

**Tecnocampus Mataró-Maresme**

**Escuela Superior de Ciencias de la Salud**

**Trabajo Final de Grado**



*Centres universitaris adscrits a la*

---



**Efectos del *feedback* en directo en la generación de sobrecarga excéntrica en máquinas inerciales en ejercicios de tren inferior**

**Autor:** Sr. Ivan Emelianov Cubides

**Director:** Dr. Bruno Fernandez-Valdes Villa

Presentado el 15 de mayo de 2023

Tecnocampus – Curso Academico 2022 - 2023

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|   |    |
|---|----|
| GLOSARIO .....  | 5  |
| RESUMEN Y PALABRAS CLAVE .....  | 6  |
| ABSTRACT AND KEY WORDS .....  | 7  |
| 1. Introducción .....   | 8  |
| 2. Justificación del estudio .....  | 8  |
| 3. Hipótesis y objetivos .....  | 10 |
| Hipótesis.....  | 10 |
| Objetivo general.....   | 10 |
| Objetivos específicos/secundarios.....  | 10 |
| 4. Metodología.....   | 11 |
| 4.1. Diseño del estudio.....  | 11 |
| 4.2. Población y muestra.....   | 12 |
| 4.3. Asignación de los individuos a los grupos de estudio.....                          | 12 |
| 4.4. Variables del estudio y procedimiento.....   | 13 |
| 4.4.1. Potencia media.....  | 14 |
| 4.5. Descripción de la propuesta de intervención .....                                  | 14 |
| 4.6. Análisis estadístico .....   | 19 |
| 4.7. Consideraciones éticas.....  | 20 |
| 5. Cronograma.....  | 21 |
| 6. Presupuesto .....  | 22 |
| 7. Limitaciones y prospectiva .....   | 24 |
| 8. Referencias bibliográficas.....  | 25 |
| 9. Anexos .....   | 28 |
| Anexo I. Hoja de información al paciente .....  | 28 |
| Anexo II. Hoja de consentimiento informado .....  | 30 |
| Anexo III. Tabla con los valores de sobrecarga excéntrica de una muestra aleatoria..... | 32 |

Anexo IV. Ejemplo de ejecución de squat con *feedback* en directo.....34

## ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Diseño del estudio .....                                   | 12 |
| Figura 2. Población y muestra .....                                  | 13 |
| Figura 3. Ejercicios del entrenamiento con máquinas inerciales ..... | 15 |
| Figura 3.1. Ejercicio de rotadores externos .....                    | 15 |
| Figura 3.2. Ejercicio de rotadores internos .....                    | 15 |
| Figura 3.3. Ejercicio de abducción .....                             | 16 |
| Figura 3.4. Ejercicio de aducción .....                              | 16 |
| Figura 3.5. Ejercicio de Curl de isquios .....                       | 19 |
| Figura 3.6. <i>Squat</i> Yoyo .....                                  | 17 |
| Figura 3.7. Ejercicio Zancada lateral Yoyo .....                     | 18 |
| Figura 3.8. Ejercicio <i>Lunge</i> Yoyo .....                        | 20 |
| Figura 3.9. Ejercicio isquios .....                                  | 18 |
| Figura 3.10. Ejercicio desplazamiento frontal .....                  | 19 |
| <br>   |    |
| Tabla 1. Cronograma del estudio .....                                | 21 |
| Tabla 2. Presupuesto para el estudio de investigación .....          | 22 |

## **GLOSARIO**

ANOVA: Análisis de la Varianza

BP: Bipedestación

CON: Concéntrico

DP: Decúbito Prono

DS: Decúbito Supino

ECA: Ensayo Controlado Aleatorizado

ECC: Excéntrico

EO: Sobrecarga excéntrica

kJ: Kilo Joules

Kg: Kilogramos

ROM: Amplitud de movimiento (Range of Movement)

RPE: Índice de Esfuerzo Percibido

W: Vatios

## RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

**Introducción y justificación:** El entrenamiento inercial es importante para el desarrollo y fuerza muscular, pero lograr la sobrecarga excéntrica adecuada es difícil. Este estudio busca explorar la variable del *feedback* en tiempo real y la técnica adecuada para lograr la sobrecarga excéntrica acumulando energía hasta el último tercio del movimiento, conocido como *delay*. El objetivo es mejorar la comprensión de esta variable y determinar su aplicabilidad en una variedad de ejercicios. Se llevará a cabo un ensayo controlado aleatorizado y se evaluará la potencia concéntrica y excéntrica antes y después de la intervención. Se espera observar una mejora significativa en la generación de potencia en la parte excéntrica con el *feedback* en directo.

**Objetivo:** El objetivo principal de este proyecto consiste en comparar las variaciones en la producción de sobrecarga excéntrica mediante diferentes protocolos de entrenamiento (con *feedback* versus sin *feedback*) y determinar su aplicabilidad en una variedad de ejercicios

**Metodología:** Se llevará a cabo un ensayo controlado aleatorizado (ECA) de 14 semanas de duración en el que se asignará aleatoriamente a los participantes que cumplan los criterios de inclusión en dos grupos de estudio: grupo experimental 1 (n = 10) y grupo experimental 2 (n = 10). Ambos grupos serán evaluados en su potencia concéntrica y excéntrica antes y después de la intervención. Los grupos realizarán un entrenamiento con máquinas inerciales, incluyendo 10 ejercicios, con *feedback* en tiempo real durante todo el entrenamiento. Los ejercicios serán adaptados según si pertenecen al grupo de entrenamiento con o sin *feedback*. Se recopilarán los datos relevantes para comparar la efectividad del plan de entrenamiento en la mejora de la sobrecarga excéntrica.

**Impacto esperado:** Se espera observar que hay una mejora significativa en la generación de potencia en la parte excéntrica de los ejercicios en relación con la concéntrica con la ayuda del *feedback* en directo.

**Conclusiones:** En el caso de obtener los resultados esperados, la implantación del *feedback* en directo será un complemento útil para la sobrecarga excéntrica con máquinas inerciales.

**Palabras clave:** Entrenamiento inercial, sobrecarga excéntrica, entrenamiento de fuerza

## **ABSTRACT AND KEY WORDS**

**Introduction and justification:** Inertial training is important for muscle development and strength, but achieving the appropriate eccentric overload is difficult. This study aims to explore the variable of real-time feedback and proper technique to achieve eccentric overload by accumulating energy until the last third of the movement, known as delay. The objective is to improve the understanding of this variable and determine its applicability in a variety of exercises. A randomized controlled trial will be conducted, and concentric and eccentric power will be evaluated before and after the intervention. A significant improvement in eccentric power generation with live feedback is expected.

**Objective:** The main objective of this project is to compare variations in the production of eccentric overload through different training protocols (with feedback versus without feedback) and determine their applicability in a variety of exercises.

**Methodology:** A 14-week randomized controlled trial (RCT) will be conducted, in which participants meeting inclusion criteria will be randomly assigned to two study groups: experimental group 1 (n=10) and experimental group 2 (n=10). Both groups will be evaluated for concentric and eccentric power before and after the intervention. The groups will perform inertial training, including 10 exercises, with real-time feedback throughout the training. Exercises will be adapted based on whether they belong to the feedback or no feedback training group. Relevant data will be collected to compare the effectiveness of the training plan in improving eccentric overload.

**Expected impact:** A significant improvement in eccentric power generation of exercises compared to concentric power with the help of live feedback is expected.

**Conclusions:** If the expected results are obtained, the implementation of live feedback will be a useful complement for eccentric overload with inertial machines.

**Keywords:** Inertial training, eccentric overload, strength training.

## 1. Introducción

La literatura científica ha demostrado los beneficios de mejorar la producción de fuerza excéntrica, tanto en aspectos de salud como de rendimiento (Hewett TE, 2001) (Croisier JL, 2002). En este sentido, se ha investigado la efectividad de los ejercicios inerciales con el objetivo de mejorar las variables relacionadas con la calidad de vida (Onambélé GL, 2008) (Naczki M, 2016). Asimismo, se ha demostrado la eficacia del entrenamiento de sobrecarga excéntrica en la prevención de lesiones (Askling C, 2002) (de Hoyo M, 2015), recuperación de lesiones tendinosas y el trabajo de hipertrofia muscular (Romero-Rodríguez D, 2011).

Los dispositivos inerciales fueron diseñados para generar una resistencia no gravitacional que puede utilizarse como sustituto del entrenamiento tradicional de fuerza (Berg, 1998) (Norrbrand, 2010). Estos dispositivos generan una fuerza inercial que depende de la geometría (diámetro y espesor) y el peso del volante, así como de la aceleración generada por el deportista (de Hoyo M, 2015). Además, permiten generar una gran fuerza tanto en la parte concéntrica como excéntrica del movimiento (Tous-Fajardo J, 2006).

