

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA  
FACULTAD DE DEPORTES  
CAMPUS TIJUANA**



**COMPARACIÓN DE DOS PROTOCOLOS DE ENTRENAMIENTO DE FUERZA  
EN CLUSTER SETS BASADOS EN LA PÉRDIDA DE LA VELOCIDAD SOBRE  
EL RENDIMIENTO FÍSICO Y LA PERCEPCIÓN DEL ESFUERZO**

**Tesis  
para obtener el grado:**

**LICENCIADO EN ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTE**

**PRESENTA:**

**C. Bimbela Villalobos José Eduardo**

**Director de Tesis: Dr. Luis Mario Gómez Miranda**

**Codirector de Tesis: M.Sc. Jorge Alberto Aburto Corona**

**Tijuana, Baja California, junio de 2023**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE DEPORTES

CAMPUS TIJUANA

**COMPARACIÓN DE DOS PROTOCOLOS DE ENTRENAMIENTO DE FUERZA  
EN CLUSTER SETS BASADOS EN LA PÉRDIDA DE LA VELOCIDAD SOBRE  
EL RENDIMIENTO FÍSICO Y LA PERCEPCIÓN DEL ESFUERZO**

Tesis

Para obtener el grado:

LICENCIADO EN ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTE

PRESENTA:

C. Bimbela Villalobos José Eduardo

COMITÉ DE TESIS

---

Dr. Luis Mario Gómez Miranda  
Presidente

---

M.Sc. Jorge Alberto Aburto Corona  
Secretario

---

Dra. Melinna Ortiz Ortiz  
Vocal

---

Dr. Roberto Espinoza Gutiérrez  
Vocal

---

Dr. Diego Bonilla Ocampo  
Vocal

Tijuana, Baja California, junio de 2023

Copyright © 2023  
José Eduardo Bimbela Villalobos  
Derechos Reservados

## **Dedicatoria**

A mi familia que siempre me ha apoyado en lo que decido hacer y han estado ahí cuando los he necesitado.

A Jessica Rubí por su apoyo durante el desarrollo de este proyecto.

Al Dr. Luis Mario y al Mtro. Aburto, que cuando estaba por rendirme me ayudaron a seguir, y a pesar de todo confiaron en mí.

A las personas que apoyaron directa o indirectamente en el desarrollo de la tesis y dedicaron su tiempo en que esto se logrará.

A Daniela Modad Jacome, porque plantó en mí el interés en el deporte.

Al Sensei Hector Figueroa, por impulsarme a estudiar esta licenciatura.

Al Sensei Guillermo Figueroa, por darme la oportunidad de conocer un mundo que me era desconocido en el deporte, y compartir su conocimiento incondicionalmente y demostrarme que, si te caes, te levantas.

A mis amigos que estuvieron en las buenas y en las malas.

A los preparadores físicos, metodólogos y entrenadores deportivos de quienes pude aprender muchas lecciones durante mi tiempo como preparador físico en el C.A.R. Tijuana.

A mis mascotas, que siempre estuvieron dándome ánimos para seguir sin ser conscientes de ello, principalmente a Rocky, que lamentablemente se enfermó y falleció por cáncer durante el proceso de la tesis.

## **Agradecimiento**

A mi familia, por ser un gran apoyo durante este proceso.

A todo el personal de la Facultad de Deportes, ya que gracias a ellos es posible que la facultad reciba alumnos para apoyarlos en su formación profesional.

Al Dr. Luis Mario Gómez Miranda, Mtro. Jorge Aburto y Mtro. Juan José Calleja, por el gran apoyo que recibí de su parte durante mi formación académica, y la confianza que depositaron en mí.

A la Dra. Melinna Ortiz y al Dr. Roberto Espinoza por su apoyo en el desarrollo de la tesis.

Al Prof. Diego Bonilla por haber aportado de distintas formas a que se llevara a cabo este proyecto, aún sin ser docente de la universidad.

A las personas que dedicaron algo tan valioso como su tiempo para ser sujetos durante la investigación.

## Índice

Dedicatoria	IV
Agradecimiento	V
Índice	VI
Índice de tablas	VII
Índice de Figuras	VII
Resumen	VIII
Capítulo 1. Introducción	1
1.1 Marco Teórico	2
1.2 Antecedentes	8
1.3 Planteamiento del Problema	13
Pregunta de Investigación	15
1.4 Justificación	15
1.5 Hipótesis	15
1.6 Objetivo General	16
Capítulo 2. Metodología	17
2.1 Muestra	18
2.2 Diseño de Investigación	18
2.3 Variables e instrumentos	18
2.4 Procedimiento	19
2.5. Análisis estadístico	25
Capítulo 3. Resultados	26
Capítulo 4. Discusión	31
Capítulo 5. Conclusiones	36
Recomendaciones para futuros estudios	37
Referencias	39

ANEXOS	46
Anexo A. Consentimiento informado	47
Anexo B. Escala de percepción del esfuerzo OMNI Walk/Run.	48
Anexo C. Escala de percepción del esfuerzo OMNI-RES.	48

### **Índice de tablas**

Tabla 1 . Antecedentes	12
Tabla 2 . Características de la muestra	27
Tabla 3 . Rendimiento físico en ejercicio de sentadilla en ambos protocolos	28
Tabla 4 . Rendimiento físico en ejercicio de press de banca en ambos protocolos	29
Tabla 5 . Rendimiento físico en ejercicio de peso muerto en ambos protocolos	30

### **Índice Figuras**

Figura 1 . Pruebas de 1RM	23
Figura 2 . CL20 y CL40	25
Figura 3 . Repeticiones totales en sentadilla	28
Figura 4 . Repeticiones totales en press de banca	29

## Resumen

**Introducción:** el entrenamiento deportivo busca mejorar el rendimiento desarrollando diferentes áreas, como lo psicológico, la técnica, la táctica, y lo físico. El entrenamiento físico está centrado en desarrollar el potencial fisiológico y las habilidades biomotoras, siendo estas la fuerza, la velocidad y la resistencia. La fuerza es la habilidad de vencer una resistencia externa a través de contracciones musculares bajo condiciones específicas y es el principal factor responsable de generar movimientos efectivos y eficientes del cuerpo o un objeto externo. El *yank* puede ser un factor clave en determinar el éxito deportivo. Existen distintos métodos para desarrollar la fuerza, dos de ellos son los *cluster sets* y el *VBRT*. Los *cluster sets* son series a las que se les agrega uno o más descansos intra-serie. El entrenamiento basado en la velocidad, permite una prescripción precisa y objetiva de la intensidad y volumen de entrenamiento, usando la velocidad de ejecución como referencia. Algo menos estudiado es la combinación de métodos de entrenamiento. **Objetivo:** comparar dos protocolos de entrenamiento de fuerza en cluster sets basados en la pérdida de la velocidad sobre el rendimiento físico y la percepción del esfuerzo en los ejercicios de sentadilla, press de banca y peso muerto convencional en adultos con experiencia con el entrenamiento de fuerza. **Metodología:** el diseño de este estudio es experimental. Se reclutaron 12 sujetos de entre 18 y 35 años que tuvieran al menos un año de experiencia con el entrenamiento de fuerza y realicen de manera habitual los ejercicios de sentadilla, press de banca y peso muerto convencional. Se citaron a tres sesiones diferentes separadas por 48 a 96 horas. Durante todas las sesiones el tempo fue 2-0-X-0 en sentadilla, 2-1-X-0 en press de banca y 2-2-X-1 en peso muerto; se registraron las

repeticiones realizadas, así como la velocidad media propulsiva (VMP) y la potencia media (PM), medido con un transductor de posición lineal (Speed4lifts) y la percepción del esfuerzo, medida con la escala OMNI-RES. La primera sesión consistió en mediciones de estatura, composición corporal, pruebas de una repetición máxima (RM) en sentadilla, press de banca y peso muerto. Al finalizar se aleatorizó el orden de las sesiones experimentales CL20 y CL40. Se usó la VMP de las repeticiones más rápidas con cada peso para hacer un perfil de carga-velocidad individual para cada sujeto en cada ejercicio. Las sesiones CL20 y CL40 iniciaron con un calentamiento de 10 minutos en caminadora, seguido de un calentamiento previo a cada ejercicio que consistía de tres repeticiones con el 20, 40 y 60 % del 1RM, seguido de una repetición con el 80 y 90 % del mismo, siendo esta última con la que se estimó el 1RM de la sesión y se calculó el 80 % de este para usar en las series de trabajo, se descansó tres minutos entre las primeras cuatro series de calentamiento y cinco minutos al terminar la última. Se inició con sentadilla, seguido de press de banca y se finalizó con peso muerto. En cada uno de los ejercicios el trabajo consistió en tres series de todas las repeticiones posibles hasta perder el 10 % de la VMP más elevada de la serie, seguido de un descanso intra-serie de 20 o 40 segundos realizando inmediatamente después todas las repeticiones posibles hasta volver a bajar a ese 10 %. El descanso intra-serie y entre cada ejercicio fue de cinco minutos. Para reportar las características de la muestra, se empleó estadística descriptiva en media y desviación estándar. Para identificar las diferencias entre las dos configuraciones de ejercicios, se realizó una prueba t-student de muestras relacionadas. El valor alfa para la significancia estadística fue de 0.05. **Resultados:** se observó que el 1RM en

sentadilla fue estadísticamente mayor en CL20 ( $139.7 \pm 24.7\text{kg}$ ) vs CL40 ( $134.3 \pm 25.4\text{kg}$ ,  $p=0.004$ ). Las repeticiones totales ( $9.8 \pm 3.1$  vs  $6.8 \pm 2.3$ ,  $p=0.001$ ), el tonelaje total ( $1.0 \pm 0.3$  vs  $0.7 \pm 0.2$ ,  $p=0.001$ ) y porcentaje de velocidad de la repetición post descanso ( $93.5 \pm 6.1$  vs  $86.8 \pm 8.9$ ,  $p=0.001$ ) fueron significativamente mayores en CL40 en comparación de CL20. No hubo diferencias significativas en la percepción del esfuerzo, VMP y potencia media. En press de banca las repeticiones totales ( $7.2 \pm 2.6$  vs  $5.8 \pm 2.2$ ,  $p=0.043$ ) y el tonelaje total ( $0.6 \pm 0.2$  vs  $0.5 \pm 0.2$ ,  $p=0.030$ ) fueron significativamente mayores en CL40. Por el contrario, la potencia media fue significativamente mayor en CL20 en comparación de CL40 ( $289.9 \pm 42.1$  vs  $271.9 \pm 37.9$ ,  $p=0.030$ ). No hubo diferencias significativas en el resto de las variables. En peso muerto no se encontraron diferencias significativas en las variables evaluadas. **Conclusión:** la configuración de CL40 al ser un descanso mayor que CL20 permite tener un mayor rendimiento ya que propició un mayor número de repeticiones y tonelaje total en los ejercicios de sentadilla y press de banca, además, el CL40 promueve una mayor velocidad de la repetición post descanso en sentadilla.

