

REPERCUSIÓN DE LAS SERIES CLUSTER EN EL ENTRENAMIENTO DE FUERZA

**GRADO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD
FÍSICA Y EL DEPORTE**

**FACULTAD CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA
Y EL DEPORTE**



Realizado por: Juan José Vallejo Amengual

Grupo TFG: M41

Año Académico: 2022-2023

Tutor/a: María Rosa Bielsa Hierro

Área: Revisión bibliográfica

Resumen

Introducción: Las series cluster se pueden utilizar como una variación útil del entrenamiento de fuerza, estas series se caracterizan por introducir cortos periodos de descanso entre repeticiones o grupos de repeticiones. Estas variaciones se utilizan para mejorar la aptitud física y el rendimiento del deportista, generando así nuevas adaptaciones fisiológicas. Incluir los descansos en la misma serie permite almacenar energía que luego será usada para mantener el rendimiento del entrenamiento.

Objetivos: Principalmente, estudiar el efecto que produce el entrenamiento con series clusters en el entrenamiento de fuerza. De forma secundaria, mediante protocolos de sentadilla y press banca, comparar: volumen de entrenamiento, lactato en sangre, nivel hormonal, análisis técnico, electromiografía y valores de velocidad.

Metodología: Se realizó una revisión sistemática sobre las series cluster y el entrenamiento de fuerza en las bases de datos de Medline y SportDiscus. Las combinaciones de descriptores fueron las siguientes: (clusters [AND] strength training). Para esta revisión se incluyeron los artículos publicados en los últimos 10 años en inglés. Las palabras clave fueron: “series cluster” y “entrenamiento de fuerza”.

Resultados: Los hallazgos muestran que las series cluster no generan cambios significativos en cuanto a medición hormonal y angulación segmentaria de las articulaciones, sin embargo, si repercuten a nivel positivo reduciendo la pérdida de velocidad a lo largo de la serie y la concentración de lactato en sangre haciendo que se pueda dar un mayor volumen de repeticiones y una mayor carga total.

Conclusiones: Se observa que la aplicación de las series cluster en el entrenamiento repercuten positivamente sobre las variables del entrenamiento (pérdida de velocidad, lactato en sangre, tiempo bajo tensión, volumen de series y carga total) lo que deriva en que se puedan producir mejores adaptaciones de cara a ganar fuerza e hipertrofia. Además, los descansos dentro de las series ayudan a guardar energía para no reducir la carga del ejercicio a lo largo de las series y dando lugar a una mayor potencia media, lo cual no se da en las series tradicionales.

Abstract

Introduction: Cluster sets can be used as a useful variation of strength training, these sets are characterised by the introduction of short rest periods between repetitions or groups of repetitions. These variations are used to improve the athlete's fitness and performance, thus generating new physiological adaptations. Including rests in the same series allows energy to be stored, which will then be used to maintain training performance.

Objectives: Mainly, to study the effect of training with series clusters on strength training. Secondly, using squat and bench press protocols, to compare: training volume, blood lactate, hormone level, technical analysis, electromyography and speed values.

Methodology: A systematic review of cluster series and strength training was conducted in the Medline and SportDiscus databases. The descriptor combinations were as follows: (clusters [AND] strength training). Articles published in the last 10 years in English were included for this review. Key words were: “cluster sets” and “strength training”.

Results: The findings show that cluster sets do not generate significant changes in terms of hormone measurement and segmental angulation of the joints, however, they do have a positive impact by reducing the loss of velocity throughout the set and the concentration of lactate in the blood, allowing for a greater volume of repetitions and a greater total load.

Conclusions: It is observed that the application of cluster sets in training has a positive impact on training variables (speed loss, blood lactate, time under tension, set volume and total load) which results in better adaptations to gain strength and hypertrophy. In addition, the breaks within the sets help to save energy so as not to reduce the exercise load throughout the sets and give rise to greater average power, which does not occur in traditional sets.

Índice:

| | |
|---|----|
| 1. Introducción | 1 |
| 2. Objetivos | 5 |
| 3. Metodología | 6 |
| 3.1. Diseño:..... | 6 |
| 3.2. Estrategia de búsqueda:..... | 6 |
| 3.3. Criterios de selección:..... | 6 |
| 3.4 Diagrama de flujo:..... | 7 |
| 4. Discusión | 8 |
| 5. Futuras líneas de investigación | 17 |
| 6. Conclusiones | 17 |
| 7. Referencias bibliográficas | 20 |
| 8. Anexos | 24 |
| 8.1 Resumen articulos empleados: | 24 |

Índice de figuras, tablas e imágenes

| | |
|--|----|
| Figura 1. Mediciones de la fuerza | 2 |
| Figura 2. Diagrama de flujo | 7 |
| Figura 3. Diferencias entre cluster y tradicionales sobre los resultados de salto | 11 |
| Figura 4. Protocolo de estudio | 12 |
| Figura 5. Comparación de velocidad y potencia entre CS y TS | 13 |
| Figura 6. Comparación en la velocidad media propulsiva | 15 |
| Figura 7. Comparación de valores de velocidad y potencia entre RR6 y TRD | 15 |
| Figura 8. Mantenimiento de velocidad y potencia entre series cluster y tradicionales | 16 |
| Tabla 1. Tabla resumen artículos incluidos | 24 |

1. Introducción

Para empezar con el tema a tratar comenzaremos definiendo, que es la fuerza.

Según Badillo y Serna (2002), desde el punto de vista mecánico, la fuerza es toda causa capaz de modificar el estado de reposo o de movimiento de un cuerpo, y en el cuanto a la fuerza muscular, sería la capacidad de la musculatura para deformar un cuerpo, modificar la aceleración del mismo, iniciar o detener el movimiento de un cuerpo, aumentar o reducir su velocidad o hacerle cambiar de dirección.

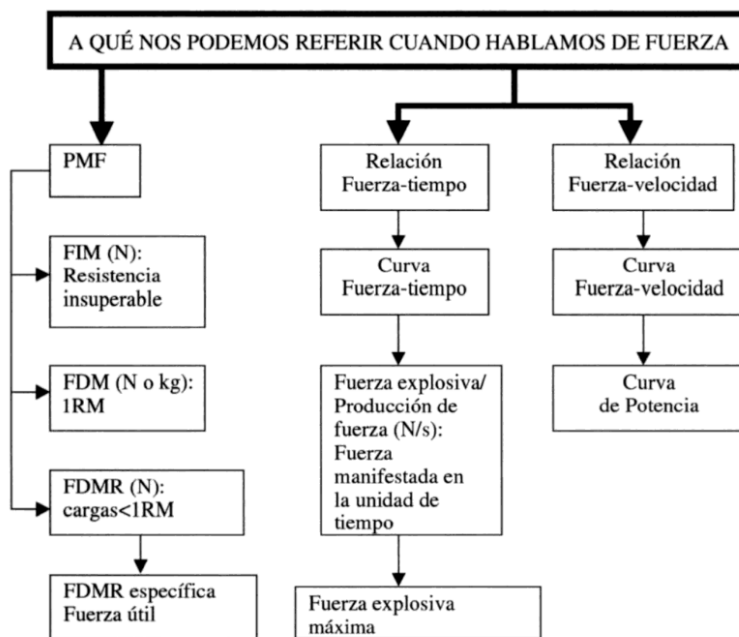
Desde el punto de vista fisiológico, la fuerza se entiende como la capacidad de producir tensión que tiene el músculo al activarse. Dependiendo de: el número de puentes cruzados de miosina que pueden interactuar con filamentos de actina, el número de sarcómeros en paralelo, la tensión específica, la longitud de la fibra y del músculo, el tipo de fibra y los factores facilitadores e inhibidores de la activación muscular. Según la relación que se establezca con las resistencias externas, la acción del musculo puede dar lugar a 3 acciones diferentes: acortamiento o acción dinámica concéntrica, alargamiento o acción dinámica excéntrica y mantenimiento de su longitud o acción isométrica. Cuando las 3 acciones se producen de manera continua, excéntrica-isométrica-concéntrica, se produce una acción múltiple denominada ciclo estiramiento acortamiento (CEA). Cuando se mide la fuerza en acciones dinámicas concéntricas y en CEA, se puede medir la fuerza media de todo el recorrido, el pico máximo de fuerza y la relación de cada valor de fuerza y tiempo en el que se obtiene. Cuando se hace la medición en una acción dinámica concéntrica, el pico máximo de fuerza y la fuerza media obtenidos dependen de la resistencia que se esté utilizando. Es tan importante la fuerza manifestada ante la máxima resistencia como la fuerza que se alcanza con resistencias inferiores, de tal manera que no siempre el que manifiesta más fuerza con una resistencia relativa alta, también es el que lo hace con una resistencia relativa ligera (Badillo y Serna, 2002).

