



---

**Universidad de Valladolid**

FACULTAD DE EDUCACIÓN DE SORIA

Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

TRABAJO FIN DE GRADO

**Efectos de un programa de entrenamiento de fuerza basado en la velocidad con tecnología Flywheel sobre el rendimiento físico en jugadoras de fútbol**

Presentado por D. Eloy Isla Molina

Tutelado por Dr. Daniel Castillo Alvira

Junio 2024



## RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue analizar los efectos de un programa de entrenamiento de fuerza basado en la metodología Flywheel sobre el rendimiento físico de jugadoras de fútbol. En este estudio participaron 19 jugadoras de fútbol del primer equipo del C.D. San José Femenino, las cuales fueron distribuidas de manera aleatoria entre el grupo experimental (GE, n = 9) con el grupo de control (GC, n = 10). La intervención se realizó 2 veces a la semana durante 6 semanas. Antes y después de la misma, se realizó una batería de pruebas consistente en salto con contramovimiento bilateral (CMJ), salto CMJ con izquierda (CMJizqda), salto CMJ con derecha (CMJdcha), sprint lineal de 30 metros (5, 10 y 30 metros) y el T-Test como prueba de cambio de dirección (COD). Se encontraron diferencias significativas dentro del GE y GC en el CMJ ( $p = < 0,001-0,031$ ). Además, se observaron diferencias significativas a favor del GE en el sprint de 5, 10 y 30 metros ( $p = 0,02-0,023$ ). El análisis ANCOVA reveló diferencias significativas a favor del GE en CMJ, CMJizqda y CMJdcha ( $p = <0,001-0,006$ ) y en las variables de sprint 5, 10 y 30 metros ( $p = 0,002-<0,001$ ) y COD ( $p = 0,005$ ) en comparación con el GC. Estos hallazgos sugieren que 2 sesiones semanales de un programa de al menos 6 semanas con dispositivo Flywheel es recomendable para la mejora del salto, sprint y COD en jugadoras de futbol femenino.

**Palabras clave:** futbolistas; féminas; trabajo excéntrico; sistema inercial; potencia; cambio de dirección; sprint.

## ABSTRACT

The objective of this work was to analyze the effects of a strength training program based on the Flywheel methodology, on the physical performance of female soccer players. Nineteen first-team players from C.D. San José Femenino participated in this study. They were randomly assigned to the experimental group (EG, n = 9) or the control group (CG, n = 10). The intervention was carried out twice a week for 6 weeks. Before and after the intervention, a battery of tests was conducted, including bilateral countermovement jump (CMJ), CMJ with the left leg (CMJleft), CMJ with the right leg (CMJright), 30-meter linear sprint (5, 10, and 30 meters), and the T-Test as a change of direction (COD) test. Significant differences were found within both EG and CG in CMJ ( $p = < 0.001-0.031$ ). Additionally, significant differences were found in favor of EG in the 5, 10, and 30-meter sprints ( $p = 0.02-0.023$ ), the same for the COD ( $p = 0.005$ ). ANCOVA analysis revealed significant differences in favor of EG in CMJ, CMJleft, and CMJright ( $p = <0.001-0.006$ ) and in the 5, 10, and 30-meter sprint variables ( $p = <0.001-0.002$ ) and COD ( $p = 0.005$ ) compared to CG. These findings suggest that two weekly sessions of a program of at least 6 weeks with a Flywheel device are recommended for improving jump, sprint, and COD in female soccer players.

**Key words:** soccer players; female; eccentric load; isoinercial system; power; change of direction; sprint.

## ÍNDICE

1. Introducción y Justificación .....	7
2. Marco Teórico .....	9
2.1. Los factores de rendimiento en el fútbol .....	10
2.3 Importancia del Entrenamiento Basado en la Velocidad (VBT) .....	12
2.2 Importancia del entrenamiento de fuerza (trabajo excéntrico) .....	16
2.4 La metodología del entrenamiento con dispositivos inerciales (Flywheel).....	18
2.5 Aplicaciones del entrenamiento Flywheel en el fútbol .....	19
2.6 Entrenamiento Flywheel en mujeres.....	21
3. Objetivos e Hipótesis .....	23
4. Método .....	27
4.1 Diseño experimental .....	27
4.2 Participantes .....	28
4.3 Procedimiento.....	31
4.4 Pruebas de rendimiento físico .....	32
4.4.1 Salto con contramovimiento bilateral (CMJ bilateral) .....	33
4.4.2 Salto con contramovimiento unilateral (CMJ dcha y CMJ izqda) .....	34
4.4.3 Prueba de sprint lineal 30m.....	34
4.4.4 Test de cambio de dirección (COD) .....	35
4.5 Programa de intervención con Flywheel.....	37
4.6 Monitorización de la carga.....	41
4.7 Análisis estadístico .....	42
5. Resultados .....	43
6. Discusión .....	49
7. Conclusiones y Aplicaciones Prácticas .....	57

8. Limitaciones y Futuras Líneas de Investigación.....	59
9. Referencias Bibliográficas.....	61
ANEXO 1 .....	78
ANEXO 2.....	79
ANEXO 3.....	81
ANEXO 4.....	83
ANEXO 5.....	85

## 1. Introducción y Justificación

El rendimiento físico de las jugadoras de fútbol es un área de interés que actualmente está en auge dentro de la investigación deportiva, al igual que en cualquier otra disciplina deportiva donde el objetivo es maximizar el rendimiento. Consecuencia también la creciente popularidad que está sufriendo el fútbol femenino en esta última década. Al igual que está pasando en todos los niveles del fútbol masculino, la demanda física del fútbol femenino continúa evolucionando. Resultado de la mejora exponencial en el rendimiento deportivo de los jugadores y jugadoras, gracias a preparaciones físicas mejoradas, tecnologías y medios actuales. La capacidad de sprint, la potencia de salto y la habilidad para cambiar de dirección rápidamente, son componentes críticos que influyen significativamente en el rendimiento en el campo. Tradicionalmente, los programas de entrenamiento de fuerza en el fútbol, siempre han tenido el objetivo de lograr mejorar todos y cada uno de estos aspectos a través de métodos existentes. Sin embargo, en los últimos años, la ciencia encargada de investigar en el ámbito deportivo se ha centrado en estudiar, probar e implementar nuevas metodologías y sistemas de entrenamiento, especializándose aún más los requerimientos y factores de rendimiento de esta modalidad deportiva de forma individual. Gracias a la capacidad que existe ahora para conocer más en profundidad y específicamente cuales son los factores de rendimiento esenciales de cada deporte, así como la posibilidad de obtener todo tipo de información y variables.

Por ello, sistemas de entrenamiento como los que se basan en el trabajo de fuerza no dependiente de la gravedad o inerciales, como el Flywheel, han ganado popularidad durante los últimos años. De la misma forma, también lo ha hecho el entrenamiento basado en velocidad (VBT), el cual ha sido implementado en estos años posteriores y abriéndose hueco entre las mejores preparaciones físicas de la actualidad.

Con la idea de investigar cual sería el resultado de combinar estos dos métodos de entrenamiento, surgió la idea de este trabajo. Con el objetivo de crear un programa de entrenamiento que uniese los principios fundamentales de cada método de entrenamiento, en uno solo. Creando un programa de entrenamiento de fuerza mediante un dispositivo Flywheel pero que, a su vez dentro de la metodología de

este este basado en el trabajo con velocidad, más concretamente, en la pérdida de velocidad.

Explicado de forma general, en este método de entrenamiento el trabajo de cargas y mecánico es dirigido por dispositivo inercial (Flywheel), pero es el la pérdida de velocidad (del trabajo VBT), quien quien se encargará dentro de cada serie de pautar la ejecución, el volumen e intensidad de las mismas. Dado este creciente interés y el notable potencial de los dispositivos Flywheel y el trabajo basado en velocidad, este estudio se propuso llenar el vacío existente en la literatura actual, proporcionando una base para futuras líneas de investigación y aplicaciones prácticas en el entrenamiento para la mejora del rendimiento.

En el contexto del fútbol femenino, optimizar el rendimiento físico no solo puede mejorar las habilidades individuales de las jugadoras, sino también influir en el rendimiento en competición del equipo. Estudios previos han destacado la eficacia del entrenamiento con Flywheel y el VBT, en diferentes poblaciones deportivas, pero hay una escasez de investigaciones específicas en jugadoras de fútbol femenino. Por lo tanto, explorar nuevos métodos de entrenamiento para la mejora y optimización del rendimiento en el futbol femenino es un trabajo necesario para el futuro de la ciencia en el ámbito deportivo. Con el objetivo de arrojar más evidencia para una potenciación de este. Es por ello otro de los motivos por los que se realiza el presente estudio, tratando de formar una base para esta futura y necesaria línea de investigación.

## 2. Marco Teórico

El presente trabajo se centra en estudiar los efectos de un programa de entrenamiento que utiliza como medio el dispositivo de rueda inercial Flywheel K-Box 4 (Exxentric™, Estocolmo, Suecia), además de implementar simultáneamente la metodología del entrenamiento basado en velocidad (*Velocity Based Training*, VBT) con ayuda de un encoder lineal Vitruve (Vitruve encoder, Vitruve fit, Madrid, Spain). Con el objetivo de alcanzar la mejora del rendimiento físico de las jugadoras de fútbol del primer equipo del C.D. San José Femenino. El mundo del alto rendimiento deportivo constantemente se encuentra intentando alcanzar el máximo nivel, el elitismo o perfección. Todo ello a través del descubrimiento métodos de entrenamiento innovadores que sean más eficaces y eficientes. Siendo siempre el objetivo principal de todo especialista y preparador (sea cual sea la modalidad deportiva), el conseguir que sus deportistas alcancen el máximo pico de forma/rendimiento, de la manera más eficaz, eficiente y segura, siempre teniendo en cuenta la evolución del deporte hacia la excelencia (Beamish & Ritchie, 2006). Tratando de mejorar todos y cada uno de los factores de rendimiento y habilidades físicas específicas necesarias para su desempeño deportivo, con el objetivo de mostrar ese potencial dentro de la competición, teniendo la capacidad de enfrentarse a las demandas de rendimiento en el campo de una mejor manera (Ade et al., 2016).

Por ello, el objetivo de la ciencia en el ámbito deportivo tiene como misión la investigación y desarrollo de nuevos métodos de entrenamiento, preparación, periodización, programación, planificación, ejercicios, máquinas... que consigan mejorar los resultados deportivos de todas las disciplinas conforme a la evolución de estos (Bompa et al., 2001).

Mismo motivo, por el cual, nace este enfoque que trata de investigar un nuevo método de entrenamiento deportivo, basado en la velocidad junto con dispositivos inerciales. En consecuencia, de la popularidad ganada recientemente por ambos métodos separados. Ya que la evidencia existente, ha demostrado la capacidad de ambos para optimizar la fuerza y la potencia muscular, a través del trabajo tanto de la fase excéntrica y concéntrica. Por ello a continuación, se presentará una revisión de la literatura más reciente con el objetivo de respaldar con la evidencia científica

existente hasta el momento el siguiente programa de intervención Flywheel. Con último fin, en la optimización del rendimiento físico de las jugadoras de fútbol. Implementando un programa de entrenamiento estructurado, supervisado y seguro, con una previa y posterior evaluación rigurosa de su impacto, se espera aportar conocimientos valiosos sobre la efectividad de esta modalidad de entrenamiento en el contexto del fútbol femenino.

## 2.1. Los factores de rendimiento en el fútbol

El fútbol es un deporte de equipo (i.e. cooperación-oposición) altamente exigente en cuanto a habilidades, capacidades físicas y factores de rendimiento. Deporte intermitente que exige a los jugadores altos niveles de adaptación aeróbica y anaeróbica (Salvo et al., 2007). Exigiendo también, una gran cantidad de aceleraciones, desaceleraciones, cambios de dirección (COD), saltos y sprints (Ade et al., 2016; Morgans et al., 2014). Estas acciones de alta intensidad ocurren de manera rápida, principalmente durante los momentos decisivos del juego (Faude et al., 2012; Mara et al., 2017), teniendo un papel determinante en el rendimiento y éxito dentro el campo. Considerando la naturaleza multidireccional del fútbol, no solo se realizan sprints en línea recta, sino rápidos COD y sprints con todas las trayectorias y distancias posibles (Chaouachi et al., 2012). Siendo uno de los objetivos principales, dar la mejor respuesta a los innumerables estímulos externos que se encuentran dentro de cada partido de fútbol (situaciones cambiantes y abiertas como: la trayectoria del balón, los movimientos de los adversarios y compañeros. Que la evidencia científica ha demostrado como factores altamente determinantes dentro del rendimiento en campo, recomendando trabajar este aspecto cognitivo tanto como los entrenamientos físicos, técnicos y tácticos (Roca et al., 2013).

Gracias a un análisis realizado por Bloomfield et al., (2007) en el que se estudió la variable tiempo-movimiento, se reveló que durante los partidos se realizan aproximadamente 100 giros de 90-180°. Lo cual nos da una idea de la importancia de los COD, aceleraciones y deceleraciones. Volviendo a recordar que es un deporte intermitente de acciones cortas de alta intensidad. Así como la importancia de estas acciones dentro del juego, sumando a estas los sprints, saltos y demás capacidades físicas presentes en este deporte.

La ejecución de estas numerosas acciones a alta intensidad requiere de la producción de altos porcentajes de fuerza de una rápida (Morgans et al., 2014). Por este motivo los jugadores y jugadoras de fútbol requieren de altos niveles de fuerza muscular, con el fin de lograr alcanzar la consecución de estas acciones de alta intensidad de manera repetitiva y con resultados exitosos, durante las situaciones de contacto (Beato et al., 2020).

Estas acciones, se están volviendo aún más importantes en los últimos años, debido al incremento en la distancia cubierta a alta intensidad y el total de sprints realizados por los jugadores (Bradley et al., 2016). Como resultado del elevado estado de forma, condición física y pico de rendimiento, que estos deportistas están llegando a alcanzar (dejando de lado la importancia de la técnica y táctica). Optimizar los métodos de entrenamiento y la programación induzcan estas adaptaciones, es, por tanto, el nuevo objetivo principal de los emergentes profesionales de la preparación y acondicionamiento físico. Tratando de alcanzar este pico máximo rendimiento de la manera más eficiente y eficaz, con el entrenamiento de fuerza (preparación física). Siempre y cuando se realice de manera simultánea, sin dejar de lado el entrenamiento aeróbico, recuperación y prevención de lesiones (Beato et al., 2020; Bradley et al., 2016; Altarriba-Bartes et al., 2021). Todo ello de manera sistemática, organizada, programada y periodizada de la manera más óptima posible.

Las acciones y capacidades mencionadas son decisivas tanto en el fútbol masculino como en el femenino (Altarriba-Bartes et al., 2021). Marcando la diferencia si comparamos a jugadores profesionales con semiprofesionales o amateurs. Siendo variables que diferencian el elitismo de los niveles inferiores, resultando en un rendimiento en competición mucho mayor (Sausaman et al., 2019; Mujika et al., 2009). El entrenamiento de fuerza, al igual que en hombres también tuvo como resultado la mejora del rendimiento físico en mujeres y en especial en el fútbol (Sommi et al., 2018; Pacholek & Zemková, 2020). Descubriéndose que la mejora de la fuerza y el fortalecimiento de las extremidades inferiores será el objetivo primordial para la consecución de la mejora de las capacidades anteriormente descritas (Styles et al., 2016; Pardos-Mainer et al., 2021). Ya que el tren inferior, es el medio principal por el cual se desarrolla y genera el movimiento en el fútbol (siempre teniendo en cuenta las sinergias y cadenas musculares, movimientos globales, coordinación...)