**Palabras clave:** Potencia, Ejercicio Físico, Rendimiento Atlético.

# Capítulo 1. Introducción

## **1.1 Marco Teórico**

En el entrenamiento deportivo se busca mejorar el rendimiento desarrollando diferentes áreas, como lo psicológico, la técnica, la táctica y lo físico (Bompa et al., 2019).

La preparación psicológica busca proporcionar a los deportistas, técnicas y/o estrategias psicológicas específicas para ayudarlos a afrontar de forma efectiva las barreras mentales y emocionales que probablemente encontrarán durante el entrenamiento y competencia, ayudándoles a llegar a su pico de rendimiento (Bompa et al., 2019).

La técnica engloba todos los patrones de movimiento, habilidades y elementos técnicos que son necesarios para rendir en el deporte. Puede considerarse la manera de realizar una habilidad o un ejercicio físico. Los atletas deben buscar continuamente perfeccionar su técnica para crear patrones de movimiento más eficientes (Bompa & Buzzichelli, 2019).

El entrenamiento táctico se centra en entrenar objetivos defensivos y ofensivos, para ser exitosos se requiere de un alto nivel de habilidad técnica, que a su vez dependen de las respuestas fisiológicas ocasionadas por el entrenamiento físico; el entrenamiento físico se centra en desarrollar el potencial fisiológico y las habilidades biomotoras, siendo estas la fuerza, la velocidad y la resistencia (Bompa & Buzzichelli, 2019).

La fuerza es la habilidad de producir fuerza externa a través de contracciones musculares bajo condiciones específicas. Es el principal factor responsable de generar movimientos efectivos y eficientes del cuerpo o un objeto externo. La acompaña una tasa de producción de fuerza, conceptualizada como *yank* y la

potencia, que son subproductos de la fuerza producida y afectan la velocidad del movimiento. El *yank* puede ser un factor clave en determinar el éxito deportivo. Existen tres variables principales asociadas con la producción de fuerza de suma importancia para el deporte y la vida diaria, producir altos niveles de fuerza en el tiempo crucial, la potencia y el *yank*, (Jeffreys & Moody, 2016; Lin, 2019).

La velocidad es definida como la habilidad de completar un movimiento de forma rápida con respecto al tiempo en cierta dirección (distancia/tiempo). Es determinado por el patrón de producción de fuerza y por lo tanto la acumulación de impulso bajo las restricciones de tiempo específicas del deporte (Haff & Triplett, 2016).

La resistencia se divide en dos, resistencia de baja intensidad (aeróbica), que permite realizar una actividad de baja intensidad por un periodo prolongado y de alta intensidad (anaeróbica), que permite repetir varios esfuerzos de alta intensidad, ambas dependen de diversos factores, como  $VO_{2max}$ , economía de movimiento, el umbral de lactato, el punto de inflexión de lactato, capacidad de amortiguación de acidez, el sistema neuromuscular y la bioenergética (Jeffreys & Moody, 2016; Runacres, 2019).

Existen distintos métodos para desarrollar la fuerza, algunos de ellos son el tradicional, las pirámides, el esfuerzo máximo, esfuerzo repetido, esfuerzo submáximo, esfuerzo dinámico, la pliometría, los cluster sets y el entrenamiento de fuerza basado en la velocidad (*VBRT*), aunque hay quienes lo consideran una metodología (Turner & Comfort, 2022; Nagatani et al., 2022; Bompa & Buzzichelli, 2019; Zatsiorsky et al., 2021; Weakley et al., 2021; Makaruk et al., 2020; Pareja-Blanco & Loturco, 2022).

Tradicionalmente, en el entrenamiento de fuerza se prescriben un número de series, repeticiones e intensidad fija, donde se realizan todas las repeticiones a la misma intensidad y teniendo un periodo de recuperación entre series (Nagatani et al., 2022), esto podría considerarse una pirámide plana, ya que para llegar a los pesos de trabajo generalmente hay un calentamiento.

Las pirámides son un método de entrenamiento en el que el peso durante el ejercicio no será el mismo en todas las series, la pirámide plana, conlleva ir aumentando el peso hasta llegar al peso de trabajo y ese se mantiene durante las series restantes, durante una ascendente, el peso va aumentando cada serie mientras las repeticiones se mantienen o bajan, la doble consiste en ir aumentando el peso hasta llegar a un pico y luego ir descendiendo el peso, la *skewed* el peso va aumentando igual que en la ascendente, pero en la última serie se baja el peso, pudiendo llevar la serie al fallo muscular o no y por último están las pirámides en ola, en las que el peso va subiendo durante las series, llega a un pico y se reinicia este (Bompa & Buzzichelli, 2019).

El método de esfuerzo máximo se considera bastante efectivo para aumentar la coordinación intermuscular e intramuscular, así como reducir la inhibición del sistema nervioso central. La intensidad debe estar cerca del máximo de entrenamiento, con cerca de 1 a 3 repeticiones cuando se quiere entrenar el movimiento (más específico), cuando se busca entrenar más los músculos (un movimiento menos específico) se pueden aumentar las repeticiones (Zatsiorsky et al., 2021).

Los métodos de esfuerzo repetido y esfuerzo submáximo realizan series de múltiples repeticiones, la diferencia principal es que el esfuerzo submáximo se

detiene la serie antes de llegar al fallo muscular y en el esfuerzo repetido se llega al fallo, su efecto en la hipertrofia muscular es muy similar, aunque si se busca aprender un patrón de coordinación adecuado no, esto debido al principio del tamaño de las unidades motoras, ya que habrá unidades motoras reclutadas pero no fatigadas, reclutadas y fatigadas, así como no reclutadas, por lo que al llegar al fallo muscular se activarán y fatigarán un mayor número de unidades motoras (Zatsiorsky et al., 2021).

El método de esfuerzo dinámico se usa para aumentar el *yank* y la fuerza explosiva, se utiliza una carga submáxima con la velocidad más rápida alcanzable con ese peso, sin llegar al fallo muscular (Zatsiorsky et al., 2021).

El método pliométrico se basa en grupos de ejercicios de alta intensidad basados en choque, enfocados en aumentar el *yank*, el control excéntrico y la potencia, involucra recibir cargas a una alta velocidad. El uso de este método ayuda a mejorar la habilidad de usar el ciclo de estiramiento-acortamiento (Makaruk et al., 2020).

Los *cluster sets* son series a las que se les agrega uno o más descansos intra-serie, favoreciendo esto la recuperación de ATP y fosfocreatina, tienen diferentes estructuras dependiendo de cómo se comporte la carga, así como el objetivo de la fase de entrenamiento en la que se encuentre el deportista (Turner & Comfort, 2022; Nagatani et al., 2022; Bompa & Buzzichelli, 2019).

Cuando se busca hipertrofia muscular con los *cluster sets* parece que al mantener la masa en la barra igual es contraproducente en el aumento de la masa muscular (Goto et al., 2005), sin embargo, al aumentar la carga en la barra, como lo permiten los *cluster sets* puede favorecer a un mayor aumento de masa muscular

(Tufano et al., 2017a), pero falta más investigación en el área. En fases en las que se busca aumentar la fuerza, parece ser que los *cluster sets* no proporcionan algún beneficio en comparación de las series tradicionales, esto, aunque se usen cargas más elevadas, aunque es importante destacar que la mayoría de las investigaciones que hay aún usado la misma carga independientemente del descanso extra (Nagatani et al., 2022).

Durante una fase de entrenamiento de fuerza-potencia, donde se busca maximizar el *yank* puede ser benéfico el implementar *cluster sets* ya que estos pueden ayudar a mantener velocidades más elevadas durante el entrenamiento (Hardee et al., 2012) y se ha visto que llevan a aumentar más el *yank* en comparación de las series tradicionales (Zaras et al., 2020).

Los *cluster sets* estándar mantienen una carga fija durante toda la serie, cuando son ondulatorio la carga va subiendo durante la serie, llega a un pico y empieza a bajar hasta el punto inicial, cuando son olas, la carga sube y baja durante toda la serie, cuando es ascendente la carga va subiendo durante toda la serie y al ser descendente la carga va disminuyendo a lo largo de la serie (Turner & Comfort, 2022; Bompa & Buzzichelli, 2019; Haff et al., 2008).

Una metodología de entrenamiento contemporáneo en el desarrollo de fuerza es el *VBRT*, que permite una prescripción precisa y objetiva de la intensidad y volumen de entrenamiento; hay varias formas de aplicar este método de entrenamiento, entre ellas:

- Velocidad promedio de la serie: se prescribe una carga basándose en el perfil de carga velocidad del deportista y al terminar la serie se calcula la velocidad

promedio, si está por fuera de lo deseado se ajusta el peso para la siguiente serie (Banyard et al., 2019).

- Velocidad promedio de la serie con límites de velocidad: se prescriben las series una pérdida de velocidad, al llegar a esa velocidad se termina la serie, se promedia la velocidad y si esta fuera del rango deseado se ajusta el peso para la siguiente serie (Banyard et al., 2019; Dorrell, et al., 2020).

- Velocidad meta con límites de velocidad: se prescriben las series, una pérdida de velocidad y una velocidad inicial, si la velocidad inicial estaba fuera del rango se hace una repetición extra después de un descanso corto y se repite, si sigue fuera se ajusta el peso en la barra (Pareja-Blanco et al., 2017a; Pareja-Blanco et al., 2017b; Weakley et al., 2020a; 2020b).

