

EFFECTO DE LA VARIABILIDAD DE LA CARGA EN EL ENTRENAMIENTO DE FUERZA

GRADO EN
CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y EL DEPORTE

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ
CURSO ACADÉMICO 2023-24



Alumna: María Moreno Martínez

Tutor académico: Rafael Sabido Solana

ÍNDICE PAGINADO

1. CONTEXTUALIZACIÓN.....	3
2. METODOLOGÍA.....	4
2.1 Muestra.....	4
2.2 Procedimiento.....	5
3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	7
4. LIMITACIONES.....	7
5. REFERENCIAS.....	8



1. CONTEXTUALIZACIÓN

El entrenamiento de fuerza tiene tantas definiciones como investigadores hablen de él y según desde que perspectivas se estudie. Desde una visión más enfocada a la salud, encontramos la propuesta por The American College of Sports Medicine (ACSM), que, en su definición de 2023 incluye algunos conceptos relacionados con la salud, dando a entender que el entrenamiento de fuerza no se limita solamente a mejorar la capacidad propiamente muscular. Si no que, "El entrenamiento de fuerza es una forma de ejercicio que hace trabajar a los músculos contra una fuerza. Esto ayuda a fortalecer los músculos y mejorar la salud general."

Por otro lado, si queremos ver el entrenamiento de fuerza desde otra perspectiva más deportiva, el entrenamiento de fuerza puede ser definido por la National Strength and Conditioning Association (NSCA) como "El entrenamiento de fuerza es un tipo de ejercicio físico que utiliza la contracción muscular contra una resistencia para mejorar la fuerza, la potencia y la resistencia muscular."

Una vez definido, podemos adentrarnos en los beneficios que este tiene en las diferentes poblaciones para su salud como podría ser la forma en la cual se adquieren patrones para producir fuerza, un aspecto clave en el desarrollo motor del niño (Stricker et al., 2020). Además, el entrenamiento de fuerza en jóvenes no solo beneficia su desarrollo muscular y óseo, sino también su maduración neuromotora (Lloyd et al., 2014). Por otro lado, en el colectivo de las personas mayores, vemos que el entrenamiento de fuerza mejora su calidad de vida, aumenta su capacidad de adaptación ante situaciones imprevistas. (Steib et al., 2010). Otro de sus beneficios sería la mejora del nivel de fuerza general en poblaciones con patologías neuromusculares diversas (Abeer et al., 2021). Por último, podemos decir que el entrenamiento de fuerza se ha convertido en una herramienta para hacer frente a un problema que puede considerarse como pandemia, la obesidad (Vásquez et al., 2013).

Los objetivos del entrenamiento de fuerza generalmente se dividen en cuatro (es decir, fuerza, hipertrofia, potencia y resistencia), según la intensidad del entrenamiento (% de 1RM) y el volumen (repeticiones realizadas) (Hernández-Davó & Sabido., 2023).

La programación del entrenamiento de fuerza se basa en la manipulación de una serie de variables clave: intensidad, volumen, duración y frecuencia. Realmente, es la intensidad la variable más importante ya que es la que determina las otras dos. La intensidad tiene una relación inversamente proporcional con el volumen ya que si esta es mayor, la duración será menor, al igual que sucede con la frecuencia de entrenamiento, cuya relación con la intensidad es inversa también (Fleck, 1999).

En el entrenamiento de fuerza, la intensidad está definida entre otras por la carga movilizada y será uno de los factores determinantes que definirán qué tipo de manifestación de la fuerza estamos trabajando. Esto se debe a que, según los porcentajes respecto al peso máximo que se puede movilizar en un movimiento o gesto, conocido como 1 repetición máxima (RM), se trabajarán diferentes manifestaciones de la fuerza. Otro factor determinante podría ser la velocidad a la que se movilice la carga, ya que existe una relación inversa entre esta y la carga. Si trabajamos con cargas más livianas, podremos realizar más repeticiones y a mayor velocidad, mientras que, si hacemos repeticiones con cargas más pesadas, seremos capaces de realizar menos repeticiones y a menor velocidad. Nos enfocaremos en un trabajo más mecánico si utilizamos cargas más altas y de mayor intensidad. En cambio, si trabajamos con intensidades más bajas y con un mayor número de repeticiones, alcanzando la fatiga por acumulación de desechos, será un trabajo más metabólico (Schoenfeld, 2010).