### 2.3 Importancia del Entrenamiento Basado en la Velocidad (VBT)

El entrenamiento basado en la velocidad (*Velocity based training*, VBT) es otro de los novedosos enfoques actuales, en el ámbito la preparación física y el trabajo de fuerza. Utiliza la velocidad de ejecución del propio movimiento de los ejercicios como métrica para ajustar y optimizar las cargas del entrenamiento (Andrade Ruiz, 2022). Ofrece una forma más dinámica y precisa de controlar el esfuerzo y la fatiga del deportista, en comparación con los métodos tradicionales de cuantificación o ajuste de cargas como por ejemplo el peso máximo levantado (RM).

El VBT está fundamentado en la relación inversa que existe entre la carga y la velocidad, donde a medida que la carga aumenta, la velocidad de ejecución disminuye, y viceversa. Permitiendo medir y manipular las cargas dentro de una sesión de manera objetiva y precisa, a través de la velocidad de ejecución del movimiento/ejercicio que se esté trabajando. Esto quiere decir que, con ayuda de este sistema, es posible ajustar en cada entrenamiento a tiempo real el porcentaje de carga con el que se quiera trabajar de forma precisa (Pareja-Blanco & Loturco, et al., 2021), sin tener que realizar todos los días un test máximo para hallar el 1RM en su defecto, o trabajar con porcentajes fijos que no son exactos del todo (González-Badillo & Sánchez-Medina et al., 2010). Mejorando la precisión en la prescripción de cargas, programación del entrenamiento, además de la posibilidad de proporcionar un feedback inmediato.

Como se acaba de mencionar, este método VBT trae consigo muchas ventajas en comparación con los métodos tradicionales tanto para el trabajo de fuerza, como en la capacidad para hallar el 1RM y los correspondientes porcentajes de cualquier deportista (Andrade Ruiz et al., 2022).

Teniendo la posibilidad las cargas de cualquier entrenamiento o ejercicio, al estado actual del atleta, es decir a sus factores extrínsecos e intrínsecos (i.e. fatiga, estrés, recuperación, descanso, alimentación, problemas familiares, personales, psicología y demás agentes disruptores tanto externos como internos). El rendimiento diario puede fluctuar significativamente a lo largo de este, por lo que con esta metodología se tiene la capacidad optimizar el estímulo de entrenamiento (Weakley et al., 2021). Ofreciéndonos en tiempo real las variables más importantes que se deben controlar durante un entrenamiento de fuerza: velocidad media (m/s), velocidad pico (m/s),

potencia media ( $W$ ), rango de movimiento (cm) y el RM estimado (Kg) (González-Badillo & Sánchez-Medina et al., 2010). Con ello todo especialista encargado será capaz monitorear estas variables en todo momento la ejecución del ejercicio, intensidad, rango de movimiento que se desea y el volumen del entrenamiento. Es decir, permite tener totalmente controlado cualquier entrenamiento de fuerza del deportista, siendo esto imprescindible en el alto rendimiento para poder realizar los entrenamientos de la manera óptima hacia la consecución de ese pico de forma deseado.

Al monitorear y controlar la velocidad de ejecución, y todas las variables mencionadas los entrenadores pueden identificar signos de fatiga tempranamente y ajustar el volumen o la intensidad del con el fin de prevenir posibles lesiones. Sánchez-Medina y González-Badillo et al., (2011) relacionaron la disminución o pérdida de velocidad de ejecución con un indicador fiable y válido de fatiga muscular. Lo cual, en jugadores y preparaciones profesionales, donde tienen un mayor volumen e intensidad, puede resultar en sobrecargas y posibles lesiones.

Todo ello es posible, gracias a la monitorización en tiempo real, que permite tener un feedback inmediato sobre el deportista con el que se está trabajando. No solo ayudando en la optimización y mejora de los entrenos, cargas o la prevención de lesiones, si no en una motivación externa donde tanto el deportista como el entrenador pueden ver en todo momento las variables intraserie, de la ejecución de cualquier ejercicio durante el entrenamiento. Haciendo más participe aun al deportista durante las sesiones de trabajo de fuerza (García-Ramos et al. ,2018). Siempre con la necesidad de una previa explicación al deportista, adquiriendo los conocimientos del funcionamiento, los principios del entrenamiento VBT, aplicación y dispositivo que se van a usar, objetivos... El feedback puede ser visual o acústico, por medio tanto de una aplicación o del especialista que se encargue de supervisarlos. Un feedback inmediato puede mejorar significativamente el rendimiento durante las sesiones de entrenamiento.

El VBT se basa en la utilización de dispositivos tecnológicos como acelerómetros, encoders lineales y plataformas de fuerza permiten medir la velocidad de ejecución con alta precisión. Son los encargados de proporcionar los datos (anteriormente explicados) de manera instantánea (Jovanović & Flanagan et al., 2014).

Los dispositivos con tecnología utilizados para trabajar bajo esta metodología pueden ser: acelerómetros, miden la aceleración de la carga mientras se encuentra en movimiento, proporcionando una estimación de esta (Balsalobre-Fernández et al., 2016); Encoders lineales, estos dispositivos miden la velocidad directamente mediante la longitud de un cable que se extiende y retrae con el movimiento de la carga que se está movilizand. El cable va desde el propio dispositivo hasta la carga donde se ancla o fija con diferentes mecanismos. Debido a esto tienen una alta precisión y fiabilidad (Cormie et al., 2007; Sánchez-Medina et al., 2013). Al no necesitar de ecuaciones que estimen la velocidad esta simplemente es la resultante de medir las diferentes posiciones del cable respecto al tiempo entre estas; Plataformas de fuerza, miden la fuerza y la velocidad con gran precisión, permitiendo un análisis detallado del rendimiento del atleta (Hori et al., 2009).

Para la realización del presente estudio se utilizará un dispositivo encoder lineal Vituve (**Vitruve encoder**, **Vitruve fit**, Madrid, Spain) y su aplicación móvil, para llevar a cabo este entrenamiento basado en la velocidad con dispositivo Flywheel. Se escogió este dispositivo debido a la disponibilidad por parte de la Universidad de Valladolid, además de ser el más fiable y válido para llevar a cabo un estudio como este. También su elección está justificada por la manejabilidad tanto del propio dispositivo como de su aplicación (muy accesible, intuitivo y fácil de usar).

El VBT permite monitorizar una serie de variables con las que actualmente surgen nuevas aplicabilidades del VBT en diferentes aspectos del entrenamiento. Como por ejemplo en la fuerza máxima, donde un estudio de Banyard et al. (2017) mostró que el trabajo VBT mejora el rendimiento en levantamientos máximos al poder ajustar las cargas basándose en la velocidad de las repeticiones previas. Siendo recomendable su implementación en los entrenamientos de fuerza, potencia y velocidad, aplicado en deportes que requieran de mucha explosividad (i.e. atletismo, futbol y deportes de equipo). Como resultado de su función en regulación de la intensidad a la que se mueve las cargas mediante la velocidad de ejecución, la obligatoriedad de aplicar la máxima velocidad en todas las ejecuciones y la capacidad de realizar una sobrecarga progresiva llevada de manera precisa. Relacionan directamente la velocidad de ejecución con la producción de potencia y la fuerza (Samozino et al. 2008; Pareja-Blanco et al. 2017). González-Badillo y Sánchez-Medina (2010) demostraron mejoras significativas en la adaptación

neuromuscular en comparación con los métodos tradicionales. Teniendo estudios que han demostrado mejoras con este sistema de entrenamiento dentro del fútbol.

Actualmente se está aplicando el VBT junto con el trabajo de fuerza basado en la pérdida de velocidad. Demostrando su gran efectividad para la mejora del rendimiento deportivo. Este método optimiza la adaptación neuromuscular y aumenta la fuerza y potencia al trabajar en distintos rangos de velocidad. Según González-Badillo y Sánchez-Medina (2010), una pérdida de velocidad del 20-40% durante las series mejora significativamente la fuerza y la potencia muscular. Pareja-Blanco et al. (2017) encontraron que una pérdida del 20% maximiza las ganancias en rendimiento explosivo y minimiza el riesgo de lesiones. Sánchez-Medina y González-Badillo et al., (2011) demostraron que pérdidas moderadas de velocidad (20-30%) son efectivas para mantener la calidad del entrenamiento y gestionar la fatiga, cruciales en la mejorar el rendimiento y prevenir lesiones a largo plazo. Es un trabajo con el que se intenta elevar la intensidad de cada serie, manteniendo estos niveles siempre por encima del umbral límite, impuesto por el especialista, en donde se le exige al deportista la necesidad de mover la carga a velocidad máxima en cada repetición. No se han encontrado aun muchos estudios que evidencien el trabajo con una pérdida del 5%, sin embargo, se han determinado resultados trabajando con ciertos rangos de velocidad (Pareja-Blanco et al., 2020). Así mismo, el estudio de Rodríguez-Rosell et al. (2017) mostró los efectos del entrenamiento de velocidad máxima con cargas ligeras utilizando Flywheel en jugadores de fútbol masculino, encontrando mejoras en la fuerza y la potencia explosiva. Concluyendo que el uso de cargas ligeras con ejecución a máxima velocidad puede ser una estrategia muy efectiva para la mejora del rendimiento en deportes que requieren alta velocidad y potencia.

A pesar de la importancia de este trabajo considerando las mejoras ya mencionadas, hasta la fecha, no hay evidencia científica que respalde un método de entrenamiento que combine Flywheel con VBT, así como de un porcentaje de pérdida de velocidad tan pequeño como el 5%. Lo cual será el objetivo principal del presente estudio, y siendo este uno de los pioneros en trabajar simultáneamente con estas dos novedosas metodologías. Más investigación será necesaria en este tipo de entrenamiento debido a la peculiaridad de su metodología, ya que, al ser tan demandante en niveles de intensidad, no podemos ofrecer resistencias muy altas o

porcentajes de pérdida de velocidad muy elevados. Con ello se tratará de demostrar si se encuentran resultados significativos aplicando este sistema de entrenamiento a jugadoras de fútbol, iniciando así una nueva línea de investigación necesaria tanto para aportar más datos y conocimientos válidos al entrenamiento basado en pérdida de velocidad, como al entrenamiento con Flywheel. En este último se aportarán resultados a cerca de los cambios que se observen con las inercias y metodología peculiar utilizada.

## 2.2 Importancia del entrenamiento de fuerza (trabajo excéntrico)

El entrenamiento excéntrico, se caracteriza por ser la fase, donde el músculo se encuentra en elongación, debido a la tensión mecánica que se está ejerciendo en contra de la dirección de contracción de sus fibras musculares. Acción donde el músculo se alarga mientras genera fuerza. El trabajo excéntrico, se ha demostrado que induce adaptaciones significativas en términos de fuerza, aumento en la sección transversal del músculo (hipertrofia), resistencia y velocidad de acortamiento de las fibras (Suchomel et al. 2019). Resultando en una mejora deseada en cuanto a niveles de producción de fuerza, potencia y capacidad de almacenamiento de energía en el ciclo estiramiento-acortamiento del músculo (CEA).

A demás de demostrarse su efectividad en la mejora de la fuerza y la potencia, se ha visto su gran utilización en la prevención de lesiones (LaStayo et al., 2014). Incluso Burgos-Jara et al. (2023), añade más beneficios e importancia a las acciones excéntricas, señalando que en esta fase el músculo actúa como un amortiguador de energía, absorbiendo y disipando las fuerzas mecánicas que se ejercen sobre él. Esto no solo protege las estructuras pasivas, sino que puede llegar a mejorar la capacidad del músculo para almacenar y reutilizar la energía elástica para los movimientos posteriores, creando por tanto una mejora en la optimización y eficiencia del ciclo de estiramiento-acortamiento (CEA). Esencial dentro del fútbol y desarrollo del rendimiento (Maroto-Izquierdo et al., 2017; Sabido et al., 2017).

Las contracciones excéntricas aprovechan, por tanto, una mayor eficiencia mecánica muscular, que las contracciones concéntricas (Hody et al., 2019; Zamparo et al., 2015) debido a la posibilidad de generar niveles de fuerza mucho más elevados con menos producción o requerimiento de energía. En segundo lugar, las adaptaciones producidas por un trabajo excéntrico se producen en el plano

neuromuscular: reclutamiento selectivo de unidades motoras de orden superior, mejora en la sincronización de las unidades motoras y mayor frecuencia de descarga de las unidades motoras (Hody et al., 2019). Claves para el desarrollo de fuerza y potencia (Douglas et al., 2017). Otros beneficios derivados son: una mayor regulación preferencial de la actividad de las células satélite y de las vías de transcripción en las fibras musculares de contracción rápida, aumento de la síntesis de proteínas (Cermak et al., 2013; Moore et al., 2005).

Las contracciones excéntricas, no solo permiten una mayor eficiencia de trabajo (mayores salidas de fuerza y menor gasto de energía en comparación con las contracciones musculares isométricas y concéntricas), sino que también requieren la activación de un menor número de unidades motoras para generar la misma cantidad de fuerza durante un ejercicio submáximo, si bien también se ha demostrado que ante ejercicios máximos y submáximos ofrece una mayor adaptación en el reclutamiento de unidades motoras (De Hoyo et al., 2016). La exposición simultánea a la generación de fuerza y al estiramiento musculotendinoso experimentada durante el entrenamiento Flywheel se beneficia de estas peculiaridades fisiológicas y mecánicas mencionadas del entrenamiento excéntrico, optimizando las adaptaciones crónicas relacionadas con la fuerza y la hipertrofia (Raya-González et al., 2020; Gual et al., 2016).

Inicialmente, el entrenamiento de sobrecarga excéntrica (*Eccentric Overload Training*, EOT) se utilizó como un método útil para reducir el número de lesiones en los jugadores de fútbol (Askling et al., 2003; de Hoyo et al., 2016). Sin embargo, hoy en día, la mayoría de los trabajos de investigación se centran en los efectos positivos de este tipo de entrenamiento, con el fin de mejorar las variables de cambio de dirección (COD) en los jugadores de fútbol, como se ha demostrado en diferentes investigaciones (Beato et al., 2019; de Hoyo et al., 2016; Tous-Fajardo et al., 2016). Un ejemplo de esto es el descubrimiento de nuevos métodos y sistemas de entrenamiento que han conseguido generar este trabajo con sobrecarga excéntrica (Muñoz-López et al., 2021). Como por ejemplo el entrenamiento con dispositivos de volante de inercia o Flywheel, el cual tras su reciente descubrimiento ha ganado popularidad debido al alto grado de implicación de la fuerza excéntrica con sobrecarga (Muñoz-López et al., 2021), gracias a un trabajo en la fase de desaceleración, el cual sirve de base para potenciar las adaptaciones mencionadas,

los niveles fuerza, potencia explosiva y de re-aceleración presentes en todo COD, aceleración y deceleración (de Hoyo et al., 2016).

## 2.4 La metodología del entrenamiento con dispositivos inerciales (Flywheel)

El entrenamiento con Flywheel se diferencia de los métodos tradicionales por utilizar un sistema no dependiente de la gravedad o inercia para crear resistencia, ofreciendo una resistencia ilimitada a lo largo de todo el rango de movimiento, es decir tanto en la fase excéntrica como la concéntrica. Resultando en una mayor activación muscular durante la fase excéntrica del movimiento (Raya-González et al., 2020). Se ha implementado actualmente en multitud de modalidades deportivas y obteniendo resultados positivos en los factores mencionados anteriormente (Norrbrand et al., 2010; Sabido et al., 2017). Como por ejemplo resultados en la mejora en la potencia en tanto en fase excéntrica como concéntrica (Piqueras-Sanchiz et al., 2020). Esto se debe a que permite tener un control preciso sobre la carga de la fase excéntrica (Maroto-Izquierdo et al., 2017). Por lo cual también se puede ajustar la resistencia de forma variable en ambas fases, pero especialmente en la excéntrica (Tesch et al., 2004; Norrbrand et al., 2010). Esta sobrecarga excéntrica se consigue con una pequeña ventaja mecánica, que consiste en retrasar la fase de frenado. Con ello conseguimos que al retrasar el punto donde se empieza a producir fuerza con el objetivo de frenar el sistema inercial para pararlo, conseguimos aumentar esta carga ya que estamos obligando a acortar la fase de frenado y por tanto concentrando las fuerzas (Sabido et al., 2017). Aun obteniendo resultados significativamente altos (Arsenis et al., 2021; De Hoyo et al., 2015; Nuñez & Sáez de Villarreal, 2017; Raya-González & Castillo et al., 2020), no es posible afirmar si existe una diferencia entre estas modalidades de entrenamiento comparándolo con los métodos tradicionales, por tanto, se sugiere combinar ambos métodos hasta que estudios posteriores consigan dar luz a esto, si bien es verdad que los entrenamientos Flywheel se han determinado como más óptimos en cuanto a eficacia (Raya-González et al., 2022).