- Serie con carga fija y límites de velocidad: se prescriben las series, una pérdida de velocidad y el peso, la serie termina al llegar a la pérdida de velocidad indicada (Banyard et al., 2019).

- Repeticiones totales fijas con series flexibles y límites de velocidad: se prescriben el número de repeticiones, la intensidad basada en el perfil de carga-velocidad del deportista y una pérdida de velocidad, el atleta puede hacer todas las series que se necesiten para lograr terminar las repeticiones prescritas (Banyard et al., 2019).

- Series fijas con límites de velocidad y límite de repeticiones por serie: se prescribe un número de series, un límite de velocidad y un máximo de repeticiones por serie, el atleta termina una serie al llegar a la pérdida de velocidad prescrita o al llegar al número máximo de repeticiones permitidas por serie (Banyard et al., 2019).

## 1.2 Antecedentes

González-Hernández et al. (2020), reclutaron 11 hombres estudiantes de ciencias del deporte para realizar un estudio de medidas repetidas para ver el efecto de 6 protocolos de ejercicio diferentes en el porcentaje de pérdida de velocidad en sentadilla con el 10RM, dos tradicionales (3 series de 10 repeticiones [TR1] y 6 series de 5 repeticiones [TR2] con 5 minutos de descanso entre serie) y 4 de *cluster sets* (3 series de 10 repeticiones con 10 [CL1] , 15 [CL2] y 30 [CL3] segundos de descanso entre repeticiones y 5 minutos entre series y 1 serie de 30 repeticiones con 15 segundos de descanso entre repeticiones [CL4], encontrando que CL2 y CL3 atenuaron más la pérdida de velocidad, aunque en este estudio no se igualó el tiempo de descanso total, por lo que las sesiones duraron 11.5, 26.5, 15, 18.25, 25 y 8.75 minutos respectivamente.

En una investigación similar, pero realizada en press de banca en *smith machine* se reclutaron 10 hombres, que realizaron cinco sesiones diferentes cada uno, TR1: 3x10 [0-s], TR2: 6x5 [0-s], CL5: 3x10 [5-s], CL10: 3x10 [10-s] y CL15: 3x10 [15-s], correspondiendo el primer número a las series, el segundo a las repeticiones y el tercero a los segundos de descanso entre repeticiones; todas las series se hicieron con el 10RM de cada sujeto con 5 minutos de descanso entre series y realizando 30 repeticiones en total. Encontraron que la diferencia en la pérdida de velocidad media propulsiva fue significativa entre TR1 (-39.3±7.3 %) y CL5 (-20.2±14.7 %), CL10 (-12.9±4.9 %), TR2 (-10.3±5.3 %) y CL15 (-10.0±2.3 %), pero es importante destacar que la duración fue diferente de una sesión a otra, siendo esta 11.5, 12.75, 15, 26.5 y 18.25 minutos, siguiendo el orden anterior (García-Ramos et al., 2020).

Por su parte, García-Ramos et al. (2015), realizaron una investigación de medidas repetidas, con la que buscaban ver el efecto de diferentes descansos entre repeticiones en la habilidad de mantener la velocidad pico de lanzamiento de barra en press de banca en *smith machine*, medido con un transductor de velocidad lineal (T-Force System; Ergotech, Murcia, Spain); para esto reclutaron a 34 sujetos, que los citaron en cuatro ocasiones diferentes. La primera fue una prueba de 1RM en press de banca seguida de tres sesiones aleatorias donde se usaría una sola carga durante la sesión, siendo estas el 30, 40 y 50 % del 1RM; las sesiones además contendrían 3 series de 15 repeticiones con 15 minutos de descanso entre serie. Se aleatorizó la condición de cada serie, siendo estas repeticiones continuas (CR), 6 segundos de descanso entre repeticiones (6IRR) y 12 segundos de descanso entre repeticiones (12IRR). Los resultados indican que 12IRR fue el más efectivo en mantener la velocidad por lo menos después de la repetición número cuatro. No hubo diferencias entre CR y 6IRR hasta que se llegó a la repetición siete con el 30 % y 40 % del 1RM y a la cinco con el 50 % del 1RM, donde se vio favorecido el último en mantener la velocidad más elevada.

Por otro lado, Oliver et al. (2015), buscaban ver como afectaba en la potencia media en sentadilla de forma aguda el realizar *cluster sets* en comparación de un entrenamiento tradicional, por lo que reclutaron a 12 hombres entrenados y 11 no entrenados para su estudio, midieron con dos transductores de posición lineal el desplazamiento, con lo que obtuvieron información de tiempo y desplazamiento, y midieron las fuerzas de reacción del piso con una plataforma de fuerza, y usando la velocidad media y la fuerza media se calculó la potencia media en el levantamiento; el entrenamiento tradicional (TRD) consistió de 4 series de 10

repeticiones con 2 minutos de descanso entre serie, mientras que el de *cluster sets* (CLU) consistió en 4 series de 2 bloques de 5 repeticiones, con 30 segundos de descanso entre bloque y 90 segundos entre serie, ambos al 70 % de su repetición máxima. Se encontró que al realizar *cluster sets* se alcanzaron potencias medias superiores en la mayoría de repeticiones.

Además, Oliver et al. (2016), encontraron en un estudio de medidas repetidas aleatorizado que en personas entrenadas (n = 12) y no entrenadas (n = 12), al realizar 4 series de sentadillas de 10 repeticiones divididas en *cluster sets* de 5 repeticiones con 30 segundos de descanso intra-serie y con 90 segundos inter-serie ayudaba a mantener la velocidad y potencia media más elevada durante las series y a través de estas, en comparación de realizar 4 series de 10 repeticiones con dos minutos de descanso inter-serie, ambos con el 70 % del 1RM, además, concluyeron que el que se pudiera mantener la potencia media parecía deberse al poder mantener la velocidad más elevada.

Asimismo, una investigación contrabalanceada buscó ver el efecto de realizar *cluster sets* en distintas variables mecánicas durante la ejecución de peso muerto (Moir et al., 2013), para esto, reclutaron a 11 voluntarios de  $21.9 \pm 1.0$  años de edad,  $1.82 \pm 0.08$  metros de estatura, una masa corporal de  $94.1 \pm 19.4$  kg y su 1RM en peso muerto de  $183.2 \pm 38.3$  kg. Los sujetos atendieron a cuatro sesiones distintas, una para la prueba de 1 RM y tres experimentales, donde realizaron cuatro repeticiones de peso muerto al 90 % del 1RM en tres condiciones distintas, cuatro repeticiones seguidas (tradicional), cuatro repeticiones con pausa de 30 segundos después de la segunda repetición (*cluster doble*) y cuatro repeticiones con 30 segundos de descanso entre repeticiones (*cluster singles*). Los resultados

indicaron que causó mayor pérdida de potencia media el *cluster* doble que el Tradicional ( $p=0.023$ ), así como el aumento entre las repeticiones 1 y 2, 1 y 3 y 1 y 4 en la serie tradicional fue significativamente diferente a la disminución en el *cluster singles* ( $p<0.05$ ), además, el aumento entre las repeticiones 1 y 3 en tradicional fue significativamente diferente que la disminución en *cluster doble* ( $p<0.05$ ), esto probablemente se debe a que en el peso muerto se inicia con la fase concéntrica, y aunque indicaron no rebotar la barra en el piso entre repeticiones, también indicaron que debían iniciar la fase concéntrica del movimiento en cuanto la barra tocara el piso, lo que podría haber favorecido la utilización del ciclo de estiramiento-acortamiento en las repeticiones que siguen de una fase excéntrica.

Al analizar las investigaciones hasta la fecha, queda una brecha en la información, ya que no se ha estudiado cómo afectaría en press de banca y sentadilla el tener descansos más largos intra serie y si tendrían un mayor beneficio en comparación de más cortos, sin mencionar que la mayoría de estudios se llevan a cabo en *smith machine*, que desde el punto de vista de controlar el movimiento horizontal es benéfico, pero esto podría disminuir la validez ecológica de estas investigaciones, limitando su aplicación en el campo.

Además, en peso muerto es casi nula la investigación realizada en relación a los *cluster sets*, y se han encontrado resultados distintos a los encontrados al usarlos en sentadilla y press de banca, probablemente por el ciclo de estiramiento-acortamiento.

Tabla 1. Antecedentes

Autores	Muestra	Condiciones	Ejercicio	Intensidad	Descanso inter-serie	Serie x repeticiones	Descanso entre repeticiones (s)	Duración de sesión (minutos)	Resultados
González-Hernández et al. (2020)	11 hombres estudiantes de ciencias del deporte	TR1 TR2 CL1 CL2 CL3 CL4	Sentadilla	10RM	5 minutos	TR2: 6x5 CL4: 1x30 Restantes: 3x10	CL1: 10 CL2: 15 CL3: 30 CL4: 15	TR1: 11.5 TR2: 26.5 CL1: 15 CL2: 18.25 CL3: 25 CL4: 8.75	CL2 y CL3 atenuaron más la pérdida de velocidad media propulsiva
García-Ramos et al. (2020)	10 hombres	TR1 TR2 CL5 CL10 CL15	Press de banca en smith machine	10RM	5 minutos	TR2: 6x5 Restantes: 3x10	CL5: 5 CL10: 10 CL15: 15	TR1: 11.5 TR2: 26.5 CL5: 12.75 CL10: 15 CL15: 18.25	Todos los protocolos perdieron menos velocidad media propulsiva que TR1
García-Ramos et al. (2015)	34 sujetos	CR 6IRR 12IRR	Press de banca lanzando barra en smith machine	30 % 1RM 40 % 1RM 50 % 1RM	15 minutos	3 x 15	6IRR: 6 12IRR: 12	No reporte	12IRR fue el más efectivo en mantener la velocidad pico después de la repetición número cuatro. No hubo diferencias entre CR y 6IRR hasta que se llegó a la repetición siete con el 30 % y 40 % del 1RM y a la cinco con el 50 % del 1RM.
Oliver et al. (2015)	12 entrenados y 11 no entrenados	TRD CLU	Sentadilla en smith machine	70 % 1RM	TRD: 2 minutos CLU: 1.5 minutos	4 x 10	CLU: 30 cada 5 repeticiones	No reporte	CLU logro potencias medias superiores en la mayoría de repeticiones
Oliver et al. (2016)	12 entrenados y 12 no entrenados	TRD CLU	Sentadilla en smith machine	70 % 1RM	TRD: 2 minutos CLU: 1.5 minutos	4 x 10	CLU: 30 cada 5 repeticiones	No reporte	CLU mantuvo la velocidad y potencia media más elevada durante las series
Moir et al. (2013)	11 voluntarios	tradicional cluster doble cluster single	Peso muerto	90 % 1RM	No aplica	1 x 4	cluster doble: 30 cada 2 repeticiones cluster single: 30	No reporte	Causó mayor pérdida de potencia media el cluster doble que el Tradicional. El aumento entre las repeticiones 1 y 2, 1 y 3 y 1 y 4 en la serie tradicional fue significativamente diferente a la disminución en el cluster singles. El aumento entre las repeticiones 1 y 3 en tradicional fue significativamente diferente que la disminución en cluster doble.