Según Badillo y Serna (2002) cuando aplicamos una fuerza en cualquier gesto siempre se alcanza un pico máximo de fuerza, pero para ello hace falta que transcurra cierto tiempo, este pico de fuerza se alcanza manifestando la mayor

fuerza a la mayor velocidad posible, el valor del pico dependerá del tiempo disponible para manifestar la fuerza. A su vez el tiempo dependerá de la resistencia (a mayor resistencia, mayor tiempo), la cual determinará también, la velocidad de ejecución posible.

Después de lo expuesto, Badillo y Serna (2002) concluyeron que cuando hablas de valoración de la manifestación de la fuerza, lo que hay que medir es el pico máximo de fuerza, el tiempo necesario y la relación entre esa fuerza y el tiempo necesario para conseguirla. La relación fuerza-tiempo da lugar a lo que se conoce como curva fuerza-tiempo (C f-t). Cuando la fuerza se mide en acción dinámica, la C f-t tiene un equivalente en la curva fuerza-velocidad (C f-v). Para tratar de explicar todo este tipo de relaciones, me voy a apoyar en la figura 1, en la que contemplamos en acciones estáticas y dinámicas concéntricas.

Figura 1. Mediciones de la fuerza.



Extraído de Badillo, J. J. G., & Serna, J. R. (2002).

Pico máximo de fuerza: el PMF se mide cuando no hay movimiento. Es el valor de fuerza isométrica máxima (FIM). Es la máxima fuerza voluntaria que se aplica cuando la resistencia es insuperable (Badillo y Serna, 2002).

FDM: si la resistencia que se utiliza para medir la fuerza se supera, pero solo se puede hacer una vez, la fuerza que medimos es la fuerza dinámica máxima y se expresa en newton (Badillo y Serna, 2002).

Fuerza útil: fuerza que realiza el deportista cuando realiza su gesto específico de competición (Badillo y Serna, 2002).

Según Badillo y Serna (2002) relación fuerza-tiempo puede venir expresada a través de la curva fuerza-tiempo y la curva fuerza-velocidad. La curva fuerza-tiempo puede utilizarse tanto para mediciones estáticas como dinámicas, la curva fuerza-velocidad solo para mediciones dinámicas. Cualquier modificación que se produzca en la curva fuerza-tiempo se verá reflejada en la otra y viceversa. Cuando para producir la misma fuerza se tarda menos tiempo o en el mismo tiempo se alcanza más fuerza, se habla de modificaciones positivas en la curva fuerza-tiempo. Asimismo, cuando la misma resistencia se desplaza a mayor velocidad o a la misma velocidad se desplaza una mayor resistencia, se habla de modificaciones positivas en la curva fuerza-velocidad.

Fuerza explosiva: La FE es el resultado de la relación entre la fuerza producida y el tiempo necesario para ello (Badillo y Serna, 2002).

Fuerza potencia: La FP es el resultado de la relación entre la fuerza producida y la velocidad a la que ha sido producida (Badillo y Serna, 2002).

Según Jiménez-Reyes et al. (2021) las adaptaciones logradas mediante el entrenamiento de fuerza dependen del estímulo aplicado, por lo tanto, es importante controlar variables como el volumen, la intensidad, el número de repeticiones, las series y el descanso. En general, la intensidad ha sido reconocida como una variable esencial en términos de mejora de la fuerza. Tradicionalmente, el enfoque de 1RM (repetición máxima) se ha utilizado para prescribir la intensidad del ejercicio basada en la carga. Sin embargo, durante el proceso de entrenamiento los deportistas experimentan variaciones en el rendimiento y los valores de 1RM pueden variar entre sesiones. Por lo tanto, no se puede garantizar que las cargas que se utilizan en cada sesión sean las previstas, pudiendo interferir en con el estímulo estimado y afectar negativamente.

En general, los profesionales que utilizan métodos tradicionales de prescripción de cargas de %1RM dentro de un modelo periodizado, tienen en cuenta las fluctuaciones de la fuerza máxima, sin embargo, pueden resultar difíciles de predecir. Aunque se pueden ajustar las cargas de entrenamiento mediante escala de esfuerzo percibido o repeticiones en reserva (RPE-RIR) como alternativa para tener en cuenta la posible fluctuación individual del día a día, han observado algunas limitaciones de estos métodos. Para abordar estas cuestiones, se ha propuesto el uso del entrenamiento de fuerza basado en la velocidad (VBT), que podría permitir manipular las cargas de entrenamiento dentro de una sesión de entrenamiento de forma objetiva (Jiménez-Reyes et al., 2021).

Según Pérez-Castilla et al. (2020) los resultados de la literatura científica apoyan de esta forma de entrenamiento como un método viable para optimizar la prescripción y el seguimiento de los programas de entrenamiento de fuerza. La velocidad de movimiento puede utilizarse para estimar la máxima carga que puedes levantar en una sola repetición (1RM), que es la principal referencia para prescribir las cargas durante los programas de entrenamiento de fuerza. Para ello se utiliza un encoder (un dinamómetro que se utiliza para hacer una medición directa y continua del espacio recorrido y el tiempo de movimiento de una carga externa), que atado a la barra va midiendo la velocidad a la que se produce el desplazamiento de la carga por el deportista en dicho movimiento y proporciona el feedback de dicha velocidad al instante.

Según García-Ramos et al. (2017) la variación de estímulos en el entrenamiento es uno de los principios básicos para lograr mejoras continuas en la aptitud física y rendimiento atlético. Variables como el número de series y repeticiones, magnitud de la carga y descanso entre series son comúnmente manipuladas durante los entrenamientos de fuerza con el fin de inducir adaptaciones fisiológicas específicas.

Realizar repeticiones de manera continua con configuraciones de series tradicionales resulta en una disminución de la fuerza, velocidad y potencia. En muchos deportes la capacidad de generar fuerza es necesaria haciendo este tipo de entrenamiento contraintuitivo al principio de especificidad (Oliver et al., 2015). Un método que se puede utilizar para cambiar la configuración de una serie proporcionando una variación útil en el estímulo del entrenamiento se conoce como

series cluster. El entrenamiento con series cluster consiste en introducir cortos periodos de descanso entre repeticiones o bloques de repeticiones dentro de una serie (García-Ramos et al., 2017). Las series cluster permiten almacenar energía para que el rendimiento posterior pueda mantenerse. Como resultado de ir reservando energía constantemente dentro del músculo, investigaciones recientes han identificado que los intervalos de descanso dentro de una serie pueden permitir mayores cargas para un número determinado de repeticiones o un mayor número de repeticiones para una carga dada (Tufano et al., 2018). Es por ello que incorporar el método cluster cuando se trabaja con umbrales de velocidad o potencia puede ser todavía más interesante.

