



**UNIVERSITAS**  
*Miguel Hernández*



**Análisis de la adaptación al entrenamiento con dispositivo rotacional aplicando carga constante y carga variable**

**Alumno: David Pérez Martín**

**Tutor académico: Rafael Sabido Solana**

**Grado: Ciencias de la actividad Física y el Deporte**

**Curso: 2024-2025**

**Universidad Miguel Hernández (Elche)**

## Contenido

1. INTRODUCCIÓN .....	2
1.1 Entrenamiento con dispositivos rotacionales .....	2
1.2 Adaptaciones inducidas por el entrenamiento con dispositivos rotacionales .....	2
1.3 Variables que influyen en el entrenamiento con dispositivos rotacionales .....	2
1.4 Planificación del entrenamiento en el entrenamiento con dispositivos rotacionales .....	3
1.5 Carga constante en el entrenamiento con dispositivos rotacionales.....	3
1.6 Meseta excéntrica en el entrenamiento con dispositivos rotacionales .....	3
1.7 Objetivo .....	3
2. METODOLOGÍA.....	4
2.1 Participantes-Muestra .....	4
2.2 Procedimiento .....	4
2.3 Medida e instrumentos .....	5
2.4. Análisis estadístico .....	5
3. REFERENCIAS .....	6
4. ANEXOS.....	6



# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Entrenamiento con dispositivos rotacionales

El entrenamiento con dispositivos rotacionales es una herramienta que se ha popularizado durante los últimos años en el mundo de la preparación física (Beato et al., 2024). El entrenamiento de fuerza con estos dispositivos se basa en la resistencia generada por un volante de inercia el cual rota en cada una de las repeticiones con una inercia proporcional a la velocidad imprimida, y que permite generar una mayor sobrecarga excéntrica del movimiento al realizar un frenado concreto del movimiento (Beato et al., 2024). Este mecanismo se caracteriza por facilitar una resistencia adaptativa que se ajusta a la intensidad del esfuerzo del usuario ejercida en la fase concéntrica, generando de esta manera adaptaciones musculares y neuromusculares diferentes en comparación con métodos tradicionales (Asencio et al., 2024).

## 1.2 Adaptaciones inducidas por el entrenamiento con dispositivos rotacionales

El entrenamiento con dispositivos rotacionales ha demostrado ser un método de entrenamiento que ha generado mejoras significativas en diversas capacidades físicas como son la fuerza, potencia e hipertrofia muscular, así como a diferentes tests de rendimiento físico como son el sprint y el CMJ (Beato et al., 2024). Una de sus fortalezas es la optimización del ciclo estiramiento-acortamiento (CEA), lo cual permite producir una mayor potencia en diversos movimientos explosivos como el salto y el cambio de dirección (Beato et al., 2021). Además, el estímulo excéntrico que se genera con el uso de dispositivos rotacionales favorece una mayor hipertrofia muscular y también un aumento en la rigidez de los tendones, mejorando de este modo la eficiencia mecánica y reduciendo el riesgo de sufrir lesiones musculares (Asencio et al., 2022).

## 1.3 Variables que influyen en el entrenamiento con dispositivos rotacionales

Existen diversas variables que podemos modificar para maximizar los beneficios de este tipo de entrenamiento:

- **Intensidad:** La manipulación de esta variable se puede controlar principalmente ajustando el momento de inercia ( $\text{kg}\cdot\text{m}^2$ ) en el dispositivo rotacional. Momentos de inercia bajos permiten velocidades más altas y menor carga, mientras que momentos altos generan mayor fuerza y carga excéntrica, provocando así una mayor intensidad (Beato et al., 2024)
- **Volumen:** El volumen en el entrenamiento con dispositivo rotacional se puede modificar ajustando repeticiones (usualmente 6–8), series (3–6) y frecuencia semanal (1–3 sesiones), con progresiones controladas para asegurar sobrecarga continua. Volúmenes bajos favorecen fuerza y potencia, mientras que volúmenes medios-altos estimulan hipertrofia y resistencia muscular (Beato et al., 2021).
- **Descansos:** Esta es una variable a tener en cuenta debido a conseguir las adaptaciones que realmente estamos buscando con este tipo de entrenamiento, ya que descansos cortos (1 minuto) aumentarán el estrés metabólico o la fatiga muscular y descansos más amplios (3 minutos) nos ayudarán a reducir la fatiga y mantener la potencia (Sabido et al., 2020).

- Estrategia de frenado: Ajustando cuándo y cómo se aplica la frenada durante la fase excéntrica se modifica la intensidad percibida y la sobrecarga excéntrica. Por ejemplo, un frenado más fuerte al final del movimiento durante la fase excéntrica aumenta la intensidad del ejercicio y provoca una mayor sobrecarga excéntrica (Beato et al., 2024).