### 1.3 Planteamiento del Problema

Los *cluster sets* han sido investigados previamente, sin embargo, no hay estudio hasta la fecha en que se utilicen dentro de un entrenamiento prescrito con porcentaje de pérdida de velocidad.

En las recomendaciones para futuras investigaciones en un metaanálisis con revisión sistemática (Latella et al., 2019), los autores mencionan que gran parte de las investigaciones que hay sobre *cluster sets* se centran en ejercicios de cuerpo completo y sentadillas; además, falta de investigación sobre si afecta, y de ser así, de qué manera lo hace a ejercicios que no usen el ciclo de estiramiento-acortamiento y en ejercicios de fuerza y potencia en miembros superiores.

Sumado a esto, una investigación sugiere que el ejercicio máximo en miembros inferiores causa más fatiga que el ejercicio máximo de miembros superiores (Vernillo et al., 2018), por lo que el descanso intra-serie para poder mantener el rendimiento dentro del ejercicio podría ser diferente.

Los ejercicios estudiados son distintos a los que se usan durante las competencias de levantamiento de potencia, principalmente usando sentadilla y press de banca en *smith machine*, además, el peso muerto no cuenta con mucha investigación, lo que limita la relevancia al querer compararlo con los movimientos pesos libres, ya que el perfil de carga-velocidad podría ser diferente en máquinas y pesos libres, además que el hecho de que no tengan que estabilizar la barra en esos movimientos podría hacer que la pérdida de velocidad sea diferente con los mismos en comparación de pesos libres. Asimismo, el hecho de que las investigaciones sean en *smith machine* limita la practicidad de las fórmulas generales que se han hecho para estimar el 1RM en sentadilla y press de banca,

ya que como se mencionó anteriormente, cada perfil de carga-velocidad es único para cada ejercicio, así como individuo.

Además de esto, si durante la ejecución del peso muerto se permite el uso del ciclo de estiramiento-acortamiento, limita su aplicabilidad en el entrenamiento específico para competencia en levantamiento de potencia, ya que siempre se inicia con una acción muscular concéntrica, sin contar que esto mismo podría afectar la velocidad de ejecución en las repeticiones que siguen de una fase excéntrica.

Otro factor importante son los tiempos de descanso, y en las investigaciones han sido muy fluctuantes, tanto intra-serie como inter-serie, así como entre ejercicios, lo que limita el saber cómo responden distintos ejercicios ante distintos descansos intra-serie, por otra parte, no todos controlan el descanso total, y aunque puede ayudar a saber cuál es más eficiente en mantener la velocidad más elevada con el menor tiempo de entrenamiento, podría traer problemas al separar qué parte del efecto se debe al descanso intra-serie y cual se debe al aumento del descanso total, aparte, la intensidad usada en los distintos ejercicios es muy variada, así como el tipo de ejercicio, siendo algunos ejercicios balísticos y otros isoinerciales, y variando la intensidad desde el 30 % hasta el 90 % del 1RM (García-Ramos et al., 2015, 2020; González-Hernández et al., 2020; Moir et al., 2013; Oliver et al., 2015), complicando más el poder utilizar estos resultados directamente para el entrenamiento de levantadores de potencia.

Por último, el cómo y con qué instrumento se miden las variables podría afectar los resultados, ya que no todos los estudios hablan de qué tan fiables son los

dispositivos usados, además, los valores podrían variar de precisión dependiendo del método usado para estimar las variables.

### **Pregunta de Investigación**

¿Existen diferencias entre usar un descanso intra-serie de 20 segundos comparado con 40 segundos en número de repeticiones y tonelaje total, porcentaje de la velocidad de la repetición post descanso, percepción del esfuerzo y variables mecánicas en los ejercicios de sentadilla, press de banca y peso muerto convencional?

#### **1.4 Justificación**

Los resultados de esta investigación pretenden evidenciar si existe diferencia entre utilizar un descanso intra-serie de 20 segundos y uno de 40 segundos en el número de repeticiones y tonelaje total, porcentaje de la velocidad de la repetición post descanso, percepción del esfuerzo, VMP y PM en los ejercicios de sentadilla, press de banca y peso muerto convencional. Esta información será de gran utilidad para que los entrenadores y atletas cuenten con un método más eficaz para mantener más elevado el rendimiento físico durante la sesión, además, esta combinación de métodos y entrenamiento no se ha reportado en la literatura actual al saber de los investigadores, por lo que daría una perspectiva única en su aplicación en conjunto.

#### **1.5 Hipótesis**

El descanso intra-serie de 40 segundos ayudará a mantener un rendimiento más elevado con la misma percepción del esfuerzo en sentadilla y peso muerto, pero en press de banca el rendimiento será el mismo.

## **1.6 Objetivo General**

Comparar dos protocolos de entrenamiento de fuerza en cluster sets basados en la pérdida de la velocidad sobre el rendimiento físico y la percepción del esfuerzo en los ejercicios de sentadilla, press de banca y peso muerto convencional en adultos con experiencia con el entrenamiento de fuerza.

## **Capítulo 2. Metodología**

## **2.1 Muestra**

Se reclutaron 12 sujetos de entre 18 y 35 años del estado de Baja California que tuvieran al menos un año de experiencia con el entrenamiento de fuerza, que realicen de manera habitual los ejercicios de sentadilla, press de banca y peso muerto convencional en sus entrenamientos, que actualmente no tengan ninguna lesión que les impida participar en el estudio y que no utilicen fármacos esteroideos.

## **2.2 Diseño de Investigación**

El diseño de este estudio es experimental, al ser un estudio con dos configuraciones del método de entrenamiento *cluster*, aplicado de forma aleatoria. No se contó con grupo control.

## **2.3 Variables e instrumentos**

Estatura: se utilizó un estadiómetro BSM® 170.

Composición Corporal: se utilizó el InBody 770 (InBody 770, Cerritos, CA, USA), lo cual es una báscula de bioimpedancia eléctrica tetrapolar de multifrecuencia, con el cual se puede medir la masa corporal y estimar la composición corporal por medio de una corriente eléctrica que pasa a través del cuerpo en diferentes frecuencias, estimando la composición corporal con base en el tiempo que toma en pasar por el cuerpo la corriente eléctrica en sus distintas frecuencias, con este instrumento mediremos masa corporal, porcentaje de grasa corporal y masa muscular.

Variables mecánicas: Se utilizará el Speed4Lift (Speed4Lift; Madrid, Spain), este es un transductor de posición lineal validado (Pérez-Castilla et al., 2019; Callaghan et al., 2022) que por medio de un cable que va sujeto a la barra olímpica mide el

desplazamiento y el tiempo que toma realizar ese desplazamiento, con lo que se medirán la VMP, la PM, que se registrarán junto a la repetición y la masa con que se realizó.

Percepción del esfuerzo: Se evaluó la percepción del esfuerzo del ejercicio resistido con la escala OMNI-RES (Lagally & Robertson, 2006) y la percepción del esfuerzo del calentamiento en la caminadora con la escala OMNI-walking/running exercise (Utter et al., 2004).

## **2.4 Procedimiento**

### Mediciones iniciales

Se citaron a los sujetos en el “Laboratorio de Biociencias de la Motricidad Humana” de la facultad de deportes campus Tijuana en un horario en el que pudieran asistir las tres sesiones, fue necesario que asistieran bajo las mismas condiciones, se les indicó no realizar ejercicio físico por lo menos 72 horas antes de acudir al laboratorio y que siguieran sus hábitos de alimentación, descanso e hidratación.

Se les otorgó un consentimiento informado (Anexo A) donde se explicaban los posibles riesgos de participar en el estudio y de estar de acuerdo el sujeto lo firmaba y se proseguía a iniciar con la intervención.

Al llegar al laboratorio se midió la estatura con el estadiómetro BSM® 170, después se midió su masa corporal y se estimó la composición corporal por medio de bioimpedancia eléctrica con el instrumento InBody 770, y se terminó con una prueba de 1RM en sentadilla, press de banca y peso muerto convencional, siguiendo el protocolo similar al establecido por Vargas-Molina et al. (2020).

Además, con ayuda de un transductor de posición lineal (Speed4lifts) se realizó un perfil de carga velocidad individual para cada sujeto y levantamiento con la VMP obtenida durante las pruebas de 1RM.

Antes de iniciar el calentamiento de cada movimiento cada sujeto seleccionó la altura de donde sacaron la barra para sentadilla y press de banca, así como la altura de los brazos de seguridad en sentadilla, que se repitió durante todos los levantamientos de la investigación.

Para fines de la investigación se definió un levantamiento válido cuando se completó y cumplió con los requisitos del reglamento de la *International Powerlifting Federation* de 2020 (International Powerlifting Federation, 2019), no válido cuando se completó el levantamiento, pero no cumplió con los requisitos y fallido cuando el sujeto no pudo terminar el levantamiento.

