

TRABAJO FIN DE GRADO

“Revisión bibliográfica sobre el entrenamiento de la fuerza con sobrecarga excéntrica”

Grado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte
Universidad Miguel Hernández de Elche



Curso Académico 2015 – 2016

Autor: Pau Mora Córcoles

Tutor Académico: Rafael Sabido Solana

eccentric

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| 1. Contextualización | 3 |
| 1.1 Definición | 3 |
| 1.2 Expresión físico-teórica de la sobrecarga excéntrica | 3 |
| 1.3 Antecedentes históricos | 3 |
| 2. Objetivos | 4 |
| 2.1 Objetivo General | 4 |
| 2.2 Objetivos Específicos | 4 |
| 3. Metodología | 4 |
| 3.1 Tipo de diseño. Características Generales. | 4 |
| 3.2 Criterios de exclusión e inclusión de la muestra bibliográfica. | 5 |
| 4. Desarrollo – Revisión Bibliográfica. | 5 |
| 4.1 Análisis de los resultados en el área del rendimiento | 5 |
| 4.2 Análisis de los resultados en el área de la salud | 6 |
| 4.3 Análisis comparativo de los resultados en el área del rendimiento y de la salud. | 9 |
| 5. Discusión | 11 |
| 6. Propuesta de Intervención | 12 |
| 6.1 Propuesta de intervención en el área del rendimiento deportivo. | 12 |
| 6.2 Propuesta de intervención en el área del entrenamiento para la salud. | 14 |
| 7. Bibliografía | 15 |
| 8. Anexos | 18 |
| Anexo 1: Representación gráfica de los ejercicios propuestos en la intervención del programa de entrenamiento para el rendimiento deportivo. | 19 |
| Anexo 2: representación gráfica de los ejercicios propuestos para la intervención sobre la salud. | 20 |

1. CONTEXTUALIZACIÓN

En el presente trabajo presentamos una investigación de tipo cualitativa dirigida al análisis del contexto, ámbitos y factores en los que se encuentra actualmente el uso de la sobrecarga excéntrica en el entrenamiento de la fuerza. La elección de esta temática se debe fundamentalmente a que se trata de un método de entrenamiento novedoso y cuyos beneficios pueden tener una importante repercusión en los diferentes ámbitos del deporte y el ejercicio como son el rendimiento deportivo, el entrenamiento saludable y la prevención y recuperación de lesiones.

1.1 Definición

El fundamento del entrenamiento con sobrecarga excéntrica se basa en la fuerza inercial generada por un volante giratorio ligero tal, que la misma inercia generada debe ser superada durante cada fase de la repetición (*Norrbrand, Fluckey, Pozzo & Tesch, 2008*).

1.2 Expresión físico-teórica de la sobrecarga excéntrica

Usando un sistema flywheel (YoYo® Technology Inc.) la energía generada durante la fase concéntrica de la acción se convierte en energía cinética, la cual es almacenada en el volante isoinercial y posteriormente liberada en la fase excéntrica del movimiento. La fuerza generada por el deportista se expresa con la fórmula $F = \zeta J \alpha (t)$ en la que la ζ corresponde a un factor geométrico, la J es el movimiento de inercia del volante y $\alpha (t)$ es la aceleración angular de dicho volante (*Norrbrand et al, 2008*). Eso se traduce en la práctica en que cuanto más fuerte y veloz realice el deportista la fase concéntrica del movimiento, en la fase excéntrica se encontrará con una mayor exigencia para frenar la inercia del volante. De acuerdo con el autor citado este tipo de entrenamiento mejora la fuerza y la potencia en mayor medida que el entrenamiento tradicional de pesas ya que el entrenamiento excéntrico permite un aumento de la demanda mecánica

1.3 Antecedentes históricos

Durante la década de los noventa, con el objetivo de combatir la pérdida de hueso, la atrofia y el deterioro de la función muscular, que se producían durante los vuelos espaciales se diseñó un sistema de entrenamiento que se pudiera llevar a cabo en un ambiente de micro gravedad (*Berg & Tesch, 1998*). Se dieron cuenta que introduciendo un volante isoinercial en los dispositivos de entrenamiento de la fuerza se alcanzaban resultados similares a los obtenidos en el entrenamiento con peso libre en un ambiente gravitacional terrestre.

En la actualidad el uso de este tipo de entrenamiento no solamente se reduce al ámbito espacial sino que se encuentra en fase de estudio la posibilidad de aplicar la sobrecarga excéntrica tanto en el área del rendimiento como de la salud. En el primero de los casos De Hoyo et al. (2016) lo propone como método de potenciación para las habilidades de cambio de dirección, salto y sprint.

Respecto al entrenamiento enfocado a la salud, su uso se extiende a las áreas encargadas de la prevención y recuperación de lesiones cómo las que afectan comúnmente a los músculos isquiotibiales (*Askling, Karlsson & Thorstensson, 2002*) e incluso, como apuntan Romero-Rodríguez, Gual y Tesch (2011) sus beneficios son tales que, en su aplicación se empiezan a obtener resultados óptimos en tratamiento del dolor en la tendinopatía rotuliana

habiendo obtenido mejores resultados en la medición de dicho parámetro mediante el uso de la escala VISA en deportistas afectados por este cuadro clínico.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Tratar de conocer los procedimientos utilizados con métodos de sobrecarga excéntrica, así como describir los principales resultados obtenidos a partir de los estudios analizados.

2.2 Objetivos Específicos

- Identificar los aspectos relevantes conocidos, los desconocidos y los controvertidos sobre el uso del entrenamiento con sobrecarga excéntrica.
- Identificar las aproximaciones teóricas y conocer sus aproximaciones metodológicas en el ámbito deportivo y de la salud.
- Identificar las variables asociadas al estudio del uso del entrenamiento con sobrecarga excéntrica.
- Comparar los resultados obtenidos de la aplicación de la sobrecarga excéntrica frente a otros métodos de entrenamiento vigentes en la actualidad en términos de efectividad y beneficio a nivel fisiológico y de rendimiento, en cualquiera de los ámbitos en los que tenga lugar su aplicación.
- Identificar la viabilidad del uso del entrenamiento con sobrecarga excéntrica en el área de la salud como método de protección y prevención de lesiones a corto, medio y largo plazo, así como su inclusión como ejercicio en la recuperación óptima del estado físico del deportista durante su proceso de rehabilitación.
- Diseñar una propuesta de intervención basada en la aplicabilidad de éste método de entrenamiento enfocado principalmente en la prevención y rehabilitación de lesiones.