## 2.5 Aplicaciones del entrenamiento Flywheel en el fútbol

Dentro del ámbito del fútbol, el entrenamiento con Flywheel ha demostrado ser altamente efectivo. Multitud de estudios han presentado resultados muy exitosos a cerca de este nuevo sistema de entrenamiento. Algunas investigaciones han visto efectos en la mejora del COD y el equilibrio, concluyendo en mejoras significativas en la estabilidad y la agilidad de los jugadores. Afirmando así, la validez de este método de entrenamiento. Hay estudios que, si demostraron mejoras significativas en fuerza y potencia muscular, comparando este método con el sistema tradicional de pesos libres (Tesch et al. 2004), pero falta más evidencia aún. Maroto-Izquierdo et al. (2017) destacan los beneficios del entrenamiento excéntrico, mejorando el rendimiento funcional y la prevención de lesiones.

Allen et al., (2023) realizó una revisión de los 11 artículos más importantes que juntaban entrenamiento con sistema Flywheel y futbol. Concluyendo en que la evidencia general sugiere la implementación para la mejora eficaz de fuerza y la potencia, prevención de lesiones y obtener adaptaciones fisiológicas favorables (Beato et al., 2020), además de imitar las demandas de alta intensidad del fútbol (Turner & Stewart et al., 2014)

Capacidad de Salto: se vieron mejoras muy grandes y fiables en la capacidad de salto en jugadores de futbol. Reportando mejoras en el SJ y CMJ, que fueron resultado de una mejora el CEA, con ello la energía elástico-explosiva y el aprovechamiento de esta.

Velocidad de Sprint: se reportaron mejoras significativas en la velocidad en sprints mixtos, con mejoras pequeñas y moderadas en velocidad máximas, así como en sprints cortos de 10 a 30 m. estos resultados son muy variados y están influenciados por el tipo de prueba y metodología usada en el entrenamiento.

Cambio de Dirección (COD): se reportaron mejoras significativas en la prueba de COD por una mejora en el tiempo de frenado y la fuerza aplicada en este, así como en el tiempo y fuerza de aceleración que como en el sprint, los resultados podían estar influenciados por varios factores.

La familiarización y la técnica son esenciales para maximizar los beneficios del entrenamiento con volante de inercia Allen et al., (2023).

## Efectos del entrenamiento con Flywheel en la fuerza y potencia muscular

Tesch et al. (2004) realizaron uno de los estudios pioneros en el uso del entrenamiento con Flywheel, demostrando que 5 semanas de entrenamiento con Flywheel resultaron en una significativa hipertrofia muscular y aumentos en la fuerza en sujetos entrenados. Varios autores incluidos en la revisión destacaron que el entrenamiento con Flywheel permite una mayor activación muscular durante las fases excéntricas del ejercicio, lo que se traduce en mejoras significativas en la fuerza y la potencia.

Allen et al., (2023) sugiere que el entrenamiento Flywheel para la mejora de la fuerza en los jugadores de fútbol adultos masculinos. Protocolos con menor volumen y frecuencia son más atractivos por no tener tanta dificultad a la hora de implementarlos de manera práctica. Mejoras en la fuerza tanto concéntrica y excéntrica en el flexor de la rodilla (Askling et al., 2003; Coratella et al., 2019). Se mejoró la fuerza máxima en la sentadilla y el 1RM, aunque el entrenamiento tradicional de pesas presentó resultados más efectivos. Así como grandes mejoras a niveles generales de fuerza máxima, potencia en las extremidades inferiores, mejoras en la velocidad con las cargas en los dispositivos inerciales, en donde también se vio que esto está influenciado por la activación neural máxima y la capacidad de recuperación de cada deportista y que los jugadores mejor entrenados responden de una manera más positiva (Petré et al., 2018). También se vieron estudios con mejora de la potencia en la ½ sentadilla y la zancada delantera (Nuñez Sanchez & Sáez De Villarreal et al., 2017; Suarez-Arrones et al., 2018).

## Prevención de lesiones y mejoras en la capacidad funcional

El fútbol es un deporte intermitente de alta intensidad donde se realizan esfuerzos repetitivos de sprint, salto, aceleraciones, deceleraciones, COD... donde los músculos encargados de realizar estas acciones, sobre todo isquiotibiales y cuádriceps, se lesionan frecuentemente. Comúnmente, una lesión en el cuádriceps es producida por una hiperextensión se produce cuando se alcanza la longitud máxima del recto femoral. En el isquiotibial suelen aparecer cuando los isquiotibiales están estirados de manera rápida. Es decir, ambas lesiones ocurren principalmente durante las contracciones excéntricas.

Son muchos factores de riesgo asociados a las lesiones más frecuentes del fútbol. Sin embargo, la deficiencia de fuerza muscular se ha propuesto como el principal factor de riesgo.

El entrenamiento con Flywheel se ha demostrado que es altamente efectivo en la rehabilitación de lesiones, así como medio para la mejora de la estabilidad articular (LaStayo et al., 2003). Otro estudio del mismo autor (LaStayo et al. 2014) hizo una revisión sistemática en la que destacó el papel del entrenamiento excéntrico en la prevención de lesiones, además de en la rehabilitación de estas (de Keijzer et al., 2022). Como resultado de no solo mejorar a nivel de fuerza y la potencia muscular, sino que también contribuye a la adaptación y fortalecimiento de los tejidos conectivos, reduciendo así el riesgo de lesiones en atletas. Con este método de entrenamiento el objetivo es mitigar el riesgo de lesiones musculoesqueléticas no relacionadas con el contacto (Hawkins et al., 2001; Lehance et al., 2008; Timmins et al., 2016).

Diferentes autores han informado una tasa de 7 a 8 lesiones por cada 1000 horas de práctica, siendo esta la razón principal de indisponibilidad en competición. Las distensiones musculares (37%) son el tipo principal de lesión del tren inferior. Ekstrand et al. Siendo la zona más común la musculatura del muslo, el 17% del total de lesiones, con una mayor incidencia en los isquiotibiales (12% del total de distensiones del muslo) en comparación con los cuádriceps (5% del total).

## 2.6 Entrenamiento Flywheel en mujeres

El entrenamiento Flywheel ha sido menos aplicado en población femenina si bien sería interesante estudiar los efectos de este tipo de entrenamiento atendiendo a las razones anteriormente citadas. De este modo, debido a la inexistencia actual de estudios, no se puede afirmar de forma rotunda la efectividad de este método de entrenamiento en féminas, haciendo falta más estudios en amplias muestras de población femenina para contrastar estos datos y conclusiones fiables. Raya-González et al., (2022) muestra el escaso volumen de literatura relacionado con estudios de entrenamiento con rueda inercial en poblaciones femeninas, obviando las diferencias (entre sujetos masculinos y femeninos), referidos a aptitud física, niveles hormonales, biomecánicos... y respuestas a entrenamientos de fuerza, afirmando la necesidad de análisis más profundos en el futuro en programas de

resistencia tradicionales y de rueda inercial entre sexos (Raya-González et al., 2022). Los estudios existentes hasta la fecha que compararon los resultados entre sexos de un entrenamiento inercial no reportaron diferencias entre sexos (hombres vs. mujeres) en los parámetros de hipertrofia (Fernández-Gonzalo et al. 2014).

Dado que los estudios previos sobre este tema son escasos, no es posible establecer conclusiones robustas (Raya-González et al., 2022), por lo que son necesarios futuros estudios para aumentar el conocimiento sobre el tema en población femenina. Además, se necesita más investigación para establecer la dosis-respuesta adecuada según las diferencias de sexo. Finalmente, la evidencia actual en parámetros de rendimiento físico en este ámbito de estudio es totalmente inexistente.

### 3. Objetivos e Hipótesis

El principal objetivo de este trabajo fue analizar los efectos de un programa de entrenamiento basado en la velocidad usando la metodología Flywheel sobre el rendimiento físico de jugadoras de fútbol.

Como hipótesis principal se desprende que el programa de entrenamiento con Flywheel incrementará significativamente el rendimiento físico de las jugadoras del grupo experimental en comparación con las del grupo control.

A continuación, se presentan los objetivos específicos que se pretenden alcanzar en el presente trabajo, incluyendo tras ellos cada una de sus hipótesis específicas. Dando una visión más específica y detallada de que es lo que se pretende conseguir tras finalizar, registrar y analizar los datos obtenidos tras realizar este programa de entrenamiento con Flywheel.

Objetivo específico 1. Determinar la eficacia del entrenamiento con Flywheel respecto del sistema de entrenamiento de fuerza convencional en la mejora de la fuerza y potencia.

- Hipótesis 1: El programa de entrenamiento con Flywheel mejorará significativamente, con mayor eficacia y eficiencia la fuerza y potencia dentro del grupo experimental.

Objetivo específico 2. Determinar el impacto de la implementación del entrenamiento *Velocity Based Training* (VBT) dentro del programa de entrenamiento con Flywheel, acotando el trabajo de cada serie con un 5% de pérdida de la velocidad.

- Hipótesis 2: La metodología de entrenamiento con VBT con un 5% de pérdida de velocidad mostrará una mejora significativa en la fuerza y rendimiento de las jugadoras del grupo experimental con respecto del grupo control.

Objetivo específico 3. Examinar los efectos del entrenamiento con Flywheel sobre la capacidad de salto, analizando tanto el CMJ bilateral como en el CMJ unilateral

- Hipótesis 3: el entrenamiento con Flywheel mejorará de manera muy significativa la capacidad de salto (aumentando la distancia vertical de vuelo de ambos CMJ bilateral y unilateral), de las jugadoras del grupo experimental comparadas con las del grupo control. Así como mejorar de forma intragrupal (dentro de cada jugadora del grupo experimental).

Objetivo específico 4. Analizar los efectos del entrenamiento con Flywheel sobre la capacidad de aceleración y velocidad de las jugadoras, analizando el Sprint de 30m.

- Hipótesis 4: el entrenamiento con Flywheel mejorará de manera muy significativa la capacidad de aceleración y velocidad, de las jugadoras del grupo experimental comparadas con las del grupo control. Así como mejorar de forma intragrupal (dentro de cada jugadora del grupo experimental).

Objetivo específico 5. Examinar los efectos del entrenamiento con Flywheel en la capacidad de COD (cambio de dirección).

- Hipótesis 5: el entrenamiento con Flywheel mejorará de manera significativa la capacidad cambio de dirección (COD) en las jugadoras que realicen el programa de intervención.

Objetivo específico 6. Determinar el impacto/progresión del trabajo con Flywheel en la velocidad de ejecución y pico de las sentadillas en jugadoras de fútbol femenino.

- Hipótesis 6: El programa de entrenamiento Flywheel mejorará la velocidad de ejecución y la velocidad máxima de las sentadillas del grupo experimental debido tanto al aumento de fuerza como a la adaptación al ejercicio y al trabajo con Flywheel.

Objetivo específico 7. Evaluar las diferencias de la percepción del esfuerzo (RPE) del grupo experimental a lo largo del programa de intervención.

- Hipótesis 7: Las jugadoras mostrarán una mayor agudeza de la percepción del esfuerzo (RPE) siendo esta más favorable, al comparar las primeras sesiones con las últimas.

Objetivo específico 8. Registrar y analizar el número de repeticiones por serie realizadas por las jugadoras en cada sesión del programa de entrenamiento.

- Hipótesis 8: El número de repeticiones realizadas por las jugadoras del grupo experimental aumentará progresivamente a lo largo de las seis semanas de intervención.



## 4. Método

### 4.1 Diseño experimental

En el siguiente estudio se llevó a cabo un diseño de ensayo controlado aleatorizado, realizado en jóvenes futbolistas de la categoría 1ª Regional Femenina. Con el objetivo de ver cuáles son los efectos de una intervención basada en un programa de entrenamiento, donde se utiliza el método de entrenamiento inercial (i.e., Flywheel), junto con el que, como novedad de la literatura científica acerca de este método, se incluyó el trabajo basado en el VBT. El programa Flywheel tuvo una duración de 6 semanas (compuesta por 2 sesiones semanales). Tanto la semana previa como la posterior del programa de entrenamiento, se evaluó la condición física con una batería de pruebas. Es decir, la duración total de la intervención fue de 8 semanas. Las pruebas fueron elegidos específicamente para evaluar con rigurosidad los aspectos del rendimiento que se deseaban, fiables y respaldados por la literatura científica existente. La batería de pruebas fue dividida en 2 grupos; saltos y test de campo (sprint y COD), realizados en el mismo día, pero en 2 escenarios diferentes.

La evaluación del rendimiento físico de las jugadoras se llevó a cabo los jueves de la semana previa (también la de familiarización) y posterior al programa Flywheel, con la justificación de haber jugado el partido de fin de semana y dejar a las jugadoras recuperar de una manera completa, debido a que el entreno del martes no influía en esta recuperación, si no al revés, el jueves se consideró como el mejor día para la realización de las pruebas. Realizándose en una única sesión de prueba siguiendo este orden: CMJ, esprint lineal y pruebas de COD para minimizar la acumulación de fatiga (Raya-González et al., 2020).

En primer lugar, se llevaron a cabo las pruebas de salto (CMJ, CMJ dcha y CMJ izqda). Seguido a las pruebas de laboratorio, por tanto, se realizaron las pruebas restantes (sprint 30m y COD) en el propio campo justo antes del entrenamiento. Destacar, que antes de empezar con la evaluación de los saltos y los sprints se realizó un calentamiento diseñado específicamente para cada grupo de test, su activación y el respectivo protocolo de cada prueba. Este mismo protocolo se realizó tanto para la evaluación pre y post del rendimiento, una semana antes del inicio y una después del final del programa Flywheel.

Tanto las sesiones del programa como los test fueron realizados martes y jueves en un horario de 18 a 21 horas, siempre previo a los entrenamientos y horarios que el equipo tenía durante la temporada. Todo ello fue supervisado siempre por el encargado del estudio, estudiante de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte (CAFYD), como futuro especialista en el trabajo de fuerza y acondicionamiento físico. Encargándose del control y realización de la batería de los test, la motivación de las participantes, así como de llevar a cabo el programa de entrenamiento de manera segura, presencial y controlado en todo momento que se cumpliera con la metodología que se había diseñado previamente a la realización de la intervención. Las participantes no fueron obligadas a cumplir ninguna norma a cerca de la ingesta previa a la intervención, así como del consumo de cafeína. La única norma fue el cumplimiento de las 48 horas de descanso entre sesión y sesión semanal, si bien se pudo realizar alguna excepción en los días de entrenamiento de alguna de las jugadoras (realizándolo lunes y miércoles).

