamiento de la fuerza (80, 82, 84, 86) o no había indicación de que los sujetos tenían experiencia previa con el entrenamiento de la fuerza (81, 87). Peterson y sus colegas no propusieron ninguna hipótesis fisiológica que explicara como estos atletas competitivos hombres y mujeres de diferentes deportes (fútbol, esquí, carreras, tenis, béisbol, atletismo de pista y campo, basquetbol, lacrosse), quienes no estaban realizando ningún tipo de entrenamiento de la fuerza antes del estudio de intervención, respondieron de forma diferente a los entrenados novatos en la fuerza.

La mayoría de los estudios incluidos en el meta-análisis #3 (4) no compararon diferentes protocolos de entrenamiento (e.g., 1 serie versus series múltiples). Estos simplemente reportaban los efectos de un protocolo específico, o el efecto de un protocolo específico con y sin suplementación dietaria sobre los diferentes resultados. Una de las referencias de Peterson y sus colegas listada como estudio de entrenamiento, la cual fue incluida en su meta-análisis, es en realidad un libro (89). Otro de los estudios incluidos (23) no involucraba a atletas competitivos de nivel universitario o profesional. Kraemer et al. clasificaron a los sujetos de sexo masculino como atletas recreacionales moderadamente entrenados en la fuerza, debido a que fueron capaces de realizar sentadillas con una carga al menos igual a su peso corporal. El incremento en la fuerza para el ejercicio de sentadilla fue significativamente mayor para los grupos que entrenaron con series múltiples en comparación con el grupo que entrenó con una única serie. Aunque este estudio fue incluido en el meta-análisis #3, los participantes no cumplían con el criterio específico (atletas competitivos) establecido para la inclusión por Peterson y sus colegas.

En contraste, un notable estudio de Ostrowski et al. (90) no fue incluido en el meta-análisis #3 (4). No se describía a los participantes como atletas competitivos de nivel profesional o universitario, pero estaban tan calificados para la inclusión en el meta-análisis #3 como los sujetos del estudio de Kraemer et al. (23). Esto es, los participantes en el estudio de Ostrowski y colegas podían realizar el ejercicio de press de banca con una carga al menos igual al 100% su masa corporal y sentadillas con una carga igual al 130% de su masa corporal. Los sujetos de este estudio fueron asignados aleatoriamente a realizar 1, 2 o 4 series hasta la fatiga muscular para cada ejercicio, las cuales se realizaron con pesos libres y con máquinas (2, 6 y 12 series por grupo muscular por semana). Todos los sujetos siguieron una rutina partida (2 días para el tren superior y 2 días para el tren inferior en cada semana) durante 10 semanas, con una variación similar en la RM y en los períodos de recuperación entre los tres grupos. La única diferencia en las variables de entrenamiento entre los tres grupos fue el número de series. Hubo un incremento significativo en la fuerza en 1RM en los ejercicios de press de banca y sentadilla, en la hipertrofia y en la masa corporal, y no se observaron diferencias significativas entre los grupos que estaban realizando 1, 2 o 3 series por ejercicio (3, 6 o 12 series por grupo muscular). Similarmente al estudio de Kraemer y colegas, el estudio de Ostrowski y colegas cumplía con los otros criterios de inclusión para el meta-análisis #3: intervención de entrenamiento de la fuerza y los datos requeridos para calcular los tamaños del efecto. Así y todo, el estudio de Ostrowski y colegas curiosamente no fue incluido en el meta-análisis #3. Aparentemente, Peterson y sus colegas incluyeron estudios que respaldaban sus creencias predeterminadas y excluyeron intencionalmente aquellos estudios cuyos resultados entraban en conflicto con sus opiniones respecto del entrenamiento de la fuerza.

Peterson y sus colegas (4) afirmaron que las ganancias máximas en la fuerza son provocadas como resultado de realizar 8 series por grupo muscular durante cada sesión de entrenamiento, lo cual es el doble de series que el que Rhea y sus colegas reportaron en el meta-análisis #2 (3). De manera similar al meta-análisis #2, estos investigadores no indicaron como codificaron el número de series por grupo muscular. Por ejemplo, algunos de los estudios incluidos fueron las series de Experimentos de Kraemer previamente discutidos (22). En el Experimento #2, Kraemer reportó incrementos en la fuerza para el ejercicio de press de banca. Si el grupo muscular codificado por Peterson y sus colegas fue el pectoral mayor, entonces este grupo muscular era el músculo principal en dos ejercicios de entrenamiento (el press de banca y las aperturas) involucrado en la evaluación del press de banca, con un total de 2 series por grupo muscular por sesión en el grupo que supuestamente entrenaba con 1 serie. Si el músculo codificado era el deltoides mayor, entonces los ejercicios de press de banca, aperturas, vuelos laterales y press militar, estaban contribuyendo durante la evaluación del press de banca, con un total de 4 series por grupo muscular por sesión para el grupo que entrenaba con 1 serie. Para el grupo que entrenaba con 3 series, el volumen de cada sesión sería de 6 series para el músculo pectoral mayor y de 12 series para el deltoides. Peterson y sus colegas no indicaron que músculos estaban codificando ni tampoco explicaron las razones de su elección.

Peterson y sus colegas (4) también afirmaron que sus *inequívocos* datos demostraban los beneficios adicionales sobre la fuerza de entrenar con grandes volúmenes. Sin embargo, su Tabla 2 (p.379) reveló la falta de cualquier patrón para la efectividad del número de series por grupo muscular. Los tamaños del efecto para la realización de 4, 5, 6 y 8 series por grupo muscular fueron 0.90, 0.64, 0.68 y 1.22 respectivamente. En la sección de los Métodos de su artículo (p.378), Peterson y sus colegas afirmaron que se utilizó el análisis de varianza para comparar las diferencias en los tamaños del efecto por variable y por protocolo de entrenamiento, con un nivel de significancia establecido a $p<0.05$. Sin embargo, no reportaron diferencias significativas entre los tamaños del efecto.