Durante toda la investigación no se permitió que los sujetos escuchen música, se utilizó una aplicación de metrónomo (Metronome, ONYX Apps, versión 3.3.5) en un celular con iOS para marcar el tempo de los levantamientos, el descanso comenzó al dejar la barra, se descansó de pie en los descansos intra-serie en sentadilla y peso muerto, se descansó sentado en todos los descansos inter-serie, además del descanso intra-serie del press de banca y se le indicó al sujeto cuando quedaban diez segundos de descanso intra-serie e inter-serie, para que el sujeto se posicionara y estuviera listo para iniciar el levantamiento al terminar el descanso, además, el transductor de posición lineal se colocó del lado derecho del sujeto en la barra olímpica, quedando el cable completamente vertical antes de iniciar la sentadilla y el peso muerto, y quedando completamente vertical al momento en que la barra toca los pectorales en press de banca.

Se midió la VMP de la barra olímpica con un transductor de posición lineal (speed4lifts) de cada levantamiento.

Se inició el calentamiento para las pruebas de 1RM con 10 minutos de ejercicio cardiovascular en caminadora a un 4/10 de la escala de OMNI-Walk/Run (Utter et al., 2004) (Anexo B), posteriormente se cargó la barra olímpica con el 40 % del 1RM percibido por cada sujeto y realizaron de 12 a 15 repeticiones, se aumentó la masa en la barra de aproximadamente 10 % del 1RM y se hicieron tres repeticiones, repitiendo este proceso hasta llegar a una VMP de 0.5 m/s, que se considera pesada en sentadilla y press de banca en *smith machine* (García-Ramos et al., 2020; Vargas-Molina et al., 2020), a partir del cual se hicieron series de una repetición, prosiguiendo a aumentos de 5 a 20lb hasta llegar al 1RM; se descansó en todas las series tres minutos, proporcionándoles hasta dos minutos extras en caso de que los sujetos no se sintieran listos para la siguiente serie; en caso de fallar un levantamiento se bajó el peso de 5 a 15 libras y se reintentó (figura 1); se dio la indicación de realizar la fase concéntrica de todos los movimientos lo más rápido posible, usando un tempo 2-0-X-0 en sentadilla, 2-1-X-0 en press de banca y 2-2-X-1 en peso muerto durante todo el periodo de investigación, siendo el primer dígito la fase excéntrica, el segundo la fase isométrica terminando la excéntrica, el tercero la fase concéntrica y el cuarto la fase isométrica al terminar la concéntrica, significando la “X” lo más rápido posible, y los números la duración en segundos; se registraron los valores obtenidos de la repetición con la VMP más alta de cada peso. Si ningún levantamiento fue válido en la serie esta se repitió después del descanso.

Con los datos de masa y VMP de cada sujeto y en cada movimiento se realizó una fórmula individual por medio de una regresión lineal para poder estimar el 1RM con la VMP en cada movimiento como lo mencionan Weakley et al. (2021).

Se dieron 10 minutos de descanso una vez terminada la prueba de 1RM de un levantamiento antes de iniciar el que sigue.

Una vez terminadas las pruebas de 1RM los sujetos se aleatorizaron en uno de dos órdenes de sesión, CL20 seguido de CL40 o CL40 seguido de CL20, teniendo de 48 a 96 horas de descanso entre sesiones.

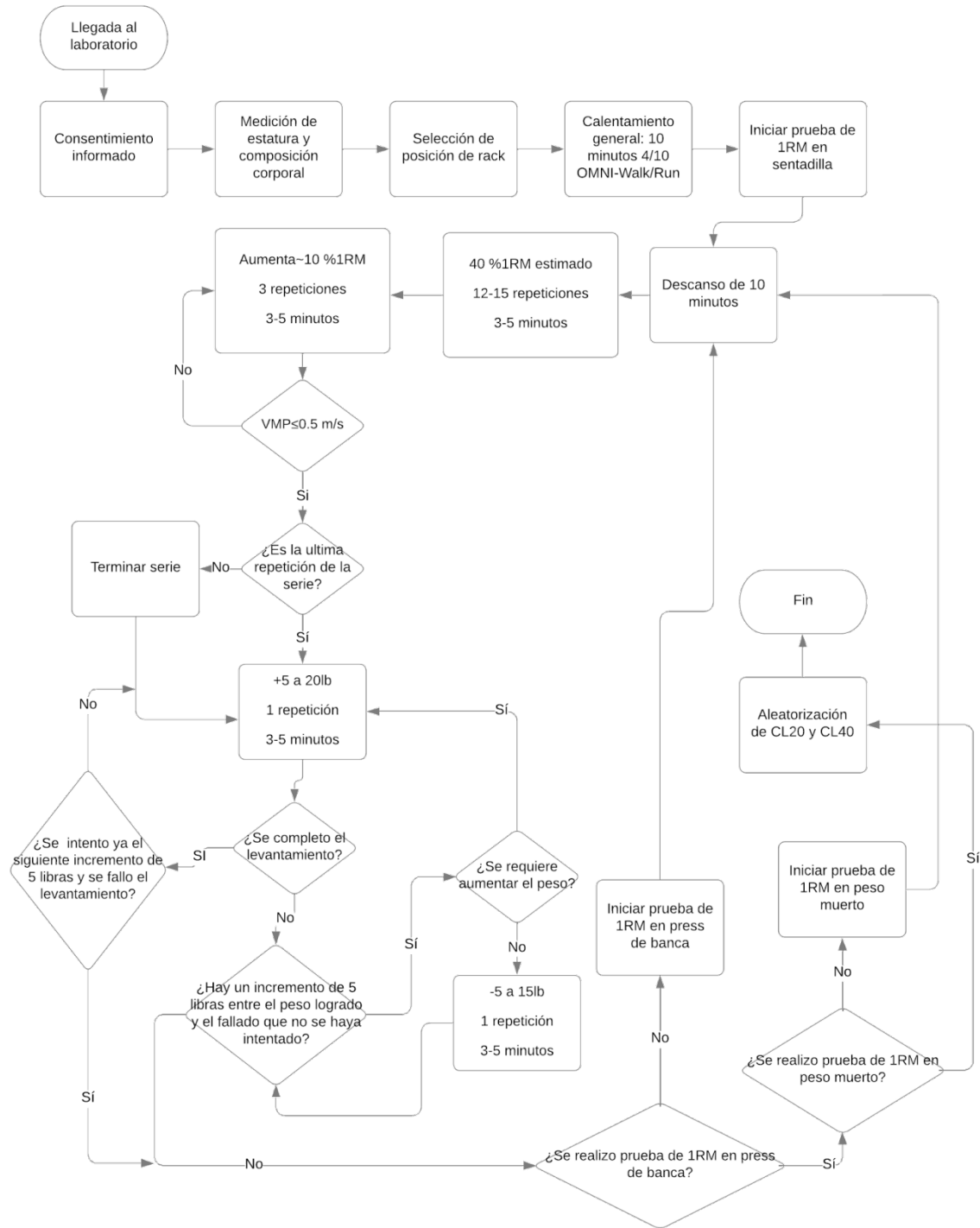


Figura 1. Pruebas de 1RM

### Sesiones de CL20 y CL40

Para el calentamiento se realizaron 10 minutos de ejercicio cardiovascular a un 4/10 en la escala de OMNI-Walk/Run, posteriormente se inició el calentamiento

específico, donde se realizó el protocolo descrito por Weakley et al. (2021), en la sesión dos de la tabla 3 como calentamiento durante el protocolo, que consiste en realizar tres repeticiones con un peso del 20, 40 y 60 % y una repetición con el 80 y 90 %, descansando tres minutos entre serie y cinco minutos antes de iniciar la serie de trabajo; se usó la VMP a la que movió el 90 % para estimar el 1RM de ese día usando la fórmula individual obtenida anteriormente.

Una vez obtenido el 1RM del día, se calculó el 80 % del 1RM para ese día, y se redondeará el valor a las 5 libras más cercanas para usarlo como el peso de trabajo.

Se realizaron tres series al 80 % del 1RM de cada ejercicio, se marcó el límite de pérdida de VMP en 10 % de la repetición más rápida de la serie, cuando una repetición perdió esta o más velocidad se prosiguió al descanso intra-serie de 20 o 40 segundos, pasando el descanso el sujeto inició la ejecución del ejercicio de nuevo hasta que volviera a bajar la VMP 10 % o más, prosiguiendo con esto a descansar cinco minutos antes de iniciar la siguiente serie; se descansaron cinco minutos al terminar la última serie de un ejercicio antes de proseguir al calentamiento del siguiente.

Después de cada serie de trabajo se le pidió al sujeto señalarnos en la escala de OMNI-RES (Anexo C) que tan difícil sintió la serie (Lagally & Robertson, 2006).



## **Capítulo 3. Resultados**

En la Tabla 2 se muestran las características de la muestra expresadas en media y desviación estándar, entre ellas se encuentra la edad ( $24.1 \pm 2.9$  años), estatura ( $171.6 \pm 4.7$ cm), masa corporal ( $80.7 \pm 9.1$ kg), porcentaje de grasa ( $19.1 \pm 6.2$ ) y masa muscular ( $37.4 \pm 3.6$ kg). En cuanto al rendimiento físico, la repetición máxima en sentadilla, press de banca y peso muerto fue de  $140 \pm 24.8$ ,  $94.7 \pm 15.3$  y  $162 \pm 22.3$ kg respectivamente, mientras que la fuerza relativa en los mismos ejercicios fue de  $1.75 \pm 0.31$ ,  $1.18 \pm 0.18$  y  $2.03 \pm 0.29$  kg/kg respectivamente.

Tabla 2. Características de la muestra

<b>Variable</b>	<b>media <math>\pm</math> DE</b>
Edad (años)	$24.1 \pm 2.9$
Estatura (centímetros)	$171.6 \pm 4.7$
Masa corporal (kg)	$80.7 \pm 9.1$
Grasa corporal (%)	$19.1 \pm 6.2$
Masa Muscular (kg)	$37.4 \pm 3.6$
1RM S (kg)	$140.0 \pm 24.8$
1RM PB (kg)	$94.7 \pm 15.3$
1RM PM (kg)	$162.0 \pm 22.3$
1RM S kg/kg de peso	$1.75 \pm 0.31$
1RM PB kg/kg de peso	$1.18 \pm 0.18$
1RM PM kg/kg de peso	$2.03 \pm 0.29$

DE: desviación estándar, kg: kilogramos, 1RM: una repetición máxima, S: sentadilla, PB: press de banca, PM: peso muerto.