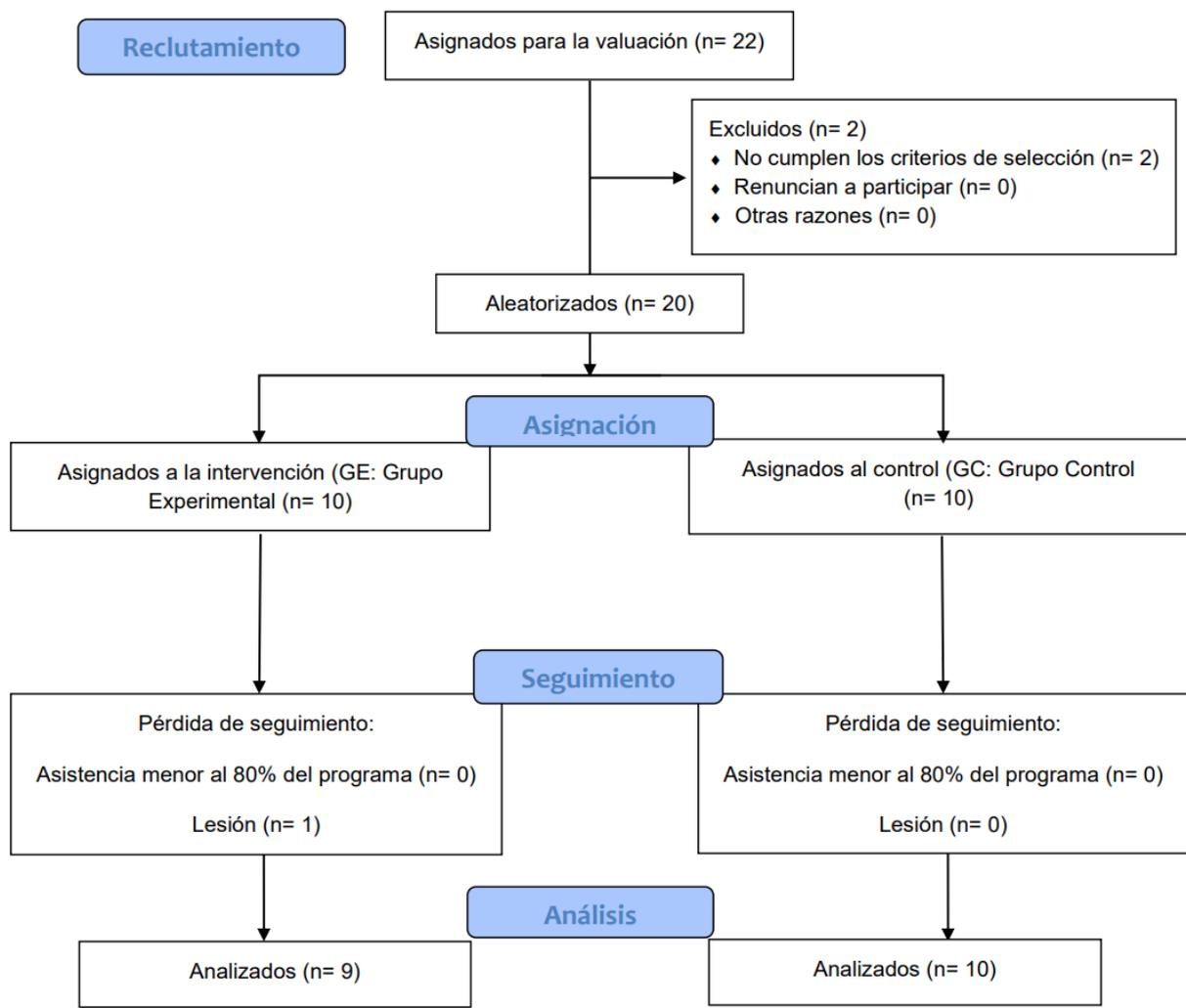
## 4.2 Participantes

En este trabajo participaron todas las jugadoras de la plantilla del Primer equipo del C.D. San José Femenino, tras haber concretado y presentado el programa de intervención al equipo y respectivos directivos. Equipo que actualmente milita en la 1ª Regional Femenina (Liga GONALPI) de la RFCYLF, con posibilidades del ascenso tras el cierre de esta temporada 23/24 a una liga superior. Veinte futbolistas de semiprofesionales fueron en primera instancia las que iniciaron su participación en el estudio. Las participantes tenían una media edad  $27 \pm 7$  años, un peso medio de  $65,2 \pm 17,5$  Kg y una altura media de  $1,66 \pm 0,14$  m. Fueron incluidas en el programa las jugadoras que, pertenecían al Primer equipo del C.D. San José Femenino, participaron en al menos el 80% de las sesiones del programa entrenamiento durante el período de 6 semanas (contando con las 2 semanas previas y posteriores, que englobaban la respectiva familiarización, así como de la batería de test para la evaluación de los factores de rendimiento) y no estaban lesionadas en la semana de inicio o las 2 semanas previas al inicio de la intervención. Además, no se incluyeron las porteras en el estudio debido a las

características especiales de su entrenamiento, acciones y papel durante el juego, ya que requieren de otros factores diferentes a los deseados.

Las participantes fueron asignadas aleatoriamente (a ciego simple; <http://www.randomizer.org/>) ya sea al grupo experimental (GE, n = 9) o al grupo de control (GC, n = 10). Finalmente, se incluyeron 19 jugadoras para llevar a cabo el programa de intervención Flywheel, debido a la lesión de una jugadora la semana posterior al inicio del programa. Todas las participantes fueron reunidas dos semanas antes del inicio del programa para ser informadas de la metodología, procedimiento de la intervención, aspectos más importantes de la seguridad de este, posibles riesgos, beneficios y objetivos que se pretendían alcanzar con el presente programa de entrenamiento Flywheel. Antes de firmar su consentimiento por escrito, así como se acordó con ellas los horarios y días de entrenamiento. (*Anexo 5*)

El estudio se realizó de acuerdo con la Declaración de Helsinki y fue aprobado por el Comité de Ética del Área de Salud Valladolid Este (Código: PI 22-2793 NO HCUV).



**Figura 1.** Diagrama de flujo CONSORT del progreso a través de las fases de un ensayo clínico aleatorizado paralelo de dos grupos (esto es, reclutamiento, asignación de la intervención, seguimiento y análisis)

### 4.3 Procedimiento

El programa de intervención de entrenamiento con Flywheel tuvo una duración total de 8 semanas (desde el 29 de febrero al 15 de abril). Aclarar, que el programa en sí solo tuvo una duración de 6 semanas a las que debemos sumar la semana previa de familiarización y donde se realizó la primera batería de test de condición física; Así como la semana posterior a la última semana de intervención en la que se realizó la batería final de test de condición física. Las jugadoras realizaron su rutina de entrenamiento semanal regular de temporada, con el GE incluyendo el entrenamiento de sentadilla con rueda inercial (dos sesiones por semana). Con el fin de tener un enfoque más ecológico, como se ha introducido antes, la sesión de entrenamiento de fuerza se colocó martes y jueves respectivamente previo a los entrenamientos de campo de esos días para respetar la calidad del descanso de cada jugadora del GE, de acuerdo con las rutinas programadas habituales de los entrenadores (Coratella et al., 2019). Ya que el presente programa por la metodología y carga empleada sirve de activación al entrenamiento posterior. El programa semanal de entrenamientos de campo (es decir, microciclo) fue planificado por el entrenador y consistió en 3 sesiones de entrenamiento programados martes, jueves y viernes en un horario de 20 a 22 horas y un partido oficial (sábado o domingo dependiendo del periodo de competición. El equipo no ha contado nunca con un preparador físico, especialista en fuerza o acondicionamiento, por lo que en ningún momento de la temporada se realizó ninguna sesión de fuerza o preparación física adaptada al fútbol, por lo que debemos destacar que ninguna de las jugadoras, excepto 2 (una dentro del GE y otra que tuvo que ser excluida del programa por lesión), estaba familiarizada con el entrenamiento de fuerza, pesos libres, funcional y mucho menos con un método inercial.

Las participantes no estaban familiarizadas con la mayoría de los test de nuestra batería de rendimiento debido a que durante su rutina de entrenamientos o temporada dentro del club no se realiza ninguna evaluación ni previa ni posterior.

Lo más importante a destacar en este estudio es que ninguna de las jugadoras estaba familiarizada ni realizaban trabajo de fuerza (Silva et al., 2015; Nuñez et al., 2022; Christou et al., 2006), debido a que en el equipo no se disponía de ningún preparador físico a demás de no incluir en ningún momento de la temporada

ninguna sesión de trabajo de fuerza, acondicionamiento físico, fuerza específica, trabajo de pesas... Por tanto, el equipo no disponía de una preparación física específica como tal, simplemente los entrenamientos de campo. A excepción de 2 jugadoras que, sí que habían realizado o se encontraban realizando trabajo de fuerza externamente al club y los entrenamientos oficiales, bien por su propia cuenta o en otras disciplinas que realizaban.

Ninguna de las jugadoras había realizado trabajo inercial ni había oído hablar de este. A excepción de las chicas que realizaban trabajo de fuerza por su cuenta y de 2 alumnas del grado de CAFYD, las cuales, si sabían en lo que consistía, pero no la habían ejecutado nunca. Por tanto, las jugadoras no estaban completamente familiarizadas con el dispositivo de rueda inercial y la técnica de ejercicio. Por este motivo es necesaria una fase de familiarización previa al inicio del programa, aunque no está descrito cuantas sesiones son las ideales, si esta descrito la importancia en los resultados finales a la hora de llevar a cabo un programa de entrenamiento con Flywheel (de Keijzer et al., 2022; Raya-González et al., 2022). Esta familiarización se hizo de forma simultánea a la evaluación física inicial, que las jugadoras aprendieron y desarrollaron las habilidades necesarias para realizar un trabajo de movilidad, calentamiento y trabajo de sentadilla con buena técnica, así como seguro. A demás de integrar el funcionamiento y ejecución del trabajo con Flywheel.

#### 4.4 Pruebas de rendimiento físico

La evaluación del rendimiento físico de los jugadores se llevó a cabo en una única sesión de prueba siguiendo este orden: CMJ, CMJ unilateral (izqda. y dcha.), sprint lineal de 30m y prueba de COD (T-Test) para minimizar la acumulación de fatiga (Raya-González et al., 2020). Antes de cada sesión de prueba, se realizó un calentamiento adaptado al tiempo y a cada uno de los 2 grupos de factores de rendimiento que se dividieron para analizar (salto y sprint + COD). Siempre atendiendo en primera instancia a elevar la actividad tanto muscular como cerebral, lubricación de las articulaciones y puesta a punto de las capacidades físicas que se requerían. El calentamiento para las pruebas de salto en laboratorio tenía una duración de 10 minutos, que consistió en 5 minutos de movilidad articular y locomoción pausada, seguidos de 10 minutos de movilidad articular dinámica,

imitativos de repeticiones de sentadilla completa 1/3 y 1/4 (ejercicios de 3 extensión), movilidad de cadera, compactaciones, movilidad de columna, balísticos y acciones de salto progresiva a modo de activación en último lugar, terminando con 3 repeticiones en el sitio de cada uno de los saltos (bilateral y unilateral).

Para el calentamiento para las pruebas de sprint y COD (ya en campo) se realizó una secuencia que duraba 20 minutos y consistía en: 5 minutos de trote suave y locomoción pausada, seguidos de 10 minutos de calentamiento específico de fútbol sin balón (llevado por su entrenador), para posteriormente realizar 5 minutos de saltos y acciones de aceleración progresiva y esprint en distancias de 10 y 30 metros.

Las pruebas de salto (CMJ) en un laboratorio de estudio (laboratorio C8 del edificio de I+D+I del Campus de Soria), mientras que la capacidad de sprint y COD se evaluó en el campo de césped artificial donde el equipo realizaba sus sesiones de entrenamiento habituales, destacar que las jugadoras llevaban sus propias botas de fútbol.

#### 4.4.1 Salto con contramovimiento bilateral (CMJ bilateral)

El rendimiento del salto vertical se evaluó con el CMJ. El CMJ es una medida comúnmente utilizada para evaluar la potencia de salto y la capacidad explosiva de los atletas, siendo relevante para el análisis de la fuerza y el rendimiento en deportes como el fútbol (De Keijzer et al., 2020; Rodriguez-Rosell et al., 2017). La prueba iniciaba en posición estática de pie, erguidas, con una extensión completa de rodilla, manos en las caderas, centrados en la plataforma y con una anchura de pies cómoda para ellas. En esta prueba de salto se pide que las participantes mantuvieran las manos en las caderas en la ejecución del salto para así eliminar cualquier posible influencia del trabajo de los brazos en el resultado. Los sujetos luego realizaban la fase excéntrica de la sentadilla hasta una profundidad deseada o cómoda para ellas mismas antes de iniciar la fase concéntrica aplicando la máxima fuerza y potencia en la misma. Se les dio el objetivo de saltar lo más alto posible y se proporcionó motivación verbal a cada sujeto antes de cada intento y su posterior feedback. Cada participante realizó 3 intentos máximos con una recuperación pasiva de 1 minuto entre cada intento. Se midieron todos ellos y se registró el mejor

de todos ellos para la realización del estudio posterior. La altura de cada salto (cm) se evaluó con el aparato Optojump (Optojump Next, Microgate, Bolzano, Italia) (Rago et al., 2018).

#### 4.4.2 Salto con contramovimiento unilateral (CMJ dcha y CMJ izqda)

Con la misma dinámica que para el CMJ bilateral, pero con alguna pequeña modificación. La prueba iniciaba en posición estática de forma unilateral, erguida, con una extensión completa de rodilla de la pierna de apoyo, manos en las caderas, centrados en la plataforma y con una posición de base la pierna de apoyo cómoda para ellas. La pierna libre debía estar extendida en paralelo a la pierna de apoyo hasta la altura de la rodilla en donde esta debería formar un ángulo de 90° de rodilla. Se les indicó que realizaran un movimiento descendente seguido de una extensión completa y explosiva de las extremidades inferiores, manteniendo las manos en las caderas (Sáez de Villarreal et al., 2015). Las jugadoras realizaron 3 saltos máximos unilaterales con cada pierna (CMJ dcha y CMJ izqda), separados por 45 segundos de recuperación pasiva (Raya-González et al., 2020). Al ejecutar el salto la rodilla de la pierna libre no podía sobrepasar la línea imaginaria perpendicular al suelo, debiéndose mantener esta en todo momento perpendicular al suelo sin realizar ningún tipo de flexión de cadera. Se utilizó un sistema de fotocélulas (Optojump, Microgate™, Bolzano, Italia) para medir la altura del salto (cm) calculada como:  $h = gt^2/8$  (h, altura, cm; g, aceleración debido a la gravedad, 9.81 m·s<sup>-2</sup>; t, tiempo de vuelo del salto, s). El salto más alto (cm) con cada pierna se utilizó para el análisis posterior.

#### 4.4.3 Prueba de sprint lineal 30m

Tras el calentamiento específico de las pruebas de campo se procedió a realizar el sprint, como test para medir esta capacidad clave en el fútbol, siguiendo las pautas de estudios anteriores para una mayor fiabilidad de los resultados (Altmann et al., 2019; Simperingham et al., 2016). las jugadoras completaron 2 sprints máximos de 30 m intercalados con 3 minutos de descanso de descanso pasivo de pie. La posición inicial se realizó de parado sobre una línea situada a 50 cm por detrás de la 1ª fotocélula (puerta de cronometraje), con el fin de no alterar con un posible corte

antes de la salida el inicio de cronometraje, eliminando así el problema. Se eliminó el tiempo de reacción dando a las jugadoras la instrucción de que iniciasen la prueba cuando ellas estuviesen listas. No se dieron pautas de la colocación corporal inicial, simplemente que fuese una salida a 2 apoyos (sin utilización de brazos apoyados en el suelo).

Se utilizaron cuatro pares de fotocélulas (Microgate™ Polifemo, Bolzano, Italia) para registrar el tiempo del sprint a 5 (SPR5), 10 (SPR10) y 30 m (SPR30). Se tomaron ambos tiempos considerando únicamente el tiempo más rápido, para su análisis posterior.

#### 4.4.4 Test de cambio de dirección (COD)

Para el presente estudio se incluyó como última prueba el T-test para evaluar la capacidad de cambio de dirección (COD) de las jugadoras. La elección del T-test se basó en su validación, fiabilidad y uso generalizado para evaluar movimientos multidireccionales que son representativos de los patrones de movimiento en las disciplinas deportivas que requieren movimientos laterales, cambios de dirección y de adelante hacia atrás. Además, la prueba es sencilla de administrar y está bien respaldada por la literatura científica (Pauole et al., 2000; Sassi et al., 2009).