Además, su Tabla 2 (p.379) reveló un tamaño del efecto medio de 1.22 para la realización de 8 series por grupo muscular, el cual fue generado a partir de solo 6 tamaños del efecto. Peterson y sus colegas (4) no indicaron la fuente de estos tamaños del efecto o cuantos estudios produjeron estos datos. Estos investigadores pueden haber calculado seis tamaños del efecto a partir de solo uno de los varios estudios previamente discutidos de entrenamiento (80-88), los cuales involucraban atletas competitivos con poca o ninguna experiencia previa en el entrenamiento de la fuerza (entrenados novatos). Estos investigadores también reportaron un menor efecto medio para el grupo que entrenó con 12 series por grupo muscular (ES=0.69) el cual fue determinado a partir de 46 tamaños del efecto, seguido de un mayor tamaño del efecto medio para el grupo que entrenó con 14 series por grupo muscular, el cual fue derivado a partir de 8 tamaños del efecto (Tabla 2, p.379). No hubo ningún reporte acerca de comparaciones estadísticas entre los efectos medios para el grupo que entrenó con 8 series por grupo muscular (ES=1.22), y el grupo que entrenó con 14 series por grupo muscular (ES=1.06). Más importante, no intentaron explicar este patrón de un menor, y luego un mayor, tamaño del efecto medio con el incremento en el volumen de entrenamiento. Este inexplicable patrón de respuesta también fue ilustrado en la Figura 3 de su artículo (p.379) y fue incorrectamente referido como Figura 1 por Peterson y sus colegas.

En otro intento de respaldar su filosofía de alto volumen de entrenamiento, Peterson y sus colegas (4) afirmaron que los sujetos experimentados se adaptan a un bajo volumen de entrenamiento y necesitan incrementar el volumen de entrenamiento para poder provocar una sobrecarga continua sobre su sistema neuromuscular (p.380). Estos investigadores citaron la previamente discutida y desacreditada Declaración de Posición del ACSM (52) y un estudio de entrenamiento llevado a cabo por Hakkinen et al. (91). Luego de entrenar los extensores de la rodilla en 11 hombres físicamente activos durante 24 semanas, Hakkinen y colegas especularon que durante entrenamientos de la fuerza muy *intensos*, son los factores neurales los responsables principales de las ganancias de fuerza, con alguna contribución de la hipertrofia muscular inducida por el entrenamiento. Hubo una reducción significativa en la activación neural durante el entrenamiento de baja intensidad y con la finalización del entrenamiento. Estos investigadores enfatizaron la importancia de la *intensidad* del entrenamiento para maximizar la activación neural en sujetos con experiencia previa en el entrenamiento de la fuerza. Solo hubo un grupo de entrenamiento; esto es, no hubo comparación entre entrenamientos de la fuerza de bajo y alto volumen, y Hakkinen y sus colegas no realizaron ninguna sugerencia o especulación acerca de que se requiere de un alto volumen de entrenamiento con atletas experimentados.

Contrariamente a la afirmación realizada por Peterson y sus colegas (4) de que acerca de que hay una tendencia al incremento de la fuerza cuando se utiliza un mayor porcentaje de 1 RM, el cual puede ser de hasta el 85 % de 1RM, sus datos (Tabla 3, p.379) fallaron en respaldar dicha afirmación. Los tamaños del efecto para el entrenamiento con el 70, 75, 80 y 85% de 1 RM fueron 0.07, 0.73, 0.57 y 1.12 respectivamente. Esto es, el tamaño del efecto fue 10 veces mayor para el entrenamiento con el 75 % de 1RM que para el entrenamiento con el 70% de 1 RM, se redujo para el entrenamiento con el 80% de 1 RM y luego se duplicó para el entrenamiento con el 85% de 1 RM. Sus datos también implican el improbable argumento de que entrenar al 70% de 1RM hasta la fatiga muscular no tiene efectos sobre las ganancias de fuerza (Figura 6). No existe hipótesis fisiológica para explicar porque una diferencia de solo el 5% en la carga, realizada con una o dos repeticiones más o con una o dos repeticiones menos, y con un esfuerzo similar, provocaría tales diferencias en los resultados. Peterson y sus colegas no abordaron este tema.

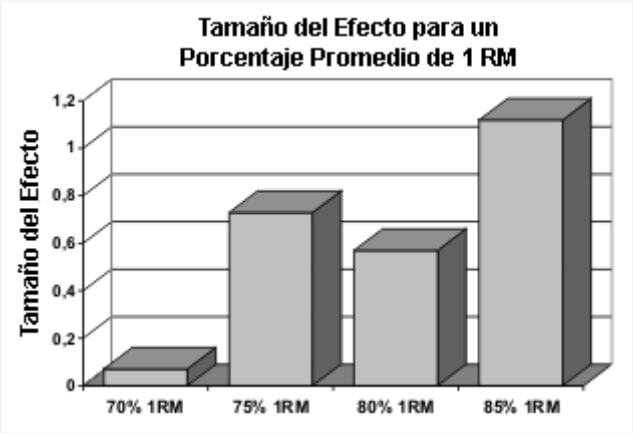


Figura 6. *Tamaños del efecto reportados por Peterson et al. (4) como resultado del entrenamiento con diferentes porcentajes de 1RM.*

Más importante, cuando se comparan estos tamaños del efecto con aquellos reportados en el meta-análisis #2 (3) se observa que, Peterson y sus colegas (4) reportaron un tamaño del efecto 10 veces mayor utilizando una intensidad igual al 70% de 1 RM (ES=0.70 en comparación con 0.07), un efecto similar con el 75 % de 1RM (ES=1.8 y 0.73), y un tamaño del efecto 3 veces mayor al 80 % de 1 RM (1.8 comparado con 0.57). Al 85% de 1 RM el tamaño del efecto en el meta-análisis #3 (ES=1.12) fue 1.7 veces mayor que el reportado en el meta-análisis #2 (ES=0.65). Todas estas contradicciones en los tamaños del efecto fueron supuestamente obtenidas a partir de poblaciones de sujetos similares con un nivel de entrenamiento avanzado y por los mismos investigadores (Figura 7). Debido a que Peterson y sus colegas no explicaron como es posible que los sujetos avanzados difirieran tanto de los atletas competitivos, estas incompatibles conclusiones desafían la credibilidad de su meta-análisis.