En la Tabla 3 se muestran los resultados del rendimiento físico en el ejercicio de sentadilla en los protocolos de entrenamiento CL20 y CL40. La 1RM fue estadísticamente mayor en CL20 ( $139.7 \pm 24.7$ kg) vs CL40 ( $134.3 \pm 25.4$ kg,  $p=0.004$ ). Por otra parte, las repeticiones totales ( $9.8 \pm 3.1$  vs  $6.8 \pm 2.3$ ,  $p=0.001$ ), el tonelaje total ( $1.0 \pm 0.3$  vs  $0.7 \pm 0.2$ ,  $p=0.001$ ) y porcentaje de velocidad de la repetición post descanso ( $93.5 \pm 6.1$  vs  $86.8 \pm 8.9$ ,  $p=0.001$ ) fueron mayores en

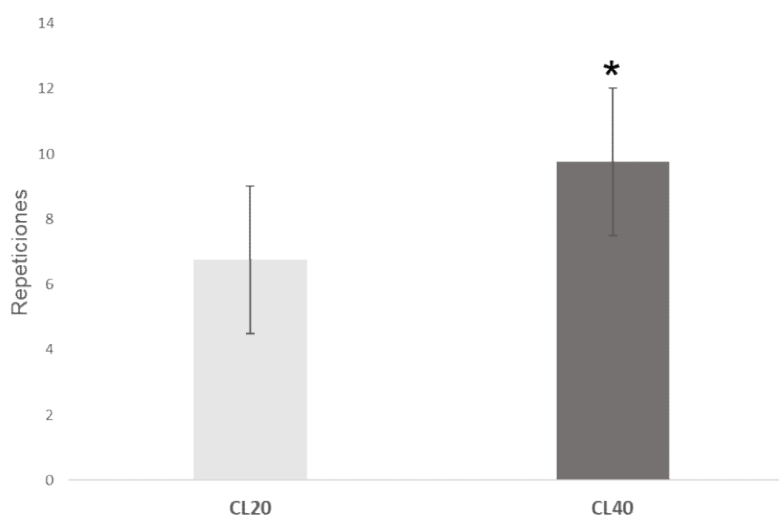
CL40. No hubo diferencias significativas en la percepción del esfuerzo, VMP y potencia media.

Tabla 3. Rendimiento físico en ejercicio de sentadilla en ambos protocolos

Variable	CL20	CL40	p
	media ± DE	media ± DE	
1RM (kg)	139.7 ± 24.7*	134.3 ± 25.4*	0.004
Repeticiones totales	6.8 ± 2.3*	9.8 ± 3.1*	0.001
Tonelaje total	0.7 ± 0.2*	1.0 ± 0.3*	0.001
%VRPD	86.8 ± 8.9*	93.5 ± 6.1*	0.001
Percepción del esfuerzo	7.7 ± 0.9	7.3 ± 1.3	0.218
VMP (m/s)	0.49 ± 0.10	0.52 ± 0.10	0.091
PM(Watts)	514.3 ± 125.0	522.6 ± 134.3	0.629

DE: desviación estándar, 1RM: una repetición máxima, %VRPD: velocidad de la repetición post descanso, m/s: metros por segundo, VMP: velocidad media propulsiva, PM: potencia media, \*p≤0.05.

Figura 3. Repeticiones totales en sentadilla



El número de repeticiones totales fue mayor en CL40 (9.8 ± 3.1) que en CL20 (6.8 ± 2.3), p=0.001.

En la Tabla 4 se muestran los resultados del rendimiento físico en el ejercicio de press de banca en los protocolos de entrenamiento CL20 y CL40. Las repeticiones

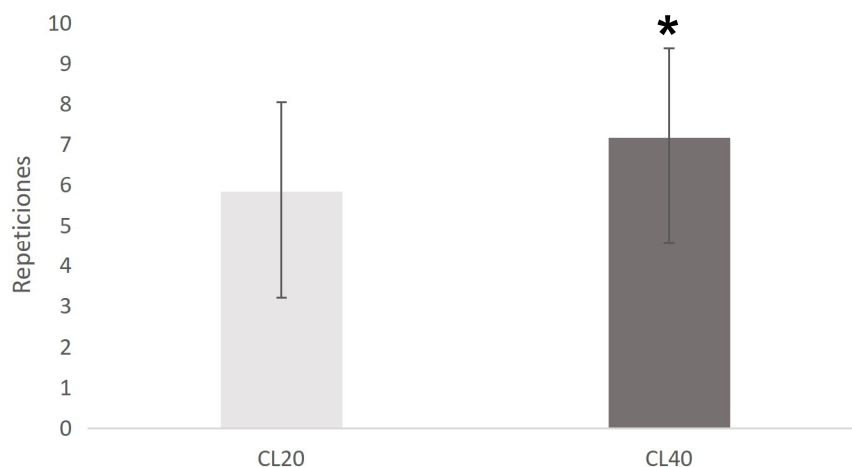
totales ( $7.2 \pm 2.6$  vs  $5.8 \pm 2.2$ ,  $p=0.043$ ) y el tonelaje total ( $0.6 \pm 0.2$  vs  $0.5 \pm 0.2$ ,  $p=0.030$ ) fueron mayores en CL40. Por el contrario, la PM ( $289.9 \pm 42.1$  vs  $271.9 \pm 37.9$ ,  $p=0.030$ ) fue mayor en CL20. No hubo diferencias significativas en el resto de las variables.

Tabla 4. Rendimiento físico en ejercicio de press de banca en ambos protocolos

Variable	CL20	CL40	p
	mean $\pm$ SD	mean $\pm$ SD	
1RM (kg)	95 $\pm$ 13.2	95.9 $\pm$ 13.4	0.341
Repeticiones totales	5.8 $\pm$ 2.2*	7.2 $\pm$ 2.6*	0.043
Tonelaje total	0.5 $\pm$ 0.2*	0.6 $\pm$ 0.2*	0.030
%VRPD	84.1 $\pm$ 7.9	87.1 $\pm$ 7.3	0.282
Percepción del esfuerzo	7.3 $\pm$ 1.1	7.2 $\pm$ 1.1	0.703
VMP (m/s)	0.40 $\pm$ 0.04	0.38 $\pm$ 0.04	0.079
PM(Watts)	289.9 $\pm$ 42.1*	271.9 $\pm$ 37.9*	0.030

DE: desviación estándar, 1RM: una repetición máxima, %VRPD: velocidad de la repetición post descanso, m/s: metros por segundo, VMP: velocidad media propulsiva, PM: potencia media, \* $p \leq 0.05$ .

Figura 4. Repeticiones totales en press de banca



El número de repeticiones totales fue mayor en CL40 ( $7.2 \pm 2.6$ ) que en CL20 ( $5.8 \pm 2.2$ ),  $p=0.043$ .

En la Tabla 5 se muestran los resultados del rendimiento físico en el ejercicio de peso muerto en los protocolos de entrenamiento CL20 y CL40, entre los cuales, no se encontraron diferencias significativas en las variables evaluadas.

Tabla 5. Rendimiento físico en ejercicio de peso muerto en ambos protocolos

<b>Variable</b>	CL20	CL40	<b>p</b>
	<b>mean ± SD</b>	<b>mean ± SD</b>	
1RM (kg)	160.5 ± 22.9	160.5 ± 27	0.980
Repeticiones totales	8.7 ± 2.8	8.4 ± 3.2	0.731
Tonelaje total	1.1 ± 0.3	1.0 ± 0.3	0.570
%VRPD	79.6 ± 6.5	81.2 ± 8.1	0.653
Percepción del esfuerzo	7.6 ± 1.8	8.1 ± 0.8	0.207
VMP (m/s)	0.48 ± 0.06	0.48 ± 0.09	0.798
PM(Watts)	571.3 ± 91.2	580.9 ± 77.6	0.579

DE: desviación estándar, 1RM: una repetición máxima, %VRPD: velocidad de la repetición post descanso, m/s: metros por segundo, VMP: velocidad media propulsiva, PM: potencia media.

## **Capítulo 4. Discusión**

Las repeticiones totales y tonelaje total fueron mayores tanto en sentadillas como en press de banca en CL40, esto implica que este protocolo generó un mayor volumen de trabajo, lo que a largo plazo podría ayudar a tener mayores adaptaciones al entrenamiento en hipertrofia muscular. Por otra parte, en el estudio de Schoenfeld et al. (2019), reportaron que aumentar el volumen de entrenamiento favorece la hipertrofia y resistencia muscular, sin embargo, en ese estudio, no representó un incremento en la fuerza máxima.

Las repeticiones realizadas con CL40, a pesar de ser mayores a las realizadas en CL20, no fueron suficientes para generar un estímulo que propicia la hipertrofia muscular. Según estudios en esta área, para propiciar esto, será importante aumentar el volumen, principalmente a través de incrementar las sesiones semanales y secundariamente a través del aumento del número de series semanales; en caso de querer aumentar la fuerza máxima, también será importante aumentar la intensidad de trabajo ( $>85\%1RM$ ) (Morton et al., 2019). En otro estudio, también se reportó que el trabajo con intensidades elevadas (3RM), mejoró de forma significativa la fuerza máxima en el ejercicio de press de banca en comparación con el trabajo a una intensidad de 10RM (Schoenfeld et al., 2014).

El porcentaje de la velocidad de la repetición post descanso durante la sentadilla fue mayor en CL40, lo que indica que los participantes fueron capaces de realizar con mayor velocidad este ejercicio después de 40 segundos de descanso intra-serie. Lo anterior, podría deberse a que el tener un mayor descanso intra-serie ayuda en la recuperación parcial o total de fosfocreatina (Wetmore et al., 2019).