3. METODOLOGÍA

3.1 Tipo de diseño. Características Generales.

El paradigma que recoge este trabajo es un paradigma de tipo cualitativo - hermenéutico, debido a que posee un fundamento decididamente humanista que permite entender la realidad del tema a estudio y que facilita su concepción evolutiva, su comprensión objetiva, cambiante, mudable, dinámica y cognoscible (Martínez, 2011) convirtiéndose en el paradigma que mejor se adaptaba al procedimiento que iba a llevar a cabo en el abordaje del estudio del entrenamiento de la fuerza con sobrecarga excéntrica. Dentro de este paradigma, y con el objetivo de delimitar los pasos que debía seguir para la elaboración de dicha investigación, escogí el “**Método Comprensivo - Naturalista**” para la recogida de información a través del modelo de **Revisión Bibliográfica**, que se desarrolla por aproximaciones sucesivas, se comprueba y se acota con la conjugación de la reflexión comprensiva y el contacto con la realidad objetiva que proporcionan la literatura científica generada hasta el momento sobre el tema que nos ocupa.

Para la realización de la revisión de literatura científica que crea la base del fundamento del presente trabajo, se han analizado artículos y ensayos a través de las búsquedas en las siguientes fuentes de información científica: PubMed, Scopus y google académico. Las palabras clave introducidas en la búsqueda fueron: eccentric overload training, flywheel training,

flywheel resistance training y yo-yo technology. Para acceder a aquellos artículos que no estaban en abierto recurrí a la web researchgate.net.

Teniendo en cuenta el título y el resumen que proporciona la web de origen empecé con una muestra de 35 artículos para hacer el trabajo, después de analizar cada uno de ellos tuve que eliminar 4 artículos que no estaban relacionados con el tema; para conseguir una muestra final de 31 artículos.

3.2 Criterios de exclusión e inclusión de la muestra bibliográfica.

Para la selección de los artículos que componen esta revisión bibliográfica tuve en cuenta los siguientes criterios:

Criterios de Inclusión

- Aquellos artículos que servían para acotar el marco de utilización de este tipo de entrenamiento a lo largo de su historia.
- Que estuviese presente como parte principal del estudio, la utilización de la sobrecarga excéntrica como método de entrenamiento, ya fuese con el cono isoinercial o con la tecnología yo-yo.
- Uso de la sobrecarga excéntrica como método de mejora de los parámetros de la fuerza.

Criterios de Exclusión

- Utilización del entrenamiento con sobrecarga excéntrica como método de mejora de la capacidad aeróbica.

4. DESARROLLO – REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

4.1 Análisis de los resultados en el área del rendimiento.

Musculatura: El número de artículos que forman parte de la muestra y que centran sus investigaciones en el rendimiento deportivo son siete. Tras su análisis he observado que la distribución de la musculatura entrenada se reparte principalmente en completa, tren inferior, cuádriceps e isquiotibiales, siendo estos dos últimos los presentes en mayor proporción (ver figura 1).

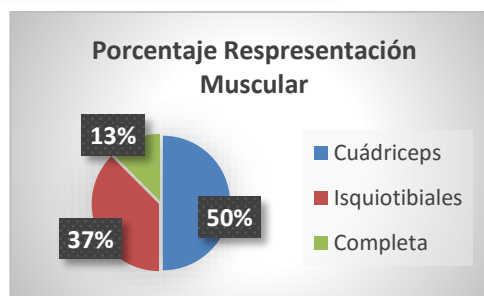


Figura 1
Representación muscular en porcentajes

Intervención: su importancia recae en que dependiendo del tipo de programa que sigan en su entrenamiento, este estará enfocado a mejorar diferentes variables de la fuerza como son la potencia o la fuerza explosiva, además de habilidades deportivas concretas como los cambios de dirección o los saltos. Para su correcto análisis debemos centrar la atención en las características de la carga del entrenamiento; mediante repeticiones, series y tiempo de descanso.

- **Intensidad:** Dentro de la intervención cabe destacar la intensidad, ya que probablemente sea una de las variables que más influencia tenga en el resultado del entrenamiento. En relación a este parámetro, los sujetos que participan en

estos estudios, lo hacen de media con un momento de inercia de 0.16 Kg/m² ya sea mediante el cono o el volante isoinercial.

En el caso de los estudios analizados las intervenciones se estructuran de la siguiente manera:

Tabla 1
Representación gráfica de la intervención en el rendimiento

| Artículos | INTENSIDAD (Kg/m ²) | REPETICIONES | SERIES | SESIONES/SEMANA | SEMANAS | DESCANSO SERIES |
|----------------------------|---------------------------------|--------------|--------|-----------------|---------|-----------------|
| Tous-Fajardo et al. (2016) | 0,27 y 0,11 | 8 | 2 | 1 | 11 | 2 |
| Gual et al. (2013) | | 8 | 4 | 1 | | |
| De Hoyo et al. (2015) | 0.11 | 6 | 5 | 2 | 10 | 2 |
| De Hoyo et al. (2014) | 0.11 | 6 | 4 | | | 2 |
| De Hoyo et al. (2015) B | | 8 | 6 | 3 | 6 | |
| Askling et al. (2003) | | 8 | 4 | 2 | 10 | 1 |
| Tous-Fajardo et al. (2006) | 0.22 y 0.11 | 6 | 1 | | | |
| Promedio | 0.16 | 7,14 | 3,64 | 1,80 | 9,25 | 1,75 |

Como se observa en la tabla el número de repeticiones es muy poco variado siendo todos de seis u ocho, en cambio las series son más dispares habiendo de 1 hasta 6. Todos los programas tienen una duración promedio de 9.25 semanas habiendo un descanso entre las series que suele ser de 2 minutos.