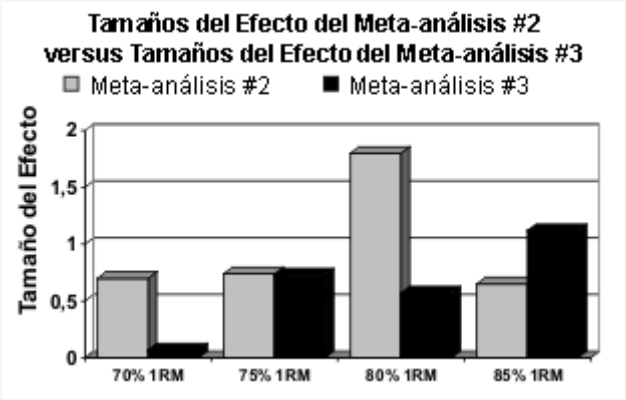


Figura 7. *Comparación de los tamaños del efecto reportados en el meta-análisis #2 (3) y en el meta-análisis #3 (4) para las ganancias de fuerza como resultado de entrenar con diferentes porcentajes de 1RM.*

Sin ninguna razón lógica para planter sus afirmaciones respecto de que los sujetos con un grado avanzado de entrenamiento y altamente motivados responden de manera diferente a los atletas competitivos altamente motivados; Peterson y sus colegas reportaron tamaños del efecto para el entrenamiento de dos grupos musculares por semana (ES=0.70) y para el entrenamiento 3 veces por semana (ES=0.69). Esto va en contra de los resultados reportados en el meta-análisis #2 (3), en donde los entrenados avanzados produjeron un tamaño del efecto dos veces mayor para el entrenamiento de cada grupo muscular 2 veces por semana en comparación con 3 veces por semana,. Peterson y sus colegas no abordaron este tema.

Cohen (92) recomendó que se debía reportar el intervalo de confianza con cada tamaño del efecto, ya que el mismo muestra el rango de valores del índice efecto-tamaño que incluye un valor de una población en una probabilidad específica.

Rhea y colegas (3) y Peterson y colegas (4) no reportaron los intervalos de confianza. Sin embargo, otros grupos de investigadores han reportado los intervalos de confianza en sus meta-análisis para los efectos del entrenamiento de la fuerza sobre la presión sanguínea de reposo (93-95), sobre la densidad mineral ósea (96), y con suplementación dietaria (97). Varios de estos meta-análisis son reportes acerca de las variables específicas de entrenamiento y sus relaciones con los resultados en relación a la salud. Por ejemplo, Cornelissen y Fagard (93) y Kelley y Kelley (95) reportaron que sus resultados relacionados a la salud no fueron significativamente diferentes entre los estudios en donde las intensidades de entrenamiento fueron similares (%1 RM), o entre el entrenamiento convencional de la fuerza y el entrenamiento en circuito. Kelley (94) reportó que no había ninguna relación estadística entre la reducción, entre los valores pre- y post-entrenamiento, de la presión sanguínea de reposo y cualquiera de las variables de entrenamiento discutidas previamente, tales como el número de series (1 a 5 series), repeticiones (5 a 25 repeticiones), frecuencia (2-6 días por semana), o pausa entre las series (15 a 216 segundos). Esto es, los resultados relacionados con la salud no fueron significativamente diferentes entre los diferentes protocolos de entrenamiento.

Peterson y sus colegas (4) concluyeron que su procedimiento meta-analítico mostró un continuum de incremento cuantificado de la fuerza los cuales son provocados por un continuum de intensidades, frecuencias y volúmenes de entrenamiento. También afirmaron que sus datos inequívocamente demostraban los beneficios adicionales de entrenar con mayores volúmenes de entrenamiento en comparación con el entrenamiento con volúmenes bajos. Irónicamente, sus propios datos no respaldan sus conclusiones.

CONCLUSIONES

Rhea (54) afirmó que las revisiones narrativas tales como las de Carpinelli y Otto (11) han extraído conclusiones incorrectas, y que son menos confiables y detalladas que un meta-análisis. Rhea afirmó que un meta-análisis provee una evaluación más objetiva y cuantitativa de la investigación, resuelve las controversias, provee una clarificación de los avances científicos, e incrementa en gran proporción el cuerpo de conocimiento. Rhea también declaró que sus meta-análisis (2-4) rechazan las conclusiones realizadas en las revisiones narrativas (11), demuestran el riesgo de error de los procedimientos utilizados en las revisiones narrativas, y proveen un detalle mucho mayor acerca del cuerpo de conocimiento en el área del entrenamiento de la fuerza y el acondicionamiento. Nosotros quisiéramos aconsejar a los practicantes del entrenamiento de la fuerza y el acondicionamiento que realicen sus propios análisis críticos de los meta-análisis y de los estudios incluidos antes de aceptar cualquiera de la previamente mencionadas afirmaciones de Rhea (54).

Rhea (54) acredita la popularización de la utilización de los meta-análisis en los últimos 30 años a Gene Glass. La génesis de esta popularidad es notable y reveladora. Glass (98) afirmó que el desarrolló una neurosis cuando estaba realizando su doctorado en estadística. Aunque el creía que la psicoterapia lo ayudó a manejar sus problemas mentales, los estudios científicos no mostraban diferencias significativas entre la psicoterapia y el placebo. Este investigador afirmaba que la ciencia era personalmente amenazadora y que desafiaba sus propias preocupaciones. Debido a que fue obligado a dar un discurso en el congreso Nacional de 1976 de la Asociación Americana de Investigación Educacional, el afirmó que utilizó un meta-análisis para confirmar sus creencias personales en la psicoterapia (98). Si los investigadores en el campo del entrenamiento de la fuerza utilizan los meta-análisis para confirmar sus preocupaciones respecto de un protocolo específico de entrenamiento, a pesar de la preponderancia de los estudios de entrenamiento de la fuerza que reportan resultados que amenazan sus propias creencias, no se estará prestando ningún servicio a la comunidad relacionada con el entrenamiento de la fuerza y el acondicionamiento.

Los factores genéticos aparentemente tienen una muy fuerte influencia sobre como las personas responden a un determinado protocolo para el entrenamiento de la fuerza. Esto es, las repuestas son principalmente determinadas por la genética, no por los protocolos específicos de entrenamiento. El reconocimiento de este componente genético fue curiosamente pasado por alto en los meta-análisis (2-4), estudios de entrenamiento (5,51) y comentarios (30, 54) previamente discutidos. Como se ha señalado previamente (12), Van Etten et al. (99) clasificaron sus sujetos (en base a un índice de masa libre de grasa) como robustos o delgados. Estos autores reportaron un incremento significativo en la masa libre de grasa en el grupo de sujetos calificados como macizos (1.6 kg); pero no se observaron cambios significativos en el grupo de sujetos delgados (0.3 kg). Van Etten y colegas concluyeron que debido a que todos los participantes siguieron el mismo protocolo para el entrenamiento de la fuerza, el incremento potencial en la masa libre de grasa estuvo determinado por factores genéticos.