Oliver et al. (2015) registraron mayor fuerza y potencia tras un programa de entrenamiento de fuerza con series cluster en comparación con series tradicionales. No vieron diferencias en las ganancias de masa magra lo que sugiere que las series cluster son tan efectivas como las tradicionales para las ganancias de hipertrofia.

2. Objetivos

Objetivo principal: Realizar una revisión sistémica para estudiar el efecto que produce el entrenamiento con series clusters en el entrenamiento de fuerza mediante protocolos de sentadilla y press banca.

Objetivos secundarios:

- Comparar la velocidad de propulsión en un protocolo de press banca entre series tradicionales y series cluster.
- Comparar las respuestas de lactato en sangre en un protocolo de press banca entre series tradicionales y series cluster.
- Analizar las respuestas sobre electromiografía en un protocolo de press banca con series cluster.
- Comparar resultados a nivel hormonal y concentración de lactato en sangre en un protocolo de sentadilla entre series tradicionales y series cluster.
- Comparar resultados en cuanto a volumen de entrenamiento en un protocolo de sentadilla entre series tradicionales y series cluster.

- Analizar resultados sobre velocidad y potencia en series tradicionales y cluster en un protocolo de sentadilla.
- Analizar resultados cinéticos y cinemáticos en un protocolo de sentadilla con series cluster.

3. Metodología

3.1. Diseño:

En este trabajo se realizó una revisión sistemática dentro de las bases de datos científicas “MEDLINE complete” y “SPORTDiscus” a través de la Biblioteca CRAI de la universidad, para buscar las publicaciones de artículos científicos que nos sirvieran en nuestra investigación, que en este caso la búsqueda es sobre las series cluster y su impacto en el entrenamiento de fuerza.

3.2. Estrategia de búsqueda:

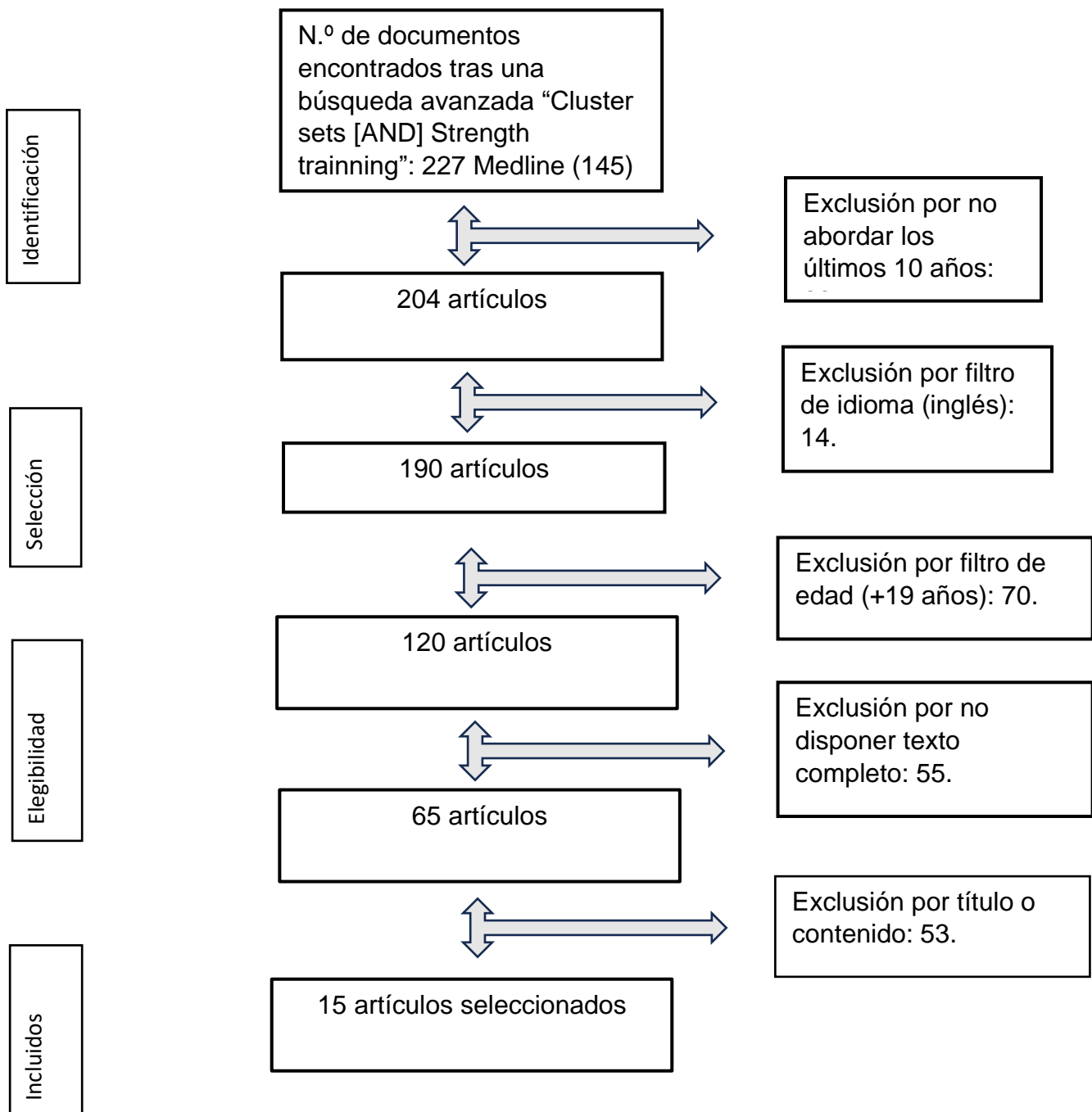
La búsqueda de artículos utilizados se realizó en las bases de datos Medline y SportDiscus, mediante la siguiente ecuación de búsqueda: (Cluster sets [AND] Strength training). Se limitó la fecha a 10 años de antigüedad (2013). Las palabras clave fueron “series cluster” y “entrenamiento de fuerza”.

Inicialmente se encontraron 227 artículos relacionados con el tema, de los cuales al filtrar el año de publicación (2013-2023), se descartaron 23 artículos. Por idioma (en inglés), se excluyeron 14. Posteriormente, se excluyeron 70 artículos por filtro de edad (+18 años), quedando así 120 “elegibles”, de los cuales se excluyeron 55 por no disponer de texto completo, quedando así 65, de los que se seleccionaron por contenido o título 15 artículos.

3.3. Criterios de selección:

- Todos los artículos deben estar en inglés.
- Número de sujetos en la muestra debe ser mayor o igual a 8.
- La edad de los sujetos debe ser superior a 18 años.
- Los sujetos no pueden presentar trastornos cardiovasculares.
- Los sujetos no pueden ser fumadores ni presentar lesiones previas

3.4 **Figura 2.** Diagrama de flujo:



Elaboración Propia.

4. Discusión

Velocidad de propulsión en un protocolo de press de banca entre series tradicionales y cluster.

Los estudios realizados por (Garcia-Ramos et al., 2017, Torrejón et al., 2019, Rial-Vázquez et al., 2020 y Ortega-Becerra et al., 2021) compararon los resultados sobre la velocidad de propulsión en un protocolo de press de banca entre series tradicionales y cluster.

Cada uno dividió los grupos de manera diferente. En el estudio de Garcia-Ramos et al. (2017) se dividieron en 5 grupos, dos tradicionales (3 series de 10 repeticiones y 6 series de 5 repeticiones) y tres cluster con un ratio de repetición/es – descanso de 1:1 (3 series de 10 repeticiones con 5 segundos de descanso, 3 series de 10 repeticiones con 10 segundos de descanso y 3 series de 10 repeticiones con 15 segundos de descanso).