Salto con contra-movimiento (CMJ): como ya hemos visto anteriormente estos estudios se centran, en gran medida, en la búsqueda de métodos de mejora de habilidades que tengan una transferencia al rendimiento del deportista. Una de las variables que más se usa para medir dicho rendimiento es el CMJ.

Tabla 2
Representación gráfica del CMJ

| Artículos | % Δ C.M.J. grupo control (GC) (cm) | % Δ C.M.J. (cm) |
|----------------------------|------------------------------------|-----------------|
| Tous-Fajardo et al. (2016) | 5,9 | 4,4 |
| Gual et al. (2013) | 0,7 | 4,3 |
| De Hoyo et al. (2015) | -1,7 | 7,6 |
| De Hoyo et al. (2014) | | 6,3 |
| Promedio | 1,63 | 5,65 |

4.2 Análisis de los resultados en el área de la salud.

Musculatura: En este caso el número de artículos de la muestra son diecinueve. Cabe destacar que la distribución de la musculatura entrenada se centra únicamente en el grupo de los cuádriceps.

Intervención: Los objetivos que pretenden alcanzar estos estudios se centran sobre todo en la preservación de la salud de las personas, independientemente de su edad, además de la prevención y recuperación de lesiones musculares y tendinosas llegando a extenderse su aplicabilidad en las terapias de rehabilitación de pacientes afectados de accidentes cerebrovasculares.

- **Intensidad:** En el ámbito del entrenamiento para la salud el nivel de exigencia con el que entrenan, utilizando el cono o el volante isoinercial, alcanza un promedio de 0.11 Kg/m².

Tabla 3
Representación gráfica de la intervención en la salud

| Artículos | INTENSIDAD (Kg/m ²) | REPETICIONES | SERIES | SESIONES/SEMANA | SEMANAS | DESCANSO SERIES |
|---------------------------------|---------------------------------|--------------|--------|-----------------|---------|-----------------|
| De Paula et al. (2014) | | 6 | 4 | 1 | 1 | 3 |
| Caruso et al. (2006) | | 10 | 3 | 1 | 6 | 1,5 |
| Fernandez-Gonzalo et al. (2014) | 0,036 | 7 | 4 | 2 | 8 | 3 |
| Seynnes et al. (2007) | | 7 | 4 | 3 | 12 | 2 |
| Romero-Rodriguez et al. (2011) | 0,1452 | 10 | 4 | 2 | 6 | 2 |
| Owerkowicz et al. (2016) | | 7 | 4 | 2 | 5 | |
| Fernandez-Gonzalo et al. (2014) | | 7 | 4 | 2,5 | 5 | 2 |
| Norrbrand et al. (2010) | 0,11 | 7 | 4 | 2,5 | 5 | 2 |
| Moras et al. (2015) | 0,27 | 6 | 6 | 2 | 1 | 1 |
| Tesch et al. (2003) | | 7 | 4 | 2,5 | 5 | 2 |
| Fernandez-Gonzalo et al. (2014) | | 7 | 4 | 2,5 | 6 | |
| Tesch et al. (2004) | | 7 | 4 | 2,5 | 5 | 2 |
| Raeder et al. (2016) | 0,07 | 6 | 4 | 1 | 1 | 3 |
| Onambéle et al. (2008) | | 10 | 3 | | 12 | 5 |
| Caruso et al. (2010) | | 10 | 3 | | | 1,5 |
| Norrbrand et al. (2011) | 0,07 | 10 | 5 | | | 3 |
| Norrbrand et al. (2007) | 0,11 | 7 | 4 | 2,5 | 5 | 2 |
| Sanz-López et al. (2015) | 0,07 | 7 | 4 | 2 | 6 | 2 |
| Sanz-López et al. (2015) B | 0,07 | 7 | 4 | 2 | 6 | 2 |
| Promedio | 0,11 | 7,63 | 3,97 | 2,06 | 5,59 | 2,29 |

Como se representa en la tabla superior el número de repeticiones oscilan entre 6 y 10. Las series se mantienen en un promedio de 4, habiendo investigaciones que solamente realizan tres hasta las que llegan a hacer seis. En cuanto a su duración, a pesar de la media es de aproximadamente seis semanas se puede observar como sí que existe una variabilidad destacable entre ellas, siendo el de mínima duración una semana y el de máxima duración doce, por lo que la configuración y elaboración del programa de entrenamiento es muy diferente, buscando uno conocer la respuesta aguda del organismo a este método de entrenamiento y el otro los efectos que tiene a largo plazo. En último lugar, por lo que

respecta al descanso entre las series, cabe destacar que todas las investigaciones establecen dicho descanso entre 1 y 5, viéndose este último como una excepción en el conjunto de los artículos analizados.

Contracción voluntaria isométrica máxima (M.V.I.C.). Las investigaciones con sobrecarga excéntrica enfocadas a la salud se centran sobre todo en comprobar las ganancias de fuerza que obtienen personas poco o ligeramente experimentadas en el entrenamiento de la fuerza, y para medir esto, gran parte de los investigadores lo hacen mediante este parámetro. Como se puede observar en la Tabla 4, todos los artículos menos el de Tesch et al. (2003) consiguen incrementar de forma importante sus resultados, consiguiendo un 11.93% de promedio y llegando incluso a alcanzar el artículo 4 una mejora del 38.9%. El empeoramiento del 10 se debe al tipo de intervención que llevan a cabo, ya que los sujetos cesaban por completo la actividad en la extremidad entrenada durante todo el proceso.