Hubal et al. (100) entrenaron a 585 hombres y mujeres previamente desentrenados (edad 18-40 años) en ocho centros de entrenamiento durante 12 semanas. El entrenamiento progresivo supervisado realizado con pesos libres consistió de 3 series para cada uno de 3 ejercicios de bíceps (9 series) con resistencia variables (12 RM en las semanas 1-4, 8 RM en las semanas 5-9, y 6 RM en las semana 10-12) con 2 minutos de pausa entre las series. Todos sus sujetos siguieron un

protocolo idéntico utilizando un equipamiento idéntico. Las imágenes de resonancia magnética nuclear revelaron un incremento promedio del 18.9% en el área de sección transversal del bíceps (CSA); siendo el incremento en los hombres (20.4%) significativamente mayor que el observado en las mujeres (17.9%). De los 585 sujetos, 232 incrementaron su CSA entre un 15 y 25%. Sin embargo, 10 sujetos obtuvieron ganancias mayores al 40% y 36 sujetos tuvieron ganancias menores del 5%. La fuerza en 1 RM para el ejercicio de curl de bíceps se incrementó en un promedio del 54.1%, observándose un incremento significativamente mayor en las mujeres (64.1%) en comparación con los hombres (39.8%). De los 585 sujetos, 232 incrementaron su 1RM entre un 40 y un 60%. Sin embargo 36 sujetos obtuvieron una ganancia mayor al 100% y 12 sujetos obtuvieron ganancias menores al 5%. El rango de ganancia de fuerza en 1RM estuvo entre 0% y 250%. Hubal y colegas concluyeron que los hombres y las mujeres exhiben un amplio rango de respuestas al entrenamiento de la fuerza, dentro del cual algunos sujetos incrementaron su tamaño muscular más de 10 cm^2 y duplicaron su fuerza (p.964).

Un aspecto interesante del reporte de Hubal y colegas (100) es que debido a las diferencias en la fuerza, algunos sujetos utilizaron diferentes volúmenes de entrenamiento (más peso) que otros. Sin embargo, sus resultados mostraron que no había ninguna relación entre el volumen de entrenamiento y el incremento en el tamaño muscular observado en hombres y mujeres. La fuerza en 1 RM estuvo negativamente correlacionada con el volumen de entrenamiento, lo cual indicó que hubo un sesgo hacia mayores ganancias relativas en aquellos con un menor nivel inicial de fuerza. Esto es, aparentemente, lo que ocurrió en los estudios previamente discutidos de Rhea y sus colegas (5). El grupo de sujetos, inicialmente más débil que entrenó con 3 series, se puso relativamente más fuerte que el grupo que entrenó con 1 serie en el ejercicio de press de piernas, pero ambos grupos finalizaron con niveles similares de fuerza.

Thomis et al. (101) entrenaron a gemelos varones (edad 17-30 años) 3 veces por semana durante 10 semanas. Todos los gemelos realizaron el mismo protocolo con una carga (porcentaje de 1 RM) relativa a la fuerza máxima de cada persona. Por lo tanto, el estímulo relativo para las ganancias de fuerza fue similar entre todos los participantes. El incremento promedio en la fuerza en 1 RM fue de 45.8%. La variación en las ganancias de fuerza entre los 25 gemelos monocigotos (idénticos) fue 3.5 veces mayor que dentro de los pares de gemelos idénticos. Thomis y sus colegas confirmaron la significativa contribución de los factores genéticos respecto de los resultados del entrenamiento de la fuerza.

Aparentemente, Rhea, Peterson y Alvar (2-5, 30, 51, 54) son reacios a reportar, o no están conscientes, de que los resultados del entrenamiento de la fuerza son principalmente dependientes de los factores genéticos. El reporte de los resultados de estos reveladores estudios (99-101) ciertamente socavaría su filosofía de entrenamiento no respaldada y altamente compleja.Como se señalara previamente, una de las críticas a los meta-análisis es que los analistas no pasan el tiempo requerido a la tediosa tarea de realizar un análisis crítico de los estudios a incluir (10). Por ejemplo, en una reciente revisión acerca del tema específico de la realización de una única serie versus la realización de series múltiples, Galvao y Taaffe (102) señalaron que en los meta-análisis llevados a cabo por Rhea y sus colegas (2-3) se hallaron mayores ganancias de fuerza con el entrenamiento con series múltiples. Aparentemente, estos autores nunca analizaron críticamente estos meta-análisis o los estudios incluidos en estos. Galvao y Taafe también afirmaron que en el estudio de entrenamiento llevado a cabo por Rhea et al. (5) se reportó un incremento significativamente mayor en la fuerza del tren superior en el grupo que entrenó con series múltiples en comparación con el grupo que entrenó con una única serie. Una revisión competente debería haber revelado que Rhea y sus colegas no reportaron diferencias significativas en la fuerza del tren superior, y los revisores de este artículo deberían haber objetado el trabajo de Galvao y Taaffe. En otra publicación, Galvao y Taaffe (103) discutieron acerca de la manipulación de las variables del entrenamiento de la fuerza para incrementar la fuerza muscular y nuevamente citaron el estudio de Rhea et al. (5) como evidencia de la superioridad de la utilización de series múltiples.

En una revisión de los fundamentos del entrenamiento de la fuerza, Kraemer y Ratamess (104) citaron el estudio de entrenamiento de Rhea et al. (5) y su meta-análisis (3) en un intento por respaldar la superioridad de la utilización de series múltiples. Nuestro análisis crítico reveló que sus afirmaciones no están respaldadas por estas referencias. Estos investigadores también citaron el estudio acerca de la resistencia muscular llevado a cabo por Rhea y sus colegas (51) para respaldar un tipo de periodización sobre otro. Como se discutiera previamente, sus resultados en realidad no mostraron diferencias entre los protocolos de periodización. En una revisión acerca de las variables del entrenamiento de la fuerza, Bird et al. (105) citaron el meta-análisis de Rhea y sus colegas (3) para respaldar su creencia de que la utilización de series múltiples produce resultados superiores. En la publicación del Presidente del Consejo de Aptitud Física y Deportes titulada Progresión y Entrenamiento de la Fuerza, Kraemer et al. (106) citaron el estudio de Rhea y sus colegas (5) y el meta-análisis de Peterson y colegas (49 en un intento de respaldar su opinión de que a medida que uno progresa de la etapa de intermedio a la etapa de avanzado, los programas que utilizan series múltiples producen resultados superiores.

En el Health & Fitness Journal del ACSM, Sorace y LaFontaine (107) afirmaron que las series múltiples son superiores a la realización de una única serie de cada ejercicio y citaron el meta-análisis de Rhea et al. (3) y de Peterson et al. (4). Interesantemente, el Editor de la revista científica, quien también es el Director Electo del Consejo de Aptitud Física y Ciencia del Deporte, afirmó en una editorial (108) que la revisión de Sorace y LaFontaine proveía importantes referencias que respaldaban sus recomendaciones respecto del entrenamiento de la fuerza. Algo que no es sorpresa es que, en la

página 7 de su artículo, Sorace y LaFontaine citaron la Declaración de Posición del ACSM (52), la cual es deficiente en evidencias, 42 veces.