#### **1.4 Planificación del entrenamiento en el entrenamiento con dispositivos rotacionales**

La planificación del entrenamiento con dispositivos rotacionales depende de diversos factores, como la selección de la inercia, la frecuencia de entrenamiento, la selección de ejercicios, etc. Estudios previos han realizado diferentes enfoques en la periodización del FRT, incluyendo variaciones en intensidad y distribución de la carga a lo largo del tiempo (Beato et al., 2024). En general, estos programas de entrenamiento suelen incluir una fase de adaptación, en la cual los sujetos se familiarizan con el dispositivo, seguida de una fase de desarrollo, donde se trata de optimizar la sobrecarga excéntrica para así maximizar las adaptaciones musculares (Asencio et al., 2024).

#### **1.5 Carga constante en el entrenamiento con dispositivos rotacionales**

Uno de los principales enfoques en el FRT es el uso de carga constante, en el cual la inercia utilizada se mantiene estable a lo largo del programa de entrenamiento. Esta estrategia es bastante útil ya que permite un control preciso del estímulo aplicado y, además, facilita la medición de los progresos en el rendimiento (Asencio et al., 2024). A diferencia de la carga variable, la carga constante puede producir adaptaciones más específicas y mantenidas en el tiempo, aunque su eficacia depende del nivel de entrenamiento del individuo y de la correcta selección de la inercia programada (Beato et al., 2021).

#### **1.6 Meseta excéntrica en el entrenamiento con dispositivos rotacionales**

El efecto de la repetición del ejercicio (RBE) es la protección que el músculo desarrolla tras una primera sesión de ejercicio, reduciendo el daño en entrenamientos futuros. En las contracciones excéntricas (ECC), realizar un segundo ejercicio después de varias semanas reduce significativamente el daño muscular, ayudando a prevenir lesiones y mejorando la recuperación (Hyldahl et al., 2016).

A raíz de este fenómeno surge el concepto de meseta excéntrica, que se define como el punto en el cuál las mejoras producidas por el entrenamiento con sobrecarga excéntrica dejan de ser significativas. La aparición de este fenómeno puede estar influenciada por diversos factores como la fatiga neuromuscular, la adaptación del sistema musculoesquelético y la incapacidad para incrementar la carga de trabajo de manera progresiva (Asencio et al., 2022).

#### **1.7 Objetivo**

El objetivo de este trabajo es comparar el efecto de dos programas de entrenamiento en dispositivo rotacional con distinta distribución de la intensidad (carga constante y carga variable) en los valores de potencia obtenidos con el fin de determinar si existe un punto en el que los cambios en la producción de potencia dejan de producirse de manera significativa.

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1 Participantes-Muestra

El estudio se compone de 16 estudiantes, de los cuáles 12 hombres y 4 mujeres (edad  $22,88 \pm 4,85$ ; altura  $1,77 \pm 0,05$  m; peso corporal  $71,01 \pm 10,05$  kg; Rm sentadilla  $102,73 \pm 25,73$ ; Rm/masa  $1,43 \pm 0,22$ ) estudiantes universitarios con experiencia en el entrenamiento de fuerza, y que tras firmar un consentimiento informado (anexo 1) participaron voluntariamente en el estudio. Este estudio está aprobado por el comité de ética de la universidad. Número OIR: TFG.GAF.RSS.DPM.241115

### 2.2 Procedimiento

Una semana antes de iniciar las mediciones, los participantes tuvieron dos sesiones de familiarización con el dispositivo rotacional, en el que tenían la premisa de frenar en el último tercio del movimiento durante la fase excéntrica, para así generar esa sobrecarga excéntrica.

Las mediciones se realizaron cada lunes durante un periodo de 9 semanas. Las mediciones venían precedidas de un calentamiento estructurado compuesto por activación, movilidad dinámica, ejercicios de la zona central y una serie de aproximación con el dispositivo rotacional. Durante el test, se realizaron 2 repeticiones para coger inercia más 8 repeticiones efectivas a la máxima intensidad. El dispositivo rotacional llevaba un momento de inercia de 8 discos durante la ejecución del test. El ejercicio elegido para el test es la sentadilla en el dispositivo rotacional.

Durante cada semana se realizaba una estructura de entrenamiento integral en la cual se efectuaban 2 días de entrenamiento de tren inferior con el dispositivo rotacional. Lunes y jueves eran los días seleccionados en cada semana para realizar este entrenamiento, en el que se realizaban una sentadilla y una zancada horizontal, ambos ejercicios realizados en el dispositivo rotacional. Se efectuó un aumento progresivo del volumen de entrenamiento según iban avanzando las semanas de intervención.