Por otro lado, Jukic et al. (2022) y Tufano et al. (2017b), recientemente reportaron que descansos intra-series de 30 segundos en sujetos con características similares a los de este estudio, mostraron ser efectivos para reducir la pérdida de velocidad en el ejercicio de sentadilla. Cabe mencionar que en el protocolo de Jukic et al. (2022), se realizaron tres series de seis repeticiones con la carga de 10RM y 30 segundos de descanso intra-serie cada dos repeticiones, a diferencia del protocolo de este estudio, en el que se realizaron repeticiones hasta perder un 10 % de la VMP. Además, en el protocolo de Tufano et al. (2017b) se encontró que redistribuir el tiempo de descanso a 12 segundos después de cada repetición, generó una tendencia a mantener más elevada la velocidad media durante las series.

La PM en CL20 fue estadísticamente mayor que en CL40, además, existe una tendencia mayor de la VMP en CL20, lo cual, es una variable que influye directamente con la potencia de las repeticiones. Una posible explicación a esta observación es que, al haber realizado un menor número de repeticiones, el promedio de la VMP pudo ser mayor, resultando en un aumento de la potencia media promedio, ya que esta se puede calcular multiplicando la velocidad media por la fuerza media (Crewther et al., 2011).

La repetición máxima estimada en sentadilla fue mayor durante CL20, aunque probablemente no sea una diferencia importante durante la práctica, además se estimó el 1RM cada sesión para ajustar la carga durante esa sesión, y así disminuir el riesgo de que su nivel de fatiga afectara los resultados; sumado a esto, al haber aleatorizado la secuencia de los protocolos, se asume que no hay variables que se relacionen con este comportamiento (Levin, 2007).

El ejercicio de peso muerto fue el único que no tuvo diferencias en ninguna variable, lo que podría deberse a fatiga central y/o periférica acumulada por los ejercicios realizados previamente, es decir, la acumulación de fosfato inorgánico podría estar afectando negativamente la capacidad contráctil del músculo al disminuir la sensibilidad de las miofibrillas al  $\text{Ca}^{2+}$  afectando directamente a los puentes-cruzados, además, después de esto, la disminución en fuerza podría deberse a una menor liberación de  $\text{Ca}^{2+}$  por el retículo sarcoplásmico, lo cual se presenta con mayor frecuencia en fibras fatigadas (Boyas & Guével, 2011); además, estos autores mencionan que la acumulación de fosfato inorgánico puede causar que este se introduzca en el retículo sarcoplásmico, uniéndose al  $\text{Ca}^{2+}$  creando fosfato de calcio y limitando su disponibilidad para la contracción muscular. Lo anterior sugiere que la diferencia en el tiempo de descanso intra-serie entre los protocolos no fue suficiente para observar diferencias en el rendimiento físico en este ejercicio.

Dentro de las fortalezas de este estudio se encuentra que es de los primeros estudios donde se combina el entrenamiento de *cluster sets* con la pérdida de la velocidad, dando una perspectiva única de su aplicación en conjunto. Por otra parte, se controló el tiempo de descanso entre sesiones para garantizar que cada sesión asistieran descansados. Se mantuvo el orden en los ejercicios en cada sesión y se planificaron los tiempos de descanso de forma similar a un entrenamiento de levantamiento de potencia.

Una posible debilidad de este estudio es el haber usado solo un transductor de posición lineal (TPL), lo cual, puede propiciar que las mediciones de velocidad y potencia no sean lo más precisas, ya que no considera si hay desplazamiento

horizontal, o si fue diferente entre un lado de la barra y el otro, lo que podría haber causado error en los valores de estas variables (Crewther et al., 2011). Sin embargo, se intentó contrarrestar esto al controlar el posicionamiento del TPL y la ejecución de los movimientos para que las mediciones fueran lo más fiables posibles (Balsalobre-Fernandez & Torres-Ronda, 2021; Fritschi et al., 2021).

## **Capítulo 5. Conclusiones**

El diseño del entrenamiento de *cluster sets* con descansos intra-serie de 40 segundos propició un mayor número de repeticiones y tonelaje total en el ejercicio de sentadilla y press de banca, asimismo, promueve una mayor velocidad de la repetición post descanso en sentadilla. Por otra parte, en ambos diseños de entrenamiento de *cluster sets* la percepción del esfuerzo fue similar.

En el diseño del método *cluster* con descansos de 20 segundos intra-serie, hubo una mayor generación de PM en el ejercicio de press de banca, lo cual se atribuye a la realización de menos repeticiones y a la tendencia de movilizar el peso con una mayor rapidez.

En el ejercicio de peso muerto no se observó diferencias significativas en ninguna variable, probablemente por la fatiga acumulada durante los ejercicios previos, es decir, el descanso de 20 o 40 segundos no fueron suficientes para generar una recuperación que reflejara un mayor rendimiento físico en las variables evaluadas.

### **Recomendaciones para futuros estudios**

- Se puede considerar realizar un ejercicio por sesión para observar el efecto del protocolo sobre los ejercicios individuales sin la fatiga acumulada.
- Agregar un periodo introductorio para revisión y corrección técnica de los movimientos antes de iniciar las mediciones del estudio. A pesar de que en este estudio se reclutaron personas con experiencia en estos ejercicios, un periodo de familiarización previo ayudará a que los tiempos de las sesiones sean más eficientes.

- Utilizar por lo menos dos transductores de posición lineal para considerar el desplazamiento horizontal, siendo preferible utilizar cuatro para medir ambos lados de la barra.
- Realizar un estudio de intervención para observar las adaptaciones causadas por este tipo de entrenamiento.

## Referencias

- Balsalobre-Fernández, C., & Torres-Ronda, L. (2021). The implementation of velocity-based training paradigm for team sports: framework, technologies, practical recommendations and challenges. *Sports*, 9(4), 47.
- Banyard, H. G., Tufano, J. J., Delgado, J., Thompson, S. W., & Nosaka, K. (2019). Comparison of the Effects of Velocity-Based Training Methods and Traditional 1RM-Percent-Based Training Prescription on Acute Kinetic and Kinematic Variables. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(2), 246-255.
- Bompa, T. & Buzzichelli, C. A. (2019). *Periodization: theory and methodology of training*. (6th ed.). Human Kinetics.
- Bompa, T., Blumenstein, B., Hoffman, J., Howell, S. & Orbach, I. (2019). *Integrated periodization in sports training & athletic development*. Meyer & Meyer Sport.
- Boyas, S., & Guével, A. (2011). Neuromuscular fatigue in healthy muscle: underlying factors and adaptation mechanisms. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 54(2), 88-108.
- Callaghan, D. E., Guy, J. H., Elsworthy, N., & Kean, C. (2022). Validity of the PUSH band 2.0 and Speed4lifts to measure velocity during upper and lower body free-weight resistance exercises. *Journal of Sports Sciences*, 40(9), 968-975.
- Crewther, B. T., Kilduff, L. P., Cunningham, D. J., Cook, C., Owen, N., & Yang, G. Z. (2011). Validating two systems for estimating force and power. *International Journal of Sports Medicine*, 32(04), 254-258.

- Dorrell, H. F., Smith, M. F., & Gee, T. I. (2020). Comparison of velocity-based and traditional percentage-based loading methods on maximal strength and power adaptations. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 34(1), 46-53.
- Fritschi, R., Seiler, J., & Gross, M. (2021). Validity and effects of placement of velocity-based training devices. *Sports*, 9(9), 123.
- García-Ramos, A., González-Hernández, J. M., Baños-Pelegrín, E., Castaño-Zambudio, A., Capelo-Ramírez, F., Boullosa, D., ... & Jiménez-Reyes, P. (2020). Mechanical and metabolic responses to traditional and cluster set configurations in the bench press exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 34(3), 663-670.
- García-Ramos, A., Padial, P., Haff, G. G., Argüelles-Cienfuegos, J., García-Ramos, M., Conde-Pipó, J., & Feriche, B. (2015). Effect of different interrepetition rest periods on barbell velocity loss during the ballistic bench press exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(9), 2388-2396.
- González-Hernández, J. M., García-Ramos, A., Castaño-Zambudio, A., Capelo-Ramírez, F., Marquez, G., Boullosa, D., & Jiménez-Reyes, P. (2020). Mechanical, metabolic, and perceptual acute responses to different set configurations in full squat. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 34(6), 1581-1590.
- 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.
- Haff, G. G., Burgess, S., & Stone, M. H. (2008). Cluster training: theoretical and practical applications for the strength and conditioning professional. *Prof*

*Strength Cond*, 12, 12-17.

Haff, G. G., & Triplett, N. T. (2016). *Essentials of strength training and conditioning*. (4th ed.). Human Kinetics.

Hardee, J. P., Triplett, N. T., Utter, A. C., Zwetsloot, K. A., & McBride, J. M. (2012). Effect of interrepetition rest on power output in the power clean. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(4), 883-889.

International Powerlifting Federation. (2019). *Technical Rules book*.  
[https://www.powerlifting.sport/fileadmin/ipf/data/rules/technical-rules/english/IPF\\_Technical\\_Rules\\_Book\\_2020.pdf](https://www.powerlifting.sport/fileadmin/ipf/data/rules/technical-rules/english/IPF_Technical_Rules_Book_2020.pdf)

Jeffreys, I. & Moody, J. (2016). *Strength and conditioning for sports performance*. Routledge.

Jukic, I., Helms, E. R., McGuigan, M. R., & García-Ramos, A. (2022). Using cluster and rest redistribution set structures as alternatives to resistance training prescription method based on velocity loss thresholds. *PeerJ*, 10, e13195.

Lagally, K. M., & Robertson, R. J. (2006). Construct validity of the OMNI resistance exercise scale. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 20(2), 252-256.

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 Medicine*, 49, 1861-1877.

Levin, K. A. (2007). Study design VII. Randomised controlled trials. *Evidence-Based Dentistry*, 8(1), 22-23.

