



## ¿La pausa de recuperación entre repeticiones influye en el desarrollo de la fuerza dinámica máxima en halterofilia? Evidencia empírica del clúster

*Does the recovery pause between repetitions influence the development of maximum dynamic strength in weightlifting? Empirical evidence of the cluster*

### Autores

Danny Alberto Salgado Delgado <sup>1</sup>  
Yonatan David Quiros García <sup>1</sup>  
Iván Daniel Aurela Hernández <sup>1</sup>  
Janderson Cano Arango <sup>1</sup>  
Wilder Geovanny Valencia-Sánchez <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Antioquia UdeA,  
Medellín (Colombia)

Autor de correspondencia:  
Danny Alberto Salgado Delgado  
dannysalgadel@gmail.com

Wilder Geovanny Valencia-Sánchez  
Wilder.valencia@udea.edu.co

### Cómo citar en APA

Salgado Delgado, D. A., Quiros García, Y. D., Aurela Hernández, I. D., Cano Arango, J., & Valencia-Sánchez, W. G. (2025). ¿La pausa de recuperación entre repeticiones influye en el desarrollo de la fuerza dinámica máxima en halterofilia? Evidencia empírica del clúster. *Retos*, 67, 318-336.  
<https://doi.org/10.47197/retos.v67.110775>

### Resumen

**Introducción:** La configuración de la serie en el entrenamiento de la fuerza es clave para optimizar las adaptaciones crónicas.

**Objetivo:** Comparar el efecto de la configuración de serie, clúster y tradicional, sobre la fuerza dinámica máxima en halterofilia.

**Metodología:** Se utilizó un diseño cuasiexperimental. Nueve deportistas de nivel Tier 3 participaron en el estudio (edad:  $15.4 \pm 0.9$  años, masa corporal:  $61.4 \pm 10.9$  kg, estatura:  $163.9 \pm 10.4$  cm; pico de crecimiento:  $-0.41 \pm 0.44$  años). Los participantes estuvieron adheridos al grupo experimental o al grupo control y recibieron una intervención de cuatro semanas. El grupo experimental realizó la configuración clúster (pausa intraserie [30 segundos]), mientras que el grupo control utilizó la configuración tradicional (sin pausa intraserie [0 segundos]). La fuerza dinámica máxima se midió mediante la repetición máxima en los ejercicios de arranque, sentadilla, y press en banco.

**Resultados:** Se encontró una interacción significativa entre el tiempo (pretest y post-test) y el grupo (experimental vs. control) en la sentadilla y el press en banco ( $p < 0.05$ ); pero no en el arranque ( $p = 0.227$ ). El grupo clúster mostró mejoras significativas en ambos ejercicios ( $p < 0.05$ ). Los incrementos en la fuerza dinámica máxima variaron entre el 7% y el 8%; sin embargo, estas variaciones no superaron el cambio mínimo detectable. El tamaño del efecto fue grande ( $ES \geq 0.14$ ).

**Conclusiones:** El clúster demostró ser superior al tradicional en los movimientos de sentadilla y el press en banco induciendo mejoras en la fuerza dinámica máxima a corto plazo.

### Palabras clave

Arranque; capacidad física; método piramidal; press en banco plano; sentadilla; rendimiento.

### Abstract

**Introduction:** The set configuration in strength training is key to optimising chronic adaptations.

**Objective:** The study aimed to compare the effects of cluster and traditional set configurations on maximal dynamic strength in young weightlifting.

**Methodology:** A quasi-experimental design with repeated measures was employed. Nine Tier 3 athletes participated in the study (age:  $15.4 \pm 0.9$  years, body mass:  $61.4 \pm 10.9$  kg, height:  $163.9 \pm 10.4$  cm, peak height velocity:  $-0.41 \pm 0.44$  years). Participants were assigned to either the experimental group or the control group and underwent a four-week intervention. The experimental group performed the cluster configuration (intrasets rest [30 seconds]), while the control group followed the traditional configuration (intrasets rest [0 seconds]). Maximal dynamic strength was assessed using the one-repetition maximum in the snatch, back squat, and bench press exercises.

**Results:** A significant interaction was found between time (pretest and posttest) and group (experimental vs. control) in the back squat and bench press ( $p < 0.05$ ), but not in the snatch ( $p = 0.227$ ). In the temporal analysis, the cluster group showed significant improvements in both exercises ( $p < 0.05$ ). The increases in maximum dynamic strength ranged from 7% to 8%; however, these variations did not exceed the minimal detectable change. The effect size associated with the differences was considered large ( $ES \geq 0.14$ ).

**Conclusions:** The cluster configuration was more effective than the traditional method in the squat and bench press movements, inducing improvements in maximum dynamic strength in the short term.

### Keywords

Bench press; performance; physical capacity; snatch; squat.

## Introducción

La halterofilia es un deporte de competición que consiste en levantar el máximo peso posible utilizando una barra metálica con discos a los extremos, en dos movimientos: arranque y envión (Pierce et al., 2022). Estos ejercicios, además de ser fundamentales en la halterofilia, se han integrado ampliamente en programas de entrenamiento de diferentes modalidades y edades para mejorar el rendimiento en el deporte (Faigenbaum et al., 2009; Myer et al., 2009; Pierce et al., 2022), debido a los efectos positivos en el desarrollo de la fuerza y la transferencia de estos beneficios a otras actividades físicas (Behm et al., 2017; Stricker et al., 2020). Sin embargo, los estudios enfocados específicamente en los efectos de estos ejercicios en halterofilia son escasos (Pierce et al., 2022), aspecto que podría inducir cambios metodológicos en los programas de entrenamiento de este deporte y otros deportes que como la halterofilia que otorgan gran importancia. Esto resalta la necesidad de generar evidencia científica que oriente las intervenciones en este ámbito (Morris et al., 2020; Pierce et al., 2022).

El levantamiento de pesas está regulado por la International Weightlifting Federation (IFW), que clasifica a los deportistas entre 13 y 17 años como jóvenes (Regulations, 2024). A partir de los 15 años, estos pueden participar en campeonatos mundiales organizado por la IFW. El inicio formal en este deporte suele ocurrir entre los 10 y 11 años, dado que a esta edad los niños presentan un desarrollo adecuado de habilidades motoras básicas (como caminar, correr y saltar); y las habilidades atléticas fundamentales (como atrapar, saltar en un pie y galopar), que les permiten tolerar de manera segura la introducción de cargas físicas sistemáticas (Higgs et al., 2008; Pierce et al., 2022).

Numerosos estudios han destacado que los niños y jóvenes presentan un menor riesgo de lesión al practicar el levantamiento de pesas en comparación con los adultos, siempre que se realice bajo supervisión adecuada y cumpliendo pautas de seguridad (Keiner et al., 2013; Myer et al., 2009; Pierce et al., 2022). No obstante, continua el debate sobre el riesgo de lesión asociado a los movimientos semibalísticos, caracterizados por su naturaleza explosiva, y su impacto potencial en poblaciones específicas (Shenouda et al., 2017). De todas maneras, no se ha encontrado evidencia científica que respalde la afirmación que el desarrollo de la fuerza mediante el levantamiento de pesas retrasa el crecimiento o el desarrollo físico (Faigenbaum et al., 2003; Pierce et al., 2022). Estos hallazgos subrayan la importancia de seguir investigando sobre los efectos a largo plazo de esta práctica en poblaciones jóvenes, especialmente en contextos de entrenamiento avanzado.

La metodología del entrenamiento de la fuerza enfatiza en el control de la carga como un aspecto básico para lograr las adaptaciones necesarias para mejorar el rendimiento. Entre las variables clave destacan el número de series, el número de repeticiones, y los tiempos de descanso. La adecuada gestión de estas variables genera, diferentes respuestas fisiológicas que contribuyen directamente al incremento de la fuerza (Chicharro, 2022). En este contexto, se han desarrollado diversas formas sistemáticas de organizar los estímulos de entrenamiento, basados en la manipulación de estas variables con el objetivo de maximizar las adaptaciones musculares. Una de las estrategias relevantes en este ámbito es la configuración de la serie, que incluye las pausas de recuperación intraserie conocidas como clúster, y las pausas de recuperación interserie denominadas tradicional (Davies et al., 2021; Tufano et al., 2016).

El método piramidal en el entrenamiento de la halterofilia se caracteriza por el uso frecuente de la regularidad la configuración tradicional, diseñada para desarrollar la fuerza a través de un incremento controlado de la resistencia (peso) a partir de los porcentajes (%) de una repetición máxima (1RM) y una disminución progresiva del número de repeticiones por serie, mientras se mantiene un tiempo constante de pausa entre series (Tufano et al., 2016). Por su parte, la configuración clúster comparte el control sistemática de la resistencia (%1RM), pero se diferencia por la inclusión de pausas dentro de cada serie (intraserie) (Lawton et al., 2006); es decir, recuperación entre cada repetición (Haff et al., 2008) permitiendo tiempos de recuperación entre 10 a 30 segundos por cada repetición o bloques de repeticiones; estas pausas se ajustan según las pérdidas de velocidad observadas durante la ejecución (Haff et al., 2008; Haff et al., 2003). El principal objetivo del clúster es minimizar los niveles de fatiga muscular acumulados a lo largo de la serie, preservando la mayor velocidad de ejecución posible según lo programado; facilitando el mantenimiento de altos niveles de aplicación de fuerza, traduciéndose en mejoras en el rendimiento neuromuscular (Haff et al., 2003; Pareja-Blanco et al., 2017; Poliquin, 1997). En contraste, la configuración tradicional incorpora el descanso entre series completas (Haff et al., 2003; Latella et al., 2019; Tufano, Brown, et al., 2017; Tufano et al., 2016), lo que también ha demostrado ser

eficaz para mejorar la fuerza (Janićijević et al., 2023; Rahimi, 2005; Santana et al., 2024; Schoenfeld et al., 2016). Sin embargo, la evidencia científica respalda la eficacia tanto de las pausas interserie como las pausas intraserie, generando un debate al respecto sobre cual estrategia genera mayores beneficios (Davies et al., 2020; Davies et al., 2021; Lawton et al., 2006).

La configuración del protocolo del ejercicio (carga, repeticiones y tiempos de descanso) no solo determina la cantidad de trabajo realizado, sino que también afecta las respuestas hormonales y metabólicas (Kraemer et al., 1990). En un estudio clásico, Folland et al. (2002) compararon el efecto de aplicar la misma carga (73% RM) utilizando diferentes protocolos de descanso: 30 segundos entre series y 30 segundos entre repeticiones. Los resultados mostraron niveles similares de fuerza tanto a mitad (4.5 semanas) como al final de la intervención (9 semanas), concluyendo que la fatiga y la concentración de metabolitos no parecen ser críticos para el desarrollo de la fuerza, es decir, el entrenamiento puede ser efectivo sin necesidad de generar altos niveles de fatiga muscular y concentración de metabolitos. La explicación de este fenómeno radica en el tiempo de descanso, que permite el reabastecimiento de las reservas de energía inmediatas, la eliminación o reutilización de subproductos metabólicos y el mantenimiento del rendimiento agudo durante el ejercicio (Tufano, Brown, et al., 2017). En este contexto, los protocolos clúster han demostrado ser efectivos para realizar grandes volúmenes de trabajo externo sin inducir una fatiga neuromuscular significativa (Tufano, Brown, et al., 2017). Esto los hace particularmente útiles en una variedad de ejercicios y poblaciones, desde atletas de alto rendimiento hasta programas de entrenamiento general (Asadi & Ramírez-Campillo, 2016; Dello Iacono et al., 2020).