Volumen muscular. Como ya se sabe el volumen muscular está íntimamente relacionado con los valores de fuerza, además es uno de los principales objetivos de mejora en los entrenamientos enfocados a la salud de personas sedentarias y sujetos de edad avanzada, ya que puede mejorar su bienestar y autonomía personal. Todo esto hace que resulte ser un parámetro de medida muy interesante para los investigadores y que en la siguiente tabla (4) aparezcan sus resultados. Es apreciable que todos consiguen mejorar en gran medida pero destacan sobre el resto las investigaciones de Tesch, Ekberg, Lindquis & Trieschmann (2003) y Norrbrand, Tous-Fajardo, Vargas & Tesch (2011); ya que el primero había empeorado el M.V.I.C. pero en cambio ha conseguido mejorar su volumen muscular en un 7.7% y el segundo consigue una excepcional mejora del 24%, esto se debe sobre todo a que miden como afecta de forma aguda (cuando finaliza la sesión) un volumen de entrenamiento alto con sobrecarga excéntrica sobre el cuádriceps, y probablemente cabría esperar que con el paso de los minutos este valor se redujese al pasar el efecto de la respuesta aguda del organismo al entrenamiento.

Tabla 4
Representación gráfica de M.V.I.C y del volumen muscular

| Artículos | % Δ M.V.I.C. G.C. (N) | % Δ M.V.I.C. (N) | % Δ VOLUMEN MUSCULAR G.C. (ml) | % Δ VOLUMEN MUSCULAR (ml) |
|------------------------------------|--------------------------|------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| Seynnes et al. (2007) | | 38,9 | | 7 |
| Owerkowicz et al. (2016) | | | | 10 |
| Fernandez-Gonzalo et al. (2014) | | | -8,8 | 7,7 |
| Norrbrand et al. (2010) | 4,8 | 8,1 | | |
| Tesch et al. (2003) | -25 | -7 | -8,8 | 7,7 |
| Fernandez-Gonzalo et al. (2014) | | | | 5 |
| Tesch et al. (2004) | | 12 | | 6,1 |
| Onambéle et al. (2008) | 17 | 8 | | |
| Norrbrand et al. (2011) | | | 8 | 24 |
| Norrbrand et al. (2007) | 0 | 11,6 | 3 | 6,2 |
| Promedio | -0,8 | 11,93 | -1,6 | 9,21 |

4.3 Análisis comparativo de los resultados en el área del rendimiento y de la salud.

En el mundo del entrenamiento siempre se ha diferenciado de forma muy clara la metodología empleada tanto para la mejora de la salud de la población como para el incremento del rendimiento de los deportistas.

Una de las principales características del entrenamiento con sobrecarga excéntrica es la capacidad de éste para adaptarse al nivel condicional y de rendimiento de las personas atendiendo a sus necesidades personales. Con todo ello mi objetivo es hacer un análisis de las principales variables que intervienen en dicho método de entrenamiento, comparando el papel que desempeñan en relación a la población. Así mismo se pretende comprobar que el método estudiado es efectivo para el alcance de los objetivos de cada población.

Musculatura: en primer lugar es importante destacar que dependiendo del tipo de investigación que se realiza la musculatura intervenida es muy diferente, se puede observar como en el ámbito del rendimiento suelen centrarse más en los músculos isquiotibiales y los cuádriceps que en el resto. De acuerdo con la tabla el 37% trata los isquiotibiales y otro 37% los cuádriceps. En cambio para la salud preocupa en mayor medida los cuádriceps, ya que la totalidad de la base bibliográfica se centra en este músculo.

Esta diferencia se debe en gran medida a que según Askling et al. (2002) la lesión muscular de los isquiotibiales es la más común en los deportes con demandas de velocidad y potencia como el fútbol. Esto sumado a que gran parte de las lesiones musculares se producen durante la fase excéntrica hace que resulte de gran interés para los investigadores las propiedades del entrenamiento con sobrecarga excéntrica en esta musculatura y, como interviene en cuanto a la prevención de lesiones en deportistas de varias disciplinas.

Intervención: es este apartado se pretenden analizar las diferencias y las similitudes que hay entre los dos ámbitos de aplicación respecto al programa de entrenamiento. Como se puede observar en la tabla 5, las principales diferencias que se aprecian a simple vista es la longitud del programa, ya que en el ámbito del rendimiento alcanza un promedio de 9.25 semanas de duración mientras que en la salud se queda en 5.88 semanas. Esto se debe sobre todo al tipo de investigación que realizan y a los objetivos del programa, ya que en el caso de las investigaciones enfocadas a la salud hay artículos que solo pretenden esclarecer los efectos agudos de la sobrecarga excéntrica sobre el organismo, como por ejemplo la investigación de Raeder et al. (2016) que compara la respuesta aguda del organismo a diferentes métodos de entrenamiento después de una sola sesión, la de Caruso et al. (2010) que observan los niveles de testosterona producidos por el organismo como respuesta de diferentes protocolos de entrenamiento. En cambio los programas de las investigaciones que se centran en el rendimiento están más enfocados a comprobar los efectos de la sobrecarga excéntrica respecto a la prevención de lesiones y a mejorar el resultado y la eficacia en tareas propias de los deportes de equipo; de tal manera que el entrenamiento con sobrecarga excéntrica suele introducirse dentro de la pretemporada de los equipos para el primero de los casos, Askling et al. (2002), De Hoyo et al. (2014) de forma que la duración del programa es de al menos 10 semanas y como método de mejora del rendimiento en los cambios de dirección y los saltos en deportes de equipo Tous-Fajardo, Gonzalo-Skok, Arjol-Serrano & Tesch (2016) y De Hoyo et al. (2015) que la duración es de mínimo 6 semanas.