Galvao y Taaffe (102-3), Kraemer y Ratamess (104), Bird et al. (105), Kraemer et al., conjuntamente con el Consejo del Presidente del Comité de Aptitud Física y Ciencias del Deporte (106), Sorace y LaFontaine (107) y los revisores y editores de las respectivas revistas científicas fallaron en su obligación de realizar un análisis crítico de los estudios originales o de los meta-análisis.

Peterson, Rhea y Alvar (109) recientemente derrocharon nueve páginas del *Journal of Strength and Conditioning Research*, la revista oficial de la Asociación Nacional de Fuerza y Acondicionamiento, para hacer una recopilación de sus defectuosos meta-análisis (3-4) y para respaldar la desacreditada Declaración de Posición del ACSM del 2002 (52). No había información nueva excepto por algunas narraciones hipotéticas no respaldadas y algunos gráficos acerca de disminución de rendimiento y de fuerza marginal (p.954-5). Peterson y sus colegas, quienes se describen a si mismos como "investigadores éticos" para los lectores del *Journal of Strength and Conditioning Research* (109, p.957), aparentemente creen que si ellos se repiten a si mismos con la suficiente frecuencia, los lectores eventualmente obviaran sus insubstanciales opiniones para la ciencia.

Peterson y sus colegas (109) también afirmaron que el entrenamiento hasta el fallo, el cual describieron brevemente como entrenamiento con repeticiones máximas (RM), no provoca mayores ganancias en la fuerza en comparación con entrenamiento sin llegar al fallo, aun cuando sus comparaciones implicaron el entrenamiento con series múltiples (p.956). Sin embargo, esto es inconsistente con los que reportaron en su meta-análisis #3 (4). Sin presentar ningún dato que respalde sus afirmaciones, estos investigadores previamente afirmaron que el entrenamiento hasta el fallo muscular producía ganancias de fuerza de una magnitud significativamente superior (4, p.379). Estos investigadores también fallaron en señalar que su Figura 7 (109, p.955) mostraba un tamaño del efecto aproximadamente dos veces mayor (ES=~1.0 vs. 0.5 con 3 series por grupo muscular, y 1.45 vs. 0.8 con 6 series por grupo muscular) como resultado de entrenar sin llegar al fallo muscular en comparación con el entrenamiento hasta el fallo. Peterson y sus colegas no reportaron ningún dato en su meta-análisis #3 (4) o en su actual revisión (109) para respaldar estas conflictivas afirmaciones. Además, los revisores, el editor y el publicador de estos artículos (4, 109) fallaron en objetar estas afirmaciones de Peterson y sus colegas que son antiéticas y no tienen respaldo alguno.

Peterson y sus colegas (109) afirmaron que su meta-análisis provee una valoración objetiva de la efectividad de una intervención específica a través de lineamientos estadísticas meticulosos y establecidos. Peterson y sus colegas, también señalaron que es imprudente sugerir que hay solo una forma correcta de llevar a cabo un meta-análisis. Nosotros podríamos argumentar que hay solo una forma correcta de llevar a cabo un meta-análisis: analizar críticamente todos los estudios considerados para ser incluidos o ser excluidos, reportar con precisión los datos de los estudios incluidos, aplicar meticulosamente los procedimientos estadísticos requeridos, y determinar si los análisis tienen alguna base fisiológica lógica, teórica o incluso hipotética, que respalde sus afirmaciones. Peterson, Rhea y Alvar no cumplieron con ninguno de estos requerimientos en sus meta-análisis (2-4).

Es desconcertante, pero no sorprendente, que todos los errores matemáticos y estadísticos en los meta-análisis previamente discutidos (2-4) y en los estudios de entrenamiento (5, 51), así como también los revisores que citaron estas referencias para respaldar sus afirmaciones (e.g., 102-107,109) hayan eludido continuamente la detección durante el proceso de revisión de las Revistas Científicas. Los problemas éticos en el proceso de revisión de las Revistas de Fisiología del Ejercicio han sido previamente señalados (110), específicamente en el campo del entrenamiento de la fuerza (12,111-113).

El Dr. Rhea y el Dr. Alvar afirmaron que sus meta-análisis (2-4) y su estudio de entrenamiento (5) inequívocamente mostraba la ventaja de utilizar series múltiples (presentaciones en las Conferencias Nacionales de la NCSA del 2004 y 2005). Sin embargo, sus datos son inconsistentes e ilógicos y no tienen ninguna aplicación práctica para el entrenamiento de la fuerza. Nuestro análisis crítico de sus meta-análisis y de los estudios de entrenamiento no respalda su hipótesis acerca de que un mayor volumen de ejercicio es requerido para obtener ganancias óptimas de fuerza.

Manifestación

En el interés de realizar una manifestación completa, uno de nosotros (Robert M. Otto) presentó sus contraposiciones a la presentación del Dr. Alvar respecto de sus tres meta-análisis en la Conferencia Nacional de la NCSA del 2005. En su contraposición el Dr. Otto reveló muchos de los errores matemáticos previamente mencionados, metodológicos y defectos estadísticos cometidos en los tres meta-análisis, así como también la ausencia de cualquier tipo de aplicación práctica en sus conclusiones acerca del entrenamiento de la fuerza. Durante el subsiguiente período de 30 minutos destinado a la realización de preguntas, ni el Dr. Alvar ni el Dr. Rhea intentaron defender cualquiera de los obvios defectos cometidos en sus estudios o en sus meta-análisis.

Agradecimientos

Agradecemos a Sandee Jungblut, M.S., Arty Conliffe, B.A., and John Wygand, M.A. por su retroalimentación crítica respecto de la preparación de este manuscrito, y a Louis Primavera, Ph.D por su asistencia con los análisis estadísticos.