Los participantes se dividieron en 2 grupos, uno de ellos con carga constante (siempre con un momento de inercia de 8 discos en el dispositivo rotacional) y el otro con carga variable (empezando en con un momento de inercia de 12 discos y terminando con un momento de inercia de 4 discos). Ambos grupos tenían igualado el volumen de entrenamiento.

Los sujetos tenían que realizar la ejecución de la sentadilla en el dispositivo rotacional frenando en el último tercio del movimiento, con el objetivo de producir la mayor sobrecarga excéntrica posible.

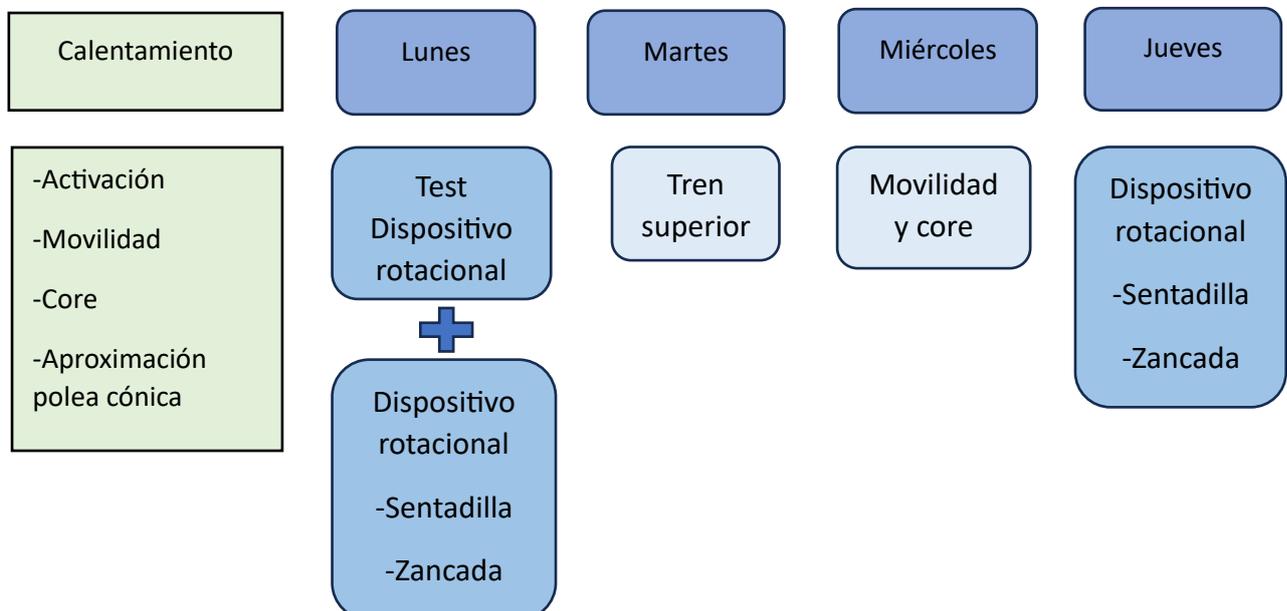


Figura 1: Esquema del procedimiento de las sesiones

### 2.3 Medida e instrumentos

El dispositivo rotacional utilizado era una polea cónica con un momento de inercia de 8 discos para los test. A la polea iba conectado un encoder rotacional para registrar los datos a través del software smartcoach, el cuál proporciona diferentes variables interesantes, de las cuáles para la intervención nos quedamos con la potencia pico concéntrica, potencia pico excéntrica y la diferencia entre ambas la cuál es el % de sobrecarga excéntrica.

Se escogió la media de las 3 mejores repeticiones para realizar el correcto análisis estadístico para comprobar los resultados del estudio.



**Figura 2:** *Participante realizando el test*

### 2.4. Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó utilizando el software JASP (versión 0.18.2). En primer lugar, se evaluó la normalidad de los datos correspondientes a la altura del salto vertical en los distintos momentos de medición. Para ello, se aplicó el test de Shapiro-Wilk, con el objetivo de verificar la distribución aproximadamente normal de los datos. Tras confirmar la normalidad de los datos, se realizó un ANOVA de medidas repetidas de un solo factor (one-way repeated measures ANOVA) para determinar si existían diferencias significativas en la altura del salto vertical a lo largo de las diferentes mediciones temporales. El supuesto de esfericidad se comprobó mediante el test de Mauchly y, en caso de que esta no se cumpliera, se aplicó la corrección de Greenhouse-Geisser para ajustar adecuadamente los grados de libertad del análisis. En presencia de efectos principales significativos, se llevaron a cabo comparaciones post-hoc con ajuste de Bonferroni, con el fin de identificar entre qué momentos específicos se producían diferencias estadísticamente significativas. En todos los análisis se adoptó un nivel de significación de  $p < 0.05$ .