Así, el interés de la configuración clúster ha incrementado como objeto de estudio, debido a su capacidad para maximizar las adaptaciones musculares, mantener niveles elevados de intensidad en el entrenamiento, generar sobrecarga progresiva y minimizar el riesgo de sobre entrenamiento (Tufano, Brown, et al., 2017). No obstante, algunos estudios no han encontrado diferencias significativas en variables fuerza-velocidad, como la velocidad y la potencia (Davies et al., 2020). En cuanto al rendimiento en el sprint, Asadi y Ramírez-Campillo (2016) compararon configuraciones durante un protocolo de seis semanas, reportando resultados similares; sin embargo, observaron diferencias favorables para la configuración clúster en variables como el salto y la agilidad en adultos jóvenes. Por su parte, Davies et al. (2021) en una revisión sistemática concluyeron que tanto la configuración tradicional como la clúster inducen adaptaciones musculares y neuromusculares; sin embargo, la configuración clúster logró estas adaptaciones con menor fatiga. Además, permitió realizar el mismo número de repeticiones con menor percepción de esfuerzo (Mayo et al., 2014). Una revisión sistemática de Davies et al. (2021) identificó que el 90% de los estudios incluidos analizaron la fuerza muscular como variable principal, reportando incrementos similares en ambas configuraciones ( $18.5 \pm 14.7\%$ ). Cabe destacar que el 85% de los estudios controlaron el entrenamiento con volumen de entrenamiento y el 58% se realizaron en participantes no entrenados, lo que limita la generalización de los resultados a poblaciones con mayor experiencia.

La mayoría de los estudios sobre adaptaciones crónicas al entrenamiento de fuerza analizan estímulos aplicados durante un periodo superior a tres semanas (Asadi & Ramírez-Campillo, 2016; Davies et al., 2021; Iglesias-Soler et al., 2016; Tufano, Brown, et al., 2017), con frecuencias de entrenamiento que oscilan entre dos y cuatro días por semana (Davies et al., 2021). Sin embargo, persisten importantes lagunas en la literatura. Por ejemplo, se requiere mayor evidencia en distintos ejercicios de fuerza, considerando factores como el sexo, los niveles de rendimiento y las edades de los participantes, especialmente en lo que respecta a los efectos crónicos de las configuraciones de serie (Davies et al., 2021; Freitas de Salles et al., 2009; Latella et al., 2019; Tufano, Brown, et al., 2017). Esta necesidad es particularmente relevante, dado que las adaptaciones reportadas en la literatura son contradictorias en la configuración de la serie (Davies et al., 2021): mientras algunos estudios no muestran diferencias (Davies et al., 2020; Karsten et al., 2021), otros reportan una superioridad de la configuración tradicional (Goto et al., 2005; Hansen et al., 2011). Además, la evidencia científica en deportistas es limitada (Davies et al., 2021; Hansen et al., 2011) siendo aún más escasa en deportes específicos como la halterofilia, particularmente en jóvenes (Davies et al., 2021). En respuesta a esta brecha, y siguiendo las recomendaciones de Davies et al. (2021), el presente estudio busca aportar evidencia empírica sobre el desarrollo de la fuerza dinámica máxima durante el periodo preparatorio en deportista de halterofilia. Este enfoque proporciona información práctica sobre la configuración de la serie en sesiones de entrenamiento, dirigida a entrenadores, atletas y otros interesados en optimizar el desarrollo de esta capacidad en poblaciones entrenadas. Así, la controversia sobre las condiciones óptimas para aplicar cada método de entrenamiento

subraya la importancia de seguir investigando, particularmente en el contexto de deportes de fuerza como la halterofilia (Davies et al., 2020; Davies et al., 2021; Lawton et al., 2006).

En particular, el objetivo de este estudio fue analizar el efecto de la configuración de la serie, clúster y tradicional, utilizando el método piramidal ascendente en peso y descendente en repeticiones, sobre la fuerza dinámica máxima en los ejercicios de arranque, sentadilla profunda trasera, y press de banco plano en jóvenes atletas.

## Método

### Diseño

El estudio empleó un diseño cuasiexperimental en que los participantes estaban adheridos a un grupo que fue asignado al experimental o al control durante cuatro semanas con mediciones repetidas en el tiempo (pretest y post-test) (Ato et al., 2013). Estas mediciones se realizaron una semana antes del inicio de la intervención y una semana después de finalizar el proceso. El grupo experimental realizó la configuración clúster, mientras que el grupo control utilizó la configuración piramidal.

### Participantes

Participaron nueve deportistas de halterofilia, con una edad media de  $15.4 \pm 0.9$  años, una masa corporal de  $61.4 \pm 10.9$  kg, una estatura de  $163.9 \pm 10.4$  cm, y un pico de crecimiento de  $-0.41 \pm 0.44$  años, clasificados como deportistas con nivel Tier 3 (McKay et al., 2022). Estos deportistas entrenaban en el Instituto Municipal de Deportes de su localidad con una frecuencia de cinco sesiones semanales, cada una de 120 minutos de duración, y competían a nivel municipal, regional y departamental, al menos una vez cada tres meses. Los entrenamientos y las evaluaciones se realizaron de lunes a viernes en las instalaciones del coliseo de Halterofilia.

La intervención se realizó en las siguientes condiciones ambientales: altitud de 30 m s. n. m., temperatura media de 30 grados centígrados y una humedad relativa de  $90 \pm 4\%$ , entre las 14:00 y 16:00 horas. El estudio se llevó a cabo entre los meses de abril y mayo del año 2023, durante el periodo preparatorio.

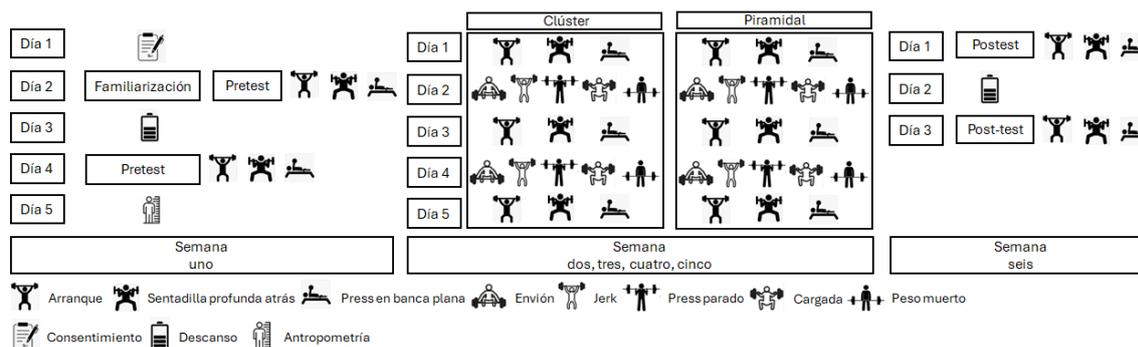
Para este estudio, se incluyeron deportistas con al menos dos años de experiencia en entrenamientos de halterofilia, participación en competiciones en torneos oficiales y que firmaran tanto el consentimiento informado por parte del representante legal como el asentimiento informado del participante. Los criterios de exclusión fueron deportistas con antecedente de trastornos osteomusculares agudos, aquellos que consumieron ayudas ergogénicas o medicación con hormonas de crecimiento durante la intervención, y aquellos con un pico de crecimiento inferior a tres. Este último fue constatado mediante una autodeclaración realizada con la escala de Tanner (Asadi et al., 2018).

### Procedimiento

En la primera semana, el primer día se diligenciaron los consentimientos y asentimientos informados para la participación en el estudio. El segundo día, se realizó la familiarización con el test, aumentando con ello la fiabilidad de la prueba (Soares-Caldeira et al., 2009). El test consistió en determinar el peso máximo levantado (1RM) para una única repetición en tres ejercicios: arranque, sentadilla profunda trasera, y press en banco plano. Teniendo en cuenta la experiencia previa de los participantes en este tipo de pruebas, se realizó el test durante ese mismo día; por lo cual, en el segundo y cuarto día se realizó el test. El tercer día fue descanso. El quinto día se procedió a la medición de las variables antropométricas y la declaración auto informada del Tanner.

En la semana dos, tres, cuatro y cinco se realizó la intervención que fue asignada a los grupos previamente conformados: clúster y tradicional. Esta intervención tuvo una duración de cuatro semanas, con sesiones continuas durante cinco días a la semana para un total de 20 sesiones de una hora cada una. Periodo en el que son evidentes las adaptaciones crónicas iniciales de los estímulos de fuerza (Kraemer & Ratamess, 2004; Plisk & Stone, 2003), y siguiendo las propuestas para la pretemporada y temporada (Baker & Newton, 2005). Finalmente, en la sexta semana, se realizaron las evaluaciones del post-test en los días uno y tres, bajo las mismas condiciones del pretest (Figura 1).

Figura 1. Diagrama del diseño del estudio



Fuente: elaboración propia

En cuanto a la intervención, ambos grupos ejecutaron sesiones con la misma carga, expresada en porcentajes (%) de 1RM y volumen de entrenamiento. La carga se onduló en intensidad entre cada semana, con un rango de 10% de la RM (Faigenbaum et al., 2003; Soares-Caldeira et al., 2009) y volumen diferente para cada semana de intervención utilizando para ambos grupos el método piramidal ascendente. La diferencia entre las dos intervenciones radicó en los tiempos de descansos; el grupo control (tradicional) se programó con descansó entre tres a cinco minutos por cada serie realizada (Davies et al., 2021); mientras que el grupo experimental (clúster) incluyó descansos de 30 segundos entre las repeticiones de cada serie, tiempo sugerido en la literatura para el desarrollo de la fuerza (Davies et al., 2021; Freitas de Salles et al., 2009; Tufano, Brown, et al., 2017) (Tabla 1).

Tabla 1. Intervención del grupo control y grupo experimental: piramidal ascendente y clúster

Semana	Uno			Dos			Tres			Cuatro			
Intensidad (% 1RM)	60%	65%	70%	70%	75%	80%	80%	85%	90%	90%	93%	95%	100%
Número de serie	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	4
Serios /sesión	3			3			3			4			
Repeticiones por serie	5	5	4	5	4	4	3	3	3	2	2	2	1
Pausa interserie (min)							3 a 5						
Grupo tradicional rep/pausa/rep							n/a						
Grupo cluster: rep/pausa/rep	2/30"/2			2/30"/2			2/30"/1			1/30"/1			
Volumen por ejercicio (# rep)	15	15	12	15	12	12	9	9	8	8	8	8	4
Volumen por ejercicio semanal (rep)	42			39			27			28			
Volumen total semanal (rep) *	798			741			513			532			

Leyenda: % 1RM = porcentaje de una repetición máxima; rep = número de repeticiones; min = minutos; n/a = no aplica; \* = los ejercicios de la intervención son arranque, sentadilla profunda, press en banco plano, envión, jerk, press parado, cargada y peso muerto.