Respecto al volumen de entrenamiento, aunque a simple vista no parezca que haya diferencias mirando las repeticiones y las series que realiza cada uno (Tabla 5), si calculamos el volumen por sesión y por semana (Figura 2), multiplicando las repeticiones, las series y las sesiones semanales, se puede observar que en el ámbito de la salud entrenan bastante más tiempo que en el de rendimiento. Esta diferencia probablemente se deba al hecho de que como se ha nombrado anteriormente, para la salud se hacen programas completos para gente sedentaria o poco entrenada, mientras que para el rendimiento se usa en muchos estudios como un

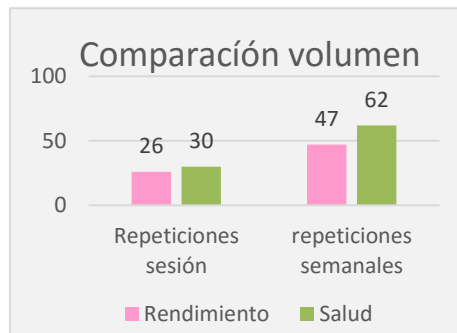


Figura 2
Comparación del volumen

método complementario de la preparación física del deportista en pro de la prevención de lesiones musculares.

Tabla 5
Comparación de la intervención en el entrenamiento para el rendimiento y para la salud

| Artículos | INTENSIDAD (Kg/m ²) | REPETICIONES | SERIES | SESIONES/SEMANA | SEMANAS | DESCANSO SERIES (minutos) |
|----------------------|---------------------------------|--------------|--------|-----------------|---------|---------------------------|
| Promedio rendimiento | 0,16 | 7,14 | 3,64 | 1,80 | 9,25 | 1,75 |
| Promedio salud | 0,11 | 7,63 | 3,97 | 2,06 | 5,59 | 2,29 |
| Promedio total | 0,13 | 7,50 | 3,88 | 2,05 | 6,55 | 2,19 |

- **Intensidad:** en relación a este parámetro es destacable la diferencia que hay entre los dos ámbitos de aplicación, quedándose las investigaciones sobre la salud y el rendimiento en una media de 11 y 16 kg/m² respectivamente.

El principal motivo de estos resultados es que intentan adecuar la intensidad del entrenamiento al tipo de población o sujetos que tratan, los artículos enfocados hacia la salud intervienen principalmente sobre personas sedentarias, con poca experiencia en el entrenamiento de la fuerza o incluso con problemas graves de salud como en el caso de (Fernandez-Gonzalo, Nissemark, Åslund, Tesch & Sojka, 2014) que los sujetos han padecido un accidente cerebrovascular y llevan a cabo el entrenamiento con una intensidad ligera de solo 0.036 Kg/m². En cambio la población de las investigaciones que se centran en el rendimiento deportivo son jugadores muy experimentados en el entrenamiento de la fuerza de forma que para conseguir mejoras tienen que trabajar con una intensidad mayor, como pasa en las investigaciones de Askling et al. (2002) que entrenan a jugadores de fútbol de alto nivel, Tous-Fajardo, Maldonado, Quintana, Pozzo & Tesch (2006) que intervienen sobre jugadores de rugby y fútbol con mucha experiencia en el entrenamiento de fuerza.

5. DISCUSIÓN

El entrenamiento con sobrecarga excéntrica constituye un método novedoso con el que se ha demostrado que reporta beneficios tanto en el ámbito de la salud como en el del rendimiento deportivo.

De acuerdo con lo expuesto anteriormente y tras el análisis de los estudios que forman parte de este trabajo, concluyo que este tipo de entrenamiento se utiliza principalmente para el mantenimiento de la cualidad de la fuerza en situaciones de micro gravedad. Recientemente, además, se ha demostrado su aplicabilidad para el aumento de la fuerza en sujetos desentrenados, mejoras del rendimiento en algunas tareas propias de los deportes colectivos y su efectividad en cuanto a la prevención de lesiones musculares dando así respuesta al objetivo general de esta revisión.

Uno de los aspectos más relevantes es que con su uso se obtiene una mejora de la fuerza en sujetos sanos que han participado en algunos de los estudios analizados, de acuerdo con los resultados de los artículos Fernandez Gonzalo, Lundberg, Alvarez Alvarez & De Paz (2014), Tesch et al. (2003); además el entrenamiento de la fuerza del cuádriceps mediante la tecnología flywheel no solo obtiene mejores resultados en los niveles de potencia que el entrenamiento con peso libre, sino que también consiguen mejoras en el equilibrio de personas de edad avanzada (Onambélé, et al, 2008).

Respecto al entrenamiento dedicado al rendimiento deportivo su importancia recae en un aumento de las capacidades de los deportistas para los cambios de dirección, la velocidad en sprint y los saltos según los estudios de Tous-Fajardo et al. (2016) y De Hoyo et al (2014). Aunque no está completamente demostrado y es una aplicación con poca base bibliográfica, se cree que podría tener una repercusión muy positiva en la tendinopatía rotuliana, gracias a la elevada carga durante la fase excéntrica que eleva el volumen muscular distal así como mejora la unión tendón-músculo, tanto en deportistas de élite y aficionados como proponen los siguientes estudios: Gual, Fort-Vanmeerhaeghe, Romero-Rodríguez, Tesch & Costa (2013) y Sanz-López, Martínez-Amat, Hita-Contreras, Valero & Berzosa (2015) respectivamente.

Aunque los efectos de este método de entrenamiento sobre los cuádriceps y los isquiotibiales están muy investigados, los efectos sobre la musculatura del tronco y de los miembros superiores son completamente desconocidos debido a la inexistencia de base científica sobre ello.

Según se desprende de la investigación de Askling et al. (2002), jugadores de fútbol de élite sufren menos lesiones musculares en los isquiotibiales al hacer una pretemporada que incluya entrenamiento con sobrecarga excéntrica en este grupo muscular que un grupo de jugadores del mismo nivel con una pretemporada tradicional. Aunque los efectos de este método en la prevención de lesiones musculares parecen evidentes sería interesante comprobar su evolución con un programa de intervención más largo, que se prolongase durante toda la temporada, mínimo una sesión a la semana y, tal vez, se redujesen el número de lesiones que se producen durante la segunda mitad de la temporada en dicha investigación.