Dirección para el Envío de Correspondencia

Robert M. Otto, Ph.D., Human Performance Laboratory, Adelphi University, Garden City, NY 11530 USA, Phone: 516 877 4276; correo electrónico: otto@adelphi.edu

REFERENCIAS

1. National Strength and Conditioning Association (2006). Session Review: The end of the single-set versus multiple-set discussion. *NSCA Bulletin; 26:7*
2. Rhea MR, Alvar BA, Burkett LN (2002). Single versus multiple sets for strength: a meta-analysis to address the controversy. *Res Q Exerc Sport; 73:485-8*
3. Rhea MR, Alvar BA, Burkett LN, Ball SD (2003). A Meta-analysis to determine the Dose Response for Strength Development. *Med Sci Sports Exerc; 35:456-64*
4. Peterson MD, Rhea MR, Alvar, BA (2004). Maximizing strength development in athletes: a meta-analysis to determine the dose-response relationship. *J Strength Cond Res; 18:377-82*
5. Rhea MR, Alvar BA, Ball SD, Burkett LN (2002). Three sets of weight training superior to 1 set with equal intensity for eliciting strength. *J Strength Cond Res; 16:525-9*
6. Rosenthal R, Rosnow RL, Rubin DB (2000). Contrasts and effect sizes in behavioral research. *Cambridge, UK: Cambridge University Press*
7. Shapiro D (1994). Point/counterpoint: meta-analysis/shmeta-analysis. *Am J Epidemiol; 140:771-8*
8. Lau J, Loannidis JPA, Schmid CH (1997). Quantitative synthesis in systematic reviews. *Ann Int Med; 127:820-6*
9. Bailar JC III (1997). The promise and problems of meta-analysis. *NEJM; 337:559-61*
10. Klein DF (2000). Flawed meta-analyses comparing psychotherapy with pharmacotherapy. *Am J Psychiatry; 157:1204-11*
11. Carpinelli RN, Otto RM (1998). Strength training: single versus multiple sets. *Sports Med; 26:73-84*
12. Carpinelli RN, Otto RM, Winett RA (2004). A critical analysis of the ACSM position stand on resistance training: insufficient evidence to support recommended training protocols. *JEPonline; 7:1-64*
13. Carpinelli RN, Otto RM (1999). Authors reply. *Sports Med; 27:412-6*
14. Byrd R, Chandler TJ, Conley MS, Fry AC, Haff GG, Koch A, et al (1999). Correspondence. Strength training: single versus multiple sets. *Sports Med; 27:409-12*
15. Berger RA (1962). Effect of varied weight training programs on strength. *Res Q; 33:168-81*
16. Capen EK (1956). Study of four programs of heavy resistance exercise for development of muscular strength. *Res Q; 27:132-4*
17. De Hoyos D, Abe T., Garzarella L, Hass CJ, Nordman M, Pollock ML (1998). Effects of 6 months of high- or low-volume resistance training on muscular strength and endurance [abstract]. *Med Sci Sports Exerc; 30 Suppl.:S165*
18. De Hoyos D, Herring L, Garzarella L, Werber G, Brechue WF (1997). Effect of strength training volume on the development of strength and power in adolescent tennis players [abstract]. *Med Sci Sports Exerc; 29 Suppl.:S164*
19. Hass CJ, Gazarella L, De Hoyos D, Pollock ML (1998). Effects of strength training volume on strength and endurance in experienced resistance trained adults [abstract]. *Med Sci Sports Exerc; 30 Suppl.:S115*
20. Hass CJ, Garzarella L, De Hoyos D, Pollock ML (2000). Single versus multiple sets in long-term recreational weightlifters. *Med Sci Sports Exerc; 32:235-42*
21. Jacobson BH (1986). A comparison of two progressive weight training techniques on knee extensor strength. *Athletic Training; 21:315-8,390*
22. Kraemer WJ (1997). A series of studies the physiological basis for strength training in American football: fact over philosophy. *J Strength Cond Res; 11:131-42*
23. Leighton JR, Holmes D, Benson J, Wooten B, Schmerer R (1967). A Study on the effectiveness of ten different methods of progressive resistance exercise on the development of strength, flexibility, girth and bodyweight. *J Assoc Phys Mental Rehabil; 21:78-8*
24. Messier SP, Dill ME (1985). Alterations in strength and maximal oxygen uptake consequent to Nautilus circuit weight training. *Res Q Exerc Sport; 56:345-51*
25. Reid CM, Yeater RA, Ullrich IH (1987). Weight training and strength, cardiorespiratory functioning and body composition of men. *Brit J Sports Med0 ;21:40-4*
26. Silvester LJ, Stiggings C, McGown C, Bryce GR (1982). The effect of variable resistance and free-weight training programs on strength and vertical jump. *NSCA J; 3:30-3*
27. Starkey DB, Pollock ML, Ishida Y, Welsch MA, Brechue WF, Graves JE, et al (1996). Effect of resistance training volume on strength and muscle thickness. *Med Sci Sports Exerc; 28:1311-20*
28. Rhea MR (2004). etermining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use of the effect size. *J Strength Cond Res; 18:918-20*