En contraste con las cargas gravitacionales, las máquinas inerciales generan una mayor fuerza durante la fase excéntrica que en la concéntrica (Martínez-Aranda LM, 2016), lo que permite nombrar este ejercicio como de sobrecarga excéntrica. Cabe señalar que la sobrecarga excéntrica se consigue cuando el sujeto es capaz de retrasar la fase de frenada hasta la última parte de la acción excéntrica (de Hoyo M, 2015).

Desde el punto de vista del aprendizaje motor, se ha afirmado que el *feedback* instantáneo durante el ejercicio puede tener una contribución sustancial al rendimiento atlético (Kilduski, 2003). En este sentido, numerosos estudios han investigado la eficacia del *feedback* instantáneo para maximizar el rendimiento durante el propio ejercicio (Anderson, 2005) (Argus, 2011) (Ekblom, 2012) (Limonta, 2015) (Toumi, 2016).

En resumen, la literatura científica respalda la efectividad del entrenamiento inercial con sobrecarga excéntrica en diferentes ámbitos del entrenamiento y la rehabilitación (Hewett TE, 2001) (Croisier JL, 2002). Por tanto, su aplicación puede ser beneficiosa tanto para mejorar la fuerza muscular, la prevención de lesiones (Askling C, 2002) (de Hoyo M, 2015) y el rendimiento deportivo como para la recuperación de lesiones musculares y tendinosas (Romero-Rodríguez D, 2011).



## 2. Justificación del estudio

En deportes donde ocurren cambios de dirección con frecuencia y se aplica fuerza en movimientos multiplanares, el uso de entrenamiento excéntrico puede ser beneficioso (Gonzalo-Skok O, 2016). Además, aumentar la capacidad de los atletas para frenar la energía cinética producida durante la fase concéntrica durante la fase excéntrica puede reducir el riesgo de lesiones (Askling C, 2002) (de Hoyo M, 2015)

Además, las máquinas inerciales han sido ampliamente utilizados con el objetivo de lograr sobrecarga excéntrica (EO), también conocido como entrenamiento basado en trabajo negativo mejorado (Coratella G, 2019). Típicamente, se logra la EO si la producción ECC es mayor en comparación con la producción CON (Berg, 1998) (Tesch PA E. A., 2004). Un trabajo temprano sugirió que se puede lograr una mayor EO con dispositivos inerciales en comparación con pesas libres (Tesch PA E. A., 2004). Sin embargo, la EO se logra solo durante pequeñas ventanas o episodios breves de la fase de movimiento excéntrica (Tesch PA E. A., 2004) (Pozzo M, 2006). Esto se explica por el retraso deliberado en el freno voluntario al final de ECC para lograr un pico mecánico más alto, propuesto como técnica para lograr la EO (Berg, 1998). La maniobra para provocar la EO debe ser aprendida por el individuo. Sin embargo, la EO no siempre ocurre utilizando dispositivos de resistencia con freno, incluso cuando se garantiza esta técnica de frenado aprendida (Núñez FJ, 2020).

En la actualidad, el *feedback* instantáneo se utiliza comúnmente en el entrenamiento atlético para facilitar el logro de objetivos y motivar a los atletas a mejorar consistentemente su rendimiento (Magill, 1996).

Los hallazgos favorables para el uso del *feedback* también se han demostrado al comparar la activación muscular y la fuerza durante las acciones musculares concéntricas y excéntricas mediante el *feedback* electromiográfico (Ekblom, 2012).

Un aspecto importante que debe considerarse al manipular las variables de entrenamiento es el nivel de experiencia de entrenamiento del individuo. Aunque los atletas novatos tendrán grandes ganancias de rendimiento después de un tiempo de entrenamiento relativamente corto, los atletas experimentados tendrán pequeñas ganancias de fuerza/rendimiento durante un período largo (Hoffman, 2012). Por lo tanto, es quizás recomendable investigar el uso del *feedback* instantáneo en individuos ya entrenados. En consecuencia, este estudio investigó la eficacia del entrenamiento de sentadillas con salto con *feedback* visual de potencia concéntrica instantánea en comparación con el entrenamiento sin *feedback* en individuos ya entrenados en fuerza. Se hipotetizó que las ganancias de entrenamiento en varias pruebas específicas de deportes en el grupo con *feedback* visual instantáneo serían mayores en comparación con el grupo sin *feedback*.

Vista la limitación en la literatura actual, sería interesante investigar si existe diferencias en la sobrecarga excéntrica cuando lo realizamos con *feedback* o no para arrojar más información necesaria en este tema tan importante en la práctica deportiva. Esto podría influir en la forma de entrenar de los diferentes clubes o deportistas.

Así pues, el objetivo de este estudio es averiguar si la producción de la sobrecarga excéntrica aumenta teniendo un *feedback* en directo durante la ejecución de los diferentes ejercicios con una máquina inercial.

### **3. Hipótesis y objetivos**

#### **Hipótesis**

1. La ejecución de los ejercicios con máquina inercial y un *feedback* en directo, mejoran considerablemente la producción de sobrecarga excéntrica.
2. La realización de los movimientos con *feedback*, mejora substancialmente la ejecución técnica de los ejercicios propuestos.

#### **Objetivo general**

1. Analizar si el *feedback* en directo mejora la producción total de fuerza y la sobrecarga excéntrica en ejercicios con máquinas inerciales.

#### **Objetivos específicos/secundarios**

1. Analizar las diferencias en la sobrecarga excéntrica entre un programa de entrenamiento inercial con *feedback* en directo vs. sin *feedback*.
2. Analizar la producción total de fuerza en un entrenamiento de fuerza con máquinas inerciales realizado con *feedback* vs. sin *feedback*.

## 4. Metodología

### 4.1. Diseño del estudio

Se llevará a cabo un ensayo controlado aleatorio (ECA) durante un período de 14 semanas con el fin de comparar los efectos del entrenamiento inercial en la generación de sobrecarga excéntrica mediante dos protocolos diferentes: uno con *feedback* en tiempo real y otro sin este tipo de retroalimentación. El objetivo es identificar las diferencias entre ambos grupos en cuanto a la capacidad para generar sobrecarga excéntrica, así como la capacidad para producir fuerza y potencia al realizar los ejercicios propuestos utilizando una polea cónica y una máquina Yoyo en ejercicios de tren inferior, incluyendo ejercicios en cada máquina. Con el fin de evitar la posibilidad de que los resultados del estudio puedan condicionar los resultados del grupo, se utilizará un diseño de grupos paralelos.

En el marco de la intervención propuesta, un investigador con licenciatura en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte será responsable de aplicar los entrenamientos a los sujetos investigados. Asimismo, un preparador físico, también con licenciatura en la materia, participará en el estudio con el fin de supervisar las sesiones de entrenamiento.

El proceso de evaluación inicial y final de cada sujeto será realizado por el preparador físico, quien no tendrá conocimiento previo del objetivo del estudio. Esto se hace para garantizar el enmascaramiento del investigador y evitar la identificación de los sujetos en relación con su pertenencia a un grupo específico durante el proceso de evaluación.

Durante la primera semana del estudio, se llevarán a cabo dos sesiones de familiarización para evitar mejoras por aprendizaje y para permitir que los sujetos se familiaricen con el espacio de entrenamiento y reciban enseñanzas técnicas por parte del investigador y el preparador físico. En la primera sesión, se realizará una familiarización con el primer bloque de cinco ejercicios, y en la segunda sesión, se llevará a cabo la familiarización con el segundo bloque de cinco ejercicios. Al final de la primera semana, se realizarán las valoraciones preentrenamiento. Es importante tener en cuenta que se dejará al menos un periodo de 48 horas entre las sesiones de familiarización y las valoraciones para garantizar una recuperación óptima.

A partir de la segunda semana, se llevará a cabo el periodo de entrenamiento con dos sesiones de entrenamiento a la semana (martes y jueves), que tendrá una duración de 12 semanas. Al finalizar todas las semanas de aplicación del protocolo de entrenamiento, se dejarán 72 horas de recuperación y se realizarán las valoraciones post entrenamiento. En la figura 1 se pueden observar las 14 semanas de intervención y su estructura.