La variabilidad en el entrenamiento se fundamenta en el concepto de alostasis, aquella capacidad de los organismos para mantener una estabilidad fisiológica ante las demandas cambiantes del entorno. Para lograr esto, el cuerpo implementa una serie de adaptaciones neurológicas, biológicas e inmunológicas. Sin embargo, si se mantiene un estímulo constante como podría ser una rutina de entrenamiento invariable, el cuerpo se acostumbra y las adaptaciones se estabilizan. Esto puede limitar el progreso en términos de mejora de la fuerza (Messina, 2020). Al introducir variabilidad en el entrenamiento, se rompe la alostasis. Esto obliga al cuerpo a adaptarse a nuevos estímulos de forma constante, lo que a su vez potencia las mejoras en la fuerza. En un estudio realizado por Moesgaard et al. (2022), vemos que los sujetos presentaron mayor peso movilizado a una sola repetición si comparamos una periodización ondulante respecto a una lineal.

Como vemos en Czyż et al. (2023), hay 4 tipos de variabilidad y sobre las que podemos incorporar la variabilidad en el entrenamiento: "numerosity" cuando el aprendizaje se basa en el número de repeticiones realizadas. Cuantas menos repeticiones se hagan, menos variable será la práctica; "heterogeneity", que se refiere a la diferencia entre movimientos; "Situational diversity" que se refiere a las condiciones ambientales en las que un mismo movimiento se realiza, por ejemplo, no es lo mismo realizar una sentadilla libre que en una máquina Multipower; por último, "scheduling" se refiere a la programación, es decir, a unos mismos movimientos en orden más o menos variado, lo que en Control Motor se conoce como interferencia contextual.

En el presente trabajo, se estudiará la variable de heterogeneidad, modificando la carga durante las repeticiones de entrenamiento, en participantes con un patrón estable y conocido de movimiento.

El objetivo del trabajo es estudiar el efecto de la aplicación de variabilidad en la carga durante entrenamientos para la mejora de la fuerza en distintas manifestaciones del perfil fuerza-velocidad y ver si puede ser una forma de optimizar el entrenamiento de fuerza. La variabilidad estudiada será en el porcentaje de cambio con respecto a la RM.

2. METODOLOGÍA

2.1 Muestra

Doce hombres físicamente activos con al menos un año de experiencia en entrenamiento de fuerza y un coeficiente RM/peso de al menos 1.4 (media: 1.66 ± 0.22), participaron en el estudio. La media de edad de los sujetos fue de 23.08 años (± 3.94 años), con una estatura media de 1.76 m (± 0.10 m) y un peso corporal promedio de 77.98 kg (± 10.65 kg). Todos los participantes proporcionaron su consentimiento informado por escrito para participar en el estudio, el cual fue aprobado por el comité de ética de la Universidad Miguel Hernández (número de referencia TFG.GAF.RSS.MMM.240227).

Las variables del presente estudio las podemos agrupar en tres grupos: variables dependientes, independientes y contaminantes. Por un lado, dentro de las dependientes encontramos la variable de altura de salto, la marca de la máxima repetición y el tiempo del 20m sprint.

Por otro lado, entre las variables independientes podemos encontrar el grupo en el que se encontraba el participante, es decir, si se encontraba en el grupo de carga constante o en el de variabilidad.

Como factores contaminantes encontraríamos el momento del día en el que el participante asistió al laboratorio a realizar el entrenamiento o las mediciones, y se trató que fuera en el mismo momento del día ($\pm 2h$). Otra variable sería la de hábitos deportivos que tenían en su día a día, y que se mantuvieron, evitando introducir nuevas cargas.

En las 24 horas previas al entrenamiento no se permitió realizar ninguna actividad extenuante. Por último, el consumo de sustancias como la cafeína que pudieran estimular el rendimiento, se prohibieron durante las 5h previas a asistir al laboratorio.

2.2 Procedimiento

Los participantes asistieron al laboratorio dos veces por semana durante 8 semanas, con una separación de 48 horas entre cada sesión. Antes de comenzar el programa de entrenamiento, se realizó una sesión inicial en la que se registraron los valores iniciales de peso y talla. Ese mismo día, los participantes realizaron varias pruebas: una para determinar la RM en el ejercicio de sentadilla en la máquina de Multipower, una para medir su máxima velocidad en un sprint de 20 metros (incluyendo mediciones a los 5 metros para evaluar la aceleración), y una para evaluar su capacidad de salto con el test de salto con contramovimiento (CMJ). Al finalizar el periodo de entrenamiento, se llevó a cabo una sesión adicional para repetir estas pruebas.