En el estudio de Rial-Vázquez et al. (2020) se dividieron en 2 grupos, uno tradicional de 4 series de 8 repeticiones y uno cluster de 16 series de 2 repeticiones con 1 minuto de descanso cada 2 repeticiones.

En el estudio de Ortega-Becerra et al. (2021) se dividieron en 3 grupos: uno tradicional de 3 series de 12 repeticiones y dos cluster, grupo CS4: 3 series de 12 repeticiones con 30 segundos de descanso por agrupación de 4 repeticiones y grupo CS2: 3 series de 12 repeticiones con 30 segundos de descanso por agrupación de 2 repeticiones.

En el estudio de Torrejón et al. (2019) se dividieron en 3 grupos: uno tradicional de 6 series de 4 repeticiones y dos cluster, grupo CL: 6 series de 4 repeticiones con 15 segundos de descanso por agrupación de 2 repeticiones y grupo IRR: 24 series de 1 repetición con 39 segundos de descanso por repetición.

A pesar de realizarse con protocolos diferentes, todos los estudios a excepción del de Torrejón et al. (2019) observaron mayores valores de velocidad. Por ello, comparando los estudios, podemos concluir que puede deberse a una falta en el incremento del tiempo de descanso entre agrupaciones cluster (>15 segundos), si el ratio de repetición – descanso es mayor que 1:1 o en su defecto un ratio de

repetición – descanso de 1:2 o superior, lo que es lo mismo, realizar agrupaciones de 2 repeticiones o superiores. Por lo tanto, descansos más frecuentes y más largos son más beneficiosos para mantener el rendimiento mecánico.

Lactato en sangre en un protocolo de press de banca entre series tradicionales y cluster

Los estudios realizados por (García-Ramos et al., 2017 y Rial-Vázquez et al., 2020) también compararon los resultados sobre la concentración de lactato en sangre en un protocolo de press de banca entre series tradicionales y cluster.

En ambos estudios observaron que la concentración de lactato en sangre post entrenamiento fue mayor en las series tradicionales que en las series cluster. lo que sugiere que las series cortas con recuperación entre repeticiones reduce la implicación glucolítica de la sesión.

Electromiografía entre el pectoral y el tríceps en un protocolo de press de banca

En el estudio de Torrejón et al. (2019) también analizaron resultados de electromiografía entre el pectoral y el tríceps en un protocolo de press de banca entre series tradicionales y cluster.

Tras analizar los resultados de la EMG, Torrejón et al. (2019) observaron, que el protocolo CS2 mostró una menor actividad fisiológica durante la contracción del pectoral mayor determinada por el valor de la raíz cuadrada media (RMS) que CS4 y TRD. Además, el protocolo TRD mostró una frecuencia media medida por electromiografía significativamente menor del tríceps braquial que el protocolo de series cluster. Esto puede deberse a una mayor aparición de fatiga sobre el pectoral mayor (mayor encarado de realizar un press banca) en el grupo de series tradicionales.

Resultados a nivel hormonal y concentración de lactato en sangre en un protocolo de sentadilla mediante series cluster y series tradicionales.

Los estudios realizados por (Girman et al., 2014 y Oliver et al., 2015) midieron y compararon los resultados a nivel hormonal y concentración de lactato en sangre en un entrenamiento mediante series cluster y series tradicionales.

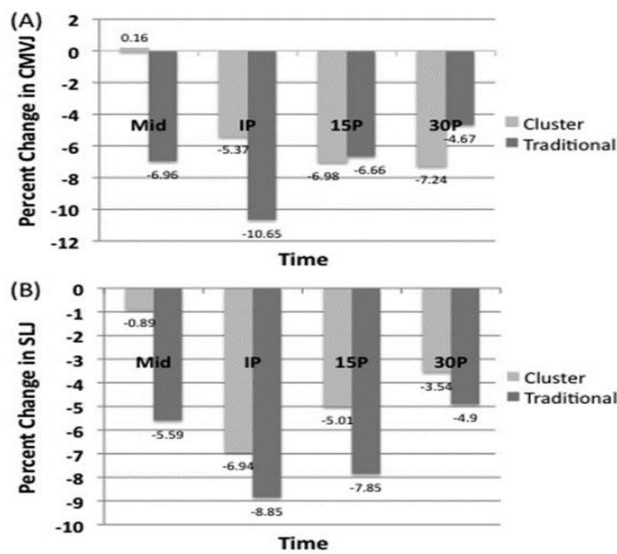
En el estudio de Oliver et. al. (2015) se dividieron en 2 grupos: el grupo de series tradicionales (TRD) que realizaron 4 series de 10 repeticiones con 2 minutos de descanso entre series, y el grupo de series cluster (CLU) que realizaron 4 series de (2x5) repeticiones con 1 minuto y medio de descanso entre series y 30 segundos de descanso entre series cluster. Ambos grupos trabajaron con el 70% de la repetición máxima en sentadilla.

En el estudio de Girman et al. (2014) 11 hombres entrenados realizaron 4 series de 6 repeticiones al 75% del 1RM en clean pull y 5 series de 4 y 10 repeticiones al 65% del 1RM en sentadilla. El grupo TS realizó las repeticiones seguidas con 2 minutos de descanso entre series y el grupo CS descansó 15 segundos cada 2 repeticiones y 2 minutos entre series.

Además de los resultados en cuanto lactato en sangre y respuestas hormonales, cada uno midió el rendimiento de una manera distinta. Oliver et al. (2015) midieron la potencia media mediante un econdor lineal, por otro lado, Girman et al. (2014) midieron el rendimiento mediante los resultados en un CMJ (salto con contramovimiento) y un SL (salto de longitud). En ambos estudios se tomaron muestras de la testosterona total, hormona de crecimiento, el cortisol y concentración de lactato en sangre, antes y después, 15 y 30 minutos después. Observaron que a nivel hormonal no había diferencias significativas, algunos valores resultaron más altos post entrenamiento, pero fueron volviendo a sus valores base con el tiempo. En cuanto a la concentración de lactato en sangre, en Girman et al. (2014) fue menor para el protocolo que trabajaba con series cluster en comparación con las series tradicionales (7,6 vs 12,7 mmol.), de la misma manera sucedió en Oliver et al. (2015). Por lo que ambos estudios concluyeron que las series cluster producen mejores respuestas metabólicas y unas respuestas hormonales anabólicas similares.

A nivel mecánico, Oliver et al. (2015) observaron como la media de potencia de cada levantamiento fue significativamente mayor en las series cluster y la pérdida de potencia mayor para TRD. Mientras que Girman et al. (2014) observaron que las diferencias entre porcentaje de salto favorecieron a las series cluster ya que produjeron resultados más estables que las series tradicionales (ver figura 3).

Figura 3. Diferencias entre cluster y tradicionales sobre los resultados de salto.



Extraído de Girman et al., 2014.

Volumen de entrenamiento en un protocolo de sentadilla entre series tradicionales y series cluster.