### 3. REFERENCIAS

Asencio, P., Hernández-Davó, J. L., García-Valverde, A., & Sabido, R. (2022b). Effects of flywheel resistance training using horizontal vs vertical exercises. *International Journal Of Sports Science & Coaching*, 19(1), 410-416. <https://doi.org/10.1177/17479541221135372>

Asencio Vicedo, A., Sabido, R., & Maroto-Izquierdo, S. (2024). *Variables determinantes en el entrenamiento isoinercial: una revisión sistemática*. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 38(1), 45-58.

Beato, M., Maroto-Izquierdo, S., Hernández-Davó, J. L., & Raya-González, J. (2021). Flywheel Training Periodization in Team Sports. *Frontiers In Physiology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.732802>

Beato, M., De Keijzer, K. L., Muñoz-Lopez, A., Raya-González, J., Pozzo, M., Alkner, B. A., Iacono, A. D., Vicens-Bordas, J., Coratella, G., Maroto-Izquierdo, S., Gonzalo-Skok, O., McErlain-Naylor, S. A., Martin-Rivera, F., Hernandez-Davo, J. L., Arrones, L. S., Sabido, R., De Hoyo, M., Fernandez-Gonzalo, R., & Norrbrand, L. (2024b). Current Guidelines for the Implementation of Flywheel Resistance Training Technology in Sports: A Consensus Statement. *Sports Medicine*, 54(3), 541-556. <https://doi.org/10.1007/s40279-023-01979-x>

De Keijzer, K. L., Gonzalez, J. R., & Beato, M. (2022). The effect of flywheel training on strength and physical capacities in sporting and healthy populations: An umbrella review. *PLoS ONE*, 17(2), e0264375. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0264375>

Hyldahl, R. D., Chen, T. C., & Nosaka, K. (2016). Mechanisms and Mediators of the Skeletal Muscle Repeated Bout Effect. *Exercise And Sport Sciences Reviews*, 45(1), 24-33. <https://doi.org/10.1249/jes.0000000000000095>

Norrbrand, L., Fluckey, J. D., Pozzo, M., & Tesch, P. A. (2007c). Resistance training using eccentric overload induces early adaptations in skeletal muscle size. *European Journal Of Applied Physiology*, 102(3), 271-281. <https://doi.org/10.1007/s00421-007-0583-8>

Sabido, R., Hernández-Davó, J. L., & Pereyra-Gerber, G. T. (2017). Influence of Different Inertial Loads on Basic Training Variables During the Flywheel Squat Exercise. *International Journal Of Sports Physiology And Performance*, 13(4), 482-489. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2017-0282>

Sabido, R., Hernández-Davó, J. L., Capdepon, L., & Tous-Fajardo, J. (2020). How Are Mechanical, Physiological, and Perceptual Variables Affected by the Rest Interval Between Sets During a Flywheel Resistance Session? *Frontiers In Physiology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00663>

## 4. ANEXOS

### Anexo 1. Consentimiento informado



#### CONSENTIMIENTO INFORMADO.

Estimado participante, se solicita su colaboración en un estudio de investigación sobre el movimiento humano en el estudio: *Efectos de diferentes modelos de programación del entrenamiento isoinercial con monitorización del RBP y la fatiga.*

Para ello, se realizará distintas pruebas de condición física, se entrenará durante ocho semanas, se realizarán las pruebas de nuevo y se analizarán los datos. El protocolo se desarrollará en 4 sesiones semanales. Ninguna prueba tiene un carácter invasivo o agresivo, ni supone algún riesgo para la salud. Durante la realización del estudio se recogerán imágenes y filmaciones de las distintas pruebas.

Los resultados de esta investigación pueden ser publicados en revistas científicas o ser presentados en congresos, pero su imagen o identidad no será divulgada en ningún momento.

Yo \_\_\_\_\_, con D.N.I \_\_\_\_\_.

He leído la hoja con la información que se me ha entregado.

- He podido hacer preguntas sobre el estudio.
- He recibido suficiente información sobre el estudio.
- He hablado con los investigadores del estudio.

COMPRENDO QUE MI PARTICIPACIÓN ES VOLUNTARIA Y QUE PUEDO RETIRARME DEL ESTUDIO:

- Cuando quiera.
- Sin tener que dar explicaciones.

PRESTO LIBREMENTE MI CONFORMIDAD PARA PARTICIPAR EN EL ESTUDIO.

DATOS DESCRIPTIVOS:

Edad: \_\_\_\_\_ Peso: \_\_\_\_\_ Altura: \_\_\_\_\_ Lateralidad: \_\_\_\_\_

Modalidad deportiva (años de experiencia y frecuencia de entrenamiento):

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

FECHA

FIRMA