Según Haff et al. (2008), existen dos formas de modificar la intensidad en el clúster: el protocolo estándar y el ondulatorio o ascendente. En el protocolo estándar, todas las series y repeticiones se realizan con la misma carga en intensidad referente al peso levantado; mientras que el protocolo ondulatorio, la resistencia se incrementa de manera progresiva en cada repetición o serie sucesiva. Para este estudio, se seleccionó el ascendente, característico del método piramidal en los incrementos de la resistencia con el fin de reducir las variables de confusión y asegurar que las intervenciones solo difirieran en los tiempos y momentos de recuperación.

La intervención comenzó con entrenamiento de hipertrofia (60-70% RM) en la primera semana, avanzando al entrenamiento básico de la fuerza (70%-80% RM) en la segunda semana, y culminando con entrenamiento de la fuerza dinámica máxima (90%-100% RM) durante las semanas tres y cuatro en coherencia a las recomendaciones del entrenamiento de la fuerza de Baker y Newton (2005). En deportistas, los entrenamientos de alta intensidad ( $\geq 80\%$  1RM) maximizan las adaptaciones neuromusculares y esto produce cambios en la fuerza y la potencia (McQuilliam et al., 2020). Por ello se introdujo este estímulo a partir de la segunda semana. Además, el entrenamiento de la fuerza es seguro constatado en una revisión sistemática (Butragueño et al., 2014) y consenso científico (Stricker et al., 2020).

Los ejercicios principales del estudio (arranque, sentadilla profunda atrás y press en banco plano) se realizaron los días uno, tres y cinco de cada semana. Los días dos y cuatro se realizaron ejercicios auxiliares (envión, jerk, press parado, cargada y peso muerto) con la misma configuración que correspondió

a cada grupo (Figura 1). La intervención también fue controlada por el volumen (carga de entrenamiento total relativo), teniendo en cuenta que es el control más utilizado por los reportes científicos (88%) (Davies et al., 2021).

### *Protocolo de fuerza dinámica máxima*

La fuerza dinámica máxima se midió mediante una prueba 1RM, realizada de forma directa (Nodari, 2018). Esta prueba es ampliamente utilizada por entrenadores para prescribir entrenamientos (Faigenbaum et al., 2003; Medicine, 2019; Pontiff & Moreau, 2022) porque es considerado una prueba fiable y seguro (Mitter et al., 2022; Pontiff & Moreau, 2022). Además, es el procedimiento más reportado en la literatura para estudios comparativos en fuerza (73%) (Davies et al., 2021). Su objetivo es medir el 100% de la capacidad del deportista al desplazar una carga máxima en un solo movimiento, siempre manteniendo una técnica adecuada durante el ejercicio evaluado (Nodari, 2018).

Los ejercicios evaluados fueron los principales de la intervención el arranque, la sentadilla profunda trasera, y el press en banco plano, seleccionados por su relevancia en el entrenamiento de halterofilia. Estos ejercicios incluyen movimiento de la parte inferior y superior del cuerpo y son clasificados como compuestos porque involucran dos o más articulaciones (Davies et al., 2021). El arranque fue incluido por ser uno de los movimientos oficiales en competiciones internacionales de halterofilia, mientras que la sentadilla y el press en banco plano ejercicios auxiliares comúnmente utilizados en el entrenamiento de estos deportistas (Zatsiorsky et al., 2020). Además, estos ejercicios son ampliamente reportados en estudios que evalúan la fuerza dinámica máxima (Abdessemed et al., 1999; Baker & Newton, 2005; Boullousa et al., 2013; Davies et al., 2020; Janićijević et al., 2023; Thitisak et al., 2022). En particular, el press en banco plano destaca como el ejercicio compuesto más estudiado, con un 77% de prevalencia en la literatura científica (Davies et al., 2021).

Cada deportista debía alcanzar su máximo en tres intentos en dos días diferentes de evaluación, debido a la variabilidad del rendimiento. Se reportó el mejor resultado obtenido en los intentos. El protocolo de evaluación (Haff & Triplett, 2016) consistió en una activación mediante movilidad articular, iniciando con miembros inferiores y subiendo lo largo del eje corporal (tobillos, rodillas, caderas hasta las vértebras cervicales). Posteriormente, se realizaron series de aproximación, con 6 a 10 repeticiones por 3 series con el 50% de la carga propuesta, dejando un minuto de descanso entre cada serie para preparar el cuerpo antes iniciar la prueba. A continuación, se ejecutó una serie con cargas bajas, permitiendo realizar 10 repeticiones, seguida 5 repeticiones del ejercicio evaluado con un minuto de descanso entre series. La carga se incrementó un 10%, realizando entre tres y cinco repeticiones con dos minutos de descanso. Posteriormente, se aumentó la una carga, permitiendo al deportista realizar dos o tres repeticiones, aumentando nuevamente el peso un 10% y dejando 2 a 4 minutos de descanso. Después, se añadió un 5% de carga adicional para intentar 1RM. Si el deportista conseguía realizar la repetición con la técnica adecuada, se dejaban 2 a 4 minutos de descanso antes de repetir los últimos pasos; en caso contrario, se ajustaba la carga disminuyendo un 2.5% con la misma recuperación.

En la variable de fuerza dinámica máxima para el arranque el coeficiente de correlación intraclase (ICC) fue 0.94 con un intervalo de confianza (IC) del 95% (0.81 - 0.98); el coeficiente de variación (CV) fue del 4.27% y el error estándar de medición (SEM) fue 3.35. En la variable sentadilla el ICC fue 0.94 con un IC del 95% (0.80 - 0.98); el CV fue del 4.34% y el SEM fue 4.88. Finalmente, en la variable press en banco plano el ICC fue 0.96 con un IC del 95% (0.87-0.99); el CV fue del 4.39% y el SEM fue 3.56.

### *Antropometría y velocidad de crecimiento en la estatura*

Para las mediciones antropométricas se siguieron todas las recomendaciones del consenso para la medición de estas variables (Cruz et al., 2009). La altura de pie y sentado se midió utilizando un estadiómetro (Seca® 206, Alemania). En la medición de la altura de pie, los participantes estuvieron descalzos, y el evaluador los ubicó en el centro del estadiómetro, asegurándose que los pies, las caderas, los hombros y la cabeza estuvieran en contacto con la pared. Para medir la altura sentada, los participantes se sentaron en una caja de 50 cm de altura, con las piernas paralelas al suelo y la cadera, los hombros y la cabeza tocando la pared; luego, se restó la altura de la caja de la medida total en posición sentada. El peso corporal se determinó utilizando una balanza electrónica (Health-O-Meter® 502, Illinois, Estados Unidos), con los participantes descalzos y con ropa ligera. La longitud de las piernas se midió con una cinta métrica (Seca® 201, Alemania).

Para predecir la edad en la que se alcanza la velocidad máxima de crecimiento (PHV por sus siglas en inglés), se empleó la ecuación de predicción de madurez propuesta por Mirwald et al. (2002). Esta ecuación tiene en cuenta la edad cronológica (EC), el peso corporal, la altura de pie y sentada, así como la longitud estimada de las piernas (obtenida al restar la altura sentada de la altura de pie). La siguiente ecuación fue utilizada:

Ecuación de madurez =  $-9.236 + [0.0002708 \times (\text{longitud de las piernas} \times \text{altura sentada})] + [-0.001663 \times (\text{EC} \times \text{longitud de las piernas})] + [0.007216 \times (\text{EC} \times \text{altura sentada})] + [0.02292 \times (\text{relación entre peso corporal y altura de pie} \times 100)]$ .

### *Control de sesgos*

Los evaluadores fueron dos jueces especialistas en el levantamiento de pesas con certificación del Instituto Departamental de Deportes, quienes realizaron las mediciones en el pretest y el post-test. Estas pruebas se realizaron en las mismas condiciones.

Este estudio fue abierto porque no se realizó cegamiento para los investigadores, evaluadores, ni participantes. Se calculó el pico de maduración para controlar el desarrollo biológico de los participantes en ambos grupos porque la variabilidad en la madurez somática y biológica entre individuos de la misma edad cronológica es grande, especialmente acentuado alrededor del estirón adolescente (Malina et al., 2004). Para controlar esta variable de confusión, se utilizó un método práctico y no invasivo para predecir los años a partir de la velocidad crecimiento en altura, extraído de Mirwald et al. (2002). Dado que se ha demostrado que la edad basada en la velocidad máxima de crecimiento, es un punto de referencia madurativo, puede predecirse con un grado razonable de exactitud midiendo la estatura, la talla sentada, la masa corporal y la edad cronológica; lo cual, resulta en un método no invasivo y práctico para evaluar el estado de madurez durante la adolescencia con límites aceptables que se aproximan a la media más o menos un año (asumiendo una media de cero y una desviación estándar de 0.5 años) (Mirwald et al., 2002). De esta manera, se evaluó el ritmo de crecimiento (PHV) en años. Se controló la experiencia porque afecta la fiabilidad en las pruebas de 1RM (Ritti-Dias et al., 2011) en los criterios de selección. Además, se constató el nivel de maduración con una autodeclaración de Tanner por considerarse una variable de confusión en el desarrollo de la fuerza (Asadi et al., 2018).