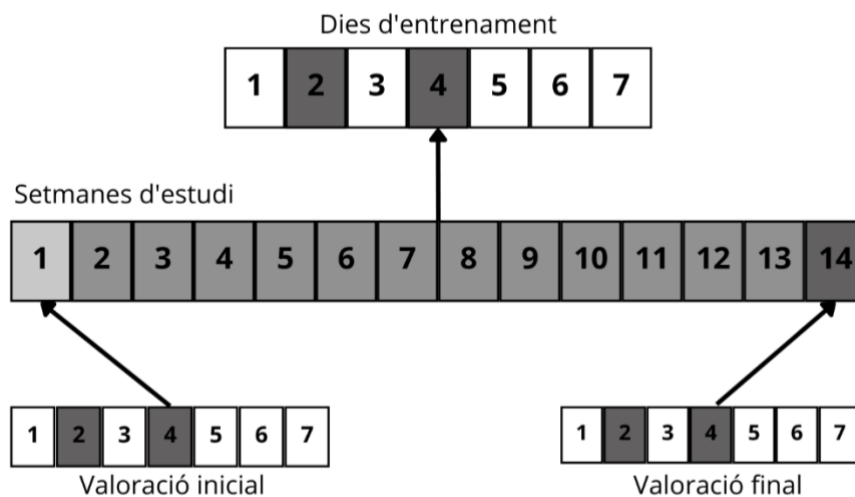


Figura 1. Diseño del estudio

#### 4.2. Población y muestra

Los sujetos serán un total de veinte voluntarios/as (hombres y mujeres) deportistas clientes de la empresa de entrenamiento personal Global Performance S.L. El estudio deberá ser aprobado por el Comité de Ética del Consell Català de l'Esport (Generalitat de Catalunya) y deberá cumplir con la declaración de Helsinki relativa a los estándares de ética en estudios con humanos.

Los sujetos deberán cumplir con los siguientes criterios de inclusión:

1. Hombres y mujeres entre 18 y 30 años.
2. Tener una mínima experiencia de 1 año con el entrenamiento inercial.
3. No tener ninguna patología musculoesquelética.
4. No haber sufrido ninguna lesión musculoesquelética el año previo al estudio.

#### 4.3. Asignación de los individuos a los grupos de estudio

Los participantes del estudio serán asignados aleatoriamente a uno de los dos grupos experimentales: un grupo recibirá *feedback* en tiempo real (n=10) y el otro grupo no lo recibirá (n=10). Los sujetos serán informados de su grupo mediante un sobre cerrado, sin revelarles la diferencia entre ambos programas o el objetivo del estudio. Se les proporcionará información detallada sobre los ejercicios que realizarán, y se llevará a cabo un seguimiento para asegurar que se realicen correctamente. El investigador realizará el seguimiento de las sesiones, mientras que el preparador físico llevará a cabo las valoraciones antes y después del entrenamiento. Sin embargo, se mantendrá una interacción mínima entre los profesionales y los sujetos para evitar influir en los resultados. Los participantes no recibirán información sobre los efectos esperados de cada ejercicio.

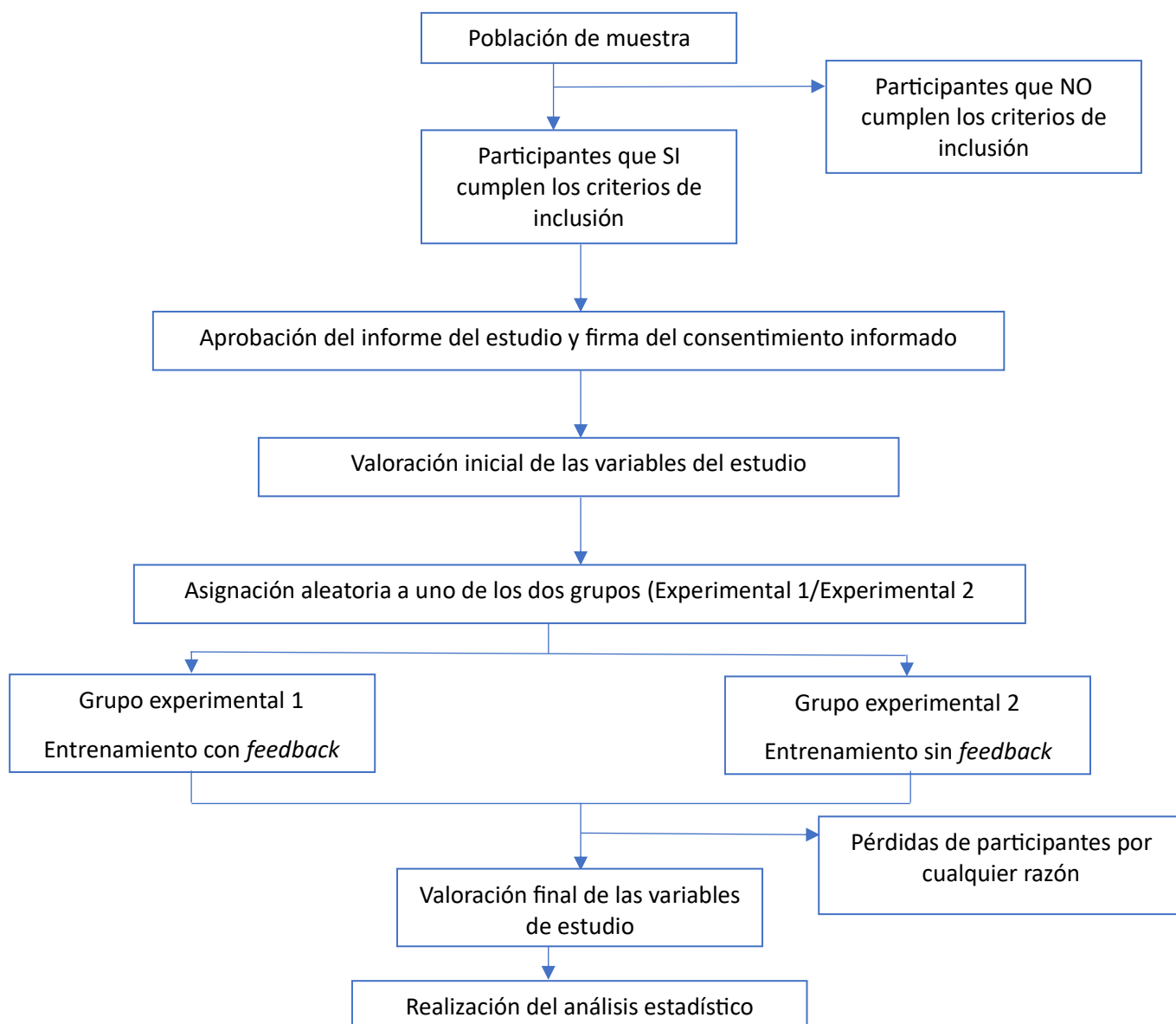


Figura 2. Población y muestra

#### 4.4. Variables del estudio y procedimiento

Basándonos en los criterios iniciales establecidos, el programa de entrenamiento de fuerza para ambos grupos constará de dos sesiones semanales no consecutivas durante un período de 12 semanas, lo que supone un total de 24 sesiones. Cada sesión incluirá cinco ejercicios analíticos y globales de tren inferior. Cada ejercicio será realizado a una intensidad máxima con un momento de inercia igual para todos los participantes ( $0.2 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ ) y con un Índice de Esfuerzo Percibido (RPE) alto-máximo, con un total de 2 series de 8-10 repeticiones por ejercicio y sesión.

La valoración de la potencia concéntrica y excéntrica de cada ejercicio se llevará a cabo una semana antes del inicio del programa de entrenamiento. Se llevará a cabo una valoración por cada ejercicio en ambas piernas. El profesional encargado de la valoración será conocedor del procedimiento de cada

prueba de evaluación para poder realizarla de manera correcta. Estas evaluaciones se realizarán tanto al inicio como al final del programa de entrenamiento.

En la valoración inicial, se realizará la prueba del ROM de cada sujeto en cada uno de los ejercicios propuestos. Así, se ajustarán las máquinas inerciales siempre igual y no habrá diferencias entre sesiones de entrenamiento.

Las variables del estudio son las siguientes y se valorarán tanto al inicio como la final del estudio:

#### **4.4.1. Potencia media**

La medida de la potencia media durante las repeticiones realizadas tanto en la propuesta de entrenamiento como en las valoraciones se llevará a cabo con el software de SmartCoach Lite (SmartCoach Europe, Sweden) donde en la pantalla podremos observar los siguientes parámetros: potencia concéntrica (W), potencia excéntrica (W), trabajo (kJ), carga (kg) y ritmo (rep. /min). Durante las repeticiones, el grupo experimental 1, podrá ver en directo el rendimiento que está dando y la sobrecarga excéntrica que está generando con la técnica de retrasar la frenada hasta el último tercio del movimiento.

#### **4.5. Descripción de la propuesta de intervención**

La propuesta de entrenamiento para ambos grupos experimentales constará de 2 sesiones semanales durante un periodo de 12 semanas, para un total de 24 sesiones. Se mantendrá la misma programación de ejercicios, orden y ejecuciones en ambos grupos, siendo la única diferencia la posibilidad de tener *feedback* en directo por parte del grupo experimental 1.