Previamente al entrenamiento y cada medición, los sujetos realizaban un calentamiento que se repetiría en cada sesión, ya fuera de entrenamiento o medición. Este consistía en 3 minutos de cicloergómetro, 3 series de 20 segundos de plancha (ratio 1:1) 10 sentadillas libres, 20 repeticiones de abducción y aducción de cadera para cada pierna, 3 repeticiones del test de CMJ y 2 sprints de 20 metros de intensidad progresiva. Antes de realizar el entrenamiento de sentadilla, se hacía una serie de calentamiento de 4 repeticiones con una intensidad del 40% de RM.

Los "pretest" se realizaron en el siguiente orden: primero, el test de Counter Movement Jump (CMJ), registrando la mayor altura de salto, expresada en centímetros, de tres intentos. Se tuvo que seguir una serie de instrucciones para que todos los sujetos realizaran de la misma forma la prueba: descalzos para evitar que una suela de mayor o menor grosor influyera en la altura del salto, brazos en jarra, se tenía que caer en el mismo sitio del que se despegaba y con el pie extendido. Para realizar el test, se utilizó una plataforma de contacto Chronojump Boscosystem que medía el tiempo de vuelo y lo transforma en altura en centímetros. Tras esta prueba, se realizó el test de sprint de 20m, midiendo tiempos a los 5m para evaluar la capacidad de aceleración y a los 20m para medir la velocidad máxima alcanzada, utilizando las fotocélulas Witty Microgate de la marca Iberian Sportech. Todos los sujetos empezaban desde parado, justo por detrás de la línea imaginaria de la fotocélula y con un pie adelantado. Se realizaron dos intentos, descartando el de mayor tiempo (Velasco, 2022). Para la medición de la repetición máxima, se realizó una aproximación de cargas ascendentes, comenzando con el 20% del supuesto récord del sujeto, y aumentando en un 20% hasta alcanzar aproximadamente el 90%. A partir de aquí, en un máximo de tres intentos, se incrementó el peso gradualmente hasta alcanzar su RM.

Además en las sesiones de entrenamiento, se pasó un cuestionario de esfuerzo percibido (RPE) de la sesión 30 minutos después de la sesión de sentadilla para valorar la intensidad de la sesión percibida por el deportista.

Tras realizar los "pretest" y obtener los kilogramos máximos movilizados en una repetición en el ejercicio de sentadilla de cada sujeto, se organizan en dos grupos de manera que la media de ambos grupos fuera similar. Un grupo entrenó en variabilidad en la carga en el ejercicio de sentadilla y el otro lo hizo con cargas constantes.

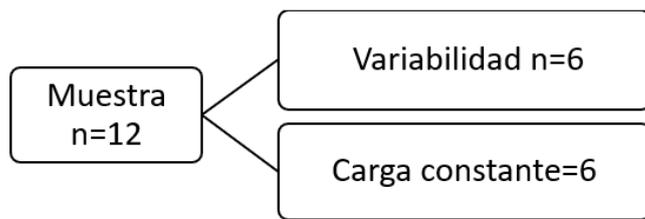


Figura 1. División de la muestra en los diferentes grupos.

Ambos grupos antes de comenzar el entrenamiento realizan el mismo calentamiento que realizaron en los test. Todos los sujetos entrenaban dos veces a la semana, y realizaban el mismo número de series (5) y dejaban un mínimo de 3 minutos de descanso entre series.

El grupo que entrenó en variabilidad realizó 5 series de 6 repeticiones, mientras que el grupo que entrena con carga constante realizó 5 series de 4-8 repeticiones según la carga correspondiente al bloque de trabajo en el que se encontrara. El grupo que entrena con carga constante cambia de porcentajes respecto al RM y de número de repeticiones al inicio de cada bloque, de dos semanas de duración, es decir, mantiene la carga fija dentro de la misma serie a diferencia del grupo con carga variable. Comenzó haciendo un entrenamiento de 8 repeticiones con una carga que ronda el 70% de la repetición máxima, tras un bloque de trabajo de dos semanas de duración, se pasó al bloque de fuerza máxima; con cargas del 85% RM a 4 repeticiones. Tras este bloque, damos paso al bloque de Potencia, en el que trabajamos con porcentajes que rondan el 50% RM a 4 repeticiones. Al tratarse de un ejercicio de tren inferior, como vemos en Ignatjeva, A. (2023). Por último, pasamos al bloque de 0% de carga o peso corporal realizando 8 repeticiones.