### *Análisis de datos*

Las variables continuas, como el porcentaje de grasa (representado en valores relativos), la edad, el PHV, el índice de masa corporal, la masa o peso, la talla de pie y las variables principales del estudio, fueron resumidas utilizando estadísticos descriptivos y de dispersión, de acuerdo con la distribución de los datos (media y desviación estándar o mediana y rango intercuartílico). Esta distribución fue determinada mediante la prueba de Shapiro-Wilk ( $n < 50$ ) (González et al., 2020). Se realizó un Anova de diseño mixto (Field, 2013) para analizar los efectos de las intervenciones sobre la fuerza máxima, considerando dos factores: medidas repetidas (tiempo: pretest y posttest) y entre grupos (grupo: experimental vs. control). Para tal efecto, se realizó la prueba de normalidad de los residuales con la prueba Shapiro-Wilk, se comprobó la igualdad de matrices de covarianzas con la prueba de Box y la homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene. Se realizó la prueba post hoc de Bonferroni para el contraste de hipótesis en el factor tiempo. Las estimaciones del tamaño del efecto (ES) eta cuadrado parcial producidas midieron la magnitud del efecto de la intervención y fueron interpretadas como pequeña (0.01-0.05), media (0.06-0.13) y grande ( $\geq 0.14$ ). El porcentaje de cambio entre el pretest y el post-test se calculó de la siguiente manera:  $\Delta \% = [(\text{Post-test} - \text{Pretest}) / \text{Pretest}] \times 100$ . La fiabilidad relativa fue analizada con el coeficiente de correlación intraclase (ICC (2,1)) (Koo & Li, 2016) y para la fiabilidad absoluta se utilizó el error estándar de medición (SEM = desviación estándar del pretest  $\times (\sqrt{1 - \text{ICC} (2,1)})$ ) y el coeficiente de variación (CV = (SEM / media del pretest)  $\times 100$ ) (Lexell & Downham, 2005; Sainani, 2017). La fiabilidad se consideró excelente cuando los valores de ICC estaban por encima de 0.90 y los valores CV eran  $\leq 10\%$  (Cormack et al., 2008; Koo & Li, 2016). Para estimar la sensibilidad al cambio, se calculó el mínimo detectable de cambio (MDC =  $\sqrt{2} \times \text{SEM} \times 1.96$ ) (Sainani, 2017) y MDC% (MDC / media del pretest)  $\times 100$ ) (Lexell & Downham, 2005). Los análisis se realizaron considerando un nivel alfa de  $p < 0.05$  y un nivel de confianza del 95 %, utilizando el software estadístico SPSS versión 29 para Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, EE. UU.) y Office Excel (Microsoft Inc., Redmond, WA, EE. UU.). El cálculo del tamaño del efecto se realizó en G\*Power 3.1. (Düsseldorf, Renania, Alemania).

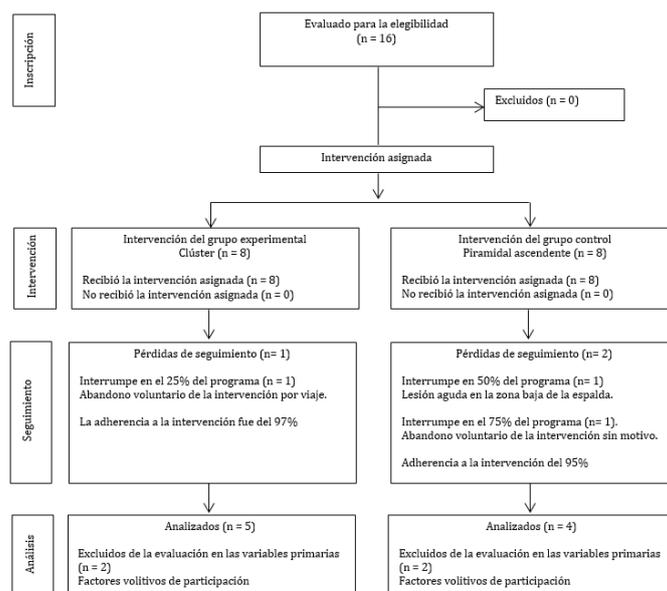


## Aspectos éticos

La investigación se adhirió a la Resolución 8430 de 1993, que estipula los riesgos y consideraciones éticas vinculados a la investigación con seres humanos en Colombia, y clasifica este estudio como riesgo mínimo. Esto está alineado con los principios establecidos en la Declaración de Helsinki (Association, 2013). Por lo tanto, el estudio garantizó el respeto, la dignidad, la salvaguardó de los derechos y el bienestar de los participantes. Además, se informó a todos los participantes sobre su derecho a retirarse del estudio en cualquier momento.

## Resultados

Figura 2. Flujo de participantes



Fuente: (Adaptado de Moher et al., 2012)

En la Figura 2 se presenta el diagrama de flujo de los participantes. Inicialmente, el grupo estuvo conformado por 16 deportistas de halterofilia entre 14 y 16 años, que fueron invitados a participar en el estudio de manera intencional. Posteriormente, se aplicaron los criterios de selección a los deportistas inscritos, avanzando en el estudio todos los inscritos. Cada participante estaba adherido a un grupo y realizó la intervención según correspondió clúster o tradicional. Durante el desarrollo de esta etapa, ocurrieron pérdidas de seguimiento ( $n = 3$ ): experimental ( $n=1$ ) y control ( $n=2$ ). Se resalta que uno de los deportistas sufrió una lesión lumbar debido a un error en la utilización del material de entrenamiento (marca y color de los discos). Específicamente, la barra quedó con sobrecarga a un lado quedando desbalanceada la carga en la barra que generó una sobrecarga y, como consecuencia, una lesión osteomuscular. Este incidente activó los protocolos de atención establecidos por el Instituto de Deportes, y el deportista estuvo en recuperación durante el resto del estudio. 13 deportistas completaron la intervención: siete del grupo experimental y seis del grupo control. Sin embargo, durante la fase del post-test, cuatro deportistas participaron en exhibiciones de fuerza dinámica máxima el fin de semana anterior en el marco de un evento político de la región que afectó su rendimiento en el post-test porque no lograron completar la prueba satisfactoriamente y de manera coherente con sus marcas previas debido a factores volitivos, por tal motivo fueron excluidos del análisis. En consecuencia, el proceso fue completado satisfactoriamente por nueve deportistas: cinco del grupo experimental y cuatro del grupo control.

Las tablas 2 y 3 muestran la media y desviación estándar de las variables antropométricas discriminadas por grupo. Se observan valores similares en todas las variables: porcentaje de grasa, edad, PHV, índice de masa corporal (IMC), masa corporal y talla de pie, tanto para el grupo experimental como para el grupo control denotando que los grupos son comparables.

Tabla 2. Estadísticos descriptivos de las variables antropométricas con distribución normal discriminados por grupo

Grupo	Variable	Media	Desviación estándar
Clúster (n = 5)	% grasa	20.44	4.32
	Edad (años)	14.88	0.65
	PHV (años)	-0.34	0.48
	IMC (kg/m <sup>2</sup> )	22.01	1.22
	Masa corporal (kg)	55.20	7.08
Tradicional (n = 4)	% grasa	19.69	1.01
	Edad (años)	15.13	0.73
	PHV (años)	-0.50	0.43
	IMC (kg/m <sup>2</sup> )	22.89	1.46
	Masa (kg)	56.75	2.75

PHV= pico de crecimiento en años; IMC= índice de masa corporal en metros al cuadrado; kg/m<sup>2</sup> = kilogramos por metro cuadrado

Tabla 3. Estadísticos descriptivos variables antropométricas con distribución no normal discriminados por grupo

Grupo	Variable	Mediana	RIC
Clúster (n = 5)	Talla (cm)	160	9
Tradicional (n = 4)		157.5	2.5

RIC= rango intercuartílico

En la tabla 4, se observa que no hubo una interacción significativa al analizar los efectos de la intervención sobre la fuerza máxima en el arranque entre el tiempo (pretest y postest) y el grupo (experimental vs control),  $F(1,7) = 1.750$ ,  $p = 0.227$ ,  $\eta^2 = 0.20$ . Al analizar el efecto entre grupos, tampoco se encontraron cambios significativos después de la intervención,  $F(1,7) = 0.349$ ,  $p = 0.573$ ,  $\eta^2 = 0.048$ . Sin embargo, los resultados mostraron un efecto principal significativo para el factor tiempo,  $F(1,7) = 32.861$ ,  $p < 0.001$ ,  $\eta^2 = 0.824$ .

En relación con los efectos de interacción de la intervención sobre la fuerza máxima en sentadilla profunda, con un factor de medidas repetidas (tiempo) y un factor entre grupos, los resultados indicaron una interacción significativa,  $F(1,7) = 13.085$ ,  $p = 0.009$ ,  $\eta^2 = 0.651$ . Al analizar el efecto únicamente entre grupos, no se encontraron cambios significativos entre los grupos después de la intervención,  $F(1,7) = 0.286$ ,  $p = 0.610$ ,  $\eta^2 = 0.039$ . Sin embargo, los resultados mostraron un efecto principal significativo para el factor tiempo,  $F(1,7) = 34.318$ ,  $p < 0.001$ ,  $\eta^2 = 0.831$ . Este efecto indicó un aumento significativo en la fuerza máxima en el grupo experimental con una diferencia entre el pretest ( $M = 103.2$ ,  $DE = 16.44$ ) y el post-test ( $M = 110.6$ ,  $DE = 15.98$ ) con un intervalo de confianza del 95% de 4.93 a 9.86 ( $p < 0.001$ ). Mientras que el grupo control no mostró cambios significativos en la fuerza máxima a lo largo del tiempo ( $p = 0.176$ ; IC del 95% -1.00 a 4.5).

Los efectos de interacción de la intervención sobre la fuerza máxima en el press de banca, con un factor de medidas repetidas (tiempo) y un factor entre grupos indicaron una interacción significativa,  $F(1,6) = 7.811$ ,  $p = 0.031$ ,  $\eta^2 = 0.566$ . Al analizar el efecto solamente entre grupos, no se encontraron cambios significativos entre los grupos después de la intervención,  $F(1,6) = 0.097$ ,  $p = 0.766$ ,  $\eta^2 = 0.016$ . Sin embargo, los resultados mostraron un efecto principal significativo para el factor tiempo,  $F(1,6) = 37.00$ ,  $p < 0.001$ ,  $\eta^2 = 0.86$ , indicando un aumento significativo en la fuerza máxima del grupo experimental entre el pretest ( $M = 80.75$ ,  $DE = 8.30$ ) y el post-test ( $M = 87.5$ ,  $DE = 8.66$ ), con un intervalo de confianza del 95% de 4.12 a 9.38 ( $p < 0.001$ ); mientras que el grupo control no mostró cambios significativos en la fuerza máxima a lo largo del tiempo ( $p = 0.059$ ; IC del 95% -0.13 a 5.13).

El grupo que realizó la intervención de clúster reportó diferencias estadísticamente significativas en el factor tiempo (pretest vs. post-test) en los ejercicios sentadilla y press en banco plano ( $p < 0.05$ ). Los cambios relativos observados fueron del 7% y 8%, respectivamente. Sin embargo, estos cambios no alcanzaron el cambio mínimo detectable (MDC%) que fue del 11% y 10% para cada ejercicio respectivamente).

Tabla 4. Interacciones de la fuerza por grupo y tiempo mediante un análisis de Anova de diseño mixto 2 x 2

Variable RM	Clúster (n = 5)				Piramidal ascendente (n = 4)				F	p	ES
	MDC (%)	Pretest Media (DE)	Post-test Media (DE)	%Δ	MDC (%)	Pretest Media (DE)	Post-test Media (DE)	%Δ			
Arranque (kg)	8.78 (11.56)	76 (18.16)	80.8 (18.67)	6.32	9.69(11.71)	82.75 (7.5)	85.75 (7.76)	3.63	1.750	0.227	0.20
Sentadilla(kg)	11.19(10.84)	103.2 (16.44)	110.6 (15.98) ‡	7.17	13.8(12.49)	110.5 (4.20)	112.25(3.86)	1.58	13.085	0.009*	0.65
Press plano (kg) ¶	7.95(9.85)	80.75 (8.30)	87.5 (8.66) ‡	8.36	11.68(13.82)	84.5 (7.05)	87 (5.35)	2.96	7.811	0.031*	0.57

RM = repetición máxima; MDC = cambio mínimo detectable; % = porcentaje; %Δ = porcentaje de cambio entre el post-test y pretest; F= estadístico de prueba; IC del 95% = intervalo de confianza del 95%; ES = tamaño del efecto de interacción (eta cuadrado parcial); ‡ = diferencias estadísticamente significativas en el tiempo ( $p < 0,05$ ); \* = interacción significativa entre grupo y tiempo; ¶ = El tamaño de la muestra es n: 4 para Clúster y n = 4 para piramidal ascendente

## Discusión

El objetivo del presente estudio fue analizar el efecto de la configuración de la serie clúster y tradicional con el método piramidal ascendente sobre la fuerza dinámica máxima en el arranque, sentadilla y press en banco plano, después de cuatro semanas de entrenamiento en jóvenes atletas de halterofilia.