La intensidad en la ejecución de todos los ejercicios será máxima con un momento de inercia de 0,2 kg·m<sup>2</sup>, debido a su eficacia para generar una sobrecarga excéntrica (Alejandro Muñoz-López, 2021). Cada ejercicio se realizará en 2 series de 8-10 repeticiones por sesión, con un descanso de 4 minutos entre series. Para evitar fatiga excesiva y preservar la ejecución correcta, se realizarán los ejercicios de analíticos a globales.

Una semana previa al inicio del entrenamiento se realizarán dos sesiones de familiarización con los ejercicios y al tercer día se realizará la valoración de la potencia media de todos los ejercicios con la misma metodología que el entrenamiento propuesto. Todas las sesiones serán supervisadas por el investigador/a y el calentamiento constará de una puesta en calor con cicloergómetro, movilidad articular y estiramientos dinámicos, así como un calentamiento específico antes de cada serie máxima.

El grupo experimental 1, que tendrá acceso al *feedback* en directo, tendrá una pantalla de 45" en la pared de enfrente donde va a poder ver la potencia alcanzada en cada repetición tanto en la fase concéntrica como en la fase excéntrica.

#### 4.5.1. Ejercicios de la propuesta de entrenamiento

##### Rotadores externos con cónica inercial



Figura 3.1. Ejercicio de rotadores externos

El sujeto se situará de manera lateral en DP delante de la máquina cónica *Power Move CONE S4* (PowerMove, Spain) con la articulación de la rodilla alineada con la salida del cable de la máquina y realizará una rotación externa de cadera. Se ajustará el recorrido de la máquina que coincida con el máximo ROM del sujeto. El grupo experimental 1, obtendrá el *feedback* de una pantalla colocada enfrente del sujeto.

##### Rotadores internos con cónica inercial



Figura 3.2. Ejercicio de rotadores internos

El sujeto se colocará de manera lateral en DP delante de la máquina cónica *Power Move CONE S4* (PowerMove, Spain) con la articulación de la rodilla alineada con la salida del cable de la máquina y realizará una rotación interna de cadera. Se ajustará el recorrido de la máquina que coincida con el ROM máximo del sujeto en este movimiento.

### Ejercicio de abducción con cónica inercial



Figura 3.3. Ejercicio de abducción

El sujeto se colocará de manera lateral en DS delante de la máquina cónica *Power Move CONE S4* (PowerMove, Spain) con la articulación de la rodilla alineada con la salida del cable de la máquina y realizará una abducción de cadera con una extensión completa de rodilla. Se ajustará el recorrido de la máquina para que coincida con el ROM del sujeto previamente valorado.

### Ejercicio de aducción con cónica inercial



Figura 3.4. Ejercicio de aducción

El sujeto se colocará de manera lateral en DS delante de la máquina cónica *Power Move CONE S4* (PowerMove, Spain) con la articulación de la rodilla alineada con la salida del cable de la máquina y realizará una aducción de cadera con una extensión completa de rodilla. Se ajustará el recorrido de la máquina para que coincida con el ROM del sujeto previamente valorado.



### Ejercicio de Curl de isquiosurales con cónica inercial



Figura 3.5. Ejercicio de Curl de isquios

El sujeto se colocará en DP en frente de la máquina cónica *Power Move CONE S4* (PowerMove, Spain) y realizará un curl de isquios. El recorrido se ajustará para que coincida con el ROM del sujeto.

### Ejercicio de Squat en Yoyo inercial



Figura 3.6. *Squat Yoyo*

El sujeto se colocará en BD encima de la máquina inercial *Exxentric Yoyo* (Exxentric, Sweden) y realizará una media sentadilla hasta que la articulación de la rodilla esté a  $90^\circ$  y volverá a subir hasta la posición de BD hasta que las rodillas estén a unos  $20^\circ$  (un ROM de  $20^\circ$ - $90^\circ$  aproximadados).

### Ejercicio de Zancada lateral con Yoyo inercial



Figura 3.7. Ejercicio Zancada lateral Yoyo

El sujeto se colocará en BD con un pie encima de la máquina inercial *Exxentric Yoyo* (Exxentric, Sweden) y realizará una zancada lateral frontal flexionando hasta 90° solo la pierna que se encuentra encima de la máquina y con la otra totalmente extendida.

### Ejercicio de Lunge frontal en Yoyo inercial



Figura 3.8. Ejercicio *Lunge* Yoyo

El sujeto se colocará en BD con un pie encima de la máquina inercial *Exxentric Yoyo* (Exxentric, Sweden) y realizará un lunge frontal flexionando hasta 90° solo la pierna que se encuentra encima de la máquina con la otra pierna totalmente extendida.

### Ejercicio de isquiosurales en cónica inercial



Figura 3.9. Ejercicio isquios

El sujeto se colocará en DS enfrente de la máquina cónica *Power Move CONE S4* (PowerMove, Spain) y realizará una flexión y extensión de cadera con la pierna a unos 20º aproximados en la fase inicial del movimiento.

### Ejercicio de desplazamiento frontal en cónica inercial

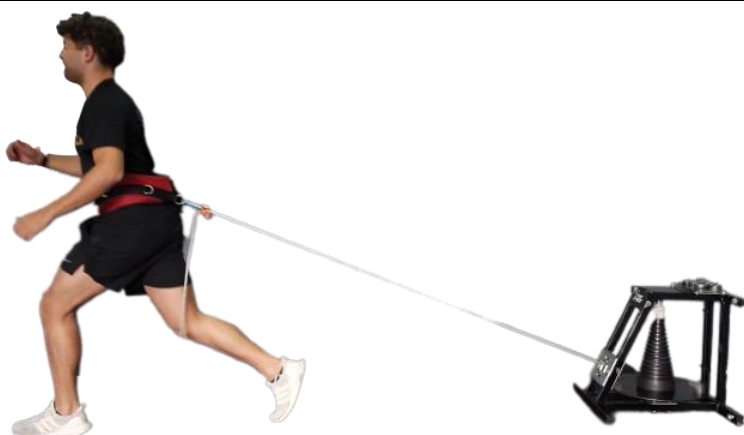


Figura 3.10. Ejercicio desplazamiento frontal

El sujeto se colocará en BD con la máquina a sus espaldas y realizará un paso hacia delante y uno hacia atrás. El cable debe estar en tensión en todo momento de la ejecución y debe de realizar la técnica del delay mientras realiza la ejecución.

#### **4.6. Análisis estadístico**

En este estudio, la variable independiente será el *feedback* en directo proporcionado al grupo experimental 1 durante la ejecución de los ejercicios. Esta variable independiente tendrá un efecto sobre las variables dependientes, que en este caso son la potencia media concéntrica, la potencia media excéntrica y la sobrecarga excéntrica conseguida. Para realizar un análisis descriptivo de las principales variables, se presentarán las variables categóricas como número absoluto y porcentaje relativo, mientras que las variables cuantitativas se presentarán como media y desviación estándar o mediana y rango intercuartil.

Se evaluará la normalidad y homogeneidad de los datos utilizando las pruebas de Shapiro-Wilk para muestras con un tamaño inferior a 30 sujetos. El análisis de datos se realizará utilizando PASW Statistics 21 (SPSS, Inc., Chicago, IL, Estados Unidos). El nivel de significancia estadística se establecerá en  $p < 0.05$ . La variable de respuesta (SampEn, índice de complejidad y velocidad media) se analizarán utilizando un análisis de varianza (ANOVA) de medidas repetidas para abordar los efectos principales e interactivos entre las semanas, comparando la línea de base (semana 1) con todas las demás semanas. Las comparaciones también se evaluarán mediante diferencias medias estandarizadas (d de Cohen) y sus intervalos de confianza del 90%.

Todos los participantes tendrán un código de identificación para evitar la recopilación o exposición de datos personales que puedan generar sesgos. También se considerará cualquier tipo de abandono durante el estudio. El tratamiento de los datos lo llevará a cabo un equipo de analistas que no están involucrados en la intervención ni en el proyecto.

#### **4.7. Consideraciones éticas**

El estudio requerirá la aprobación previa del Comité de Ética del Consell Català de l'Esport (Generalitat de Catalunya), para garantizar el cumplimiento de los principios éticos y deontológicos. Todos los sujetos serán informados de manera oral y escrita sobre los procedimientos del estudio, proporcionándoles una hoja de información y un consentimiento informado para asegurar su participación voluntaria. Durante todo el desarrollo del proyecto, se respetarán los principios éticos de la Declaración de Helsinki (WMA, 2013), y los participantes podrán abandonar el estudio en cualquier momento sin que esto afecte su tratamiento habitual. Además, se cumplirán con las leyes de protección de datos personales y se mantendrá la confidencialidad de los participantes en el estudio (Ley Orgánica 3/2018). El proyecto también cumplirá con el Código Deontológico de la Profesión de Educación Física y Deportiva.