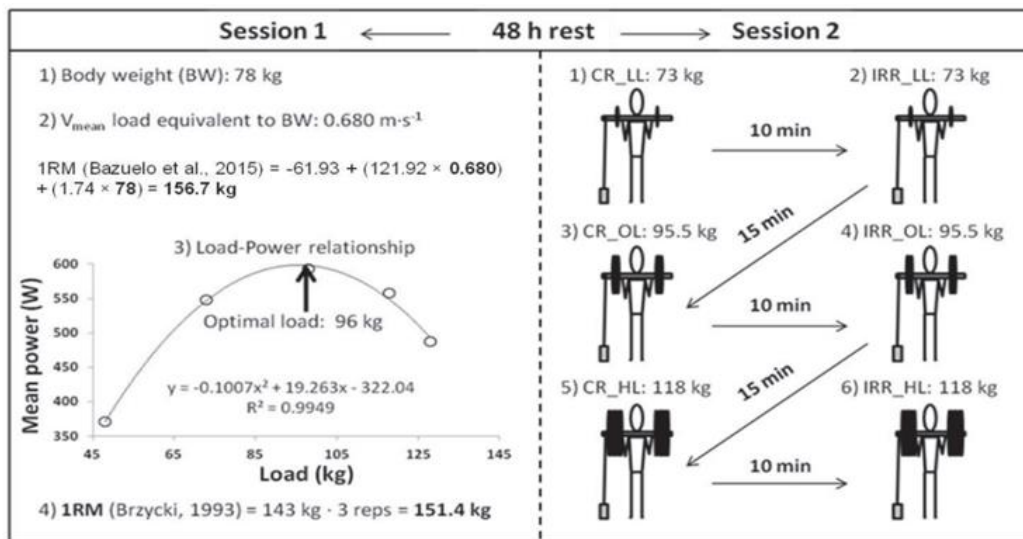
Los estudios realizados por (García-Ramos et al., 2016 y Tufano et al., 2018) midieron el volumen de entrenamiento en un protocolo de sentadilla a partir de los datos obtenidos en la producción de potencia. Los datos se recopilaban utilizando un encoder lineal y la potencia de salida se calculó como el producto de fuerza y velocidad.

En el artículo de García-Ramos et al. (2016) observaron que, incorporando 6 segundos de descanso entre repeticiones la producción de potencia se mantenía en mayor medida a lo largo de un mayor número de repeticiones que en una serie continuada. En cambio, Tufano et al. (2018) observaron que los resultados en cuanto a velocidad y potencia fueron muy similares, aunque para el grupo cluster resultó aproximadamente 1.6 veces mayor el número total de repeticiones y el número total de repeticiones efectivas.

La diferencia por la que en un estudio los resultados favorezcan claramente a las series cluster y en otro no se encuentren diferencias significativas radica en el protocolo. En el estudio de Tufano et al. (2018), de la muestra completa determinaron una carga individualizada a la que la potencia de salida fue mayor (MPmax.) para posteriormente dividirlos en 2 grupos. El grupo de series

tradicionales (TS) que realizaron 6 series con su carga de MPmax con tantas repeticiones les fuera posible hasta que la producción de potencia cayera por debajo del 90% del MPmax durante 2 repeticiones consecutivas, descansando 2 minutos entre series. El grupo de series cluster (CS) realizó lo mismo, pero con agrupaciones de 2 repeticiones dejando 20 segundos de descanso entre agrupaciones. En cambio, en el estudio de García-Ramos et al. (2016) realizaron 2 series para cada una de estas 3 condiciones de carga: optima (OL), baja (LL) 15% inferior y alta (HL) 15% superior. Cada serie se ejecutó al fallo o con un máximo de 20 repeticiones; se realizaron mediante repeticiones continuas y con 6 segundos de descanso entre repeticiones. Dicho protocolo se observa de mejor manera en la figura 4.

Figura 4. Protocolo de estudio.



Extraído de García-Ramos et al., 2016.

Por lo tanto, las intensidades y la fatiga producida por cada serie de repeticiones fueron completamente diferente entre un estudio y otro.

Valorando ambos estudios, observamos que ante un protocolo de repeticiones abierto las series cluster repercuten positivamente en el volumen de entrenamiento, lo cual puede ser más interesante de cara a la hipertrofia en el que el volumen y el tiempo bajo tensión tienen mayor importancia, ya que se trabaja frecuentemente con una alta fatiga muscular. En cambio, con un protocolo en el que la fatiga se

encuentra limitada por un umbral de potencia, las series cluster no repercuten de la misma manera.

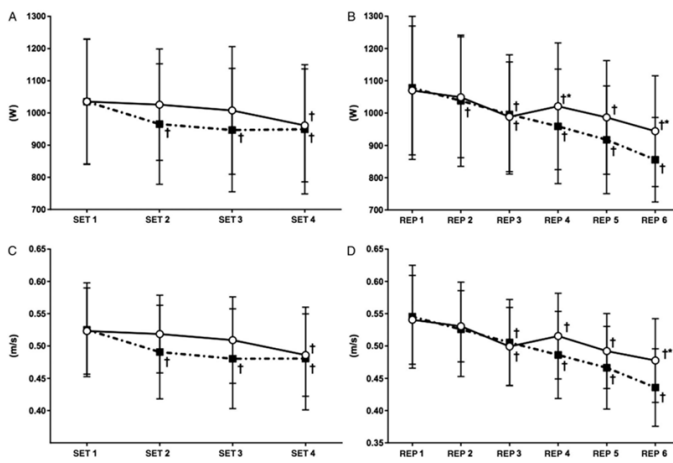
Resultados de velocidad y potencia por repeticiones en series tradicionales y cluster en un protocolo de sentadilla

Los estudios realizados por (Tufano et al., 2016, 2017a, 2017b; Wagle et al. 2018, Mora-Custodio et al., 2018, Stone et al., 2019 y Jukic & Tufano, 2019) midieron las variables de velocidad, potencia y fuerza durante las repeticiones y series en un protocolo de sentadilla utilizando una placa de fuerza, 4 encoder lineales y una cuadrícula para representar los valores.

De los 7 estudios, 5 han resultado positivamente en el análisis de las magnitudes mencionadas frente a la aplicación de series tradicionales y 1 ha resultado en valores similares. El único artículo que comparó los resultados únicamente entre agrupaciones de repeticiones fue Tufano et al. (2017a), por lo tanto, la comparación de valores se realizó entre grupos cluster. A continuación, desglosaremos los 7 estudios por grupos según su similitud de matices ya que el protocolo a la hora de dividir los grupos es diferente.

Los estudios realizados por (Tufano et al., 2016, 2017b; Wagle et al. 2018 y Stone et al., 2019) encontraron que la inclusión de 30 segundos de descanso en las agrupaciones cluster repercutía positivamente sobre las variables estudiadas (como se puede ver a continuación en la figura 5) además de ser el descanso más recurrente y relacionado entre los diversos estudios debido a que en el resto los tiempos de descanso eran más dispares.

Figura 5. Comparación de velocidad y potencia entre CS y TS.



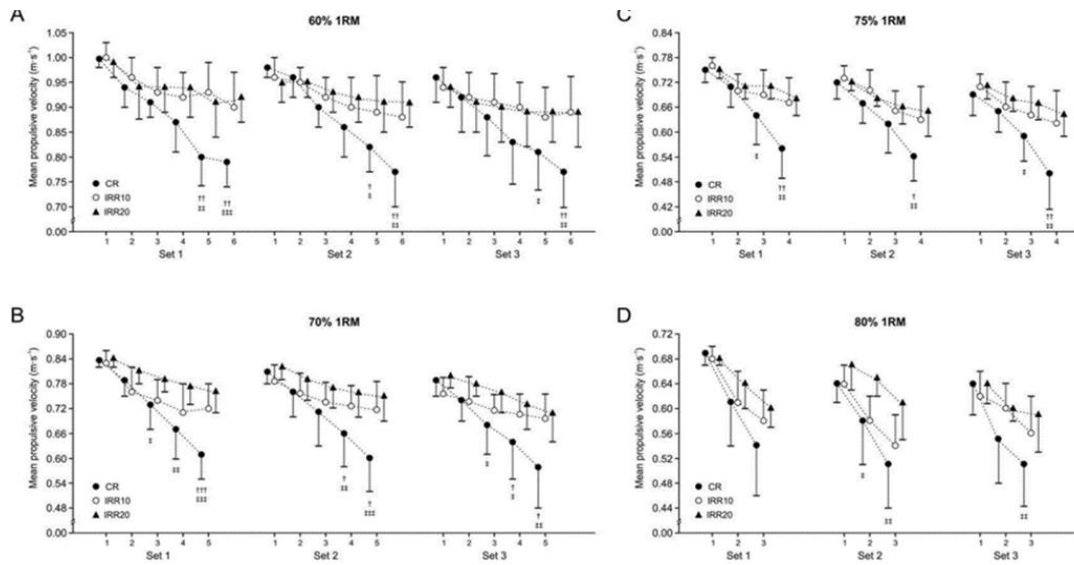
Etraído de Stone et al., 2019.