El método piramidal ascendente en peso es ampliamente utilizado para el desarrollo de la fuerza dinámica máxima (Haff & Triplett, 2016). Aunque existen diferentes métodos para lograr este objetivo (Tufano, Brown, et al., 2017), en el presente estudio se empleó este método con el fin de de comparar dos configuraciones de serie: cluster y tradicional.

El método piramidal ascendente se caracteriza por un incremento progresivo de la carga (entendida como la resistencia a vencer) y, por tanto, en una reducción en el número de repeticiones realizadas (Heredia & García-Orea, 2020). Este método se implementa comúnmente con pausas de recuperación entre series, formando parte de la configuración tradicional de la serie. Por otro lado, la configuración de la serie clúster introduce pausas de descanso breves entre las repeticiones dentro de una misma serie en cada ejercicio (Thitisak et al., 2022). Estas pausas que oscilan entre diez a 30 segundos tienen como objetivo minimizar la aparición de la fatiga muscular, optimizando así el rendimiento. En este estudio, se aplicaron descansos de 30 segundos en la configuración clúster.

El presente estudio logró una alta adherencia a la intervención, con tasas de cumplimiento del 97% en el grupo experimental y 95% en el grupo control. No se registraron diferencias significativas entre los grupos al inicio de la intervención (Tabla 2-4). Por lo cual, ambos grupos eran homogéneos y comparables en las variables controladas, a pesar de ausencia de una asignación aleatoria de los participantes. Estos hallazgos contribuyen a la evidencia de los efectos crónicos de la configuración clúster en un período de tiempo relativamente corto, en contraste con lo reportado previamente en la literatura (Haff et al., 2008; Lawton et al., 2004) específicamente en el contexto de la halterofilia, donde la fuerza dinámica máxima constituye el principal factor de rendimiento (Pierce et al., 2022).

Por tanto, el clúster mostró mejoras en la fuerza dinámica máxima en los ejercicios de arranque, sentadilla y press en plano, con incrementos en 6%, 7% y 8%, respectivamente. En contraste, el tradicional reportó aumentos menores del 4%, 2% y 3% en las mismas variables. Ambos grupos mejoraron sus valores iniciales de fuerza, resultados que coinciden con lo reportado en la revisión sistemática con metaanálisis de Davies et al. (2021). De estas ganancias, no se encontró un cambio superior al MDC% en ninguno de los grupos. No obstante, el grupo experimental estuvo cerca de alcanzar este umbral en el ejercicio de press en banco plano (%Δ = 8.4; MDC% = 9.8) lo que sugiere que la intervención podría haber generado un cambio real y significativo superando el error de medición. Este ejercicio auxiliar es importante porque es transferible al movimiento de envión, específicamente en el segundo movimiento, conocido como clean (desplazamiento la barra desde los hombros hacia arriba), debido al patrón de empuje que comparte con este levantamiento. Por ello, el press en banco plano es considerado un ejercicio clave para el desarrollo de la fuerza dinámica máxima halterofilia (Haff & Triplett, 2016), con potencial para mejorar aspectos específicos de esta disciplina deportiva (Stone et al., 2007) como la potencia y la explosividad de los movimientos (Kraemer & Ratamess, 2004). Además, la inclusión de pausas de 30 segundos en la configuración clúster podría haber favorecido una reposición parcial de fosfocreatina, mientras que la configuración tradicional, al no incluir pausas intraserie, probablemente generó un mayor agotamiento de este sustrato energético y una mayor dependencia del metabolismo glucolítico que pudo haber incrementado los niveles de lactato y acelerado la fatiga metabólica (Haff et al., 2008; Haff et al., 2003). Estos efectos fisiológicos podrían explicar, al menos en parte, la mayor efectividad

relativa del clúster en este ejercicio. Cabe destacar que el press en banco plano es frecuentemente incorporado durante el periodo preparatorio, época de realización del estudio.

En definitiva, este estudio encontró ganancias en la fuerza dinámica máxima con incrementos que oscilaron entre el 2% y el 8% en comparación con los valores iniciales del pretest. Estas ganancias fueron menores a las reportadas en una revisión sistemática (~ 18%) en participantes no entrenados (Davies et al., 2021). Así que el nivel de rendimiento marca la diferencia en estos resultados al igual que la edad, el tiempo y la frecuencia de entrenamiento. Por lo tanto, las ganancias de fuerza en individuos bien entrenados son menores en comparación con las observadas en sujetos con poca experiencia en entrenamiento (Davies et al., 2021).

Los incrementos en los valores de fuerza en ambos grupos y en cada variable observada, es coherente después de cuatro semanas de entrenamiento porque comienzan a manifestarse adaptaciones crónicas del sistema en respuesta a los estímulos de fuerza (Kraemer & Ratamess, 2004). Estas ganancias de fuerza podrían explicarse por un aumento de la sección transversal del musculo en sus adaptaciones iniciales (Schoenfeld, 2010) que precede la hipertrofia muscular que puede tardar más de cuatro semanas en manifestarse plenamente. Además, se podría atribuir a mejoras en la capacidad de los músculos para generar torque de manera rápida, así como un aumento en la tasa de disparo de las unidades motoras (Duchateau et al., 2006), lo que refleja una adaptación neuromuscular.

Otro factor relevante es el incremento de hormonas anabólicas, como la testosterona y la hormona de crecimiento cuya producción se ve favorecida durante el entrenamiento de fuerza (Freitas de Salles et al., 2009; Kraemer & Ratamess, 2005). Estas respuestas hormonales serán mayores para los jóvenes participantes cuando alcancen el pico de crecimiento en alrededor cinco meses (PHV =  $-0.41 \pm 0.44$  años). Las adaptaciones al entrenamiento se pueden observar cerca de la cuarta semana de entrenamiento, que representa una ventana para obtener dichas respuestas iniciales (Plisk & Stone, 2003).

Al analizar la interacción entre el factor grupo (experimental vs control) y el factor tiempo (pretest vs. post-test), se encontraron diferencias estadísticamente significativas indicando que la configuración clúster resultó más efectiva que la configuración tradicional al emplear el método piramidal ascendente para mejorar la fuerza dinámica máxima en los movimientos de sentadilla profunda y press en banco. Sin embargo, no se observó una interacción significativa en el movimiento de arranque, lo que sugiere que la fuerza aumentó con el tiempo de manera similar en ambos grupos, independientemente de la configuración utilizada. Estos hallazgos difieren en parte con lo reportado en la revisión sistemática de Davies et al. (2021), quienes no encontraron diferencias significativas en la fuerza muscular en sujetos entrenados ( $p = 0.55$ , IC del 95%  $-0.30$  a  $0.16$ , ES =  $-0.07$ ). No obstante, dicha revisión confirma que ambas configuraciones generaron adaptaciones crónicas comparables en otras variables clave, como la potencia de salida, la velocidad de movimiento, la hipertrofia y la resistencia muscular. En este sentido, los resultados del presente estudio sugieren adaptaciones en la fuerza dinámica máxima.

En el presente estudio, se aplicaron descansos de 30 segundos entre repeticiones. Custodio (2017) encontró que los descansos de 10 y 20 segundos entre repeticiones generaban un menor estrés mecánico y metabólico en comparación con la ausencia de pausas, aunque no encontraron diferencias significativas en la fatiga. Por lo tanto, la variación en los tiempos de descanso en la configuración clúster puede influir en el rendimiento. De hecho, Korak et al. (2017) concluyeron que el uso de la configuración clúster está asociado con una menor carga de trabajo. Esto posiblemente por niveles más bajos de fatiga y concentraciones menores de metabolitos (Davies et al., 2021; Folland et al., 2002; Tufano, Brown, et al., 2017). Por lo que se sugiere que esta configuración podría ser considerado como una opción efectiva dentro de la periodización del entrenamiento de la fuerza (Davies et al., 2021), particularmente para los movimientos de sentadilla profunda y press en banco como lo demostró el presente estudio.

En relación con el factor tiempo, la literatura indica que la configuración clúster produce mejores efectos en la fuerza dinámica máxima durante periodos cortos de entrenamiento de tres semanas (Morales-Artacho et al., 2018) y cinco semanas (Iglesias-Soler et al., 2016). Sin embargo, no se reportan diferencias significativas entre los grupos tras cuatro semanas (Korak et al., 2017), contrastando con los resultados del presente estudio. Por su parte, el estudio de Davies et al. (2020), realizado durante un periodo más largo (seis semanas), superior al utilizado en este estudio, no encontraron diferencias significativas ni en la velocidad ni en la potencia de salida en el press en banco plano. Sin embargo, es importante considerar el nivel de entrenamiento y la edad de los sujetos difieren; en este estudio se realizó con

jóvenes deportistas mientras que Davies et al. evaluaron a adultos entrenados. Además, la intensidad de los estímulos aplicados en el presente estudio fue mayor, lo que podría haber influido en las adaptaciones observadas.

A pesar de esto, algunos estudios concluyen que la configuración tradicional podría no ser tan eficiente, destacando la concentración de subproductos, como el lactato y el amoníaco (Abdessemed et al., 1999; Gorostiaga et al., 2014). Esto puede contribuir a la fatiga, al deterioro de la técnica y al riesgo de sobreentrenamiento (Plisk & Stone, 2003). Sin embargo, es necesario reconocer que el lactato, aunque tradicionalmente asociado a la fatiga, es un metabolito que posee múltiples beneficios, tanto desde el punto de vista energético como en la regulación de la excitabilidad neuronal o la expresión genética (Ribas, 2010).