## 5. Cronograma

Tabla 1. Cronograma del estudio

| Etapas del proyecto                                     | Enero |   |   |   |   |   |   | Febrero |   |    |    |    |    |    | Marzo |    |    |    |    |    |    | Abril |    |    |    |    |    |    | Mayo |  |  |  |  |  |  | Junio |  |  |  |  |  |  | Julio |  |  |  |  |  |  |
|---|-------|---|---|---|---|---|---|---------|---|----|----|----|----|----|-------|----|----|----|----|----|----|-------|----|----|----|----|----|----|------|--|--|--|--|--|--|-------|--|--|--|--|--|--|-------|--|--|--|--|--|--|
|   | 1     | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8       | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15    | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22    | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 |      |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |
| <b>PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO</b>                       |       |   |   |   |   |   |   |         |   |    |    |    |    |    |       |    |    |    |    |    |    |       |    |    |    |    |    |    |      |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |
| Definición del proyecto de investigación                |       |   |   |   |   |   |   |         |   |    |    |    |    |    |       |    |    |    |    |    |    |       |    |    |    |    |    |    |      |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |
| Revisión bibliográfica                                  |       |   |   |   |   |   |   |         |   |    |    |    |    |    |       |    |    |    |    |    |    |       |    |    |    |    |    |    |      |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |
| Elaboración del protocolo de investigación              |       |   |   |   |   |   |   |         |   |    |    |    |    |    |       |    |    |    |    |    |    |       |    |    |    |    |    |    |      |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |
| Validación del protocolo de investigación               |       |   |   |   |   |   |   |         |   |    |    |    |    |    |       |    |    |    |    |    |    |       |    |    |    |    |    |    |      |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |
| <b>TRABAJO DE CAMPO</b>                                 |       |   |   |   |   |   |   |         |   |    |    |    |    |    |       |    |    |    |    |    |    |       |    |    |    |    |    |    |      |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |
| Creación de grupos                                      |       |   |   |   |   |   |   |         |   |    |    |    |    |    |       |    |    |    |    |    |    |       |    |    |    |    |    |    |      |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |
| Recogida de datos                                       |       |   |   |   |   |   |   |         |   |    |    |    |    |    |       |    |    |    |    |    |    |       |    |    |    |    |    |    |      |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |
| <b>PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN</b> |       |   |   |   |   |   |   |         |   |    |    |    |    |    |       |    |    |    |    |    |    |       |    |    |    |    |    |    |      |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |
| Análisis de datos e interpretaciones                    |       |   |   |   |   |   |   |         |   |    |    |    |    |    |       |    |    |    |    |    |    |       |    |    |    |    |    |    |      |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |
| Elaboración de resultados                               |       |   |   |   |   |   |   |         |   |    |    |    |    |    |       |    |    |    |    |    |    |       |    |    |    |    |    |    |      |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |
| Elaboración de anexos, gráficas y figuras               |       |   |   |   |   |   |   |         |   |    |    |    |    |    |       |    |    |    |    |    |    |       |    |    |    |    |    |    |      |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |
| Elaboración del informe final                           |       |   |   |   |   |   |   |         |   |    |    |    |    |    |       |    |    |    |    |    |    |       |    |    |    |    |    |    |      |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |
| <b>DIVULGACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN</b>                  |       |   |   |   |   |   |   |         |   |    |    |    |    |    |       |    |    |    |    |    |    |       |    |    |    |    |    |    |      |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |
| Publicación de la investigación                         |       |   |   |   |   |   |   |         |   |    |    |    |    |    |       |    |    |    |    |    |    |       |    |    |    |    |    |    |      |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |       |  |  |  |  |  |  |

## 6. Presupuesto

En el presupuesto de este proyecto se debe contemplar la firma de un convenio con el centro de entrenamiento personal Global Performance S.L. para llevar a cabo la intervención. Las valoraciones y entrenamientos se realizarán bajo la supervisión del preparador o preparadora física de la empresa. Además, se establecerá un acuerdo con l'ESCS de Tecnocampus Mataró-Maresme para utilizar la licencia del software estadístico PASW Statistics 21 (SPSS, Inc., Chicago, IL, Estados Unidos) en todas las fases de procesamiento e interpretación de la información del estudio.

Tabla 2. Presupuesto para el estudio de investigación

| CONCEPTO                                     | P (€) | Q (u) | Justificación y web (si procede)  | TOTAL (€) * |
|--|-------|-------|---|-------------|
| Ordenador                                    | 0     | 1     | Planificación del proyecto y procesamiento e interpretación de la información | 0           |
| Software SmartCoach                          | 0     | 1     | Evaluación del rendimiento de los ejercicios                                  | 0           |
| Software PASW Statistics                     | 0     | 1     | Procesamiento e interpretación de la información                              | 0           |
| Cono SP2 – Powermove                         | 0     | 1     | Ejercicio del protocolo de entrenamiento                                      | 0           |
| Yoyo Excentricc                              | 0     | 1     | Ejercicio del protocolo de entrenamiento                                      | 0           |
| Encoder rotacional (SmartCoach Lite Encoder) | 0     | 1     | Control y <i>feedback</i> en directo de las ejecuciones                       | 0           |
| Alquiler sala                                | 0     | 1     | Realización protocolos de entrenamiento                                       | 0           |
| Pantalla                                     | 0     | 1     | Visualización del <i>feedback</i> en directo                                  | 0           |
| Tobilleras                                   | 0     | 1     | Ejercicio del protocolo de entrenamiento                                      | 0           |
| Cinturón Yoyo                                | 0     | 1     | Ejercicio del protocolo de entrenamiento                                      | 0           |
| Esterilla                                    | 0     | 1     | Ejercicio del protocolo de entrenamiento                                      | 0           |

|                               |        |   |  |       |
|-------------------------------|--------|---|--|-------|
| Cicloergómetro                | 0      | 1 | Ejercicio del protocolo de entrenamiento (calentamiento) | 0     |
| Salario personal investigador | 30/h** | 1 | Personal a cargo de la investigación                     | 3.360 |
| <b>Total (€)</b>              |        |   |  | 3.360 |

\*En la mayoría de los conceptos el precio y el total son 0, ya que al establecer un acuerdo con la empresa Global Performance S.L. y la ESCS del Tecnocampus Mataró-Maresme, dichos conceptos no tendrían ningún coste.

\*\*El precio es para 8h/semana, 14 semanas.

## **7. Limitaciones y prospectiva**

Este estudio presenta algunas limitaciones que deben darse a conocer. El protocolo de investigación propuesto podría presentar ciertas limitaciones en la obtención correcta de los resultados esperados, principalmente debido a circunstancias y situaciones personales de los participantes. En primer lugar, los sujetos del estudio son atletas de alto rendimiento, pero muchos de ellos pueden no tener una técnica de ejecución correcta. Por lo tanto, es necesario analizar si la fase de adaptación y aprendizaje de la técnica durante una semana es demasiado breve y si esto puede afectar significativamente al muestreo y análisis de datos.

Otra limitación que nos podemos encontrar en el estudio es la cantidad de ejercicios posibles a realizar. El hecho de realizar las ejecuciones a la máxima intensidad puede generar una fatiga que interfiera en la ejecución de los últimos ejercicios. Es por eso por lo que hemos realizado una progresión de ejercicios analíticos a global. Además, en estos ejercicios hay una gran activación por parte de la musculatura sinergista que puede modificar los resultados de este estudio.

Por otro lado, el hecho de que haya una generación de energía rotacional, al trabajar con máquinas inerciales, puede hacer variar valores a causa de la generación de fricción, lo que puede provocar una sobrecarga excéntrica.

La prospectiva de investigación señala que puede ser interesante continuar investigando en esta misma dirección con otros grupos musculares de tren superior para ver si hay efectos similares a los de tren inferior. Otra línea de investigación muy interesante sería realizar un estudio con diferentes maquinarias inerciales de otros fabricantes para ver las diferencias o similitudes con los mismos sujetos y hacer una comparación entre ellos.

Por último, es importante destacar que la intervención se realiza como un complemento del entrenamiento específico de estos deportistas y que cualquier lesión que sufran debido a su actividad habitual puede provocar que abandonen la prueba, lo que afectaría al muestreo y a la cantidad total de datos obtenidos.