El procedimiento del T-test fue el siguiente: se colocaron cuatro conos en forma de T a partir de una línea perpendicular que marcaba el punto de salida para la prueba: (imagen de la prueba, *Anexo 1*) (Hernández et al., 2019).

- Cono A (línea de campo): Punto de inicio.
- Cono B: 10 yardas (9.14 metros) directamente adelante de Cono A.
- Cono C: 5 yardas (4.57 metros) a la izquierda de Cono B.
- Cono D: 5 yardas (4.57 metros) a la derecha de Cono B.

Las participantes comenzaban en el cono A, debían correr en línea recta hasta tocar con la mano el cono B, desde el cono B, se desplazaban lateralmente hacia el cono C tocando este con la mano, para cambiar de dirección y desplazarse de nuevo lateralmente hasta tocar con la mano el cono D. Tras esto se desplazaban de nuevo

lateralmente hasta el cono B, para tocarlo y salir con desplazamiento libre (Castillo et al., 2016) de nuevo hacia el inicio de la prueba, sobrepasando el cono A.

Se les indicó a las jugadoras que deben realizar la prueba lo más rápido posible, manteniendo la técnica adecuada durante los desplazamientos laterales y las carreras hacia adelante y hacia atrás, así como la norma obligatoria de tocar todos los conos para finalizar sus desplazamientos (excepto el cono A). como siempre se realizaron indicaciones verbales y motivó antes de cada intento para asegurar el máximo rendimiento. La posición inicial se realizó de parado sobre una línea situada a 50 cm por detrás de la 1º fotocélula (puerta de cronometraje), con el fin de no alterar con un posible corte antes de la salida el inicio de cronometraje, eliminando así el problema. Se eliminó el tiempo de reacción dando a las jugadoras la instrucción de iniciar la prueba cuando ellas estuviesen listas. No se dieron pautas de la colocación corporal inicial, simplemente que fuese una salida a 2 apoyos (sin utilización de brazos apoyados en el suelo).

Cada participante realizó 2 intentos con recuperación pasiva de 3 minutos. Se utilizaron un par de fotocélulas (Microgate™ Polifemo, Bolzano, Italia) para registrar el tiempo total que tardaba cada jugadora en completar el recorrido. Se tomaron ambos tiempos considerando únicamente el tiempo más rápido, para su análisis posterior.

## 4.5 Programa de intervención con Flywheel

La intervención que se realizó a las jugadoras de fútbol pertenecientes al Grupo Experimental (GE), consistió en la realización de un programa de entrenamiento de 6 semanas, utilizando el dispositivo de rueda inercial, Flywheel (K-Box 4, Exxentric™, Estocolmo, Suecia), junto con un dispositivo encoder lineal para el trabajo de VBT. Se realizaron 2 sesiones por semana, es decir, el programa tenía una duración total de 12 sesiones (Raya-González et al., 2022; Allen et al., 2023). sin contar con la semana pre y post utilizadas para la evaluación del rendimiento, ni las 2 sesiones de familiarización con el dispositivo Flywheel, también realizadas en la semana previa al inicio del programa.

El trabajo con Flywheel, se realizó siempre previo a las sesiones regulares de entrenamientos en campo. Las 2 sesiones semanales se llevaron a cabo martes y jueves, respectivamente. El lugar donde se realizó la intervención fue en un laboratorio de investigación (Aula C8, laboratorio de CAFYD de la Universidad de Valladolid, Campus de Soria). Todas las sesiones de trabajo inercial comenzaban con un calentamiento previo específico que tenía una duración aproximada de 10 minutos el cual finalizaba con 2 series de 6 repeticiones de sentadilla con peso corporal (1º serie sentadilla completa y 2º serie sentadilla 1/3 similar a la mecánica que se iba a utilizar con el dispositivo inercial), a modo de activación para el trabajo principal (Pecci et al., 2022; Beato et al., 2021). Tras finalizar con el calentamiento daba comienzo el trabajo inercial con dispositivo Flywheel, consistiendo en la realización de 4 series de sentadilla con una inercia de 0.025 kg·m<sup>2</sup> (Beato et al., 2020; Beato et al., 2021; Maroto-Izquierdo et al., 2017), además de un 5% de pérdida de velocidad. Se escogieron 4 series ya que han sido las que mejores resultados han demostrado en la literatura existente (Raya-González et al., 2022), si bien para este caso el número de repeticiones no estaba descrito si no que dependería de la metodología dentro de la serie de máxima intensidad y pérdida de velocidad. En cuanto a la inercia, Allen et al., (2023) revisó 7 estudios dentro de ese rango de inercias las cuales reportaron mejoras significativas.

Se les pidió a las jugadoras la premisa que, durante cada serie, realizaran la fase concéntrica lo más rápido posible, aplicando el 100% de su fuerza. También se les pidió que, para una mejor ejecución y resultado del trabajo inercial, retrasaran la

acción de frenado en la fase excéntrica hasta completar un rango articular equivalente a 1/3 de sentadilla (Sabido et al., 2017). Con esto no se les pidió que realizaran una sentadilla de 1/3 si no que la fase excéntrica de todas las repeticiones no se empezara justo en el instante en el que la inercia devuelve la fuerza en dirección descendente, evitando la intencionalidad de frenado desde el principio y consiguiendo una sobrecarga excéntrica mayor la cual se ha demostrado ser más eficaz en la consecución de los objetivos propuestos en el presente estudio. Por tanto, aun con esta premisa, la ejecución de una sentadilla que se pide es el rango que se abarca entre una sentadilla de 90° de ángulo de rodilla y una completa (equivalente a unos 90° de muslo con la perpendicular al suelo, muslo totalmente paralelo al suelo incluso pudiendo sobrepasar esta línea). Se escogió este ejercicio debido a su carácter global, trabajo bilateral y completo de las extremidades inferiores, a demás de ser el que más resultados positivos y significativos a demostrado en los estudios realizados hasta la fecha (Allen et al., 2023).

Por otro lado, se implementó una metodología por la que se regía e influenciaba cada una de las series, tanto en ejecución, intensidad, número de repeticiones, duración... Se trabajó con un encoder lineal con el que pudimos transformar un entrenamiento inercial tradicional a uno basado en VBT. Se estableció una pérdida de velocidad del 5% dentro de cada serie. Con esto se conseguía trabajar en un rango de intensidad muy alto, ya que, al obligar a ejercer la máxima fuerza posible en las primeras repeticiones, se consiguió que las repeticiones efectivas, fuesen las que estaban dentro de ese 5% de pérdida y por tanto las de máxima intensidad. Ambas pautas, fueron dadas a las jugadoras previamente en la explicación de la ejecución y método de entrenamiento en la fase de familiarización. Esta pérdida del 5% se estableció con una lógica dentro de la metodología del programa, debido a que % mayores resultarían en series con demasiadas repeticiones, en las que la intensidad de las jugadoras descendería demasiado. Por tanto, con este porcentaje y la inercia seleccionada se consigue que las participantes apliquen la mayor fuerza posible manteniéndonos en rangos de intensidad máximos, que era el objetivo del entrenamiento. Un menor número de repeticiones buscando fuerza y potencia máxima. Tras muchas pruebas con diferentes porcentajes este fue el seleccionado debido a su ajuste a la perfección con las premisas que se querían obtener en el entrenamiento. Trabajo de fuerza y potencia en intensidad máxima. No hay

evidencia científica que respalde esta decisión, simplemente un juicio lógico y adaptado a los objetivos de presente estudio.

Para la preparación de cada una de las series de le pedía a la jugadora colocarse adecuadamente en el dispositivo (con su correspondiente arnés y cuerda bien anclados, seguros y alineados con el centro de masas del cuerpo de la participante colocada justo debajo del eje inercial) se les daba la instrucción de adoptar la anchura de pies que ellas quisieran, siempre supervisada y aconsejada por el profesional para velar por la ejecución más conveniente si se requería de algún pequeño consejo. El inicio siempre estaba sujeto a la propia voluntad de las participantes cuando se sintieran preparadas. Una vez estaban dispuestas el responsable del programa de entrenamiento supervisaría todo para comenzar dando inercia de manera manual al disco de  $0.025 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$  (iniciando siempre cada serie con una fase excéntrica asistida hasta el punto de inicio de sentadilla). Las jugadoras realizaban (de forma obligatoria) una 1º fase concéntrica muy suave acomodándose tanto a la inercia, el tempo y la ejecución de la sentadilla. Es decir, la 1º repetición, obligatoriamente, debía ser realizada de forma muy controlada, no contaba como repetición efectiva ya que tenía el objetivo de preparar a la participante para la ejecución de la serie. Asegurándonos así una máxima eficacia y eficiencia en las ejecuciones de las repeticiones efectivas dentro de la serie.

Finalizada la fase concéntrica y excéntrica de esta primera repetición de “acoplamiento” daba comienzo la serie efectiva, dando la instrucción a las jugadoras de aplicar la máxima fuerza y velocidad en toda y cada una de las repeticiones hasta la finalización de la serie. El profesional encargado se encargó de asegurar en todo momento a las jugadoras a través del arnés, evitando desequilibrios caídas y asegurándose de una ejecución limpia de cada una de las repeticiones. También se encargó de motivar y dar el correspondiente feedback en cada una de las series, tanto en el momento como tras la finalización.

El inicio de la serie a parte de ser tras la 1º repetición de preparación comenzaba con la señal de voz del supervisor, motivando desde este inicio, para que la intensidad de las jugadoras fuese máxima. El final de la serie lo marcaba la señal acústica dada por el encoder lineal, el cual detectaba una pérdida de velocidad (del 5%) dentro de la velocidad media (m/s) de las ejecuciones dentro de la misma serie. Una vez se bajaba de este límite un pitido marcaría este descenso. Se dio la premisa de finalizar únicamente tras 2 pitidos consecutivos, esto indicaba que la

participante había realizado 2 repeticiones consecutivas por debajo del límite de pérdida de velocidad establecido (del cual no hay evidencia científica hasta el momento). El profesional encargado ayudaba a la recuperación de la jugadora a su posición erguida, frenando la inercia y ofreciendo apoyo, desanclando también el arnés de la participante del dispositivo.

Se estableció una recuperación de 3 minutos entre series (Freitas de Salles et al., 2012; Nuñez Sanchez & Sáez de Villarreal et al., 2017). La duración total de cada una de las sesiones de entrenamiento con Flywheel era aproximadamente de 20-25 minutos.

Para que la secuencia de trabajo fuese más dinámica se optimizó el descanso de cada jugadora, alternando a 3 en un ciclo en donde mientras la primera descansaba las otras 2 realizaban sus series.

El grupo control (GC) únicamente realizó los entrenamientos de campo, pautados desde el inicio de temporada y llevados a cabo por el 1º entrenador. Durante este periodo no se realizó ningún cambio en la estructura de estos (realización de ejercicios diferentes, sesiones de acondicionamiento físico, fuerza...) por lo que ambos grupos estaban en igualdad de condiciones en este aspecto. No se hizo ningún seguimiento de ninguna variable a las jugadoras del GC ya debido a la incompatibilidad de horarios, toma de muestras.

## 4.6 Monitorización de la carga

Para llevar el seguimiento y monitorización de la carga del programa de entrenamiento con Flywheel se midieron 3 indicadores de vital importancia y que se utilizaron como medio para controlar el progreso de este durante su realización.

Por un lado, a través del encoder lineal (**Vitruve encoder**, **Vitruve fit**, Madrid, Spain) y su aplicación móvil se hizo un seguimiento de las repeticiones y velocidad máxima de ejecución de cada una de las jugadoras del GE. Para ello se anotó el número de repeticiones totales por sesión que cada una de las jugadoras hacía entre las 4 series, durante las 12 sesiones de Flywheel. De modo que se apuntaron las repeticiones efectivas dentro del 5% de pérdida de velocidad, las cuales mediante el ajuste y personalización de la aplicación era posible especificar. Siempre con la premisa de contar hasta la primera repetición en la que se producía el inicio de la pérdida de velocidad (como bien se ha especificado antes). Todo ello era apuntado en un Excel donde posteriormente se realizaba el sumatorio de las repeticiones de cada serie y de cada participante. En segundo lugar, gracias a la aplicación del encoder fue posible registrar y anotar la velocidad máxima de ejecución (Vel.máx.) de la sentadilla de cada sesión, pudiendo monitorizar su progreso a lo largo de las 12 sesiones.

La justificación de utilizar la velocidad pico y no la velocidad media es debido a que en un patrón de sentadilla el pico máximo de velocidad siempre se va a alcanzar en el rango máximo de la triple extensión, es decir, cuando en una sentadilla Flywheel, nuestro cuerpo finaliza la fase concéntrica erguido, con la cinta del eje totalmente desenrollada justo antes de empezar de nuevo la fase excéntrica de la siguiente repetición. Es por ello que este era el indicador el cual debíamos analizar para saber con exactitud el progreso de nuestras deportistas, su potencia, fuerza y capacidad de ejercer velocidad en el trabajo inercial.

En cuanto a las repeticiones por sesión este valor nos sirvió para poder analizar cuál sería la evolución de nuestras jugadoras durante el programa, progresiones, variaciones... que se discutirán finalmente en el apartado de los resultados.

Por último, al final de cada sesión se realizó la encuesta de RPE (rate of perceived exertion o Índice de Esfuerzo Percibido) (Foster et al. 2001; Day et al., 2004) a cada una de las integrantes del GE, tras la finalización de la 4<sup>o</sup> y última serie. Todo ello

con la finalidad de ver cual era la evolución y progresión de la percepción del esfuerzo percibido durante la realización del programa de entrenamiento Flywheel. Elegido por su fiabilidad y validez científica, tanto en los deportes de equipo como en el trabajo de fuerza (Impellizzeri et al., 2004).

#### 4.7 Análisis estadístico

Los datos se presentan como la media  $\pm$  desviación estándar. Se realizó la prueba de Shapiro-Wilk para comprobar la normalidad de la distribución de los datos. Se realizó un análisis de covarianza (ANCOVA) para detectar posibles diferencias entre grupos en las variables de salto, sprint y CODA, asumiendo los valores de la prueba pre-intervención como covariables. Dado que todas las variables cumplieron el principio de normalidad, se utilizó una prueba t para muestras dependientes para evaluar las diferencias pre-post dentro de cada grupo. Además, se realizó la prueba ANOVA de medidas repetidas para comprobar los cambios en el número de repeticiones, la velocidad máxima de ejecución alcanzada y el RPE declarado por las jugadoras a lo largo de la intervención de 6 semanas (i.e., 12 sesiones). Se calculó el tamaño del efecto de Cohen's d para examinar las diferencias a efectos prácticos (Cohen, 1988). Los resultados obtenidos se interpretaron como pequeños ( $0,00 \leq d \leq 0,49$ ), moderados ( $0,50 \leq d \leq 0,79$ ) y grandes ( $d \geq 0,80$ ). El análisis de datos se realizó utilizando el paquete estadístico JASP 0.16.3.0 software (Universidad de Ámsterdam, Ámsterdam, Países Bajos). Para todos los análisis, el nivel de significación se estableció en  $p < 0,05$ .

## 5. Resultados

En esta sección se presentarán los hallazgos obtenidos a partir del análisis de todos los datos analizados y recogidos durante el desarrollo de esta investigación. Los resultados se han organizado de manera sistemática, destacando los aspectos más relevantes. Se han utilizado diversas técnicas estadísticas y metodológicas para ofrecer los resultados con la máxima robustez, fiabilidad y validez científica.

A continuación, se detallan los principales descubrimientos, acompañados de las correspondientes representaciones gráficas y tablas que facilitan su interpretación y comprensión. Posteriormente en el apartado de discusión se debatirá sobre los resultados obtenidos siguiendo la línea de trabajo y objetivos del presente estudio.