En los estudios realizados por (Tufano et al., 2016 y Tufano et al., 2017b) coincidieron en que las series cluster con agrupaciones de 2 repeticiones fueron los grupos que obtuvieron mejores resultados y las series tradicionales los grupos que obtuvieron los peores. Según Tufano et. al. (2017b) CS2 resultó un 19% mayor en fuerza media, 15% mayor en trabajo total y 26% mayor en tiempo bajo tensión que el grupo TS. Ambos estudios concluyeron que las series cluster, más concretamente el grupo CS2, son las más eficaces para reducir la fatiga inducida por la disminución de velocidad. Además, Tufano et. al. (2017b) concluyeron que las series cluster pueden utilizarse para aumentar la carga de entrenamiento y dar lugar a un mayor trabajo total sin afectar negativamente a la potencia máxima. Esto se debe a que fue el único estudio cuyo protocolo comparaba % de RM más bajos para las series tradicionales y % de RM más altos para series cluster, así descubrieron que el descanso intraserie permitía mantener el mismo porcentaje de pérdida de velocidad que la serie tradicional.

Los estudios realizados por (Tufano et al., 2017^a, Mora-Custodio et al., 2018 y Wagle et al. 2018) encontraron que la inclusión de descansos intraserie tras cada repetición repercutía positivamente sobre las variables estudiadas (como se puede ver a continuación en la figura 7), además según Tufano et al., (2017^a), los descansos intraserie tras cada repetición mantenían la velocidad a lo largo de la serie mientras que en las demás descendía significativamente. Al igual que la producción de fuerza en la 1^a repetición de las otras agrupaciones era significativamente menor a las demás repeticiones mientras que en RR1 se mantenía estable. Según los autores, este fenómeno puede deberse por un mecanismo de potenciación de fuerza que tiene lugar post repetición.

Los estudios realizados por (Wagle et al., 2018, Mora-Custodio et al., 2018 y Stone et al., 2019) observaron que la magnitud de velocidad y potencia fue significativamente mayor en el grupo de series cluster, en algunos casos hasta un 10% más que las series tradicionales (como se puede ver a continuación en la figura 6), de la misma manera que el porcentaje de pérdida de velocidad entre series fue significativamente menor para los grupos de las series cluster.

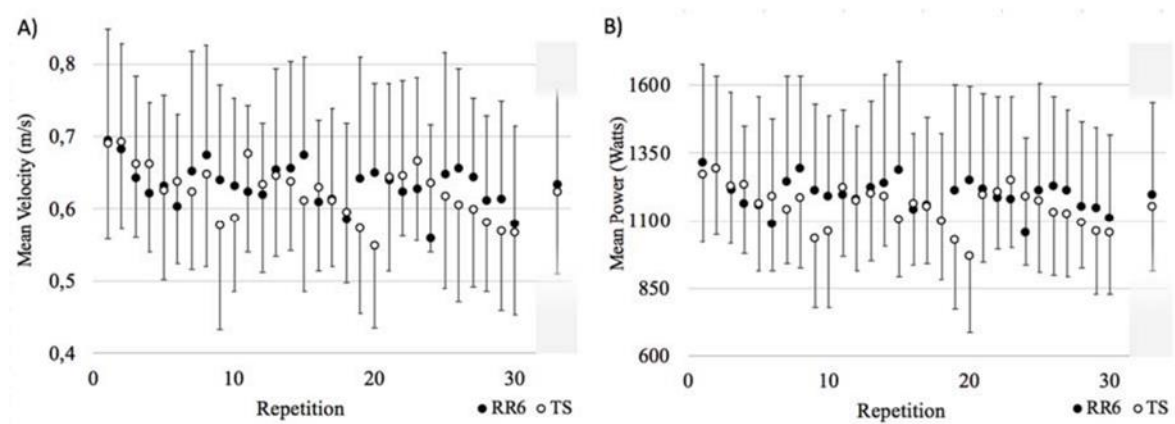
Figura 6. Comparación en la velocidad media propulsiva.



Extraído de Mora-Custodio et al., 2018.

A diferencia de los estudios anteriores, Jukic y Tufano (2019) descubrieron que los intervalos de descanso, mientras se realizaba un alto volumen de repeticiones cluster, no afectaron a los descensos inducidos por la fatiga en medidas de velocidad y potencia, (como se puede ver a continuación en la figura 7), a pesar de que el grupo de series tradicionales resultó en un RPE mayor (escala de esfuerzo percibido).

Figura 7. Comparación de valores de velocidad y potencia entre RR6 y TRD.

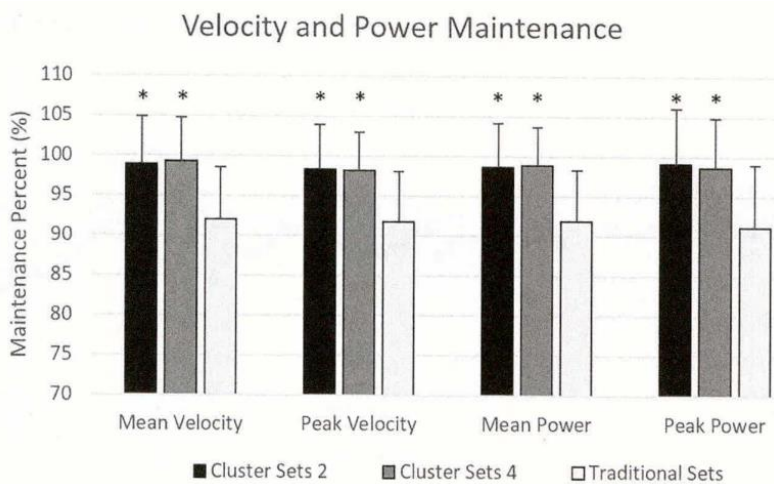


Extraído de Jukic y Tufano, 2019.

Estas diferencias entre artículos pueden deberse a que 6 repeticiones resulten demasiado para una agrupación cluster en un protocolo tan fatigante como este: 3 series de 30 repeticiones con una carga del 70% del RM cerca del fallo muscular.

Por lo tanto, con el análisis de todos los estudios investigados anteriormente, para un protocolo de sentadilla, las series cluster resultan altamente efectivas para mantener el rendimiento en potencia y velocidad siempre y cuando dicho protocolo se ejecute a un rango de esfuerzo alto-muy alto como lo son las series cerca del fallo al 80% del RM. Además, un protocolo cluster con 30 segundos de descanso cada repetición o cada 2 repeticiones podría ser lo más indicado para proporcionar mayores valores de potencia impulsados por la velocidad. En cualquier caso, apreciamos como el mayor beneficio que aportan los descansos intraserie son sobre el control de la fatiga generada sobre la velocidad y potencia, como podemos observar en la siguiente figura 8.

Figura 8. Mantenimiento de velocidad y potencia entre series cluster y tradicionales.



Extraído de Tufano et al., 2016.

Análisis de los datos cinéticos y cinemáticos de la sentadilla.

En el estudio de Stone et al. (2019) también realizaron un análisis global del ejercicio, analizando los datos cinéticos y cinemáticos mediante una placa de fuerza bípoda y un sistema de captura de movimiento infrarrojo. Observaron que, a nivel cinemático, los grados de flexión de las articulaciones no presentaron más que una

mera diferencia. Sin embargo, si observaron que el grupo CS aplicaba mayor potencia desde la rodilla que el grupo TRD y ambos grupos aumentaron la potencia producida por la cadera.