En consecuencia, los resultados indican que, en comparación con la configuración tradicional, la configuración clúster —utilizando las mismas cargas y con tiempos de recuperación intraserie— registró mejoras significativas en la fuerza dinámica máxima después de 20 sesiones de entrenamiento distribuidas a lo largo de cuatro semanas. Las diferencias en los tamaños del efecto para la interacción tiempo y grupo fueron grandes en los ejercicios de sentadilla ( $ES = 0.65$ ) y press en banco plano ( $ES = 0.57$ ), estando a favor del clúster. Sin embargo, en el movimiento arranque, aunque el tamaño del efecto fue grande ( $ES = 0.20$ ), no se encontró una interacción significativa. Este último desenlace podría explicarse por el principio de especificidad, dada la familiaridad con el tipo de entrenamiento pudo haber favorecido una mayor confianza y eficiencia técnica en el arranque. Asimismo, el énfasis en la velocidad de la ejecución en el clúster podría haber afectar el rendimiento, dado que la aplicación de fuerza podría disminuir entre repeticiones. Además, es importante considerar la variabilidad individual, así como la posibilidad que el periodo de entrenamiento de cuatro semanas sea insuficiente para observar cambios significativos en un contexto de entrenamiento avanzado para este movimiento específico. En este sentido, la presente evidencia se obtuvo con deportistas jóvenes de halterofilia clasificado en el Tier 3 (McKay et al., 2022), quienes realizan entrenamientos sistemáticos y participan en competiciones municipales, regionales y departamentales.

Un estudio realizado en levantadores de pesas de elite de la misma edad encontró que, después de seis semanas de intervención, el grupo que entrenó con la configuración clúster mejoró la potencia pico, y la potencia relativa media, pero no se encontraron diferencias significativas en el pico de fuerza, el pico relativo de fuerza ni el pico de velocidad en comparación con el grupo control (Thitisak et al., 2022). Cabe destacar que el grupo experimental en este estudio realizó un entrenamiento de peso libre combinado con bandas elásticas. En contraste, otro estudio no encontró diferencias en la potencia de salida en jugadores de baloncesto y fútbol junior masculinos de elite (Lawton et al., 2006). Por su parte, Varela-Olalla et al. (2020) compararon la configuración tradicional y clúster en deportistas de baloncesto mayores de 17 años en el ejercicio de sentadilla media, encontrando que el clúster redujo la concentración del lactato y la fatiga muscular. En consecuencia, una estrategia de entrenamiento para reducir la fatiga muscular podría ser el clúster (Thitisak et al., 2022), que incluye cortos periodos de descanso entre repeticiones dentro de una misma serie. Sin embargo, la aplicabilidad dependerá de los objetivos específicos de la fase de entrenamiento y de los movimientos analizados. La evidencia sugiere que esta configuración es una opción válida cuando la prioridad sea el desarrollo de la fuerza máxima y la potencia (Davies et al., 2021; Suchomel et al., 2016; Tufano, Brown, et al., 2017; Tufano et al., 2016; Wetmore et al., 2020), características fundamentales en la halterofilia, dado su impacto en la potencia de salida (Suchomel et al., 2016). Para el desarrollo de la fuerza dinámica máxima, es crucial controlar la pausa entre repeticiones y series, de manera que cada repetición pueda contribuir de manera óptima a la aplicación máxima de fuerza y velocidad necesarias para alcanzar la fuerza dinámica máxima, especialmente en modalidades deportivas como la halterofilia. Este control es fundamental para elegir los métodos de entrenamiento más adecuados, alienados con los objetivos planteados y respaldados por la ciencia (Morris et al., 2020; Pierce et al., 2022).

Las adaptaciones crónicas de la configuración clúster se consiguen con menor fatiga y enfatizando en la calidad del movimiento pueden considerarse en coherencia con el periodo de entrenamiento (Davies et al., 2021; Goto et al., 2005; Hardee et al., 2013; Tufano, Brown, et al., 2017). Este enfoque puede favorecer la realización de ejercicios multiarticulares complejos (Davies et al., 2021), como el arranque en la halterofilia. Algunos estudios han reportado respuestas de lactato, hormona del crecimiento y (nor)epinefrinas mayores con la configuración tradicional al igual que en las adaptaciones agudas (Goto et al.,



2005; Oliver et al., 2015). Además, la configuración clúster parece estar asociado con una percepción del esfuerzo menor que podría representar una ventaja en la periodización de los programas de entrenamiento o competencia (Davies et al., 2021; Jukic & Tufano, 2019). Teóricamente, esta característica permitiría incrementar el volumen y/o la intensidad del entrenamiento (Haff et al., 2008) sin generar grandes cantidades de fatiga (McLean et al., 2010), lo cual es especialmente relevante en periodos competitivos, fases de tapering o cuando es necesario entrenar otras dimensiones del rendimiento como el aprendizaje y perfeccionamiento de habilidades técnicas (Branscheidt et al., 2019; Doma et al., 2017) como por ejemplo los movimiento complejos en la halterofilia (Hardee et al., 2013). Sin embargo, independientemente del nivel de fatiga inducida por el entrenamiento, las adaptaciones crónicas derivadas de ambas configuraciones han demostrado mejorar la fuerza máxima, en concordancia con la evidencia de la científica disponible, que sugiere periodos entre tres a 12 semanas de duración para observar dichos cambios (Davies et al., 2021).

La configuración clúster permite a los deportistas mantener altos niveles de fuerza y velocidad durante más tiempo en comparación con la configuración tradicional (Tufano, Conlon, et al., 2017; Tufano et al., 2016), lo que representa una alternativa prometedora para el desarrollo de la fuerza en halterofilia. Se ha observado que esta configuración mejora la capacidad tetánica (Tufano, Conlon, et al., 2017) definida como la capacidad de mantener el impulso durante un tiempo suficiente para reclutar la mayor cantidad de fibras musculares posibles. Además, al retrasar la aparición de fatiga, el clúster facilita que las motoneuronas continúen reclutando fibras musculares de manera eficiente afectando positivamente el control motor. Esto sugiere, que las pausas previstas del clúster pueden favorecer una ejecución más precisa desde el punto de vista coordinativo, optimizando tanto el rendimiento como la calidad del movimiento durante ejercicios de alta complejidad, como los característicos de la halterofilia.

En consecuencia, se recomienda replicar la intervención extendiendo su duración a un mínimo de seis semanas (Asadi & Ramírez-Campillo, 2016; Iglesias-Soler et al., 2016; McQuilliam et al., 2020; Rong & Xiu, 2024). Asimismo, es fundamental reevaluar la capacidad de rendimiento de los deportistas periódicamente para ajustar los estímulos de entrenamiento de manera progresiva en el tiempo (Davies et al., 2021) Además, se sugiere implementar una variación ondulatoria en las pausas de recuperación (Haff et al., 2008), controlar la pérdida en la velocidad de ejecución, manteniéndola dentro de un margen del 20% (Pareja-Blanco et al., 2017) y emplear estrategias de tapering para la evaluación de fuerza máxima (Davies et al., 2021). Por último, es importante realizar un cálculo adecuado del tamaño de la muestral para garantizar la detección de diferencias significativas entre los grupos, en caso de que existan.

### Limitaciones

Existen varias limitaciones metodológicas al momento de interpretar estos hallazgos. En primer lugar, el estudio utilizó una muestra por conveniencia, sin realizar un cálculo previo del tamaño de la muestral para determinar la cantidad óptima de participantes por grupo con el fin de detectar diferencias estadísticas, en caso de existir. Además, no se llevó a cabo una asignación aleatoria de los participantes a los grupos experimental y control. En consecuencia, la generalización de estos resultados está restringida a las características específicas de los participantes. De hecho, una muestra reducida aumenta la probabilidad de cometer error tipo II, es decir, no identificar un efecto significativo cuando realmente existe. Asimismo, variables de confusión como la calidad de la alimentación, la calidad del sueño y el descanso, no fueron controladas por el azar debido a la naturaleza del diseño del estudio lo que podría haber afectado los resultados. Otro aspecto para considerar es la pérdida del 44% de los participantes, lo que compromete la validez interna del estudio y podría generar un sesgo de selección que afecte la representatividad de los resultados. Por último, en la evaluación del rendimiento físico en las pruebas físicas, no se implementó un control sistemático de la variabilidad intra-sujeto porque las mediciones se realizaron en una sola sesión en lugar de múltiples días lo que podría haber afectado la fiabilidad de las mediciones y la estabilidad de los datos obtenidos.

### Conclusiones

Se encontró una interacción significativa entre el tiempo y el grupo con un efecto principal significativo del tiempo en las ganancias de fuerza dinámica máxima en los movimientos de sentadilla profunda y press en banco plano a favor de la configuración clúster con el método piramidal ascendente después de cuatro semanas de intervención en jóvenes deportistas de halterofilia. Los incrementos en la fuerza dinámica máxima variaron entre el 7% y el 8% y el tamaño del efecto asociado a las diferencias fue



considerado grande ( $ES \geq 0.14$ ). Además, en el press en banco plano, los valores obtenidos estuvieron cercanos al cambio mínimo detectable. Mientras que el grupo control no mostró cambios relevantes. Asimismo, no se observó interacción significativa en el movimiento de arranque entre los grupos y el tiempo indicando que el cambio entre los grupos a lo largo del tiempo no difiere estadísticamente.

Estos hallazgos sugieren, desde una perspectiva práctica, que la configuración clúster puede ser efectiva cuando el objetivo es desarrollar la fuerza dinámica máxima en ejercicios como la sentadilla profunda y el press en banco durante las primeras semanas del periodo preparatorio. Sin embargo, las pausas entre repeticiones (clúster) no demostraron ser superiores a las pausas entre series (tradicional) en el desarrollo de la fuerza dinámica máxima en el movimiento de arranque en jóvenes atletas de halterofilia. Por lo tanto, se recomienda aumentar la cantidad de semanas de intervención a un mínimo de seis semanas para verificar de manera más robusta las adaptaciones crónicas asociadas a cada configuración de entrenamiento.