29. Zatsiorsky V (1995). Science and practice of strength training. *Champaign, IL: Human Kinetics*
30. Clamann HP (1993). Motor unit recruitment and the gradation of muscle force. *Phys Ther; 73:830-43*
31. Cope TC, Pinter MJ (1995). The size principle: still working after all these years. *Physiol; 10:280-6*
32. DeLuca CJ, LeFever RS, McCue MP, Xenakis AP (1982). ontrol scheme governing concurrently active human motor units during voluntary contractions. *J Physiol; 329:129-42*
33. Denny-Brown D, Pennybacker JB (1938). Fibrillation and fasciculation in voluntary muscle. *Brain; 61:311-33*
34. Desmedt JE, Godaux E (1979). Voluntary motor commands in human ballistic movements. *Ann Neurol; 5:415-21*
35. Desmedt JE, Godaux E (1981). Spinal motoneuron recruitment in man: rank deordering with direction but not with speed of voluntary movement. *Science; 214:933-5*
36. Enoka RM, Fuglevand AJ (2001). Motor unit physiology: some unresolved issues. *Muscle Nerve; 24:4-17*
37. Enoka RM, Stuart DG (1984). Henneman□s □size principle□: current issues. *Trends Neurosci; 7:226-8*
38. Freund HJ (1983). Motor unit and muscle activity in voluntary motor control. *Physiol Rev; 63:387-436*
39. Fuglevand AJ, Winter DA, Patla AE (1993). Models of recruitment and rate coding organization in motor-unit pools. *J Neurophysiol; 70:2470-88*
40. Goldberg LJ, Derfler B (1977). Relationship among recruitment order, spike amplitude, and twitch tension of single motor units in human masseter muscle. *J Neurophysiol; 40:879-90*
41. Henneman E (1957). Relation between size of neurons and their susceptibility to discharge. *Science; 126:345-7*
42. Henneman E, Clamann PH, Gillies JD, Skinner RD (1974). Rank order of motoneurons within a pool: law of combination. *J Neurophysiol; 37:1338-49*
43. Maton B (1980). Fast and slow motor units: their recruitment for tonic and phasic contraction in normal man. *Eur J Appl Physiol; 43:45-55*
44. Milner-Brown HS, Stein RB, Yemm R (1973). The orderly recruitment of human motor units during voluntary isometric contractions. *J Physiol; 230:359-70*
45. Moritani T, Muro M (1987). Motor unit activity and surface electromyogram power spectrum during increasing force of contraction. *Eur J Appl Physiol; 56:260-5*
46. Riek S, Bawa P (1992). Recruitment of motor units in human forearm extensors. *J Neurophysiol; 68:100-8*
47. Thomas CK, Ross BH, Stein RB (1986). Motor-unit recruitment in human first dorsal interosseous muscle for static contractions in three different directions. *J Neurophysiol; 55:1017-29*
48. Thomas CK, Ross BH, Calancie B (1987). Human motor-unit recruitment during isometric contractions and repeated dynamic movements. *J Neurophyiol; 57:311-24*
49. Rhea MR, Phillips WT, Burkett LN, Stone WJ, Ball SD, Alvar BA, et al (2003). A comparison of linear and daily undulating periodized programs with equated volume and intensity for local muscular endurance. *J Strength Cond Res; 17:82-7*
50. American College of Sports Medicine (2002). Kraemer WJ. Writing Group Chairman. *Position Stand: Progression models in resistance training for healthy adults Med Sci Sports Exerc; 34:364-80*
51. Carpinelli RN (2002). Berger in retrospect: effect of varied weight training programmes on strength. *Br J Sports Med; 36:319-24*
52. Rhea MR (2004). Synthesizing strength and conditioning research: the meta-analysis. *J Strength Cond Res; 18:921-3*
53. Wolfe BL, LeMura LM, Cole PJ (2004). Quantitative analysis of single- vs. multiple-set programs in resistance training. *J Strength Cond Res; 18:35-47*
54. Berger RA (1963). Comparative effects of three weight training programs. *Res Q; 34:396-8*
55. Berger RA (1972). Effect of varied sets of static training on dynamic strength. *Am Corr Ther J; 26:52-4*
56. Hurley BF, Redmond RA, Pratley RE, Treuth MS, Rogers MR, Goldberg AP (1995). Effects of strength training on muscle hypertrophy and muscle cell distribution in older men. *Int J Sports Med; 16:378-84*
57. Lemmer JT, Hurlblut DE, Martel GR, Tracy BL, Ivey FM, Metter EJ, et al (2000). Age and gender responses to strength training and detraining. *Med Sci Sports Exerc; 32:1505-12*
58. Menkes A, Mazel S, Redmond RA, Koffler K, Libanati CR, Gundberg CM, et al (1993). Strength training increases regional bone mineral density and bone remodeling in middle-aged and older men. *J Appl Physiol; 74:2478-84*
59. Miller JP, Pratley RE, Goldberg AP, Gordon P, Rubin M, Treuth MS, et al (1994). Strength training increases insulin action in healthy 50- to 65-yr-old men. *J Appl Physiol; 77:1122-7*
60. Nicklas BJ, Ryan AJ, Treuth MM, Harman SM, Blackman MR, Hurley BF, et al (1995). Testosterone, growth hormone and IGF-I responses to acute and chronic resistive exercise in men aged 55-70 years. *Int J Sports Med; 16:445-50*
61. Ryan AS, Treuth MS, Rubin MA, Miller JP, Nicklas BJ, Landis DM, et al (1994). Effects of strength training on bone mineral density: Hormonal and bone turnover relationships. *J Appl Physiol; 77:1678-84*
62. Ryan AS, Treuth MS, Hunter GR, Elahi D (1998). Resistance training maintains bone mineral density in postmenopausal women. *Calcif Tissue Int; 62:295-9*
63. Treuth MS, Ryan AS, Pratley RE, Rubin MA, Miller JP, Nicklas BJ, et al (1994). Effects of strength training on total and regional body composition in older men. *J Appl Physiol; 77:614-20*
64. Girouard CK, Hurley BF (1995). Does strength training inhibit gains in range of motion from flexibility training in older adults?. *Med Sci Sports Exerc; 27:1444-9*
65. Koffler KH, Menkes A, Redmond RA, Whitehead WE, Pratley RE, Hurley BF (1992). Strength training accelerates gastrointestinal transit in middle-aged and older men. *Med Sci Sports Exerc; 24:415-9*
66. Lemmer JT, Ivey FM, Ryan AS, Martel GF, Hurlbut DE, Metter JE, et al (2001). Effect of strength training on resting metabolic rate and physical activity: age and gender comparisons. *Med Sci Sports Exerc; 33:532-41*
67. Lott ME, Hurlbut DE, Ryan AS, Lemmer JT, Ivey FM, Zeidman JR, et al (2001). Gender differences in glucose and insulin response to strength training in 65- to 75-year-olds. *Clin Exerc Physiol; 3:220-8*
68. Martel GF, Horblut DE, Lott ME, Lemmer JT, Ivey FM, Roth SM, et al (1999). Strength training normalizes resting blood pressure in 65- to 73-year-old men and women with high normal blood pressure. *J Am Geriat Soc; 47:1215-21*