En la Tabla 1 se muestran los resultados de la capacidad de salto de los jugadores antes y después de realizar el programa de entrenamiento Flywheel o grupo control. La prueba estadística ANCOVA ha revelado diferencias significativas ( $p = <0,001-0,006$ ) entre los grupos analizados para las variables de salto analizadas. Asimismo, se observan diferencias significativas para el grupo experimental y control en el rendimiento en CMJ ( $p = < 0,001-0,031$ ,  $d = -2,311-0,806$ ). Sin embargo, no se han detectado diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) para el CMJ dcha y CMJ izqda dentro de cada grupo por separado.

Table 1. Cambios en la capacidad de salto del grupo experimental (GE, n=9) y grupo control (GC, n=10) antes (pre) y después (post).

Variables	GE (n=9)				GC (n=9)				Diferencias entre GE y GC	
	Pre (cm)	Post (cm)	p	d	Pre (cm)	Post (cm)	p	d	p	F
CMJ (cm)	0,272 ± 0,044	0,309 ± 0,047	<0,001	-2,311	0,256 ± 0,027	0,267 ± 0,028	0,031	-0,806	<0,001	94,749
CMJ dcha (cm)	0,146 ± 0,025	0,156 ± 0,025	0,161	-0,515	0,114 ± 0,021	0,116 ± 0,023	0,813	-0,077	0,003	12,779
CMJ izqda (cm)	0,151 ± 0,034	0,155 ± 0,034	0,608	-0,178	0,122 ± 0,017	0,116 ± 0,020	0,625	0,200	0,006	10,106

*Nota.* CMJ: Salto en contramovimiento; CMJ dcha: Salto en contramovimiento con la pierna derecha; CMJ izqda: Salto en contramovimiento con la pierna izquierda; GE: Grupo Experimental; GC: Grupo Control; p = nivel de significación; d: tamaño del efecto.

En la Tabla 2 se muestran los resultados de la capacidad de sprint y de COD de los jugadores antes y después de realizar el programa de entrenamiento Flywheel o grupo control. La prueba estadística ANCOVA ha revelado diferencias significativas ( $p = 0,002$ - $<0,001$ ) entre los grupos analizados para las variables de sprint en todos los tiempos parciales 5 m, 10 m y 30 m. Viéndose también diferencias significativas entre grupos para el COD ( $p = 0,005$ ). Asimismo, se observan diferencias significativas para el grupo experimental (GE) en el rendimiento en 5 m sprint ( $p = 0,002$ ,  $d = 1,488$ ), 10 m sprint ( $p = 0,023$ ,  $d = 0,936$ ) y el 30 m sprint ( $p = 0,023$ ,  $d = 0,936$ ). Sin embargo, no se han detectado diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) para el 5 m sprint, 10 m sprint y 30 m sprint dentro del grupo control (GC). Tampoco se han detectado diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) para el COD dentro de cada grupo por separado.

Tabla 2. Cambios en el sprint de 30 m (tiempos parciales en 5, 10 y 30 m) y el COD después de la intervención de 6 semanas con Flywheel del grupo experimental (GE, n=9) and grupo control (GC, n=10) antes (pre) y después (post).

Variables	GE (n=9)				GC (n=10)				Diferencias entre GE y GC	
	Pre (s)	Post (s)	p	d	Pre (s)	Post (s)	p	d	p	F
5 m sprint	1,148 ± 0,046	1,073 ± 0,019	0,002	1,488	1,189 ± 0,105	1,154 ± 0,104	0,622	0,222	0,002	13,785
10 m sprint	1,974 ± 0,089	1,912 ± 0,058	0,023	0,936	2,053 ± 0,119	2,004 ± 0,132	0,051	0,713	<0,001	27,111
30 m sprint	4,867 ± 0,148	4,766 ± 0,193	0,023	0,936	5,043 ± 0,228	5,058 ± 0,385	0,759	0,127	<0,001	45,885
COD	5,637 ± 0,305	5,592 ± 0,255	0,626	0,169	5,853 ± 0,315	5,857 ± 0,316	0,956	-0,018	0,002	13,327

*Nota.* 5 m: tiempo parcial de los 5 metros dentro del sprint de 30 metros GE: Grupo Experimental; 10 m: tiempo parcial de los 10 metros dentro del sprint de 30 metros; COD: Cambio de dirección (Change of Direccion); GE: Grupo Experimental; GC: Grupo Control; p = nivel de significación; d: tamaño del efecto.

En la Tabla 3 se muestran los resultados de la capacidad de sprint y de COD de los jugadores antes y después de realizar el programa de entrenamiento Flywheel o grupo control. La prueba estadística ANOVA de medidas repetidas ha revelado cambios en cada una de las 3 variables que se han analizado. Como se puede ver el número de repeticiones varía desde el inicio del programa de entrenamiento Flywheel, desde la sesión 1 (**36,1** ± 6,9) hasta la sesión 12 (**21,4** ± 4,1). De manera más concreta, con el análisis de las comparaciones Post Hoc de la variable de las repeticiones (*Anexo 1*) se observa que existen diferencias significativas ( $p < 0,001$ -0,028;  $d = 1,466$ -2,883, alto) en el número de repeticiones de las sesiones 4-12 respecto a las sesiones 1-3. Sin embargo, no se observan diferencias entre las 3 primeras sesiones ( $p > 0,05$ ) en el número de repeticiones que efectúan las jugadoras en el programa Flywheel.

Para la variable de velocidad máxima de ejecución la prueba estadística ANOVA de medidas repetidas muestra como línea general que esta varía desde el inicio del programa de entrenamiento Flywheel, desde la sesión 1 (**0,68** ± 0,092) hasta la sesión 12 (**0,88** ± 0,107). Analizando en profundidad las comparaciones Post Hoc de la variable de velocidad máxima (*Anexo 2*), se aprecian diferencias significativas entre las sesiones: 1 vs 3-12 ( $p < 0,001^{***}$ ,  $d = -2,058 - 0,915$ ), 2 vs 4-12 ( $p < 0,001^{***}$ ,  $d = -1,601 - 0,788$ ), 3 vs 5-12 ( $p < 0,001^{***}$ ,  $d = -1,156 - 0,724$ ) y 4 vs 6-12 excepto con la 9 ( $p < 0,001^{***}$ -0,027,  $d = -0,813 - -0,584$ ). Por otro lado, no se observaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) a partir de la sesión 5.

Por último, en la variable de RPE la prueba estadística ANOVA de medidas repetidas muestra como línea general que esta varía desde el inicio del programa de entrenamiento Flywheel, desde la sesión 1 (**8,5** ± 0,5) hasta la sesión 12 (**7,3** ± 0,7). Analizando en profundidad las comparaciones Post Hoc de la variable RPE (*Anexo 3*), únicamente se aprecian diferencias significativas entre las sesiones: 1 vs 6,7,10 ( $p = 0,001^{**}$ -0,043,  $d = 1,765 - 2,246$ ), 2 vs 6 ( $p = 0,014$ ,  $d = 1,925$ ), 6 vs 9 ( $p < 0,001^{***}$ ,  $d = -2,567$ ), 7 vs 9 ( $p = 0,005$ ,  $d = -2,085$ ) 8 vs 9 ( $p = 0,014$ ,  $d = -1,925$ ) y 9 vs 10,12 ( $p = 0,005 - 0,014$ ,  $d = 1,925 - 2,085$ ).

Por otro lado, no se observaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en las demás sesiones, concluyendo que las más significativas fueron la 6,7,9,10 y 12.

**Tabla 3.** Cambios en las repeticiones (Reps), velocidad máxima de ejecución (Vel. máx.) y ratio de percepción del esfuerzo (RPE) a lo largo de la intervención de 6 semanas con Flywheel del grupo experimental (GE, n=9) en cada una de las sesiones

	Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4		Semana 5		Semana 6	
Sesión	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Reps	36,1 ± 6,9	33 ± 6,7	30,1 ± 5,3	26,6 ± 4,1	22,4 ± 3,5	22,3 ± 2,3	24,3 ± 4,7	22,6 ± 3	21,9 ± 3,6	23,8 ± 5,5	24,4 ± 8,1	21,4 ± 4,1
Vel. máx	0,68 ± 0,09	0,73 ± 0,08	0,77 ± 0,09	0,81 ± 0,09	0,85 ± 0,1	0,88 ± 0,09	0,89 ± 0,09	0,88 ± 0,09	0,84 ± 0,1	0,881 ± 0,1	0,86 ± 0,1	0,88 ± 0,1
RPE	8,5 ± 0,5	8,3 ± 0,9	7,6 ± 0,5	7,5 ± 0,8	7,5 ± 0,5	6,8 ± 1,4	7,1 ± 1	7,3 ± 0,5	8,8 ± 0,5	7,1 ± 0,8	7,6 ± 0,7	7,2 ± 0,7

## 6. Discusión

El objetivo principal del presente estudio era el de analizar los efectos de un programa de entrenamiento basado en la velocidad usando la metodología Flywheel sobre el rendimiento físico de jugadoras de fútbol. Más concretamente en la capacidad de salto sprint y COD. Estudios previos ya han abierto esta línea de investigación del entrenamiento inercial en hombres y futbolistas (Raya-González et al., 2022; Allen et al., 2023). También existe una base científica, cuya investigación está en pleno auge, a cerca del VBT tanto en hombres como futbolistas (Samozino et al., 2008; Pareja-Blanco et al., 2017; González-Badillo y Sánchez-Medina et al., 2010). A pesar de esto, este es el primer estudio que trata de evaluar cuales son los efectos de tanto del sistema Flywheel como del VBT basado en pérdida de velocidad en la población femenina y más concretamente en futbolistas féminas. De la misma forma este también es el primer estudio analizar el efecto de un entrenamiento donde se utilizan estas dos metodologías de manera simultánea, VBT basado en pérdida de velocidad en dispositivo Flywheel. Resumiendo, es el primer estudio en evaluar los efectos que tiene un entrenamiento basado en velocidad con dispositivo Flywheel sobre la capacidad de sprint, el salto vertical (i.e., bilateral y unilateral) y la habilidad para cambiar de dirección. Destacando que este también es una de las primeras investigaciones donde se realizó un control durante todo el entrenamiento de las variables principales de repeticiones, velocidad máxima y RPE de las jugadoras que trabajaron con el dispositivo Flywheel.

Este estudio demostró que el entrenamiento basado en velocidad con dispositivo Flywheel mejoró significativamente la capacidad de salto, sprint y COD en las jugadoras de fútbol femenino, si lo comparamos con las jugadoras que formaban parte del GC. Si bien no se vieron diferencias significativas entre grupos para el CMJizqda ni el CMJdcha. Desde una perspectiva individual de cada grupo, se encontraron diferencias significativas dentro del GE y GC en el CMJ. Por el contrario, ninguno de los dos grupos tampoco obtuvo mejoras en la prueba de CMJizqda y CMJdcha por separado. Si se observaron mejoras significativas dentro del GE en el sprint de 5, 10 y 30 metros. Por el contrario, ninguno de los 2 grupos reportó mejoras significativas en el COD.

La importancia del salto vertical en el fútbol radica en ser una herramienta muy útil con la que valorar el rendimiento en la propia competición. Siendo este una de las variables de rendimiento que se han demostrado más fiables para ello (Arnason et al., 2004), siendo también un buen indicador la variable obtenida en los jugadores del CMJizqda y CMJdcha. Nuestros resultados a cerca de los cambios en la capacidad de salto han demostrado diferencias significativas a favor del GE si lo comparamos con el GC en el CMJ. Esto puede ser debido a una mejora en la potencia y la fuerza máxima de las atletas producida por el trabajo excéntrico como se ha demostrado en estudios como (Douglas et al., 2017; de Hoyo et al., 2016). También debido a la mejora en la velocidad de producción de fuerza en la ejecución del ejercicio, la mejora de las fibras rápidas y el CEA de las deportistas, una mayor regulación preferencial de la actividad de las células satélite y de las fibras musculares de contracción rápida (Cermak et al., 2013; Moore et al., 2005). Así como un reclutamiento de unidades motoras (De Hoyo et al., 2016). Pero también se han destacado diferencias significativas dentro de ambos grupos por separado, siendo mayores las del GE. Esto puede ser debido a una familiarización de ambos grupos con la prueba, siendo más significativa la mejora del GE por lo comentado anteriormente en cuanto a las adaptaciones inducidas con el entrenamiento. No podemos comparar con otros estudios similares ya que nadie ha combinado el método de entrenamiento basado en pérdida de velocidad con el uso del dispositivo Flywheel, hasta la fecha. Sin embargo, previamente ya ha visto que el entrenamiento con Flywheel con variedad de programas ha obtenido diferencias significativas en los resultados del CMJ. Revisiones han destacado que programas similares a este con la inercia  $0.025 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ ; 4 series., sentadilla., se obtenía mejoras en el salto CMJ (Allen et al., 2023; Raya-González et al., 2020; Raya-González et al., 2022). De la misma forma que se ha visto con el trabajo VBT (Banyard et al. 2017). Por tanto, sería interesante que los preparadores físicos y entrenadores comenzaran a incluir este tipo de programas de FW basado en velocidad en sus rutinas de entrenamiento con el fin de mejorar el rendimiento de las futbolistas en el salto vertical.

En cuanto al CMJ unilateral (i.e. izquierda y derecha) no se demostraron mejoras significativas para el GE comparándolo con el GC. Así como tampoco se demostraron diferencias significativas en los grupos por separado. Esto puede tener

una justificación en el carácter bilateral del ejercicio escogido para realizar el programa Flywheel. Para ello sería recomendable ejecutar acciones y ejercicios unilaterales, con el objetivo de mejorar estas variables. Ningún estudio a obtenido mejoras en esta variable unilateral en términos de unilateralidad. Por ello para futuros estudios se deberían implementar ejercicios con carácter unilateral para investigar sobre este tema. Reportando así posibles mejoras, ya que de momento no se han realizado estudios con esta metodología o que presenten mejoras en ella.

El fútbol es un deporte intermitente donde se realizan acciones cortas de alta intensidad de manera repetida. Acciones como el salto del que ya hemos hablado, sprint y COD. Es por ello que, estos son factores de rendimiento vitales en el juego, siendo el principal objetivo de los entrenadores y preparadores, la mejora de estos. Por tanto, el sprint (junto con el salto y el COD), son indicadores de rendimiento y éxito en el ámbito del fútbol (Beamish & Ritchie, 2006). Los resultados obtenidos en el presente estudio en la capacidad de sprint de las jugadoras han demostrado diferencias significativas a favor del GE si lo comparamos con el GC. Demostrando mejoras en 5,10 y 30 metros sprint, es decir en todas las variables tomadas. Del mismo modo que el GE también presentó mejoras comparándose de forma intragrupal. Demostrando que el GC no mejoró de forma intergrupala ni intra. Esto puede ser debido a la mejora en la potencia gracias al trabajo excéntrico (Douglas et al., 2017; de Hoyo et al., 2016). Estudios han demostrado diferencias en la mejora del sprint, gracias a la mejora en la velocidad de producción de fuerza en la ejecución del ejercicio (Samozino et al. 2012; Pareja-Blanco et al. 2017). Otros atribuyen estos resultados en la aceleración y velocidad a la mejora de las fibras musculares de contracción rápida (Cermak et al., 2013; Moore et al., 2005) o a una mejora en el reclutamiento de unidades motoras (De Hoyo et al., 2016) de las deportistas conseguido a través del trabajo excéntrico y la optimización de los mecanismos encargados. O los mismos resultados que se han demostrado con el trabajo VBT, como González-Badillo y Sánchez-Medina (2010), que demostraron mejoras significativas en la adaptación neuromuscular. Todo ello resultado de una mejora en la fuerza y de la optimización de esta en términos de velocidad en las cargas. Ambos grupos estaban familiarizados con la prueba, observándose únicamente mejoras significativas intragrupales significativa en el GE a lo mejor por lo comentado anteriormente en cuanto a las adaptaciones inducidas con el

entrenamiento. No podemos comparar con otros estudios similares ya que nadie ha combinado el método de entrenamiento basado en pérdida de velocidad con el uso del dispositivo Flywheel, hasta la fecha. Sin embargo, previamente ya ha visto que el entrenamiento con Flywheel con variedad de programas ha obtenido diferencias significativas en los resultados del sprint (i.e. 5,10 y 30 metros). Revisiones han destacado que programas similares a este con la inercia  $0.025 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ ; 4 series., sentadilla., se obtenía mejoras en el en el sprint en varias distancias entre 10 y 30 metros, así como direcciones diferentes (Allen et al., 2023; Beato et al., 2020; Raya-González et al., 2020; Raya-González et al., 2022). De la misma forma que se ha visto con el trabajo VBT (Banyard et al. 2017; Samozino et al. 2012; Pareja-Blanco et al. 2017). O con un estudio donde se analizaron los rangos de pérdida de velocidad (i.e. 0-10%) (Rodríguez-Rosell et al. 2017). Por tanto, sería interesante que los preparadores físicos y entrenadores comenzaran a incluir este tipo de programas de Flywheel basado en velocidad en sus rutinas de entrenamiento con el fin de mejorar el rendimiento de las futbolistas en el sprint, así como en la capacidad de aceleración.