Por otra parte, el grupo que entrenaba en variabilidad realiza cada repetición de la serie a un porcentaje diferente del RM entre los anteriormente mencionados (0%-50%-70%-85% RM). El orden en el que se introducía cada % RM en cada repetición era aleatorio. Cuando se finaliza el estudio, todos los sujetos independientemente del grupo al que pertenecieran, realizaron el mismo número de repeticiones con cada carga.

Carga	Repeticiones grupo variabilidad	Repeticiones grupo carga constante
0% RM	160 (32x5)	4 entrenamientos a 5 series de 8 repeticiones $4 \times 5 \times 8 = 160$
40% RM	80 (16x5)	4 entrenamientos a 5 series de 4 repeticiones $4 \times 5 \times 4 = 80$
70% RM	160 (32x5)	4 entrenamientos a 5 series de 8 repeticiones $4 \times 5 \times 8 = 160$
85% RM	80 (16x5)	4 entrenamientos a 5 series de 4 repeticiones $4 \times 5 \times 4 = 80$

Tabla 1. Recuento total del número de repeticiones con cada carga para cada grupo.

Tras cada periodo de dos semanas, coincidiendo con el fin de cada bloque en el grupo de carga constante, se repitieron los test para obtener los nuevos RM y los resultados de los test de salto y sprint, para ver si existía cambio en las variables en ambos tipos de entrenamiento.

En cuanto al material de entrenamiento, la parte del entrenamiento de sentadilla se realizó en una Multipower de la marca Technogym modelo MB83, que nos permitía ir modificando los pesos a movilizar con mayor facilidad y seguridad, pues no se comprometía mucho la estabilidad de la barra si se iban cambiando los pesos sin soltar la barra.

Por otro lado, el otro ejercicio complementario, el peso muerto rumano, se realizó con barras de 20kg y discos de dimensiones de halterofilia. Todos los sujetos, sin importar el grupo al que pertenecían realizaron 5 series de 6 reps al 70% de su RM, con un descanso de 3' entre series y una serie de calentamiento de 6 repeticiones al 50% de la serie correspondiente.

El RM estimado para este ejercicio se calculó gracias a la herramienta disponible en la página web Strength level en base a su edad, peso y sexo.

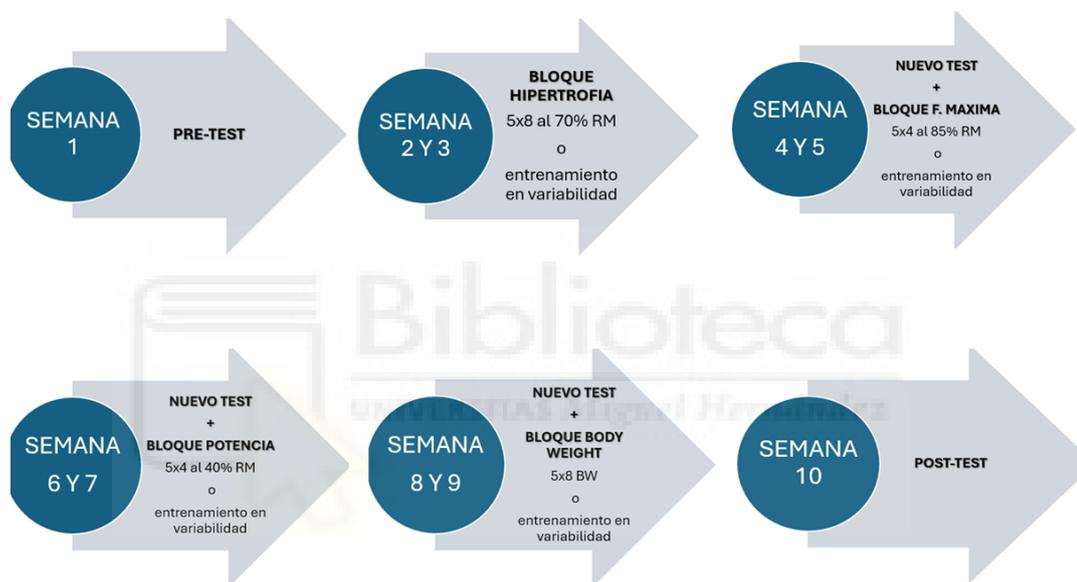


Figura 2. Distribución en el tiempo de las diferentes sesiones y test.

3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó un análisis de normalidad mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnoff para comprobar la distribución de los datos. Posteriormente se realizó un ANOVA de dos vías (2x2) con dos niveles para la variable grupo (con y sin variabilidad) y dos niveles para la variable tiempo (pre y post).