A pesar del importante papel que se ha demostrado que desempeña en la prevención de lesiones musculares, su utilidad como método de rehabilitación no ha sido investigado todavía, aunque debido a sus propiedades se sustenta la teoría de que podría ser un método eficaz para la puesta a punto de los deportistas, sería adecuado que futuras investigaciones abordasen este tema.

La principal variable que se observa en los estudios es la intensidad, que depende del momento de inercia que tenga el volante o el cono isoinercial expresado en Kg/m^2 . Según Tous-Fajardo et al. (2006) con un momento de inercia de 0.11 Kg/m^2 los deportistas consiguen

una velocidad de movimiento durante la fase excéntrica y concéntrica mayor que con 0.22 Kg/m², en cambio con esta última los valores de fuerza pico y promedio que consiguen los deportistas son más elevados. Estos datos sugieren que dependiendo de los objetivos del deportista y de cual sea su disciplina será más adecuada una intensidad u otra, es decir, si necesita hacer movimientos veloces y en poco tiempo de forma muy explosiva probablemente le interese entrenar con un momento inercial de 0.11 Kg/m², en cambio si necesita niveles de fuerza elevados de oposición con mucho contacto probablemente se ajuste más un momento de inercia de 0.22 Kg/m².

Según este mismo autor la influencia de la experiencia se reduce a que durante la fase excéntrica los deportistas inexpertos no consiguen valores de fuerza tan altos como los que si tenían experiencia en este tipo de entrenamiento. Además me gustaría destacar que ambos grupos son deportistas de élite que llevan años entrenando la fuerza y que sería interesante comprobar si con una población de sujetos inactivos o con poca experiencia en el entrenamiento de la fuerza se mantienen los resultados de los momentos de inercia o sufren algún cambio.

6. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN.

Como la presente revisión bibliográfica se ha realizado sobre dos ámbitos de aplicación de un mismo método de entrenamiento, el entrenamiento de la fuerza mediante la sobrecarga excéntrica, la propuesta de intervención se divide en dos partes.

6.1 Propuesta de intervención en el área del rendimiento deportivo.

La presente aplicación irá destinada a un equipo de fútbol con jugadores jóvenes de 20 años de media y sin experiencia en este tipo de entrenamiento. Su principal objetivo será la prevención de lesiones musculares en el tren inferior y la mejora en el rendimiento de los sprints y los cambios de dirección. Para ello el programa estará compuesto por 3 partes, con diferentes objetivos, en la Figura 3 se representa de forma cronológica.

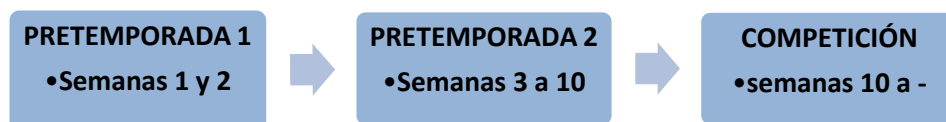


Figura 3
Secuencia del programa de rendimiento

Pretemporada 1: como son inexpertos en este tipo de entrenamiento las primeras dos semanas irán destinada a que los deportistas se familiaricen y cojan confianza con esta nueva metodología. Además al final de este período se llevaran a cabo las medidas y la evaluación de los deportistas para saber con cuál de las intensidades consiguen valores de potencia más elevados durante el ejercicio y durante la pretemporada 2 poder hacer los entrenamientos completamente individualizados. Como se puede observar en la Tabla 6 los jugadores empiezan por una intensidad pequeña pero la aumentan en la segunda semana a 0.16 Kg/m², además las sesiones se llevaran a cabo días alternos de la semana. Los ejercicios que realizan durante el programa se detallan en Anexo 1.

Tabla 6
Propuesta de intervención pretemporada 1

| SEMANA | EJERCICIOS/SESIÓN | INTENSIDAD (Kg/m ²) | REPETICIONES | SERIES | SESIONES/SEMANA | DESCANSO (minutos) |
|--------|-------------------------------|---------------------------------|--------------|--------|-----------------|--------------------|
| 1 | 1 Sentadilla | 0.11 | 10 | 3 | 2 | 2 |
| 2 | 2 leg extensión 3 leg curl | 0.16 | 10 | 4 | 2 | 2 |

Evaluación: La evaluación se llevara a cabo con dos días de reposo de los deportistas, y esta consiste en medir los valores de fuerza y potencia pico y promedio de los tres ejercicios a las intensidades de 0.11, 0.16 y 0.22 Kg/m². Esto se hace para poder sacar el máximo rendimiento a este entrenamiento y que los deportistas consigan los mayores beneficios posibles individualizando la prescripción.

Pretemporada 2: A partir de este momento los deportistas realizaran los ejercicios con la intensidad en la que hayan conseguido valores de potencia más elevados, ya que esta es la más relacionada en las tareas de cambio de dirección y sprint. En la Tabla 7 se muestra el entrenamiento llevado a cabo por un jugador que consiguió los valores más altos en la intensidad de 0.22 Kg/m² para los 3 ejercicios.

Tabla 7
Propuesta de intervención pretemporada 2

| SEMANA | EJERCICIOS/SESIÓN | INTENSIDAD (Kg/m ²) | REPETICIONES | SERIES | SESIONES/SEMANA | DESCANSO (minutos) |
|-------------|-------------------------------|---------------------------------|--------------|--------|-----------------|--------------------|
| 3, 5, 7, 9 | 1 Sentadilla | 0.22 | 8 | 3 | 3 | 2 |
| 4, 6, 8, 10 | 2 leg extensión 3 leg curl | | 6 | 4 | 2 | 2 |

Como se puede ver el número de repeticiones ha disminuido respecto a la primera fase y está dirigida hacia rangos de mejora de la potencia, además los deportistas tienen la orden de realizar los ejercicios de la forma más veloz que puedan para que el entrenamiento sea más productivo.

Competición: durante esta parte del programa los deportistas ya han entrado en el período competitivo de forma que el objetivo de esta parte del programa es mantener las cualidades obtenidas durante la fase anterior sin que suponga una carga de entrenamiento elevada para los jugadores, para ello se reduce el volumen de forma importante manteniendo la intensidad como podemos ver en la Tabla 8.