De la misma manera que el sprint, el COD es un indicador de rendimiento y éxito en el fútbol (Beamish & Ritchie, 2006; Castillo et al., 2016). Los resultados obtenidos en el presente estudio han mostrado diferencias significativas a favor del GE si lo comparamos con el GC en la capacidad de COD. Esto puede ser debido a la mejora en la potencia gracias al trabajo excéntrico (de Hoyo et al., 2016). Estudios han demostrado diferencias en la mejora del sprint, gracias a la mejora en la velocidad de producción de fuerza en la ejecución del ejercicio (Banyard et al. 2017; Samozino et al. 2012; Pareja-Blanco et al. 2017). Otros atribuyen estos resultados en la aceleración y velocidad a la mejora de las fibras musculares de contracción rápida (Cermak et al., 2013) o a una mejora en el reclutamiento de unidades motoras (De Hoyo et al., 2016) de las deportistas conseguido a través del trabajo excéntrico y la optimización de los mecanismos encargados. Ambos grupos estaban familiarizados con los COD, con lo que podemos justificar la mejora de ambos grupos, pero más aun el GE que trabajó la fuerza. Siendo más significativa la mejora del GE por lo comentado anteriormente en cuanto a las adaptaciones que adquirieron las participantes con el programa. No podemos comparar con otros estudios similares ya que nadie ha combinado el método de entrenamiento basado en pérdida de

velocidad con el uso del dispositivo Flywheel, hasta la fecha. Sin embargo, previamente ya ha visto que el entrenamiento con FW con la inercia 0.025 kg·m<sup>2</sup>; 4 series., sentadilla., se obtenía mejoras en el salto COD (Raya-González et al., 2020; Raya-González et al., 2022). Sin embargo, previamente ya ha visto que el entrenamiento con Flywheel con variedad de programas ha obtenido diferencias significativas en los resultados del COD. Revisiones han destacado que programas similares a este con la inercia 0.025 kg·m<sup>2</sup>; 4 series., sentadilla., se obtenía mejoras en el en el COD (Allen et al., 2023; Beato et al., 2020; Turner & Stewart et al., 2014; Raya-González et al., 2022). De la misma forma que se ha visto con el trabajo VBT (Banyard et al. 2017; Samozino et al. 2012; Pareja-Blanco et al. 2017). Por tanto, sería interesante que los preparadores físicos y entrenadores comenzaran a incluir este tipo de programas de FW basado en velocidad en sus rutinas de entrenamiento con el fin de mejorar el rendimiento de las futbolistas en el sprint, así como en la capacidad de aceleración. Uno de los puntos fuertes de la metodología aplicada en este TFG es que se ha llevado un control total del entrenamiento con Flywheel, en tanto que número de repeticiones, velocidad max y RPE declarado por las jugadoras, durante las 2 sesiones semanales de las 6 semanas de intervención del GE. e3s decir se ha realizado un control de la carga externa e interna que ha supuesto el programa de intervención. De este modo, es posible conocer si se mejora, empeora o se mantiene el nivel de rendimiento durante el desarrollo del programa de intervención. Con la misma justificación que se ha dado antes, al ser el primer estudio donde se combina el entrenamiento con pérdida de velocidad y sistema Flywheel, no existe evidencia de otros estudios que nos puedan abrir camino a cerca de cómo puede ser la evolución de estos parámetros dentro del entrenamiento, por lo cual se procederá a su discusión a través de la lógica y evidencia que nos pueda ayudar a entender los resultados obtenidos.

En cuanto al número de repeticiones (reps), podemos apreciar una disminución si comparamos la media de la 1<sup>o</sup> sesión (**36,1 ± 6,9**) con la de la última (**21,4 ± 4,1**). El análisis Post Hoc (*Anexo 1*) mostró diferencias significativas de las sesiones 4-12 respecto a las sesiones 1-3. Sin embargo, no se observan diferencias entre las 3 primeras sesiones ( $p > 0,05$ ) en el número de repeticiones que efectúan el GE. Esto se puede deber a que aun habiendo tenido varias sesiones de familiarización en donde se les explico la metodología que se iba a usar, los principios por los que se

regía y la ejecución óptima de la sentadilla con Flywheel; las jugadoras del GE tardaron al menos 6 sesiones en llegar a adaptarse de manera casi perfecta al ejercicio. Englobando la adaptación fisiológica, neurológica y muscular, que requería el entrenamiento para su correcta ejecución. Tras la 4<sup>o</sup> semana todo el GE se estabilizó de manera individual en un número no tan variable y más lógico de repeticiones, respecto a la metodología usada. Esto se debe a que las jugadoras consiguieron interiorizar la mecánica que se les estaba pidiendo en cuanto a la ejecución de cada serie basada en el trabajo de máxima intensidad con pérdida de velocidad. Coincidiendo con las mejoras en una mayor regulación preferencial de la actividad de las células satélite y de las fibras musculares de contracción rápida que obtuvieron los estudios (Cermak et al., 2013; Moore et al., 2005) o las mejoras significativas en la adaptación neuromuscular que demostraron González-Badillo y Sánchez-Medina et al., (2010). Por lo tanto, si nos fijamos en la progresión veremos que las repeticiones globales de cada sesión van disminuyendo conforme se avanza en el programa, esto tiene 2 motivos que coinciden con la ganancia de fuerza a través del VBT y del dispositivo Flywheel en las jugadoras, la adaptación en el propio ejercicio y la ejecución de este desde el principio a máxima velocidad. Al realizar las primeras repeticiones aplicando la máxima fuerza posibles, las jugadoras alcanzaron antes este % de pérdida de velocidad parando la serie, debido a una mayor fatiga del sistema (de la misma forma que haces menos repeticiones levantando más peso), ya que esta intensidad suponía ejercer unos niveles de fuerza máximos en las primeras repeticiones.

Para la velocidad máxima (Vel. máx), se observó un aumento de esta al comparar los resultados de la 1<sup>o</sup> sesión (**0,68** ± 0,092) con los de la última (**0,88** ± 0,107). El análisis Post Hoc (*Anexo 2*), mostró diferencias significativas entre las sesiones: 1 vs 3-12, 2 vs 4-12, 3 vs 5-12 y 4 vs 6-12 excepto con la 9. Por otro lado, no se observaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) a partir de la sesión 5. Demostrando que las sesiones 1 y 2; 2 y 3; 4 y 5 no tuvieron tampoco diferencias entre ellas. Esto se puede justificar de la misma forma que se ha tratado de explicar los resultados obtenidos con el número de repeticiones, es decir, el número de sesiones de familiarización previas a la realización de un programa de pérdida de velocidad con dispositivo Flywheel debe ser mucho mayor. Esto atiende a realizarse el estudio en población que no estaba familiarizada ni con el trabajo de fuerza ni con el dispositivo

Flywheel. Si bien, sujetos mucho más entrenados no resultarían en tener esta problemática (Petré et al., 2018)., al ser un tipo de entrenamiento con una metodología novedosa, ejecutar cualquier ejercicio con intensidad máxima en un dispositivo Flywheel, requiere de un periodo de adaptación aun siendo un deportista altamente entrenado sería de al menos 2 sesiones completas. Ya que se ha visto que con el entrenamiento excéntrico se obtienen mejoras en cuanto a una mayor regulación preferencial de la actividad de las células satélite y de las fibras musculares de contracción rápida (Cermak et al., 2013; Moore et al., 2005), mejoras conseguidas gracias al programa como, por ejemplo, las mejoras significativas en la adaptación neuromuscular que demostraron González-Badillo y Sánchez-Medina et al., (2010) con el VBT. Otra cuestión importante es la de analizar la progresión de la velocidad máxima durante el programa. Esta aumentó en un 29,41% (si cogemos la variable central). Estos resultados, así como los obtenidos con la variable de repeticiones, tienen su explicación en la mejora en la fuerza y la potencia que experimentaron las jugadoras al someterse al programa. Coincidiendo con los resultados de estudios como (Petré et al., 2018; Suarez-Arrones et al., 2018) que reportaron mejoras en la fuerza y potencia usando dispositivos Flywheel. O estudios como (Banyard et al. 2019; Samozino et al. 2008; Pareja-Blanco et al. 2017) quienes de la misma forma reportaron mejoras significativas en la fuerza máxima, potencia y velocidad usando el VBT. Así como las mejoras en estas variables que se experimentan con el trabajo excéntrico en general (Douglas et al., 2017; de Hoyo et al., 2016).

El RPE ha sido una herramienta de monitorización subjetiva más estudiada dentro del mundo del entrenamiento y de la preparación física. Numerosos estudios ya han avalado su validez para seguir el entrenamiento y el estado físico de los atletas, eligiéndola por su fiabilidad y validez científica, tanto en los deportes de equipo como en el trabajo de fuerza (Impellizzeri et al., 2004). En el presente estudio donde se controló el RPE de las jugadoras del GE a lo largo de todas las sesiones del programa, se mostró una disminución desde la sesión 1 (**8,5 ± 0,5**) hasta la sesión 12 (**7,3 ± 0,7**). Mostrándose que las sesiones 6,7 y 9 se salieron más de la línea de progresión norma, esto se puede deber a factores como los partidos previos, situaciones especiales de las participantes, estado físico de ese día, enfermedades... (destacando la sesión 9 donde un brote de virus afectó a casi la

totalidad del GE influyendo en el rendimiento de esa sesión del programa. Esta evolución que vemos en la que el RPE disminuye conforme comparamos la progresión del programa se debe a la adaptación de las jugadoras al ejercicio, lo cual viene reflejado de la misma forma en los resultados de esta variable (Foster et al. 2001). Por ello, aunque se aumenta la intensidad a medida que las jugadoras interiorizan la metodología correcta, se produce la adaptación del organismo a los entrenamientos de fuerza lo cual hace que, aunque la fuerza que generen sea mayor, se han acostumbrado de una manera exponencial al trabajo de fuerza (Day et al., 2004).

Este trabajo no está exento de limitaciones siendo la primera de ellas de ellas la muestra. El estudio está hecho con una muestra de 19 participantes, debido a la lesión de una de las participantes una semana antes del inicio, provocando la disminución en el GE (GE., n=9 y GC., n=10). Esta es una muestra significativa y fiable de un estudio, pero mayores resultados y fiabilidad se hubiesen reportado con un mayor número de jugadoras en cada uno de los grupos.

A pesar de que todas las participantes pertenecían al mismo equipo y grupo de entrenamiento, no se ha llevado a cabo ningún control de la carga de los entrenamientos de campo. Por lo que no tenemos ningún control del GC y la carga externa y/o interna, que han supuesto los entrenamientos normales en el tiempo que se desarrollaba el programa Flywheel con el GE. De la misma forma tampoco sabemos la carga extra que supuso el programa a los entrenamientos normales y viceversa. Además de ello, tampoco se ha controlado el número total de entrenamientos regulares de fútbol al que han asistido las participantes de ambos grupos ya que, al ser fútbol semiprofesional, la mayor parte de las jugadoras compaginan el deporte con otras labores (i.e., estudios universitarios, superiores o trabajo).

Durante todo el programa de intervención ninguna jugadora del GE ha reportado lesiones ni molestias a la hora de realizar ejercicio. De hecho, las jugadoras reportaron mejoras significativas en cuanto a ciertas molestias y patologías existentes, así como mejores sensaciones dentro del campo y en la ejecución del propio trabajo de fuerza dentro del programa. Si bien la evidencia de los estudios actuales radica en que este tipo de entrenamiento inerciales disminuye las lesiones, nuestro estudio no ha ido direccionado a este ámbito de estudio.

## 7. Conclusiones y Aplicaciones Prácticas

En conclusión, la implementación de un programa de entrenamiento de fuerza basado en la pérdida de velocidad del 5%, de sentadilla con dispositivo (con inercia 0.025 kg·m<sup>2</sup>) Flywheel, 2 sesiones semanales una sesión de entrenamiento, durante 6 semanas, incrementará efectivamente el rendimiento físico de las jugadoras que lo realicen. Sin afectar el estado de bienestar reportado en jugadoras de fútbol, el siguiente protocolo puede ser utilizado por preparadores y entrenadores para mejorar el rendimiento en fútbol de sus jugadores.

El protocolo descrito en el estudio mejorará de forma efectiva la fuerza y la potencia de las jugadoras, como conclusión de la mejora significativa obtenida en el rendimiento en la capacidad de salto vertical, sprint y el cambio de dirección (COD). Por lo que el actual protocolo de entrenamiento de fuerza puede ser implementado para la mejora efectiva de la fuerza y la potencia en jugadoras de fútbol semiprofesional.

Implementar 2 sesiones semanales de VBT con dispositivo Flywheel con un 5% de pérdida de velocidad a demostrado de la misma manera un incremento de la fuerza y la potencia en las jugadoras. Traducido en una mejora del rendimiento en el campo. Preparadores podrán implementar este programa si su objetivo es el de mejorar el rendimiento en la competición.

El programa de entrenamiento de fuerza basado en la pérdida de velocidad del 5%, de sentadilla con dispositivo (con inercia 0.025 kg·m<sup>2</sup>) Flywheel, 2 sesiones semanales una sesión de entrenamiento, durante 6 semanas, incrementará el CMJ de las jugadoras de manera significativa. Si bien se ha visto que también es dependiente de la familiarización con la propia prueba y ejecución de esta, a parte de la efectividad del programa. Sin embargo, diferentes configuraciones de entrenamiento, incluyendo diferentes ejercicios unilaterales, parece ser necesario para obtener mejoras en el rendimiento en el CMJ unilateral (i.e. izquierda y derecha). De la misma manera, el mismo programa sirve para la mejora de la capacidad de aceleración y de velocidad, obteniendo resultados significativos en la capacidad de sprint (i.e. sprint de 5, 10 y 30 metros). El cambio de dirección (COD) también se beneficiará con la implementación de este protocolo dentro de los entrenamientos, debido a las mejoras intergrupales obtenidas. Sin embargo,

cambios en la configuración del entrenamiento, incluyendo mayor variedad de ejercicios, trabajo unilateral, volumen o frecuencia, parece ser necesario para obtener mejoras en el rendimiento en el COD de una manera significativa dentro del GE. es por ello por lo que se concluye que el presente programa de fuerza basado en velocidad con sistema Flywheel es más significativamente efectivo en la mejora del CMJ, sprint 5 metros, sprint 10 metros, sprint 30 metros, también con mejoras en el COD. Por tanto, una mejora de la capacidad de salto, aceleración, velocidad y COD.