## Referencias

- Abdessemed, D., Duché, P., Hautier, C., Poumarat, G., & Bedu, M. (1999). Effect of recovery duration on muscular power and blood lactate during the bench press exercise. *Int J Sports Med*, 20(6), 368-373. <https://doi.org/10.1055/s-2007-971146>
- Asadi, A., & Ramírez-Campillo, R. (2016). Effects of cluster vs. traditional plyometric training sets on maximal-intensity exercise performance. *Medicina (Kaunas)*, 52(1), 41-45. <https://doi.org/10.1016/j.medic.2016.01.001>
- Asadi, A., Ramirez-Campillo, R., Arazi, H., & Sáez de Villarreal, E. (2018). The effects of maturation on jumping ability and sprint adaptations to plyometric training in youth soccer players. *J Sports Sci*, 36(21), 2405-2411. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1459151>
- Association, W. M. (2013). World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA*, 310(20), 2191-2194. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053>
- Ato, M., López-García, J. J., & Benavente, A. (2013). Classification system for research designs in psychology. *Anales de Psicología/Annals of Psychology*, 29(3), 1038-1059. <https://doi.org/10.6018/analesps.29.3.178511>
- Baker, D., & Newton, R. U. (2005). Methods to Increase the Effectiveness of Maximal Power Training for the Upper Body. *Strength & Conditioning Journal*, 27(6), 24-32. [https://doi.org/10.1519/1533-4295\(2005\)27\[42:mtiteo\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1519/1533-4295(2005)27[42:mtiteo]2.0.co;2)
- Behm, D. G., Young, J. D., Whitten, J. H. D., Reid, J. C., Quigley, P. J., Low, J., Li, Y., Lima, C. D., Hodgson, D. D., Chaouachi, A., Prieske, O., & Granacher, U. (2017). Effectiveness of Traditional Strength vs. Power Training on Muscle Strength, Power and Speed with Youth: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front Physiol*, 8, 423. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00423>
- Boullousa, D. A., Abreu, L., Beltrame, L. G., & Behm, D. G. (2013). The acute effect of different half squat set configurations on jump potentiation. *J Strength Cond Res*, 27(8), 2059-2066. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31827ddf15>
- Branscheidt, M., Kassavetis, P., Anaya, M., Rogers, D., Huang, H. D., Lindquist, M. A., & Celnik, P. (2019). Fatigue induces long-lasting detrimental changes in motor-skill learning. *Elife*, 8. <https://doi.org/10.7554/eLife.40578>
- Butragueño, J., Benito, P. J., & Maffulli, N. (2014). Injuries in strength training: review and practical application. *European Journal of Human Movement*, 32, 29-47. <https://www.eurjhm.com/index.php/eurjhm/article/view/318/536>
- Chicharro, J. L. (2022). *Fisiología del ejercicio* (4 ed.). Editorial Médica Panamericana. <https://books.google.pt/books?id=PpV5zwEACAAJ>
- Cormack, S. J., Newton, R. U., McGuigan, M. R., & Doyle, T. L. (2008). Reliability of measures obtained during single and repeated countermovement jumps. *Int J Sports Physiol Perform*, 3(2), 131-144. <https://doi.org/10.1123/ijsp.3.2.131>
- Cruz, J. A., Armesilla, D. C., & de Lucas, A. (2009). Body composition assessment in sports medicine. Statement of spanish group of kinanthropometry of spanish federation of sports medicine. *Arch. Med. Deporte*, 131, 166-179.



- Custodio, R. M. (2017). *Efectos de diferentes intensidades relativas, volúmenes, tiempos de recuperación entre repeticiones y pérdida de velocidad en la serie sobre el rendimiento en sprint, salto vertical con cargas y sin cargas y la fuerza de las extremidades inferiores* Universidad Pablo de Olavide]. <https://rio.upo.es/rest/api/core/bitstreams/6c2f4d5e-a3f7-48c0-8ca5-41a01dad563e/content>
- Davies, T. B., Halaki, M., Orr, R., Helms, E. R., & Hackett, D. A. (2020). Changes in Bench Press Velocity and Power After 8 Weeks of High-Load Cluster- or Traditional-Set Structures. *J Strength Cond Res*, 34(10), 2734-2742. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000003166>
- Davies, T. B., Tran, D. L., Hogan, C. M., Haff, G. G., & Latella, C. (2021). Chronic Effects of Altering Resistance Training Set Configurations Using Cluster Sets: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 51(4), 707-736. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01408-3>
- Dello Iacono, A., Martone, D., & Hayes, L. (2020). Acute mechanical, physiological and perceptual responses in older men to traditional-set or different cluster-set configuration resistance training protocols. *European Journal of Applied Physiology*, 120(10), 2311-2323. <https://doi.org/10.1007/s00421-020-04453-y>
- Doma, K., Deakin, G. B., & Bentley, D. J. (2017). Implications of Impaired Endurance Performance following Single Bouts of Resistance Training: An Alternate Concurrent Training Perspective. *Sports Med*, 47(11), 2187-2200. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0758-3>
- Duchateau, J., Semmler, J. G., & Enoka, R. M. (2006). Training adaptations in the behavior of human motor units. *J Appl Physiol (1985)*, 101(6), 1766-1775. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00543.2006>
- Faigenbaum, A. D., Kraemer, W. J., Blimkie, C. J., Jeffreys, I., Micheli, L. J., Nitka, M., & Rowland, T. W. (2009). Youth resistance training: updated position statement paper from the national strength and conditioning association. *J Strength Cond Res*, 23(5 Suppl), S60-79. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31819df407>
- Faigenbaum, A. D., Milliken, L. A., & Westcott, W. L. (2003). Maximal strength testing in healthy children. *J Strength Cond Res*, 17(1), 162-166. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2003\)017<0162:mstihc>2.0.co;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2003)017<0162:mstihc>2.0.co;2)
- Field, A. (2013). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics*. sage.
- Folland, J. P., Irish, C. S., Roberts, J. C., Tarr, J. E., & Jones, D. A. (2002). Fatigue is not a necessary stimulus for strength gains during resistance training. *Br J Sports Med*, 36(5), 370-373; discussion 374. <https://doi.org/10.1136/bjism.36.5.370>
- Freitas de Salles, B., Simão, R., Miranda, F., da Silva Novaes, J., Lemos, A., & Willardson, J. M. (2009). Rest Interval between Sets in Strength Training. *Sports Medicine*, 39(9), 765-777. <https://doi.org/10.2165/11315230-000000000-00000>
- González, M. Á. M., Villegas, A. S., Atucha, E. T., & Fajardo, J. F. (2020). *Bioestadística amigable*. Elsevier.
- Gorostiaga, E. M., Navarro-Amézqueta, I., Calbet, J. A., Sánchez-Medina, L., Cusso, R., Guerrero, M., Granados, C., González-Izal, M., Ibáñez, J., & Izquierdo, M. (2014). Blood ammonia and lactate as markers of muscle metabolites during leg press exercise. *J Strength Cond Res*, 28(10), 2775-2785. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000000496>
- Goto, K., Ishii, N., Kizuka, T., & Takamatsu, K. (2005). The Impact of Metabolic Stress on Hormonal Responses and Muscular Adaptations. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(6), 955-963. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000170470.98084.39>
- Haff, G. G., Hobbs, R. T., Haff, E. E., Sands, W. A., Pierce, K. C., & Stone, M. H. (2008). Cluster Training: A Novel Method for Introducing Training Program Variation. *Strength & Conditioning Journal*, 30(1), 67-76. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e31816383e1>
- Haff, G. G., & Triplett, N. T. (2016). *Essentials of strength training and conditioning* (4th ed.). Human kinetics.
- Haff, G. G., Whitley, A., McCoy, L. B., O'Bryant, H. S., Kilgore, J. L., Haff, E. E., Pierce, K., & Stone, M. H. (2003). Effects of different set configurations on barbell velocity and displacement during a clean pull. *J Strength Cond Res*, 17(1), 95-103. <https://doi.org/10.1519/00124278-200302000-00016>
- Hansen, K. T., Cronin, J. B., Pickering, S. L., & Newton, M. J. (2011). Does Cluster Loading Enhance Lower Body Power Development in Preseason Preparation of Elite Rugby Union Players? *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(8), 2118-2126. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318220b6a3>

- Hardee, J. P., Lawrence, M. M., Zwetsloot, K. A., Triplett, N. T., Utter, A. C., & McBride, J. M. (2013). Effect of cluster set configurations on power clean technique. *J Sports Sci*, 31(5), 488-496. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.736633>
- Heredia, J. R., & García-Orea, G. P. (2020). *El entrenamiento de la fuerza para la mejora de la condición física y la salud* (5 ed.). Instituto Internacional Ciencias del Ejercicio Físico y Salud (IICEFS).
- Higgs, C., Balyi, I., Way, R., Cardinal, C., Norris, S., & Bluecharde, M. (2008). Developing physical literacy: A guide for parents of children ages 0 to 12. *Vancouver, BC: Canadian Sports Centres*.
- Iglesias-Soler, E., Mayo, X., Río-Rodríguez, D., Carballeira, E., Fariñas, J., & Fernández-Del-Olmo, M. (2016). Inter-repetition rest training and traditional set configuration produce similar strength gains without cortical adaptations. *J Sports Sci*, 34(15), 1473-1484. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1119299>
- Janićijević, D., Miras-Moreno, S., Morenas-Aguilar, M. D., Moraga-Maureira, E., Weakley, J., & García-Ramos, A. (2023). Optimizing mechanical performance in the bench press: The combined influence of inter-set rest periods and proximity to failure. *Journal of Sports Sciences*, 41(24), 2193-2200. <https://doi.org/10.1080/02640414.2024.2317644>
- 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. *J Hum Kinet*, 66, 257-268. <https://doi.org/10.2478/hukin-2018-0070>
- Karsten, B., Fu, Y. L., Larumbe-Zabala, E., Seijo, M., & Naclerio, F. (2021). Impact of Two High-Volume Set Configuration Workouts on Resistance Training Outcomes in Recreationally Trained Men. *J Strength Cond Res*, 35(Suppl 1), S136-s143. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000003163>
- Keiner, M., Sander, A., Wirth, K., Caruso, O., Immesberger, P., & Zawieja, M. (2013). Strength performance in youth: trainability of adolescents and children in the back and front squats. *J Strength Cond Res*, 27(2), 357-362. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182576fbf>
- Koo, T. K., & Li, M. Y. (2016). A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. *J Chiropr Med*, 15(2), 155-163. <https://doi.org/10.1016/j.jcm.2016.02.012>
- Korak, J. A., Paquette, M. R., Brooks, J., Fuller, D. K., & Coons, J. M. (2017). Effect of rest-pause vs. traditional bench press training on muscle strength, electromyography, and lifting volume in randomized trial protocols. *Eur J Appl Physiol*, 117(9), 1891-1896. <https://doi.org/10.1007/s00421-017-3661-6>
- Kraemer, W. J., Marchitelli, L., Gordon, S. E., Harman, E., Dziados, J. E., Mello, R., Frykman, P., McCurry, D., & Fleck, S. J. (1990). Hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise protocols. *J Appl Physiol* (1985), 69(4), 1442-1450. <https://doi.org/10.1152/jappl.1990.69.4.1442>
- Kraemer, W. J., & Ratamess, N. A. (2004). Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(4), 674-688. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000121945.36635.61>
- Kraemer, W. J., & Ratamess, N. A. (2005). Hormonal Responses and Adaptations to Resistance Exercise and Training. *Sports Medicine*, 35(4), 339-361. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535040-00004>
- Latella, C., Teo, W. P., Drinkwater, E. J., Kendall, K., & Haff, G. G. (2019). The Acute Neuromuscular Responses to Cluster Set Resistance Training: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med*, 49(12), 1861-1877. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01172-z>
- Lawton, T., Cronin, J., Drinkwater, E., Lindsell, R., & Pyne, D. (2004). The effect of continuous repetition training and intra-set rest training on bench press strength and power. *J Sports Med Phys Fitness*, 44(4), 361-367.
- Lawton, T. W., Cronin, J. B., & Lindsell, R. P. (2006). Effect of interrepetition rest intervals on weight training repetition power output. *J Strength Cond Res*, 20(1), 172-176. <https://doi.org/10.1519/r-13893.1>
- Lexell, J. E., & Downham, D. Y. (2005). How to assess the reliability of measurements in rehabilitation. *Am J Phys Med Rehabil*, 84(9), 719-723. <https://doi.org/10.1097/01.phm.0000176452.17771.20>
- Malina, R. M., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). *Growth, maturation, and physical activity* (2nd ed ed.). Human kinetics.