Lin, D. C., McGowan, C. P., Blum, K. P., & Ting, L. H. (2019). Yank: the time derivative of force is an important biomechanical variable in sensorimotor

- systems. *Journal of experimental biology*, 222(18).
- Makaruk, H., Starzak, M., Suchecki, B., Czaplicki, M., & Stojiljković, N. (2020). The effects of assisted and resisted plyometric training programs on vertical jump performance in adults: a systematic review and meta-analysis. *Journal of sports science & medicine*, 19(2), 347.
- Moir, G. L., Graham, B. W., Davis, S. E., Guers, J. J., & Witmer, C. A. (2013). Effect of cluster set configurations on mechanical variables during the deadlift exercise. *Journal of Human Kinetics*, 39, 15.
- Morton, R. W., Colenso-Semple, L., & Phillips, S. M. (2019). Training for strength and hypertrophy: an evidence-based approach. *Current Opinion in Physiology*, 10, 90-95.
- Nagatani, T., Haff, G. G., Guppy, S. N., & Kendall, K. L. (2022). Practical application of traditional and cluster set configurations within a resistance training program. *Strength and Conditioning Journal*, 44(5), 87-101.
- 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, 2383-2393.
- Oliver, J. M., Kreutzer, A., Jenke, S. C., Phillips, M. D., Mitchell, J. B., & Jones, M. T. (2016). Velocity drives greater power observed during back squat using cluster sets. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(1), 235-243.
- Pareja-Blanco, F., Sánchez-Medina, L., Suárez-Arrones, L., & González-Badillo, J. J. (2017a). Effects of velocity loss during resistance training on performance in professional soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(4), 512-519.

- 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. and González-Badillo, J.J. (2017b). Effects of velocity loss during resistance training on athletic performance, strength gains and muscle adaptations. *Scand J Med Sci Sports*, 27, 724-735.
- Pérez-Castilla, A., Piepoli, A., Delgado-García, G., Garrido-Blanca, G., & García-Ramos, A. (2019). Reliability and concurrent validity of seven commercially available devices for the assessment of movement velocity at different intensities during the bench press. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(5), 1258-1265.
- Runacres, A., Mackintosh, K. A., & McNarry, M. A. (2019). The effect of constant-intensity endurance training and high-intensity interval training on aerobic and anaerobic parameters in youth. *Journal of sports sciences*, 37(21), 2492-2498.
- Schoenfeld, B. J., Contreras, B., Krieger, J., Grgic, J., Delcastillo, K., Belliard, R., & Alto, A. (2019). Resistance training volume enhances muscle hypertrophy but not strength in trained men. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 51(1), 94.
- Schoenfeld, B. J., Ratamess, N. A., Peterson, M. D., Contreras, B., Sonmez, G. T., & Alvar, B. A. (2014). Effects of different volume-equated resistance training loading strategies on muscular adaptations in well-trained men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(10), 2909-2918.
- 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. (2017a). Cluster Sets: Permitting Greater Mechanical Stress Without Decreasing Relative

Velocity, *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(4), 463-469.

Tufano, J. J., Conlon, J. A., Nimphius, S., Brown, L. E., Petkovic, A., Frick, J., & Haff, G. G. (2017b). Effects of cluster sets and rest-redistribution on mechanical responses to back squats in trained men. *Journal of Human Kinetics*, 58, 35.

Turner, A., & Comfort, P. (2022). *Advanced Strength and Conditioning: An Evidence-based Approach*. (2nd ed.). Routledge.

Utter, A. C., Robertson, R. J., Green, J. M., Suminski, R. R., McAnulty, S. R., & Nieman, D. C. (2004). Validation of the Adult OMNI Scale of perceived exertion for walking/running exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(10), 1776-1780.

Vargas-Molina, S., Romance, R., Schoenfeld, B. J., García, M., Petro, J. L., Bonilla, D. A., Kreider, R. B., Martín-Rivera, F., & Benítez-Porres, J. (2020). Effects of cluster training on body composition and strength in resistance-trained men. *Isokinetics and Exercise Science*, 28(4), 391-399.

Vernillo, G., Temesi, J., Martin, M., & Millet, G. Y. (2018). Mechanisms of fatigue and recovery in upper versus lower limbs in men. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 50(2), 334-343.

Weakley, J., McLaren, S., Ramirez-Lopez, C., García-Ramos, A., Dalton-Barron, N., Banyard, H., Mann, B., Weaving D., & Jones B. (2020a) Application of velocity loss thresholds during free-weight resistance training: Responses and reproducibility of perceptual, metabolic, and neuromuscular outcomes. *Journal of Sports Sciences*, 38(5), 477-485.

- Weakley, J., Ramirez-Lopez, C., McLaren, S., Dalton-Barron, N., Weaving, D., Jones, B., Till, K., & Banyard, H. (2020b). The Effects of 10%, 20%, and 30% Velocity Loss Thresholds on Kinetic, Kinematic, and Repetition Characteristics During the Barbell Back Squat, *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 15(2), 180-188.
- Weakley, J., Mann, B., Banyard, H., McLaren, S., Scott, T., & Garcia-Ramos, A. (2021). Velocity-based training: From theory to application. *Strength & Conditioning Journal*, 43(2), 31-49.
- Wetmore, A. B., Wagle, J. P., Sams, M. L., Taber, C. B., DeWeese, B. H., Sato, K., & Stone, M. H. (2019). Cluster Set Loading in the Back Squat: Kinetic and Kinematic Implications. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(1), 19-25.
- Zaras, N., Stasinaki, A. N., Spiliopoulou, P., Mpampoulis, T., Hadjicharalambous, M., & Terzis, G. (2020). Effect of inter-repetition rest vs. traditional strength training on lower body strength, rate of force development, and muscle architecture. *Applied Sciences*, 11(1), 45.
- Zatsiorsky, V. M., Kraemer W. J. & Fry, A. C. (2021). *Science and Practice of Strength Training*. (3rd ed.). Human Kinetics.

# **ANEXOS**

## Anexo A. Consentimiento informado



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**

**FACULTAD DE DEPORTES**



### **CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO**

Tijuana, B.C., a \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ del 20\_\_\_\_\_

#### **A quien corresponda:**

Yo \_\_\_\_\_ declaro que he sido informado e invitado a participar en la investigación denominada **“Efecto de clúster sets sobre distintas variables mecánicas y su relación con la composición corporal”**.

Entiendo que este estudio busca conocer los efectos del entrenamiento de cluster sets en distintas variables mecánicas y como estas se relacionan con la composición corporal. Sé que mi participación se llevará a cabo en la facultad de deportes de la UABC campus Tijuana, y consistirá en realizar tres visitas, la primera para realizar pruebas de esfuerzo y las otras para realizar las sesiones de entrenamiento.

Me han explicado los riesgos y beneficios que conlleva el participar en esta investigación, y al firmar, acepto estar de acuerdo con estos, así como que ni los investigadores ni la universidad serán responsables de cualquier afectación que pudiera surgir.

Me han explicado que la información registrada será confidencial, y que los nombres de los participantes serán asociados a un número de serie, esto significa que las respuestas no podrán ser conocidas por otras personas ni tampoco ser identificadas en la fase de publicación de resultados.

Estoy en conocimiento que los datos no me serán entregados y que no habrá retribución por la participación en este estudio, sí que esta información podrá beneficiar de manera indirecta y por lo tanto tiene un beneficio para la sociedad dada la investigación que se está llevando a cabo. Asimismo, sé que puedo negar la participación o retirarme en cualquier etapa de la investigación, sin expresión de causa ni consecuencias negativas para mí. Acepto voluntariamente participar en este estudio y he recibido una copia del presente documento.

Si tiene alguna pregunta durante cualquier etapa del estudio puede comunicarse con José Bimbela, jose.bimbella@uabc.edu.mx, 664-564-2226

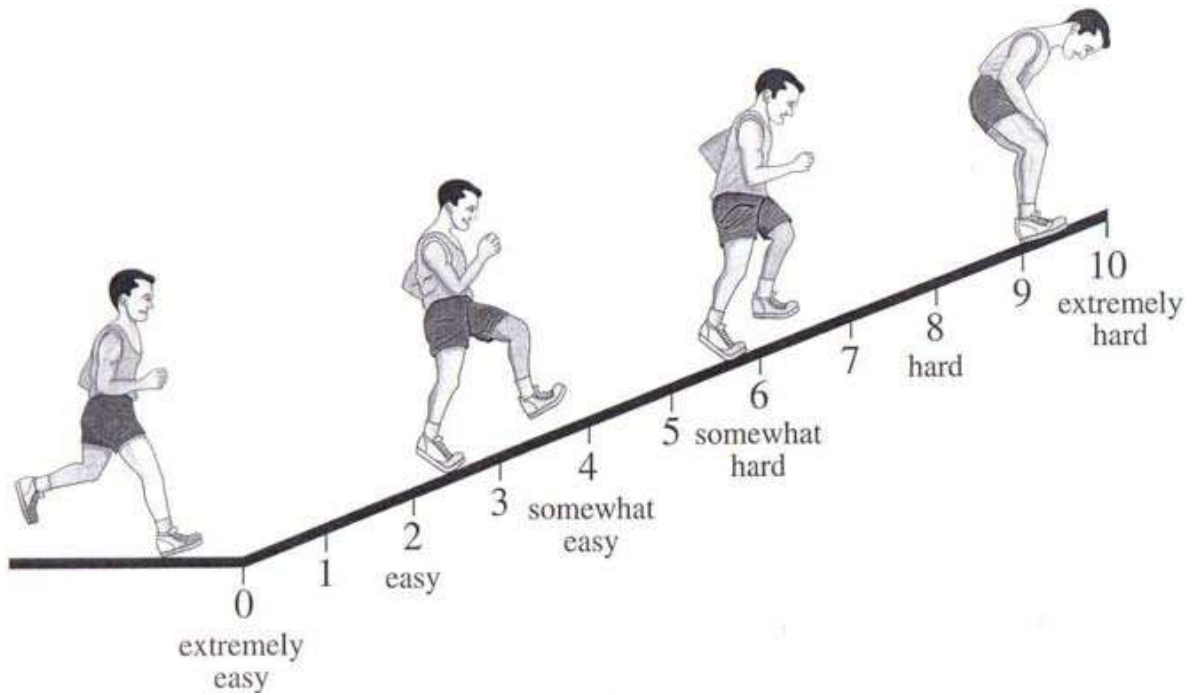
---

Nombre y firma del participante

---

Firma del responsable del Proyecto

**Anexo B.** Escala de percepción del esfuerzo OMNI Walk/Run.



**Anexo C.** Escala de percepción del esfuerzo OMNI-RES.