Tabla 8
Propuesta de intervención período competitivo

| SEMANA | EJERCICIOS/SESIÓN | INTENSIDAD (Kg/m ²) | REPETICIONES | SERIES | SESIONES/SEMANA | DESCANSO (minutos) |
|-----------------|-------------------------------|---------------------------------|--------------|--------|-----------------|--------------------|
| Con 1 partido | 1 Sentadilla | 0.22 | 6 | 2 | 2 | 2 |
| Con > 1 partido | 2 leg extensión 3 leg curl | | 6 | 3 | 1 | 2 |

6.2 Propuesta de intervención en el área del entrenamiento para la salud.

Para este caso la población es un sujeto de mediana edad sedentario y con poca experiencia en el entrenamiento de fuerza, de tal manera que para diseñar el programa de entrenamiento hay que ceñirse a los resultados de la revisión sobre el entrenamiento para la salud, los cuales se reflejan en la Tabla 9. Consiste en un programa de 10 semanas en las cuales se van modificando los parámetros para que el sujeto pueda adaptarse de forma adecuada al entrenamiento y sin riesgos, empieza con una intensidad de tan solo 0.07 Kg/m² las primeras 5 semanas para hacer una progresión conforme mejora su rendimiento a una de 0.11 Kg/m². Los ejercicios propuestos en este caso se detallan en Anexos 2.

Tabla 9
Propuesta de intervención entrenamiento para la salud

| SEMANA | EJERCICIOS/SESIÓN | INTENSIDAD (Kg/m ²) | REPETICIONES | SERIES | SESIONES/SEMANA | DESCANSO (minutos) |
|--------|---|---------------------------------|--------------|--------|-----------------|--------------------|
| 1-5 | 1 Sentadilla 2 leg extensión 3 leg curl | 0.07 | 10 | 3 | 2 | 2'30'' |
| 5-10 | | 0.11 | 8 | 4 | 3 | 2' |

Como se puede observar en la tabla no hay indicaciones de ningún tipo para la musculatura del tronco o del tren superior, ya que como se expresaba en la discusión las investigaciones sobre el entrenamiento con sobrecarga excéntrica en estos grupos musculares es inexistente, de tal manera que esta propuesta de intervención para ganar fuerza debería llevarse a cabo junto a un programa de acondicionamiento de pesas tradicional para no dejar de lado todos estos músculos.

7. BIBLIOGRAFÍA

Alkner, B. A., Berg, H. E., Kozlovskaya, I., Sayenko, D., & Tesch, P. A. (2003). Effects of strength training, using a gravity-independent exercise system, performed during 110 days of simulated space station confinement. *European journal of applied physiology*, 90(1-2), 44-49.

Askling, C., Karlsson, J., & Thorstensson, A. (2003). Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 13(4), 244-250.

Berg, H. E., & Tesch, P. A. (1998). Force and power characteristics of a resistive exercise device for use in space. *Acta astronautica*, 42(1), 219-230.

Caruso, J. F., Herron, J. C., Capps, L. B., Coday, M. A., Ramsey, C. A., & Drummond, J. L. (2006). Blood lactate responses to leg presses performed against inertial resistance. *Aviation, space, and environmental medicine*, 77(7), 707-712.

Caruso, J. F., Coday, M. A., Taylor, S. T., Mason, M. L., Lutz, B. M., Ford, J. L., & Kraemer, W. J. (2010). Prediction of Resultant Testosterone Concentrations from Flywheel-Based Resistive Exercise. *Aviation, space, and environmental medicine*, 81(9), 825-832.

de Hoyo, M., Pozzo, M., Sañudo, B., Carrasco, L., Gonzalo-Skok, O., Domínguez-Cobo, S., & Morán-Camacho, E. (2015). Effects of a 10-week in-season eccentric-overload training program on muscle-injury prevention and performance in junior elite soccer players. *Int J Sports Physiol Perform*, 10(1), 46-52.

de Hoyo, M., de la Torre, A., Pradas, F., Sañudo, B., Carrasco, L., Mateo-Cortes, J., ... & Gonzalo-Skok, O. (2015). Effects of Eccentric Overload Bout on Change of Direction and Performance in Soccer Players. *International journal of sports medicine*, 36(04), 308-314.

de Hoyo, M., Sañudo, B., Carrasco, L., Domínguez-Cobo, S., Mateo-Cortes, J., Cadenas-Sánchez, M. M., & Nimphius, S. (2015). Effects of Traditional Versus Horizontal Inertial Flywheel Power Training on Common Sport-Related Tasks. *Journal of human kinetics*, 47(1), 155-167.

de Paula Simola, R. Á., Harms, N., Raeder, C., Kellmann, M., Meyer, T., Pfeiffer, M., & Ferrauti, A. (2015). Assessment of neuromuscular function after different strength training protocols using tensiomyography. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(5), 1339-1348.

Fernandez-Gonzalo, R., Nissemark, C., Åslund, B., Tesch, P. A., & Sojka, P. (2014). Chronic stroke patients show early and robust improvements in muscle and functional performance in response to eccentric-overload flywheel resistance training: a pilot study. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 11(1), 1.

Fernandez-Gonzalo, R., Irimia, J. M., Cusso, R., Gustafsson, T., Linné, A., & Tesch, P. A. (2014). Flywheel resistance exercise to maintain muscle oxidative potential during unloading. *Aviation, space, and environmental medicine*, 85(7), 694-699.

Fernandez-Gonzalo, R., Lundberg, T. R., Alvarez-Alvarez, L., & de Paz, J. A. (2014). Muscle damage responses and adaptations to eccentric-overload resistance exercise in men and women. *European journal of applied physiology*, 114(5), 1075-1084.

Friedmann-Bette, B., Bauer, T., Kinscherf, R., Vorwald, S., Klute, K., Bischoff, D., ... & Bärtsch, P. (2010). Effects of strength training with eccentric overload on muscle adaptation in male athletes. *European journal of applied physiology*, 108(4), 821-836.