69. Parker ND, Hunter GR, Treuth MS, Kekes-Szabo T, Kell SH, Weinsier R, et al (1996). Effects of strength training on cardiovascular responses during a submaximal walk and a weight-loaded walking test in older females. *J Cardiopulm Rehabil; 16:56-62*
70. Rhea PL, Ryan AS, Nicklas B, Gordon P, Tracy BL, Graham W, et al (1999). Effects of strength training with and without weight loss on lipoprotein-lipid levels in postmenopausal women. *Clin Exerc Physiol; 1:138-44*
71. Roth SM, Ivey FM, Martel GF, Lemmer JT, Hurlbut DE, Siegel EL, et al (2001). Muscle size responses to strength training in young and older men and women. *J Am Geriatr Soc; 49:1428-33*
72. Rubin MA, Miller JP, Ryan AS, Treuth MS, Patterson KY, Pratley RE, et al (1998). Acute and chronic resistive exercise increase urinary chromium excretion in men as measured with an enriched chromium stable isotope. *J Nutr; 128:73-8*
73. Ryan AS, Pratley RE, Elahi D, Goldberg AP (1995). Resistive training increases fat-free mass and maintains RMR despite weight loss in postmenopausal women. *J Appl Physiol; 79:818-23*
74. Ryan AS, Pratley RE, Elahi D, Goldberg AP (2000). Changes in plasma leptin and insulin action with resistive training in post-menopausal women. *Int J Obesity; 24:27-32*
75. Ryan AS, Hurlbut DE, Lott ME, Ivey FM, Fleg J, Hurley BF, et al (2001). Insulin action after resistive training in insulin resistant older men and women. *J Amer Ger Soc; 49:247-53*
76. American College of Sports Medicine (2005). ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. *Seventh edition. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins*
77. Thomas JR, Salazar W, Landers DM (1991). What is missing in p<.05?. *Effect size. Res Q Exerc Sport; 62:344-8*
78. Aagaard P, Simonsen EB, Trolle M, Bangsbo J, Klausen K (1996). Specificity of training velocity and training load on gains in isokinetic knee joint strength. *Acta Physiol Scand; 156:123-9*
79. Hakkinen K (1993). Changes in physical fitness profile in female basketball players during the competitive season including explosive type strength training. *J Sports Med Phys Fitness; 33:19-26*
80. Hoff J, Helgerud J, Wisloff U (1999). Maximal strength training improves work economy in trained female cross-country skiers. *Med Sci Sports Exerc; 31:870-7*
81. Johnston RE, Quinn TJ, Kertzer R, Vroman NB (1997). Strength training in female distance runners: impact on running economy. *J Strength Cond Res; 11:224-9*
82. Kraemer WJ, Ratamess N, Fry AC, Triplett-McBride T, Koziris JA, Bauer JA, Lynch JM, Fleck SJ (2000). Influence of resistance training volume and periodization on physiological performance adaptations in collegiate women tennis players. *Am J Sports Med; 28:626-33*
83. Lyttle A, Wilson G, Ostrowski K (1996). Enhancing performance: maximal power versus combined weights and plyometrics training. *J Strength Cond Res; 10:173-9*
84. Newton RU, McEvoy K (1994). Baseball throwing velocity: a comparison of medicine ball training and weight training. *J Strength Cond Res; 8:198-203*
85. Perrin DH, Lephart SM, Weltman A (1989). Specificity of training on computer obtained isokinetic measures. *JOSPT; June:495-8*
86. Willoughby DS, Simpson S (1998). Supplemental EMS and dynamic weight training: effects on knee extensor strength and vertical jump of female college track & field athletes. *J Strength Cond Res; 12:131-7*
87. National Strength and Conditioning Association (2000). Essentials of strength and conditioning. 2nd edition. *Baechle T, Earle R., Eds. Champaign, IL: Human Kinetics*
88. Ostrowski KJ, Wilson GJ, Weatherby R, Murphy PW, Lyttle AD (1997). The effect of weight training volume on hormonal output and muscular size and function. *J Strength Cond Res; 11:148-54*
89. Hakkinen K, Alen M, Komi PV (1985). Changes in isometric force and relaxation time, electromyographic and muscle fibre characteristics of human skeletal muscle during strength training and detraining. *Acta Physiol Scand; 125:573-85*
90. Cohen J (1990). Things I have learned (so far). *Am Psychol; 45:1304-12*
91. Cornelissen VA, Fagard RH (2005). Effect of resistance training on resting blood pressure: a meta-analysis of randomized controlled trials. *J Hypertens; 23:251-9*
92. Kelley G (1997). Dynamic resistance exercise and resting blood pressure in adults: a meta-analysis. *J Appl Physiol; 82:1559-65*
93. Kelley GA, Kelley KS (2000). Progressive resistance exercise and resting blood pressure: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Hypertension; 35:838-43*
94. Kelley GA, Kelley KS, Tran ZV (2001). Resistance training and bone mineral density in women. *Am J Phys Med Rehabil 2001;80:65-77*
95. Nissen SL, Sharp RL (2003). Effect of dietary supplements on lean mass and strength gains with resistance exercise: a meta-analysis. *J Appl Physiol; 94:651-9*
96. Glass G (2004). Meta-analysis at 25. *Refer to URL http://glass.ed.asu.edu/gene/papers/meta25.html*
97. Van Etten LMLA, Verstappen FTJ, Westerterp KR (1994). Effect of body build on weight-training induced adaptations in body composition and muscular strength. *Med Sci Sports Exerc; 26:515-21*
98. Hubal, MJ, Gordish-Dressman H, Thompson PD, Price TB, Hoffman EP, Angelopoulos TJ, et al (2005). Variability in muscle size and strength gain after unilateral resistance training. *Med Sci Sports Exerc; 37:964-72*
99. Thomis MAI, Beunen GP, Maes HH, Blimkie CJ, Van Leemputte M, Claessens AL, et al (1998). Strength training: importance of genetic factors. *Med Sci Sports Exerc; 30:724-31*
100. Galvao DA, Taaffe DR (2004). Single- vs. multiple-set resistance training: recent developments in the controversy. *J Strength Cond Res; 18:660-7*
101. Galvao DA, Taaffe DR (2005). Resistance training for the older adult: manipulating training variables to enhance muscle strength. *Strength & Cond J; 27:48-5*
102. Kraemer WJ, Ratamess NA (2004). Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Med Sci Sports Exerc; 36:674-88*
103. Bird SP, Tarpenning KM, Marino FE (2005). Designing resistance training programmes to enhance muscular fitness. *Sports Med; 35:841-51*

104. Kraemer WJ, Ratamess NA, Young D, Pangrazi RP, Ainsworth B (2000). President's Council on Physical Fitness and Sport. *Progression and resistance training. Research Digest; 6:1-8*
105. Sorace P, LaFontaine T (2005). Resistance training muscle power: design programs that work!. *ACSM's Health & Fitness Journal; 9:6-12*
106. Howley ET (2005). From the editor. *ACSM's Health & Fitness Journal; 9:1*
107. Peterson MD, Rhea MR, Alvar BA (2005). Applications of the dose-response for muscular strength development: a review of meta-analytic efficacy and reliability for designing training prescription. *J Strength Cond Res; 19:950-8*
108. Robergs RA (2003). A critical review of peer review: the need to scrutinize the "gatekeepers" of research in exercise physiology. *JEPonline; 6(2):i-xiii*
109. Robergs RA (2004). Research, ethics and the ACSM position stand on progression models in resistance training for healthy adults. *JEPonline; 7(3):i-ii*
110. Robergs RA (2005). Research bias in exercise physiology. *JEPonline; 8(6):i-iii*
111. Carpinelli RN (2005). The façade of knowledge. *JEPonline; 8(6):iii-vii*

Cita Original

Otto RM, Carpinelli RN. A Critical Analysis of The Single Versus Multiple Set Debate. JEPonline; 9 (1): 32-57, 2006.