- Mayo, X., Iglesias-Soler, E., & Fernández-Del-Olmo, M. (2014). Effects of Set Configuration of Resistance Exercise on Perceived Exertion. *Perceptual and Motor Skills, 119*(3), 825-837. <https://doi.org/10.2466/25.29.PMS.119c30z3>
- McKay, A. K., Stellingwerff, T., Smith, E. S., Martin, D. T., Mujika, I., Goosey-Tolfrey, V. L., Sheppard, J., & Burke, L. M. (2022). Defining training and performance caliber: a participant classification framework. *International journal of sports physiology and performance, 17*(2), 317-331. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2021-0451>
- McLean, B. D., Coutts, A. J., Kelly, V., McGuigan, M. R., & Cormack, S. J. (2010). Neuromuscular, endocrine, and perceptual fatigue responses during different length between-match microcycles in professional rugby league players. *Int J Sports Physiol Perform, 5*(3), 367-383. <https://doi.org/10.1123/ijsp.5.3.367>
- McQuilliam, S. J., Clark, D. R., Erskine, R. M., & Brownlee, T. E. (2020). Free-Weight Resistance Training in Youth Athletes: A Narrative Review. *Sports Med, 50*(9), 1567-1580. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01307-7>
- Medicine, A. C. o. S. (2019). *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription* (10 ed.). Wolters Kluwer.
- Mirwald, R. L., Baxter-Jones, A. D., Bailey, D. A., & Beunen, G. P. (2002). An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Med Sci Sports Exerc, 34*(4), 689-694. <https://doi.org/10.1097/00005768-200204000-00020>
- Mitter, B., Csapo, R., Bauer, P., & Tschan, H. (2022). Reproducibility of strength performance and strength-endurance profiles: A test-retest study. *PLOS ONE, 17*(5), e0268074. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0268074>
- Moher, D., Hopewell, S., Schulz, K. F., Montori, V., Gøtzsche, P. C., Devereaux, P. J., Elbourne, D., Egger, M., & Altman, D. G. (2012). CONSORT 2010 explanation and elaboration: Updated guidelines for reporting parallel group randomised trials. *International Journal of Surgery, 10*(1), 28-55. <https://doi.org/10.1016/j.ijssu.2011.10.001>
- Morales-Artacho, A. J., Padial, P., García-Ramos, A., Pérez-Castilla, A., & Feriche, B. (2018). Influence of a Cluster Set Configuration on the Adaptations to Short-Term Power Training. *J Strength Cond Res, 32*(4), 930-937. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001925>
- Morris, S. J., Oliver, J. L., Pedley, J. S., Haff, G. G., & Lloyd, R. S. (2020). Taking A Long-Term Approach to the Development of Weightlifting Ability in Young Athletes. *Strength & Conditioning Journal, 42*(6), 71-90. <https://doi.org/10.1519/ssc.0000000000000608>
- Myer, G. D., Quatman, C. E., Khoury, J., Wall, E. J., & Hewett, T. E. (2009). Youth versus adult "weightlifting" injuries presenting to United States emergency rooms: accidental versus nonaccidental injury mechanisms. *J Strength Cond Res, 23*(7), 2054-2060. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b86712>
- Nodari, L. (2018). Evaluación de la fuerza. *Laboratorio de Evaluaciones Físicas: Notas académicas, desarrollo de temáticas referidas al entrenamiento, 2*(2), 1-4. [https://ief9016-inf.d.mendoza.edu.ar/aula/archivos/repositorio/4000/4134/Evaluacion\\_de\\_la\\_Fuerza.pdf?id\\_curso=1154](https://ief9016-inf.d.mendoza.edu.ar/aula/archivos/repositorio/4000/4134/Evaluacion_de_la_Fuerza.pdf?id_curso=1154)
- 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. *Eur J Appl Physiol, 115*(11), 2383-2393. <https://doi.org/10.1007/s00421-015-3216-7>
- Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Sanchis-Moysi, J., Dorado, C., Mora-Custodio, R., Yáñez-García, J. M., Morales-Alamo, D., Pérez-Suárez, I., Calbet, J. A. L., & González-Badillo, J. J. (2017). Effects of velocity loss during resistance training on athletic performance, strength gains and muscle adaptations. *Scand J Med Sci Sports, 27*(7), 724-735. <https://doi.org/10.1111/sms.12678>
- Pierce, K. C., Hornsby, W. G., & Stone, M. H. (2022). Weightlifting for Children and Adolescents: A Narrative Review. *Sports Health, 14*(1), 45-56. <https://doi.org/10.1177/19417381211056094>
- Plisk, S. S., & Stone, M. H. (2003). Periodization Strategies. *Strength & Conditioning Journal, 25*(6), 19-37. <https://doi.org/10.1519/00126548-200312000-00005>
- Poliquin, C. (1997). *The Poliquin Principles: Successful Methods for Strength and Mass Development*. Dayton Publications & Writers Group. <https://books.google.pt/books?id=n5Y9ngEACAAJ>

- Pontiff, M., & Moreau, N. G. (2022). Safety and Feasibility of 1-Repetition Maximum (1-RM) Testing in Children and Adolescents With Bilateral Spastic Cerebral Palsy. *Pediatr Phys Ther*, 34(4), 472-478. <https://doi.org/10.1097/pep.0000000000000941>
- Rahimi, R. (2005). Effect of different rest intervals on the exercise volume completed during squat bouts. *J Sports Sci Med*, 4(4), 361-366.
- Regulations, I. W. F. T. a. C. R. a. (2024). *IWF Technical and Competition Rules & Regulations* <https://iwf.sport/wp-content/uploads/downloads/2024/08/IWF-TCRR-2024.pdf>
- Ribas, J. (2010). Lactato: de indeseable a valioso metabolito el papel de la producción de lactato en la regulación de la excitabilidad durante altas demandas de potencia en las fibras musculares. *Archivos de Medicina del Deporte*, XXVII(137), 211-230. [https://archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/upload/Abstract\\_Revision\\_Lactato\\_211\\_137.pdf](https://archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/upload/Abstract_Revision_Lactato_211_137.pdf)
- Ritti-Dias, R. M., Avelar, A., Salvador, E. P., & Cyrino, E. S. (2011). Influence of previous experience on resistance training on reliability of one-repetition maximum test. *J Strength Cond Res*, 25(5), 1418-1422. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d67c4b>
- Rong, B., & Xiu, C. (2024). Effects of Cluster vs. Traditional Sets Complex Training on Physical Performance Adaptations of Trained Male Volleyball Players. *Journal of Sports Science & Medicine*, 23(4), 822. <https://doi.org/https://doi.org/10.52082/jssm.2024.822>
- Sainani, K. L. (2017). Reliability Statistics. *Pm r*, 9(6), 622-628. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2017.05.001>
- Santana, W. d. J., Bocalini, D. S., João, G. A., Caperuto, E. C., Araujo, I. P. d., & Figueira Junior, A. (2024). Recovery between sets in strength training: systematic review and meta-analysis. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 30, e2021\_0037. [https://doi.org/10.1590/1517-8692202430012021\\_0037i](https://doi.org/10.1590/1517-8692202430012021_0037i)
- Schoenfeld, B. J. (2010). The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *J Strength Cond Res*, 24(10), 2857-2872. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e840f3>
- Schoenfeld, B. J., Pope, Z. K., Benik, F. M., Hester, G. M., Sellers, J., Nooner, J. L., Schnaiter, J. A., Bond-Williams, K. E., Carter, A. S., Ross, C. L., Just, B. L., Henselmans, M., & Krieger, J. W. (2016). Longer Interset Rest Periods Enhance Muscle Strength and Hypertrophy in Resistance-Trained Men. *J Strength Cond Res*, 30(7), 1805-1812. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001272>
- Shenouda, R., Wilson, M., & Fletcher, S. (2017). Resistance training in children and young adults: a critical review. *Intl J Appl Exerc Physiol*, 5, 1-8.
- Soares-Caldeira, L. F., Ritti-Dias, R. M., Okuno, N. M., Cyrino, E. S., Gurjão, A. L., & Ploutz-Snyder, L. L. (2009). Familiarization indexes in sessions of 1-RM tests in adult women. *J Strength Cond Res*, 23(7), 2039-2045. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b3e158>
- Stone, M. H., Stone, M., & Sands, W. A. (2007). *Principles and practice of resistance training*. Human Kinetics.
- Stricker, P. R., Faigenbaum, A. D., McCambridge, T. M., & FITNESS, A. C. O. S. M. A. (2020). Resistance Training for Children and Adolescents. *Pediatrics*, 145(6), e20201011. <https://doi.org/10.1542/peds.2020-1011>
- Suchomel, T. J., Nimphius, S., & Stone, M. H. (2016). The Importance of Muscular Strength in Athletic Performance. *Sports Medicine*, 46(10), 1419-1449. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0486-0>
- Thitisak, S., Intiraporn, C., & Lawsirirat, C. (2022). Effects of combined free-weight and elastic training with cluster sets during clean pull exercises on peak power in elite junior weightlifters. *Journal of Physical Education and Sport*, 22(5), 1252-1257. <https://doi.org/10.7752/jpes.2022.05157>
- Tufano, J. J., Brown, L. E., & Haff, G. G. (2017). Theoretical and Practical Aspects of Different Cluster Set Structures: A Systematic Review. *J Strength Cond Res*, 31(3), 848-867. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001581>
- 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. *Int J Sports Physiol Perform*, 12(4), 463-469. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0738>
- 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. *Int J Sports Physiol Perform*, 11(7), 885-892. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0602>



- Varela-Olalla, D., Romero-Caballero, A., Del Campo-Vecino, J., & Balsalobre-Fernández, C. (2020). A Cluster Set Protocol in the Half Squat Exercise Reduces Mechanical Fatigue and Lactate Concentrations in Comparison with A Traditional Set Configuration. *Sports* 8(4), 45. <https://doi.org/10.3390/sports8040045>
- Wetmore, A. B., Moquin, P. A., Carroll, K. M., Fry, A. C., Hornsby, W. G., & Stone, M. H. (2020). The Effect of Training Status on Adaptations to 11 Weeks of Block Periodization Training. *Sports (Basel)*, 8(11). <https://doi.org/10.3390/sports8110145>
- Zatsiorsky, V. M., Kraemer, W. J., & Fry, A. C. (2020). *Science and practice of strength training* (Second ed.). Human Kinetics.

### Datos de los/as autores/as y traductor/a:

Danny Alberto Salgado Delgado	dannysalgadel@gmail.com	Autor
Yonatan David Quiros García	jonathandavidquiroz@gmail.com	Autor
Iván Daniel Aurela Hernández	ivan.aurela@gmail.com	Autor
Janderson Cano Arango	janderson.cano@udea.edu.co	Autor
Wilder Geovanny Valencia Sánchez	wilder.valencia@udea.edu.co	Autor
Wilder Geovanny Valencia Sánchez	wilder.valencia@udea.edu.co	Traductor