4. LIMITACIONES

En cuanto a las limitaciones del proyecto, se puede hablar de la larga extensión en el tiempo del periodo bastante de intervención y la dificultad de este, pues se obtuvieron dos muertes experimentales por lesiones derivadas del entrenamiento localizadas en la zona lumbar y en el cuádriceps, así como la disponibilidad de los sujetos, ya que no pudieron asistir siempre en la misma hora del día.

5. REFERENCIAS

- Abeer, A. E., Manar, E., Khaled, H. Y., & Mohamed, I. H. (2021). The Effect of Progressive Resistance Training on Fatigue in Multiple Sclerosis Patients: A Systematic Review. *The Medical Journal of Cairo University*, 89(December), 2859-2871. <https://doi.org/10.21608/mjcu.2021.225201>.
- Androulakis-Korakakis, P., Fisher, J. P., & Steele, J. (2020). The minimum effective training dose required to increase 1RM strength in resistance-trained men: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 50(4), 751-765. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01236-0>.
- Bartolomei, S., Zaniboni, F., Verzieri, N., & Hoffman, J. R. (2023). New Perspectives in Resistance Training Periodization: Mixed Session vs. Block Periodized Programs in Trained Men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 37(3), 537-545. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004465>.
- Czyż, S. H., & Coker, C. A. (2023). An applied model for using variability in practice. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 18(5), 1692-1701. <https://doi.org/10.1177/17479541231159473>.
- Fleck, S. (1999). Entrenamiento de la Fuerza Periodizado: Una Revisión Crítica.
- Hernández-Davó, J. L., & Sabido, R. (2023). The effect of three different resistance training programming approaches on strength gains and jumping performance. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 94(1), 180-185. <https://doi.org/10.1080/02701367.2021.1950903>
- Ignatjeva, A. (2023). Effect of training load on lower limb power and jumping ability of professional soccer players. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 20(3), 1376-1386. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2023.20.3.2608>.
- Lloyd, R. S., Faigenbaum, A. D., Stone, M. H., Oliver, J. L., Jeffreys, I., Moody, J. A., ... & Myer, G. D. (2014). Position statement on youth resistance training: the 2014 International Consensus. *British journal of sports medicine*, 48(7), 498-505. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092952>.
- Messina, G. (2020). Hypertrophic adaptations of lower limb muscles in response to three different resistance training regimens. *Acta Medica*, 36, 3235. https://doi.org/10.19193/0393-6384_2020_5_499.
- Moesgaard, L., Beck, M. M., Christiansen, L., Aagaard, P., & Lundbye-Jensen, J. (2022). Effects of periodization on strength and muscle hypertrophy in volume-equated resistance training programs: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 52(7), 1647-1666. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01636-1>.
- Morris, S. J., Oliver, J. L., Pedley, J. S., Haff, G. G., & Lloyd, R. S. (2022). Comparison of weightlifting, traditional resistance training and plyometrics on strength, power and speed: a systematic review with meta-analysis. *Sports medicine*, 52(7), 1533-1554. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01627-2>.
- Nuzzo, J. L., McBride, J. M., Cormie, P., & McCaulley, G. O. (2008). Relationship between countermovement jump performance and multijoint isometric and dynamic tests of strength. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(3), 699-707. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31816d5eda>.
- Schoenfeld, B. J. (2010). The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(10), 2857-2872. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e840f3>.
- Steib, S., Schoene, D., & Pfeifer, K. (2010). Dose-response relationship of resistance training in older adults: a meta-analysis. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 42(5), 902-914. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181c34465>.

- Stricker, P. R., Faigenbaum, A. D., McCambridge, T. M., LaBella, C. R., Brooks, M. A., Canty, G., ... & Peterson, A. R. (2020). Resistance training for children and adolescents. *Pediatrics*, 145(6). <https://doi.org/10.1542/peds.2020-1011>.
- Vásquez, F., Díaz, E., Lera, L., Meza, J., Salas, I., Rojas, P., ... & Burrows, R. (2013). Impacto del ejercicio de fuerza muscular en la prevención secundaria de la obesidad infantil: intervención al interior del sistema escolar. *Nutrición hospitalaria*, 28(2), 347-356. <https://doi.org/10.3305/nh.2013.28.2.6280>.
- Velasco, J. M. I. (2022). Fuerza vs. pliometría. Efectos en la velocidad lineal y con cambios de dirección en jugadores jóvenes de baloncesto. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, (45), 1002-1008. <https://doi.org/10.47197/retos.v45i0.93031>