## 8. Referencias bibliográficas

- Alejandro Muñoz-López, F. d.-C. (2021). The use of real-time monitoring during flywheel resistance training programmes: how can we measure eccentric overload? A systematic review and meta-analysis. *Biol Sport*, 639-652.
- Anderson, R. H. (2005). Accelerometry-based feedback—Can it improve consistency and performance in rowing? *Sports Biomech* , 179–195.
- Argus, C. G. (2011). Acute effects of verbal feedback on upper-body performance in elite athletes. *J Strength Cond Res* , 3282–3287.
- Askling C, K. J. (2002). Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. *Scand J Med Sci Sports.*, 65–75.
- Berg, H. E. (1998). Force and power characteristics of a resistive exercise device for use in space. *Acta Astronautica*, 219–230.
- Coratella G, B. M. (2019). Effects of in-season enhanced negative work-based vs traditional weight training on change of direction and hamstrings-to-quadriceps ratio in soccer players. *Biol Sport*, 241–8.
- Croisier JL, F. B. (2002). Hamstring muscle strain recurrence and strength performance disorders. *Am J Sports Med.*, 199–203.
- de Hoyo M, P. M. (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.*, 46–52.
- Eklom, M. a. (2012). Concurrent EMG feedback acutely improves strength and muscle activation. *Eur J Appl Physiol*, 1899–1905.
- Gonzalo-Skok O, T.-F. J. (2016). Eccentric-Overload Training in Team-Sport Functional Performance: Constant Bilateral Vertical Versus Variable Unilateral Multidirectional Movements . *Int J Sports Physiol Perform*, 951–8.
- Hart, S. &. (2017). Muscle Activation Patterns During Different Squat Techniques. *J Strength Cond Res*, 667-676.
- Hewett TE, M. G. (2001). Prevention of anterior cruciate ligament injuries. *Curr Womens Health Rep.*, 218–224.
- Hoffman, J. (2012). Physiological Aspects of Sport Training and Performance. *Human Kinetics*.

- Kilduski, N. a. (2003). Qualitative and quantitative knowledge of results: Effects on motor learning. *Am J Occup Ther*, 329–336.
- Limonta, E. R. (2015). Effects of visual feedback absence on force control during isometric contraction. *Eur J Appl Physiol*, 507–519.
- Magill, R. (1996). Motor learning. In: *Concepts and Applications* (5th ed.). Boston, MA.
- Maroto-Izquierdo S, G.-L. D. (2017). Functional and muscle-size effects of flywheel resistance training with eccentric overload in professional handball players. *J Hum Kinetics.*, 133–143.
- Martínez-Aranda LM, F.-G. R. (2016). Effects of inertial setting on power, force, work and eccentric overload during flywheel resistance exercise in women and men. *J Strength Cond Res.*, 1653–1661.
- Naczki M, N. A.-O. (2016). Impact of inertial training on strength and power performance in young active men. *J Strength Cond Res.*, 2107–2113.
- Norrbrand, L. P. (2010). Flywheel resistance training calls for greater eccentric muscle activation than weight training. *European Journal of Applied Physiology*, 997–1005.
- Núñez FJ, G. C.-L. (2020). Is possible an eccentric overload in a rotary inertia device? Comparison of force profile in a cylinder-shaped and a cone-shaped axis devices. *J Sports Sci.*, 1-5.
- Onambélé GL, M. C. (2008). Neuromuscular and balance responses to flywheel inertial versus weight training in older persons. *J Biomech.*, 3133–3138.
- Pozzo M, A. B. (2006). Muscle-fiber conduction velocity during concentric and eccentric actions on a flywheel exercise device. *Muscle and Nerve.*, 169–77.
- Rafael Sabido, J. L.-D.-G. (2018). Influence of Different Inertial Loads on Basic Training Variables. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2018, 13, 482-489.
- Romero-Rodríguez D, G. G. (2011). Efficacy of an inertial resistance training paradigm in the treatment of patellar tendinopathy in athletes: a case-series study. *Phys Ther Sport.*, 43–48.
- Tesch PA, E. A. (2004). Muscle hypertrophy following 5-week resistance training using a non-gravity-dependent exercise system. *Acta Physiol Scand.*, 89-98.
- Tesch PA, F.-G. R. (2017). Clinical applications of iso-inertial eccentric-overload (YoYo™) resistance training. *Front Physiol.*, 241.

Toumi, A. J.-B. (2016). Differential impact of visual feedback on plantar- and dorsi-flexion maximal torque output. *Appl Physiol Nutr Metab.* , 557–559.

Tous-Fajardo J, M. R. (2006). The flywheel leg curl machine: offering eccentric overload for hamstring development. *Int J Sports Physiol Perform.*, 293–298.

## 9. Anexos

### Anexo I. Hoja de información al paciente

**El estudiante Ivan Emelianov Cubides del grado de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, dirigido por Bruno Fernandez-Valdes, está llevando a cabo el proyecto de investigación: Efectos del *feedback* en directo en la generación de sobrecarga excéntrica en máquinas inerciales en ejercicios de tren inferior.**

El proyecto tiene como finalidad evaluar si el *feedback* en directo tiene una mejora en la generación de la sobrecarga excéntrica en ejercicios de tren inferior realizados en máquinas inerciales. En primer lugar, se realizará un ensayo controlado aleatorizado en que se asignará a los participantes uno de los dos grupos experimentales. En el proyecto participan los siguientes centros: Global Performance S.L. y la Institución Universitaria Tecnocampus Mataró-Maresme. En el contexto de esta investigación le pedimos su colaboración para formar parte de uno de los dos grupos experimentales para poder encontrar si existen resultados significativos entre realizar el protocolo con *feedback* o sin este, ya que usted cumple los requisitos de admisión: 1) hombres y mujeres de 18 a 30 años. 2) Tener una mínima experiencia de 1 año con entrenamiento inercial. 3) No tener ninguna patología musculoesquelética. 4) No haber sufrido ninguna lesión musculoesquelética el año previo al estudio.

Esta colaboración implica participar en uno de los dos grupos experimentales y realizar las siguientes fases: 1) Familiarización con los ejercicios y la valoración inicial de estos. 2) Programa de entrenamiento con máquinas inerciales compuesto por 10 ejercicios; 5 en cada sesión. 3) Valoración final (mismo procedimiento que la valoración inicial)

Se asignará a todos/as los/las participantes un código, por lo que es imposible identificar al participante con las respuestas dadas, garantizando totalmente la confidencialidad. Los datos que se obtengan de su participación no se utilizarán con ningún otro fin distinto del explicitado en esta investigación y pasarán a formar parte a un fichero de datos, del que será responsable el investigador/a.

El fichero de datos del estudio estará bajo la responsabilidad del/de la investigador/a principal, ante el cual podrá ejercer en todo momento los derechos que establece la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales y el Reglamento general (UE) 2016/679, de 27 de abril de 2016, de protección de datos (RGPD).

Todos/as los/las participantes tienen derecho a retirarse en cualquier momento de una parte o de la totalidad del estudio, sin expresión de causa o motivo y sin consecuencias. También tienen derecho a que se les clarifiquen sus posibles dudas antes de aceptar participar y conocer los resultados de sus pruebas.

Nos ponemos a su disposición para resolver cualquier duda que pueda surgirle. Puede contactar con nosotros a través del siguiente correo electrónico: [iemelianov@edu.tecnocampus.cat](mailto:iemelianov@edu.tecnocampus.cat)

## **Anexo II. Hoja de consentimiento informado**

Yo, [NOMBRE Y APELLIDOS DEL PARTICIPANTE], mayor de edad, con DNI [NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN], actuando en nombre e interés propio,

### **DECLARO QUE:**

He recibido información acerca el proyecto: Efectos del *feedback* en directo en la generación de sobrecarga excéntrica en máquinas inerciales en ejercicios de tren inferior, del que se me ha entregado hoja informativa anexa a este consentimiento y para el que se solicita mi participación. He entendido su significado, me han sido aclaradas las dudas y me han sido expuestas las acciones que se derivan del mismo. Se me ha informado de todos los aspectos relacionados con la confidencialidad y protección de datos en cuanto a la gestión de datos personales que comporta el proyecto y las garantías tomadas en cumplimiento de la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales y el Reglamento general (UE) 2016/679, de 27 de abril de 2016, de protección de datos (RGPD).

Mi colaboración en este proyecto es totalmente voluntaria y tengo derecho a retirarme del mismo en cualquier momento, revocando el presente consentimiento, sin que esta retirada pueda influir negativamente en mi persona en sentido alguno. En caso de retirada, tengo derecho a que mis datos sean cancelados del fichero del estudio.

Así mismo, renuncio a cualquier beneficio económico, académico o de cualquier otra naturaleza que pudiera derivarse del proyecto o de sus resultados.

Por todo ello:

### **DOY MI CONSENTIMIENTO A:**

1. Participar en el proyecto: Efectos del *feedback* en directo en la generación de sobrecarga excéntrica en máquinas inerciales en ejercicios de tren inferior.
2. Que Ivan Emelianov Cubides pueda gestionar mis datos personales y difundir la información que el proyecto genere. Se garantiza que se preservará en todo momento mi identidad e intimidad, con las garantías establecidas por la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales y el Reglamento general (UE) 2016/679, de 27 de abril de 2016, de protección de datos (RGPD).
3. Que los/las investigadores/as conserven todos los registros efectuados sobre mi persona en soporte electrónico, con las garantías y los plazos legalmente previstos, si estuviesen

establecidos, y a falta de previsión legal, por el tiempo que fuese necesario para cumplir las funciones del proyecto para las que los datos fueron recabados.