5. Futuras líneas de investigación

Tras este trabajo hemos conseguido despejar algunas dudas sobre el tema tratado, pero también se generan nuevas ideas que abren vías de trabajo. Atendiendo a lo expuesto en la presente revisión sería interesante:

Comparar un análisis a nivel directo sobre las ganancias de fuerza e hipertrofia entre series cluster y series rest-pause. Basándonos en unas mediciones perimetrales y un examen DEXA obteniendo unos resultados exactos sobre las ganancias de hipertrofia; para conocer las ganancias de fuerza realizar un test de RM se podría determinar mediante las fórmulas lineales de Lander (1985) o Brzycki (1993), evitando así riesgo de lesión con cargas altas. Y observar si las mejoras en los valores de velocidad de ejecución también repercutirían a nivel físico.

También sería interesante comparar los efectos que tienen las series cluster tanto en hombres como mujeres, para aportar más información a la hemeroteca del entrenamiento de fuerza en mujeres que esta poco estudiado en comparación al de los hombres. Asimismo, sería interesante estudiar las respuestas mecánicas y metabólicas entre un hombre y una mujer siguiendo el mismo protocolo, aunque cada uno adaptando % de carga del ejercicio en base a su nivel de fuerza.

Además, en futuras líneas de investigación sugeriría estudiar la repercusión de las series cluster sobre las mismas variables observadas incluyendo un protocolo de peso muerto. Obteniendo así unos resultados similares con los que poder contrastar los 3 ejercicios y comprobar si existe alguna diferencia entre ejercicios con un mismo diseño de ejecución.

6. Conclusiones

En base a la formulación del objetivo principal, se concluye:

Si la fatiga inducida por la velocidad no tiene una importancia primordial dentro del entrenamiento, las series cluster pueden diseñarse para utilizar cargas mayores

para un número determinado de repeticiones, resultando en un mayor trabajo total sin sacrificar la potencia. Asimismo, habría que tener en cuenta que ante cargas más altas los protocolos deberían incluir agrupaciones más pequeñas y con tiempos de descanso entre agrupaciones más altos, mínimo de 30 segundos.

En base a la formulación de los objetivos secundarios concluimos que:

Disminuyen la pérdida de velocidad y la concentración de lactato en sangre a lo largo de la serie, porque con los breves descansos el ATP tiene tiempo de regenerarse como para mantener una máxima producción de fuerza más alta.

Por esto también vemos que la potencia media de los levantamientos es más alta que en la de una serie tradicional. Al disponer de este tiempo de regeneración de ATP la carga puede ser mayor que la de una serie tradicional.

El uso de series cluster puede resultar más útil en un contexto de ganancia muscular y/o de fuerza donde el rendimiento se centre en la intensidad y el volumen de entrenamiento dado que las series cluster retrasarán la aparición de fatiga y se completarán un mayor número de repeticiones efectivas y consecuentemente un mayor trabajo total, reportando mayores beneficios en los niveles de fuerza. En cambio, la utilización de series cluster en protocolo de limitado por un umbral de potencia no resulta tan efectivo ya que el número de repeticiones y la fatiga generada ya está establecida.

A nivel hormonal no genera ningún cambio a posteriori en comparación de lo que se consigue con una serie tradicional; en ambos protocolos se producen un incremento de la testosterona libre y de la hormona de crecimiento post entrenamiento en comparación a las medidas tomadas pre entrenamiento pero estos valores vuelven a niveles normales tiempo después.

A nivel cinemático no existen diferencias significativas entre series cluster y series tradicionales en un protocolo de sentadilla, más allá de que las cluster produzcan un patrón más dominante de rodilla que de cadera. En cuanto al press banca repercuten en una mayor activación de pectoral, músculo dominante en la ejecución del ejercicio.

En comparación con las series tradicionales, las series cluster generan mejores adaptaciones fisiológicas, mitigan la fatiga generada en las series de entrenamiento

porque se mantiene claramente la producción de fuerza, al contrario que en las tradicionales que va decayendo. Por esto mismo los datos indican que las series cluster son una mejor opción de cara a incrementar el volumen trabajando con intensidades cercanas al fallo muscular.

A nivel de electromiografía, podríamos especular que la aparición de descansos dentro de la serie favorece la activación del músculo con mayor aplicabilidad de fuerza en un patrón de movimiento global, que puede ir relacionado con mejora en cuanto a producción de fuerza anteriormente mencionada.

Se puede considerar al trabajo con series cluster como una herramienta a tener en cuenta en el entrenamiento de fuerza, en función de los objetivos, ya que repercute en las variables de entrenamiento claves que venimos mencionando anteriormente como: la fatiga, el tiempo bajo tensión, la carga, el volumen de trabajo y activación muscular.

7. Referencias bibliográficas

Badillo, J. J. G., & Serna, J. R. (2002). *Bases de la programación del entrenamiento de fuerza* (Vol. 308). Inde.

García-Ramos, A., González-Hernández, J. M., Baños-Pelegrín, E., Castaño-Zambudio, A., Capelo-Ramírez, F., Boullosa, D., Haff, G. G., & Jiménez-Reyes, P. (2017). Mechanical and Metabolic Responses to Traditional and Cluster Set Configurations in the Bench Press Exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *34*(3), 663–670. DOI: 10.1519/JSC.0000000000002301.

García-Ramos, A., Nebot, V., Padiá, P., Valverde-Esteve, T., Pablos-Monzó, A., & Feriche, B. (2016). Effects of short inter-repetition rest periods on power output losses during the half squat exercise. *Isokinetics & Exercise Science*, *24*(4), 323–330.

Girman, J. C., Jones, M. T., Matthews, T. D., & Wood, R. J. (2014). Acute effects of a cluster-set protocol on hormonal, metabolic and performance measures in resistance-trained males. *European Journal of Sport Science*, *14*(2), 151–159. DOI: 1080/17461391.2013.775351.

Jiménez-Reyes, P., Castaño-Zambudio, A., Cuadrado-Peñañiel, V., González-Hernández, J. M., Capelo-Ramírez, F., Martínez-Aranda, L. M., & González-Badillo, J. J. (2021). Differences between adjusted vs. non-adjusted loads in velocity-based training: Consequences for strength training control and programming. *PeerJ*, *9*, e10942.

- Jukic, I., & Tufano, J. J. (2019). Shorter but More Frequent Rest Periods: No Effect on Velocity and Power Compared to Traditional Sets not Performed to Failure. *Journal of Human Kinetics*, 66(1), 257–268.
- Mora-Custodio, R., Rodríguez-Rosell, D., Yáñez-García, J. M., Sánchez-Moreno, M., Pareja-Blanco, F., & González-Badillo, J. J. (2018). Effect of different inter-repetition rest intervals across four load intensities on velocity loss and blood lactate concentration during full squat exercise. *Journal of Sports Sciences*, 36(24), 2856–2864. DOI: 10.1080/02640414.2018.1480052.
- Oliver, J. M., Kreutzer, A., Jenke, S., Phillips, M. D., Mitchell, J. B., & Jones, M. T. (2015). Acute response to cluster sets in trained and untrained men. *European Journal of Applied Physiology*, 115(11), 2383–2393. DOI: 10.1007/s00421-015-3216-7.
- Ortega-Becerra, M., Sánchez-Moreno, M., & Pareja-Blanco, F. (2021). Effects of Cluster Set Configuration on Mechanical Performance and Neuromuscular Activity. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(2), 310–317. DOI: 10.1519/JSC.0000000000003907.
- Pérez-Castilla, A., García-Ramos, A., Padial, P., Morales-Artacho, A., & Feriche, B. (2020). Load-Velocity Relationship in Variations of the Half-Squat Exercise: Influence of Execution Technique. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(4), 1024-1031. DOI: 10.1519/JSC.0000000000002072.