Gual, G., Fort-Vanmeerhaeghe, A., Romero-Rodríguez, D., & Tesch, P. (2016). Effects of In-Season Inertial Resistance Training With Eccentric Overload in a Sports Population at Risk for Patellar Tendinopathy. *Journal Of Strength And Conditioning Research*, 30(7), 1834-1842.

Moras, G., & Vázquez-Guerrero, J. (2015). Force production during squats performed with a rotational resistance device under stable versus unstable conditions. *Journal of physical therapy science*, 27(11), 3401.

Norrbrand, L., Fluckey, J. D., Pozzo, M., & Tesch, P. A. (2008). Resistance training using eccentric overload induces early adaptations in skeletal muscle size. *European journal of applied physiology*, 102(3), 271-281.

Norrbrand, L., Pozzo, M., & Tesch, P. A. (2010). Flywheel resistance training calls for greater eccentric muscle activation than weight training. *European journal of applied physiology*, 110(5), 997-1005.

Norrbrand, L., Tous-Fajardo, J., Vargas, R., & Tesch, P. A. (2011). Quadriceps muscle use in the flywheel and barbell squat. *Aviation, space, and environmental medicine*, 82(1), 13-19.

Onambélé, G. L., Maganaris, C. N., Mian, O. S., Tam, E., Rejc, E., McEwan, I. M., & Narici, M. V. (2008). Neuromuscular and balance responses to flywheel inertial versus weight training in older persons. *Journal of biomechanics*, 41(15), 3133-3138.

Owerkowicz, T., Cotter, J. A., Haddad, F., Yu, A. M., Camilon, M. L., Hoang, T. N., & Adams, G. R. (2016). Exercise responses to gravity-independent flywheel aerobic and resistance training. *Aerospace medicine and human performance*, 87(2), 93-101.

Raeder, C., Wiewelhove, T., Westphal-Martinez, M. P., Fernandez-Fernandez, J., de Paula Simola, R. A., Kellmann, M., & Ferrauti, A. (2016). Neuromuscular fatigue and physiological responses after five dynamic squat exercise protocols. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(4), 953-965.

Romero-Rodríguez, D., Gual, G., & Tesch, P. A. (2011). Efficacy of an inertial resistance training paradigm in the treatment of patellar tendinopathy in athletes: a case-series study. *Physical Therapy in Sport*, 12(1), 43-48.

Rodríguez, J. M. (2011). Métodos de investigación cualitativa. *Revista de Investigación Silogismo*, 1(08).

Sanz-López, F., Martínez-Amat, A., Hita-Contreras, F., Valero-Campo, C., & Berzosa, C. (2016). Thermographic assessment of eccentric overload training within three days of a running session. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(2), 504-511.

Sanz-López, F., Berzosa, S. C., Hita-Contreras, F., Cruz-Díaz, D., & Martínez-Amat, A. (2015). Ultrasound changes in Achilles tendon and Gastrocnemius Medialis muscle on squat eccentric overload and running performance. *Journal of strength and conditioning research/National Strength & Conditioning Association*.

Seynnes, O. R., de Boer, M., & Narici, M. V. (2007). Early skeletal muscle hypertrophy and architectural changes in response to high-intensity resistance training. *Journal of Applied Physiology*, 102(1), 368-373.

Tesch, P. A., Trieschmann, J. T., & Ekberg, A. (2004). Hypertrophy of chronically unloaded muscle subjected to resistance exercise. *Journal of Applied Physiology*, 96(4), 1451-1458.

Tesch, P. A., Ekberg, A., Lindquist, D. M., & Trieschmann, J. T. (2004). Muscle hypertrophy following 5-week resistance training using a non-gravity-dependent exercise system. *Acta Physiologica Scandinavica*, 180(1), 89-98.

Tous-Fajardo, J., Gonzalo-Skok, O., Arjol-Serrano, J. L., & Tesch, P. (2015). Enhancing Change-of-Direction Speed in Soccer Players by Functional Inertial Eccentric Overload and Vibration Training. *IJSPP*, 11(1).

Tous-Fajardo, J., Maldonado, R. A., Quintana, J. M., Pozzo, M., & Tesch, P. A. (2006). The flywheel leg-curl machine: offering eccentric overload for hamstring development. *International journal of sports physiology and performance*, 1(3), 293.





ANEXOS

Anexo 1: Representación gráfica de los ejercicios propuestos en la intervención del programa de entrenamiento para el rendimiento deportivo.

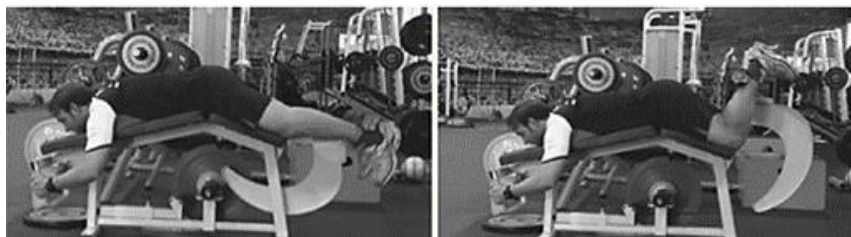
Ejercicio 1: Sentadilla con sobrecarga excéntrica mediante el volante isoinercial.



Ejercicio 2: Extensión de rodilla sentado con sobrecarga excéntrica mediante el volante isoinercial



Ejercicio 3: flexión de rodilla en posición decúbito prono con sobrecarga excéntrica.



Anexo 2: Representación gráfica de los ejercicios propuestos para la intervención sobre la salud.

Ejercicio 1: Sentadilla en posición decúbito supino con sobrecarga excéntrica.



Ejercicio 2: Extensión de rodilla sentado con sobrecarga excéntrica mediante el volante isoinercial.



Ejercicio 3: Flexión de rodilla en posición decúbito prono con sobrecarga excéntrica.