En Barcelona, a [Dia/Mes/Año]

[Firma Participante]

[Firma del estudiante][Firma del director]

Annexo III. Tabla con los valores de sobrecarga excéntrica de una muestra aleatoria

| Sujetos   | Rotador externo der |        | Rotador externo izq |        | Rotador interno der |        | Rotador interno izq |        | ABD DER |        | ABD IZQ |        | Isquiuo der |        | Isquiuo izq |        | Curl isquiuo acosado der |       | Curl isquiuo acostado izq |       |
|-----------|---------------------|--------|---------------------|--------|---------------------|--------|---------------------|--------|---------|--------|---------|--------|-------------|--------|-------------|--------|--------------------------|-------|---------------------------|-------|
|           | CON                 | EXC    | CON                 | EXC    | CON                 | EXC    | CON                 | EXC    | CON     | EXC    | CON     | EXC    | CON         | EXC    | CON         | EXC    | CON                      | EXC   | CON                       | EXC   |
| Sujeto 1  | 51,79               | 50,44  | 36,44               | 33,94  | 45,71               | 44,36  | 43,11               | 43,11  | 47,82   | 44,82  | 44,83   | 42,53  | 89,35       | 82,81  | 79,73       | 82,66  | 33,42                    | 29,32 | 31,7                      | 29,57 |
| Sujeto 2  | 31,43               | 29,54  | 27,37               | 23,3   | 27,55               | 25,64  | 31,16               | 30,4   | 40,04   | 37,78  | 43,49   | 42,46  | 47,3        | 34,96  | 47,47       | 38,32  | 20,54                    | 18,77 | 18,67                     | 16,91 |
| Sujeto 3  | 44,89               | 43,24  | 52,75               | 51,15  | 42,1                | 37,35  | 33,8                | 27,79  | 61,93   | 60,55  | 67,7    | 63,64  | 61,18       | 66,02  | 69,66       | 72,54  | 48,86                    | 42    | 47,99                     | 40,61 |
| Sujeto 4  | 23,49               | 22,06  | 24,76               | 25,15  | 25,17               | 23,36  | 30,6                | 28,89  | 38,95   | 39,76  | 40,14   | 38,67  | 39,55       | 37,7   | 37,99       | 35,99  | 16,17                    | 15,25 | 15,36                     | 14,15 |
| Sujeto 5  | 57,66               | 28,53  | 55,17               | 31,86  | 54,04               | 32,34  | 49,24               | 29,51  | 62,15   | 39,77  | 62,92   | 35,57  | 59,8        | 35,36  | 53,57       | 36,7   | 48,02                    | 30,58 | 59,35                     | 30,41 |
| Sujeto 6  | 47,15               | 44,52  | 44,3                | 43,87  | 49,35               | 46,39  | 49,32               | 45,46  | 72,43   | 72,23  | 67,22   | 64,62  | 65,16       | 62,82  | 63,77       | 56,7   | 32,6                     | 26,92 | 40,58                     | 32,04 |
| Sujeto 7  | 23,51               | 19,83  | 95,57               | 77,5   | 79,99               | 65,9   | 124,86              | 117,67 | 108,49  | 109,59 | 91,21   | 95,58  | 131,64      | 131,01 | 126,37      | 127,88 | 36,28                    | 31,89 | 36,47                     | 31,14 |
| Sujeto 8  | 53,97               | 47,46  | 52,83               | 51,83  | 56,29               | 53,86  | 61,17               | 59,4   | 75,51   | 71,59  | 93,31   | 85,97  | 70,93       | 62,99  | 69,21       | 58,95  | 38,43                    | 30,8  | 42,95                     | 34,36 |
| Sujeto 9  | 63,95               | 57,05  | 96,81               | 89,23  |                     |        |                     |        | 92,46   | 93,63  | 56,13   | 55,41  | 83,03       | 70,87  | 89,48       | 71,91  | 44,48                    | 48,77 | 41,65                     | 39,96 |
| Sujeto 10 | 40,45               | 32,27  | 48,18               | 42,79  | 33,99               | 29,31  | 37,4                | 28,95  | 47,75   | 49,22  | 58,85   | 49,31  | 80,63       | 68,54  | 77,2        | 61,36  | 26,29                    | 19,52 | 21,89                     | 15,23 |
| Sujeto 11 | 128,82              | 130,33 | 161,67              | 141,21 | 189,79              | 180,42 | 163,25              | 195,55 | 161,98  | 172,72 | 152,58  | 170,99 | 134,6       | 143,67 | 112,5       | 135,86 | 55,6                     | 46,4  | 60,98                     | 53,01 |
| Sujeto 12 | 30,54               | 27,53  | 25,57               | 23,95  | 26,8                | 24,83  | 29,62               | 28,49  | 33,35   | 30,45  | 33,9    | 31,88  | 44,75       | 43,59  | 48,79       | 49,27  | 24,04                    | 21,14 | 16,96                     | 15,93 |
| Sujeto 13 | 9,7                 | 8,29   | 10,91               | 8,43   | 12,7                | 9,67   | 11,03               | 9,04   | 22,86   | 20,6   | 23,13   | 22,87  | 39,48       | 36,39  | 43,93       | 39,26  | 23,14                    | 19,92 | 22,92                     | 18,01 |
| Sujeto 14 | 35,57               | 31,67  | 39,75               | 35,88  |                     |        |                     |        | 32,16   | 28,4   | 27,15   | 24,34  | 52,1        | 43,96  | 51,18       | 45,08  | 17,6                     | 14,45 | 14,72                     | 12,19 |
| Sujeto 15 |                     |        |                     |        |                     |        |                     |        | 33,76   | 29,73  | 42,44   | 38,67  | 67,58       | 64,44  | 64,46       | 60,64  | 22                       | 11,69 | 20,59                     | 10,87 |
| Sujeto 16 | 84,01               | 76,54  | 87,13               | 81,79  | 94,43               | 90,27  | 87,95               | 79,77  | 101,21  | 97,86  | 80,68   | 85,19  | 88,07       | 88,79  | 93,64       | 95,13  | 72,02                    | 60,77 | 71,11                     | 59,52 |
| Sujeto 17 | 15,58               | 13,22  | 16,09               | 15,01  | 17,77               | 15,46  | 14,3                | 12,98  | 40,7    | 37,89  | 42,04   | 39,99  | 73,87       | 57,89  | 70,86       | 65,5   | 15,43                    | 13,34 | 22,96                     | 18,99 |
| Sujeto 18 | 40,81               | 36,39  | 40,51               | 34,67  | 29,56               | 27,27  | 37,38               | 31,54  | 63,3    | 64,99  | 59,32   | 58,92  | 63,39       | 64,71  | 62,89       | 67,96  | 33,85                    | 29,21 | 34,08                     | 29,4  |
| Sujeto 19 | 21,01               | 17,12  | 17,18               | 13,96  | 24,49               | 20,59  | 14,64               | 10,82  | 36,95   | 31,81  | 28,93   | 24,7   | 44,99       | 32,26  | 35,35       | 27,54  | 24,48                    | 20,21 | 24,54                     | 16,52 |
| Sujeto 20 | 29,76               | 26,56  | 28,84               | 24,9   | 31,6                | 27,5   | 40,64               | 34,29  | 50,06   | 41,87  | 49,57   | 43,84  | 59,65       | 52,86  | 49,77       | 45,43  | 35,15                    | 31,31 | 25,29                     | 23,39 |
| Sujeto 21 | 36,4                | 34,09  | 31,34               | 29,99  | 28,13               | 24,14  | 26,14               | 22,07  | 59,51   | 54,08  | 60,18   | 55,72  | 66,51       | 64,41  | 70,67       | 65,72  | 30,14                    | 21,39 | 33,13                     | 28,43 |
| Sujeto 22 | 65,9                | 55,23  | 69,68               | 61,66  | 76,17               | 70,17  | 90,58               | 79,8   | 68,43   | 60,67  | 70,75   | 64,58  | 73,74       | 65,49  | 80,05       | 70,86  | 24,09                    | 20,51 | 28,43                     | 25,91 |
| Sujeto 23 | 137,7               | 144,49 | 120,83              | 152,34 | 135,41              | 118,19 | 100,33              | 99,15  | 98,2    | 95,07  | 136,47  | 125,97 | 76,14       | 44,37  | 126,24      | 128,43 | 107,29                   | 86,75 | 107,42                    | 96,89 |
| Sujeto 24 | 125,56              | 105,54 | 309,98              | 242,96 | 245,79              | 218,75 | 118,68              | 71,82  | 400,76  | 345,33 | 374,89  | 341,74 | 348,78      | 251,07 | 371,27      | 283,81 | 36,75                    | 18,68 | 129,18                    | 73,35 |
| Sujeto 25 | 38,46               | 34,09  | 36,22               | 32,36  | 40,82               | 33,91  | 41,88               | 35     | 58,47   | 55,68  | 58,02   | 50,12  | 67,04       | 63,78  | 70,87       | 62,22  | 29,45                    | 25,73 | 30,69                     | 26,1  |
| Sujeto 26 | 78,86               | 72,47  | 96,05               | 94,13  | 108,71              | 105,44 | 111,39              | 106,69 | 156,23  | 167,59 | 128,56  | 120,1  | 143,6       | 129,31 | 120,61      | 119,02 | 67,75                    | 55,92 | 47,18                     | 37,3  |
| Sujeto 27 |                     |        |                     |        |                     |        |                     |        | 36,75   | 36,71  | 35,79   | 34,32  | 91,78       | 92,09  | 82,28       | 84,03  | 16,4                     | 14,95 | 29,75                     | 25,88 |
| Sujeto 28 | 38,22               | 30,31  | 32,48               | 30,24  | 42,85               | 38,61  | 50,15               | 40,25  | 65,41   | 60,2   | 58,18   | 57,97  | 99,28       | 70,41  | 85,29       | 69,69  | 33,56                    | 25,26 | 46                        | 37,04 |
| Sujeto 29 | 30,75               | 26,99  | 22,44               | 18,25  | 26,68               | 22,19  | 23,55               | 19,32  | 34,19   | 30,83  | 32,02   | 29,35  | 50,49       | 50,39  | 48,91       | 43,97  | 18,8                     | 12,2  | 18,4                      | 13    |
| Sujeto 30 | 33,16               | 29     | 31,83               | 29,09  | 41,01               | 36,8   | 34,47               | 30,68  | 87,78   | 86,04  | 71,04   | 67,74  | 82,88       | 75,7   | 75,27       | 68,8   | 43,81                    | 35,36 | 44,47                     | 30,52 |