Rial-Vázquez, J., Mayo, X., Tufano, J. J., Fariñas, J., Rúa-Alonso, M., & Iglesias-Soler, E. (2022). Cluster vs. traditional training programmes: changes in the force–velocity relationship. *Sports Biomechanics*, *21*(1), 85–103.

Stone, J. D., King, A. C., Goto, S., Mata, J. D., Hannon, J., Garrison, J. C., Bothwell, J., Jagim, A. R., Jones, M. T., & Oliver, J. M. (2019). Joint-Level Analyses of the Back Squat With and Without Intrasets Rest. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *14*(5), 583–589. DOI: 10.1123/ijsp.2018-0662.

Torrejón, A., Janicijevic, D., Haff, G. G., & García-Ramos, A. (2019). Acute effects of different set configurations during a strength-oriented resistance training session on barbell velocity and the force-velocity relationship in resistance-trained males and females. *European Journal of Applied Physiology*, *119*(6), 1409–1417. <https://doi.org/10.1007/s00421-019-04131-8>.

Tufano, J. J., Halaj, M., Kampmiller, T., Novosad, A., & Buzgo, G. (2018). Cluster sets vs. traditional sets: Levelling out the playing field using a power-based threshold. *PLoS One*, *13*(11), e0208035. DOI: 10.1371/journal.pone.0208035.

Tufano, J. J., Conlon, J. A., Nimphius, S., Brown, L. E., Banyard, H. G., Williamson, B. D., Bishop, L. G., Hopper, A. J., & Haff, G. G. (2017). Cluster Sets: Permitting Greater Mechanical Stress Without Decreasing Relative Velocity. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *12*(4), 463–469. DOI: 10.1123/ijsp.2015-0738.

Tufano, J. J., Conlon, J. A., Nimphius, S., Brown, L. E., Petkovic, A., Frick, J., & Gregory Haff, G. (2017). Effects of Cluster Sets and Rest-Redistribution on Mechanical Responses to Back Squats in Trained Men. *Journal of Human Kinetics*, 58(1), 35–43.

Tufano, J. J., Conlon, J. A., Nimphius, S., Brown, L. E., Seitz, L. B., Williamson, B. D., & Haff, G. G. (2016). Maintenance of Velocity and Power With Cluster Sets During High-Volume Back Squats. *International Journal of Sports Physiology & Performance*, 11(7), 885–892.

Wagle, J. P., Carroll, K. M., Cunanan, A. J., Wetmore, A., Bingham, G. E., DeWeese, B. H., Sato, K., Stone, M. H., Taber, C. B., Sams, M. L., & Stuart, C. A. (2018). Repetition-to-Repetition Differences Using Cluster and Accentuated Eccentric Loading in the Back Squat. *Sports (2075-4663)*, 6(3), 59.

8. Anexos

8.1 Tabla 1. Resumen de los artículos empleados.

| Autor y año | Método | Objetivos | Muestra | VARIABLES | Resultados |
|------------------------------------|----------------------------|--|------------------------------------|---|--|
| García-Ramos et al., 2016 | Experimental G. control | Determinar los efectos de CL sobre la capacidad de mantener velocidad y repeticiones | 16 sujetos bien entrenados 33 años | Potencia media N.º de repeticiones Sentadilla | Volumen de entrenamiento CL > TRD, CL 6s descanso mayor potencia |
| García-Ramos et al., 2017 | Experimental G. control | Comparar respuestas mecánicas y metabólicas entre CL y TRD | 10 sujetos bien entrenados 29 años | Velocidad de propulsión Lactato en sangre Press banca | Resultados mecánicos CL > TRD estrés metabólico CL < TRD |
| Girman et al., 2014 | Experimental G. control | Comparar los efectos de CL y TRD a nivel hormonal y de lactato | 11 sujetos bien entrenados 23 años | Nivel hormonal Lactato en sangre Sentadilla | Lactato en sangre CL < TRD, respuesta hormonal similar |
| Jukić y Tufano 2019 | Experimental G. control | Comparar los efectos de CL y TRD sin ir al fallo y con cargas iguales | 26 sujetos bien entrenados 28 años | Velocidad media Potencia media Sentadilla | Velocidad y potencia similares, RPE CL < TRD |
| Mora-Custodio ET al., 2018 | Experimental G. control | Comparar respuestas mecánicas y metabólicas entre CL y TRD | 30 sujetos entrenados 22 años | Pérdida de velocidad Lactato en sangre Sentadilla | Fatiga y lactato en sangre CL < TRD |
| Oliver et al., 2015 | Experimental G. control | Estudiar respuesta mecánica, metabólica y hormonal | 23 sujetos bien entrenados 25 años | Nivel hormonal Lactato en sangre Sentadilla | Lactato en sangre CL < TRD, respuesta hormonal similar |
| Ortega-Becerra et al., 2021 | Experimental G. control | Comparar respuestas mecánicas entre CL y TRD | 14 sujetos bien entrenados 23 años | Velocidad de propulsión Potencia media Press banca | Valores de fuerza, velocidad y potencia CL > TRD |
| Rial-Vázquez et al., 2020 | Experimental G. control | Analizar el efecto agudo de CL sobre respuestas mecánicas y metabólicas | 39 sujetos bien entrenados 23 años | Velocidad de propulsión Lactato en sangre Press banca | Valores de velocidad CL > TRD Fatiga y lactato en sangre CL < TRD |
| Stone et al., 2019 | Experimental G. control | Comparar los efectos de CL y TRD sobre velocidad y cinética/cinemática | 8 sujetos bien entrenados 24 años | Velocidad media Cinética y cinemática Sentadilla | Pérdida de vel. CL < TRD, patrón de movimiento similar |

| | | | | | |
|------------------------------|----------------------------|---|---------------------------------------|---|---|
| Torrejón et al., 2019 | Experimental G. control | Estudiar los efectos agudos sobre el perfil de fuerza-velocidad en el press banca | 26 sujetos entrenados 22 años | Velocidad de propulsión Potencia media Press banca | Valores de velocidad y potencia similares |
| Tufano et al., 2016 | Experimental G. control | Comparar los efectos entre CL y TRD sobre velocidad y potencia mediante la sentadilla | 12 sujetos bien entrenados 25 años | Velocidad media Potencia media Sentadilla | Pérdida de velocidad y potencia por fatiga CL < TRD |
| Tufano et al., 2017a | Experimental | Examinar las diferencias entre diferentes grupos de CL en un protocolo de sentadilla | 8 sujetos bien entrenados 25 años | Velocidad media Potencia media Sentadilla | Descansos cada repetición mantuvieron niveles de velocidad y potencia más estables |
| Tufano et al., 2017b | Experimental G. control | Determinar los efectos de las CL sobre un protocolo se SQ con diferentes cargas externas | 12 sujetos bien entrenados 26 años | Velocidad media Potencia media Sentadilla | Valores de velocidad y potencia, cargas externas y trabajo total CL > TRD (cada 2 repeticiones) |
| Tufano et al., 2018 | Experimental G. control | Comparar los efectos entre CL y TRD mediante un umbral de potencia | 10 sujetos bien entrenados 23 años | Velocidad media Potencia media Volumen de entrenamiento Sentadilla | Volumen de entrenamiento CL > TRD, velocidad y potencia similares |
| Wagle et al., 2018 | Experimental G. control | Investigar repetición a repetición cambios en magnitudes cinéticas y cinemáticas en la sentadilla | 11 sujetos bien entrenados 26 años | Velocidad media Potencia media Sentadilla | Valores de velocidad y potencia y capacidad para mantenerlos CL > TRD |

Elaboración propia.