| PORCENTAJES   |               |               |               |            |              |              |              |               |                |               |  |  |  |
|---------------|---------------|---------------|---------------|------------|--------------|--------------|--------------|---------------|----------------|---------------|--|--|--|
| Rot. Ext. Der | Rot. Ext. Izq | Rot. Int. Der | Rot. Int. Izq | ABD der    | ABD izq      | Isq. Der     | Isq. Izq     | Curl Isq. Der | Curl. Isq. Izq | Ratio CON/EXC |  |  |  |
| -2,60680826   | 6,860592755   | -2,95340188   | 0             | -6,2795257 | -5,130492973 | -7,319529938 | 3,674902797  | -12,26810293  | -6,719242902   | 20%           |  |  |  |
| -6,013363029  | -14,87029594  | -6,93284936   | -2,43902439   | -5,6443556 | -2,368360543 | -26,08879493 | -19,27533179 | -8,617332035  | -9,426888056   | 0%            |  |  |  |
| -3,675651593  | -3,033175355  | -11,2826603   | -17,78106509  | -2,2283223 | -5,99704579  | 7,9111082053 | 4,134366925  | -14,04011461  | -15,37820379   | 20%           |  |  |  |
| -6,087696892  | 1,575121163   | -7,19110052   | -5,588235294  | 2,07958922 | -3,662182362 | -4,677623262 | -5,264543301 | -5,689548547  | -7,877604167   | 20%           |  |  |  |
| -50,52029136  | 42,25122349   | -40,1554404   | -40,06904955  | -36,009654 | -43,46789574 | -40,86956522 | -31,49150644 | -36,31820075  | -48,76158382   | 0             |  |  |  |
| -5,577942736  | -0,970654628  | -5,99797366   | -7,826439578  | -0,2761287 | -3,867896459 | -3,591160221 | -11,08671789 | -17,42331288  | -21,04484968   | 0             |  |  |  |
| -15,65291365  | -18,90760699  | -17,6147018   | -5,758449463  | 1,01391833 | 4,791141322  | -0,47857794  | 1,194903854  | -12,10033076  | -14,61475185   | 30%           |  |  |  |
| -12,06225681  | -1,892863903  | -4,31693018   | -2,893575282  | -5,1913654 | -7,866252277 | -11,19413506 | -14,82444733 | -19,85428051  | -20            | 0             |  |  |  |
| -10,78967944  | -7,829769652  |               |               | 1,26541207 | -1,282736505 | -14,88618572 | -19,63567278 | 9,644784173   | -6,458583433   | 20%           |  |  |  |
| 1,172178233   | -12,65540917  | -4,93703567   | 19,7856049    | 3,07853403 | -16,21070518 | -14,99441895 | -20,51813472 | -25,75123621  | -30,42485153   | 10%           |  |  |  |
| -9,855926654  | -6,335549472  | -7,35074627   | -3,814989872  | -8,6956522 | -5,958702065 | -2,592178771 | 0,983808157  | -16,54676259  | -13,06985897   | 60%           |  |  |  |
| -14,53608247  | -22,73143905  | -23,8582677   | -18,04170444  | -9,8862642 | -1,12408128  | -7,82674772  | -10,6305486  | -13,91529818  | -21,42233857   | 10%           |  |  |  |
| -10,96429575  | -9,735849057  |               |               | -11,691542 | -10,34990792 | -15,62380038 | -11,91871825 | -17,89772727  | -17,1875       | 0             |  |  |  |
| -8,891798595  | -6,128773098  | -4,40537965   | -9,300739056  | -3,3099496 | 5,589985126  | 0,817531509  | 1,591200342  | -46,86363636  | -47,20738222   | 0             |  |  |  |
| -15,14762516  | -6,71224363   | -12,9994373   | -9,230769231  | -6,9041769 | -4,876308278 | -21,63259781 | -7,564211121 | -15,62066093  | -16,29889217   | 30%           |  |  |  |
| -10,83067876  | -14,41619353  | -7,74695535   | -15,62332798  | 2,66982622 | -0,674308833 | 2,082347373  | 8,061695023  | -13,70753323  | -17,29094077   | 0             |  |  |  |
| -18,51499286  | -18,7427241   | -15,9248673   | -26,09289617  | -13,91069  | -14,62150017 | -28,29517671 | -22,09335219 | -17,44281046  | -32,68133659   | 30%           |  |  |  |
| -10,75268817  | -13,66158114  | -12,9746835   | -15,625       | -16,360368 | -11,55941093 | -11,3830679  | -8,720112518 | -10,92460882  | -7,512850929   | 0             |  |  |  |
| -6,346153846  | -4,307594129  | -14,184145    | -15,57000765  | -9,1245169 | -7,411100033 | -3,157419937 | -7,004386586 | -29,03118779  | -14,18653788   | 0             |  |  |  |
| -16,19119879  | -11,5097589   | -7,87711698   | -11,90108192  | -11,340056 | -8,720848057 | -11,18795769 | -11,4803248  | -14,86093815  | -8,863876187   | 0             |  |  |  |
| 4,931009441   | 26,07796077   | -12,7169338   | -1,176118808  | -3,1873727 | -7,693998681 | -41,72576832 | 1,734790875  | -19,144437506 | -9,802643828   | 30%           |  |  |  |
| -15,94456833  | -21,62074973  | -11,0012612   | -39,58613728  | -13,831221 | -8,842593828 | -28,01479443 | -23,5569801  | -49,17006803  | -43,21876451   | 0             |  |  |  |
| -11,3624545   | -10,65709553  | -16,9279765   | -16,42788921  | -4,7716778 | -13,61599448 | -4,862768496 | -12,20544659 | -12,63157895  | -14,95601173   | 0             |  |  |  |
| -8,102967284  | -1,998958876  | -3,00800294   | -4,219409283  | 7,27133073 | -6,580584941 | -9,951253482 | -1,318298649 | -17,46125461  | -20,94107673   | 10%           |  |  |  |
|               |               |               |               | -0,1088435 | -4,10729254  | 0,337764219  | 2,126883811  | -8,841463415  | -13,00840336   | 33%           |  |  |  |
|               |               |               |               | -7,9651429 | -0,36094878  | -29,07937147 | -18,29053816 | -24,7318236   | -19,47826087   | 0             |  |  |  |
| -12,22764228  | -18,67201426  | -16,8290855   | -17,96178344  | -9,8274349 | -8,338538413 | -0,198059022 | -10,10018401 | -35,10638298  | -29,34782609   | 0             |  |  |  |
| -12,54523522  | -8,608231228  | -10,2657888   | -10,99506818  | -1,9822283 | -4,64527027  | -8,663127413 | -8,595722067 | -19,28783383  | -31,36946256   | 0             |  |  |  |

Anexo IV. Ejemplo de ejecución de squat con *feedback* en directo