Las jugadoras pertenecientes al GE que realizaron el presente programa de fuerza mejoraron su velocidad pico de ejecución en la sentadilla inercial con una inercia de 0.025 kg·m<sup>2</sup>, y como resultado una mejora significativa en la aplicación de fuerza y velocidad con esa inercia, aumentando con ello la intensidad de las series, dentro de la metodología de VBT en el dispositivo Flywheel. Del mismo modo, al aumentar este parámetro disminuyeron el número de repeticiones por serie, en contraste con la hipótesis propuesta al principio de este trabajo. Debido al aumento de la intensidad y la ejecución dentro de cada serie. Esto contrasta con la idea inicial debido a que las jugadoras al aumentar la fuerza ejercida en cada serie eran incapaces de aguantar tantas repeticiones seguidas con esa mecánica, si lo comparamos con las primeras series donde aun se estaban adaptando al entrenamiento. Las jugadoras también mostraron una mayor agudeza de la percepción del esfuerzo (RPE) conforme progresaron siendo esta más favorable, al comparar las primeras sesiones con las últimas. Esto tiene su explicación en la adaptación y la familiarización del organismo con el programa de entrenamiento, es decir, con el trabajo de fuerza. Por tanto, la implementación de un programa de entrenamiento de fuerza basado en la pérdida de velocidad del 5%, de sentadilla con dispositivo (con inercia 0.025 kg·m<sup>2</sup>) Flywheel, 2 sesiones semanales una sesión de entrenamiento, durante 6 semanas, puede ser implementado para la mejora efectiva de la velocidad máxima de ejecución en el trabajo de fuerza, así como mejorar la eficiencia del organismo, con la optimización del trabajo de fuerza máxima en jugadoras de fútbol semiprofesional

## **8. Limitaciones y Futuras Líneas de Investigación**

Este trabajo ha tenido limitaciones desde sus inicios. En primer lugar, la elección de un protocolo de entrenamiento lógico y efectivo respaldado por la ciencia fue el mayor inconveniente debido a la inexistencia de literatura con respecto a esta novedad. Es por ello que para la creación y programación de la intervención se tuvieron que ajustar multitud de parámetros con un sentido lógico, intentando respaldarse en la ciencia descrita de todos ellos por separado. Tras el visto bueno al programa final las limitaciones vinieron por parte de la población a la que iba destinada, es decir, jugadoras de fútbol semiprofesionales. Al realizarse en la ciudad de Soria, únicamente teníamos la opción del equipo femenino del San José. Dentro de este el 1º y el 2º equipo se pusieron a disposición de implementar a sus jugadoras dentro del programa de estudio, pero esto se vio limitado por los propios agentes externos de las jugadoras, estudios, trabajo, obligaciones personales, disponibilidad de horarios y calendario. Posibilitando únicamente que participasen en el estudio las integrantes del 1º equipo.

La elección del tipo de programa, ejercicios, duración, frecuencia y tamaño de la muestra se ha visto limitado en tanto por parte del estudiante encargado de llevarlo a cabo y de la propia disponibilidad de las jugadoras. Todo ello dado por limitado por los propios estudios, prácticas, obligaciones personales, disponibilidad de horarios, calendario, recursos materiales y recursos humanos.

Como hemos dicho la literatura científica al respecto de este ámbito novedoso era inexistente. Siendo este el primer estudio encargado de ver los efectos de un programa de entrenamiento de fuerza basado en la velocidad con tecnología Flywheel sobre el rendimiento físico en jugadoras de fútbol. Por ello nos tuvimos que respaldar y apoyar en la evidencia existente en las variables principales y métodos usados por separado. Sin embargo, estos métodos por separado también son recientes y carecen de mucha literatura escrita, por lo que en términos de conclusiones robustas no se pudo concretar mucho. El entrenamiento con sistema Flywheel, VBT o pérdida de velocidad son métodos que han nacido en las últimas décadas y de los cuales todavía se están creando las bases sólidas para su futura implementación óptima y eficaz en los entrenamientos actuales de fuerza. Así mismo estos entrenamientos carecen de mucha evidencia y análisis de sus efectos

tanto en el ámbito del fútbol como en población femenina. Por lo que este estudio también tenía el objetivo de aportar más evidencia al conjunto de estas líneas de investigación.

No sin concluir antes de terminar, que estas limitaciones también fueron parte de la elección de realizar este trabajo, suponiendo un reto para la evidencia científica con el fin de empezar la base para una nueva y prospera futura línea de investigación.

## 9. Referencias Bibliográficas

- Ade, J., Fitzpatrick, J., & Bradley, P. S. (2016). High-intensity efforts in elite soccer matches and associated movement patterns, technical skills and tactical actions. Information for position-specific training drills. *Journal of Sports Sciences*, 34(24), 2205-2214. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1217343>
- Allen, W. J. C., De Keijzer, K. L., Raya-González, J., Castillo, D., Coratella, G., & Beato, M. (2023). Chronic effects of flywheel training on physical capacities in soccer players: A systematic review. *Research in Sports Medicine*, 31(3), 228-248. <https://doi.org/10.1080/15438627.2021.1958813>
- Altarriba-Bartes, A., Peña, J., Vicens-Bordas, J., Casals, M., Peirau, X., & Calleja-González, J. (2021). The use of recovery strategies by Spanish first division soccer teams: A cross-sectional survey. *The Physician and Sportsmedicine*, 49(3), 297-307. <https://doi.org/10.1080/00913847.2020.1819150>
- Altmann, S., Ringhof, S., Neumann, R., Woll, A., & Rumpf, M. C. (2019). Validity and reliability of speed tests used in soccer: A systematic review. *PLOS ONE*, 14(8), e0220982. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0220982>
- Andrade Ruiz, L. (2022). *Entrenamiento clásico vs contemporáneo en la mejora del 1RM de sentadilla*. <https://titula.universidadeuropea.com/handle/20.500.12880/1377>
- Arnason, A., Sigurdsson, S. B., Gudmundsson, A., Holme, I., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2004). Physical fitness, injuries, and team performance in soccer. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(2), 278-285. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000113478.92945.ca>
- Arsenis, S., Gioftsidou, A., Smilios, I., Malliou, P., Chatzinikolaou, A., Ispyrilidis, I., & Beneka, A. (2021). Flywheel or free weight training for improvement of lower limbs

strength? *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 34(3), 477-483.

<https://doi.org/10.3233/BMR-200151>

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.

<https://doi.org/10.1034/j.1600-0838.2003.00312.x>

Balsalobre-Fernández, C., Kuzdub, M., Poveda-Ortiz, P., & Campo-Vecino, J. del.

(2016). Validity and Reliability of the PUSH Wearable Device to Measure Movement Velocity During the Back Squat Exercise. *The Journal of Strength & Conditioning*

*Research*, 30(7), 1968. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001284>

Banyard, H. G., Nosaka, K., & Haff, G. G. (2017). Reliability and Validity of the Load–

Velocity Relationship to Predict the 1RM Back Squat. *The Journal of Strength &*

*Conditioning Research*, 31(7), 1897.

<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001657>

Beamish, R., & Ritchie, I. (2006). *Fastest, Highest, Strongest: A Critique of High-*

*Performance Sport*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203967850>

Beato, M., Maroto-Izquierdo, S., Turner, A. N., & Bishop, C. (2021). Implementing

Strength Training Strategies for Injury Prevention in Soccer: Scientific Rationale and Methodological Recommendations. *International Journal of Sports Physiology and*

*Performance*, 16(3), 456-461. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2020-0862>

Beato, M., McErlain-Naylor, S. A., Halperin, I., & Iacono, A. D. (2020). Current Evidence

and Practical Applications of Flywheel Eccentric Overload Exercises as

Postactivation Potentiation Protocols: A Brief Review. *International Journal of Sports*

*Physiology and Performance*, 15(2), 154-161. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2019-0476>

Beato, M., Stiff, A., & Coratella, G. (2021). Effects of Postactivation Potentiation After an Eccentric Overload Bout on Countermovement Jump and Lower-Limb Muscle Strength. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(7), 1825-1832. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003005>

Bloomfield, J., Polman, R., & O'Donoghue, P. (2007). Physical Demands of Different Positions in FA Premier League Soccer. *Journal of Sports Science & Medicine*, 6(1), 63-70.

Bompa, T. (2001). High-Performance Sports Conditioning. Modern Training for ultimate athletic development. *Medicine & Health Science Books*, 267-282.

Bradley, P. S., Archer, D. T., Hogg, B., Schuth, G., Bush, M., Carling, C., & Barnes, C. (2016). Tier-specific evolution of match performance characteristics in the English Premier League: It's getting tougher at the top. *Journal of Sports Sciences*, 34(10), 980-987. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1082614>

Burgos-Jara, C., Cerda-Kohler, H., Aedo-Muñoz, E., & Miarka, B. (2023). Eccentric Resistance Training: A Methodological Proposal of Eccentric Muscle Exercise Classification Based on Exercise Complexity, Training Objectives, Methods, and Intensity. *Applied Sciences*, 13(13), Article 13. <https://doi.org/10.3390/app13137969>

Castillo, D., Yanci, J., Casajús, J. A., & Cámara, J. (2016). Physical fitness and physiological characteristics of soccer referees. *Science & Sports*, 31(1), 27-35. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2015.11.003>

Cermak, N. M., Snijders, T., McKay, B. R., Parise, G., Verdijk, L. B., Tarnopolsky, M. A., Gibala, M. J., & Van Loon, L. J. C. (2013). Eccentric exercise increases satellite cell

content in type II muscle fibers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 45(2), 230-237. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e318272cf47>

Chaouachi, A., Manzi, V., Chaalali, A., Wong, D. P., Chamari, K., & Castagna, C. (2012). Determinants Analysis of Change-of-Direction Ability in Elite Soccer Players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(10), 2667. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318242f97a>

Christou, M., Smilios, I., Sotiropoulos, K., Volaklis, K., Piliandis, T., & Tokmakidis, S. P. (2006). Effects of resistance training on the physical capacities of adolescent soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(4), 783-791. <https://doi.org/10.1519/R-17254.1>

Coratella, G., Beato, M., Cè, E., Scurati, R., Milanese, C., Schena, F., & Esposito, F. (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. *Biology of Sport*, 36(3), 241-248. <https://doi.org/10.5114/biol sport.2019.87045>

Cormie, P., McBride, J. M., & McCaulley, G. O. (2007). Validation of Power Measurement Techniques in Dynamic Lower Body Resistance Exercises. *Journal of Applied Biomechanics*, 23(2), 103-118. <https://doi.org/10.1123/jab.23.2.103>

Day, M. L., McGuigan, M. R., Brice, G. A., & Foster, C. (2004). Monitoring Exercise Intensity During Resistance Training Using the Session RPE Scale. *Journal of Strength and Conditioning Research: The Research Journal of the NSCA*, ISSN 1064-8011, Vol. 18, Nº. 2, 2004, Págs. 353-358, 2. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3610142>

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. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(1), 46-52. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0547>

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. <https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0071>

De Hoyo, M., Sañudo, B., Carrasco, L., Mateo-Cortes, J., Domínguez-Cobo, S., Fernandes, O., Del Ojo, J. J., & Gonzalo-Skok, O. (2016). Effects of 10-week eccentric overload training on kinetic parameters during change of direction in football players. *Journal of Sports Sciences*, 34(14), 1380-1387. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1157624>

de Keijzer, K. L., McErlain-Naylor, S. A., Brownlee, T. E., Raya-González, J., & Beato, M. (2022). Perception and application of flywheel training by professional soccer practitioners. *Biology of Sport*, 39(4), 809-817. <https://doi.org/10.5114/biolSport.2022.109457>

Douglas, J., Pearson, S., Ross, A., & McGuigan, M. (2017). Eccentric Exercise: Physiological Characteristics and Acute Responses. *Sports Medicine*, 47(4), 663-675. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0624-8>

Faude, O., Koch, T., & Meyer, T. (2012). Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. *Journal of Sports Sciences*, 30(7), 625-631. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.665940>

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), Article 5. <https://doi.org/10.1007/s00421-014-2836-7>

Flanagan, E., & Jovanović, M. (2014). Researched Applications of Velocity Based Strength Training. *J. Australian Strength Cond.*, 22, 58-69.

Foster, C., Florhaug, J., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L., Parker, S., Doleshal, P., & Dodge, C. (2001). A New Approach to Monitoring Exercise Training. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*, 15, 109-115. <https://doi.org/10.1519/00124278-200102000-00019>

Freitas de Salles, B., Simão, R., Miranda, F., da Silva Novaes, J., Lemos, A., & Willardson, J. M. (2012). Rest Interval between Sets in Strength Training. *Sports Medicine*, 39(9), Article 9. <https://doi.org/10.2165/11315230-000000000-00000>

García Mayo, M. del P. (2001). R. Hawkins 2001: Second Language Syntax: A Generative Introduction. Oxford: Blackwell. *Atlantis: Revista de La Asociación Española de Estudios Anglo-Norteamericanos*, ISSN 0210-6124, Vol. 25, Nº 1, 2003, Págs. 151-155. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8839200>

García-Ramos, A., Pestaña-Melero, F. L., Pérez-Castilla, A., Rojas, F. J., & Haff, G. G. (2018). Differences in the Load–Velocity Profile Between 4 Bench-Press Variants. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(3), 326-331. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0158>

González-Badillo, J. J., & Sánchez-Medina, L. (2010). Movement Velocity as a Measure of Loading Intensity in Resistance Training. *International Journal of Sports Medicine*, 31(05), 347-352. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1248333>

Gual, G., Fort-Vanmeerhaeghe, A., Romero-Rodríguez, D., & Tesch, P. A. (2016). Effects of In-Season Inertial Resistance Training With Eccentric Overload in a Sports

Population at Risk for Patellar Tendinopathy. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(7), 1834. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001286>

Hachana, Y., Chaabène, H., Ben Rajeb, G., Khlifa, R., Aouadi, R., Chamari, K., & Gabbett, T. J. (2014). Validity and Reliability of New Agility Test among Elite and Subelite under 14-Soccer Players. *PLoS ONE*, 9(4), e95773. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0095773>

Hernández, D., Martín, V., Villa del Bosque, M., & Sánchez Sánchez, J. (2019). Efecto del entrenamiento de pretemporada sobre la condición física de futbolistas jóvenes: Análisis por demarcaciones. *Revista andaluza de medicina del deporte*, ISSN 1888-7546, Vol. 12, Nº. 4, 2019 (Ejemplar dedicado a: December 2019), págs. 348-353, 4. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7670856>

*High-Performance Sports Conditioning Modern Training for Ultimate Athletic Development*. (s. f.). Recuperado 11 de junio de 2024, de <https://www.chegg.com/textbooks/high-performance-sports-conditioning-1st-edition-9780736001632-0736001638>

Hody, S., Croisier, J.-L., Bury, T., Rogister, B., & Leprince, P. (2019). Eccentric Muscle Contractions: Risks and Benefits. *Frontiers in Physiology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00536>

Hori, N., Newton, R. U., Andrews, W. A., Kawamori, N., McGuigan, M. R., & Nosaka, K. (2009). COMPARISON OF FOUR DIFFERENT METHODS TO MEASURE POWER OUTPUT DURING THE HANG POWER CLEAN AND THE WEIGHTED JUMP SQUAT.

- Impellizzeri, F., Rampinini, E., Coutts, A., Sassi, A., & Marcora, S. (2004). Use of RPE-based training load in soccer. *Medicine and science in sports and exercise*, 36, 1042-1047. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000128199.23901.2F>
- Keijzer, K. L. de, McErlain-Naylor, S. A., Iacono, A. D., & Beato, M. (2020). Effect of Volume on Eccentric Overload–Induced Postactivation Potentiation of Jumps. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 15(7), 976-981. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2019-0411>
- LaStayo, P. C., Woolf, J. M., Lewek, M. D., Snyder-Mackler, L., Reich, T., & Lindstedt, S. L. (2003). Eccentric Muscle Contractions: Their Contribution to Injury, Prevention, Rehabilitation, and Sport. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 33(10), 557-571. <https://doi.org/10.2519/jospt.2003.33.10.557>
- LaStayo, P., Marcus, R., Dibble, L., Frajacomo, F., & Lindstedt, S. (2014). Eccentric exercise in rehabilitation: Safety, feasibility, and application. *Journal of Applied Physiology*, 116(11), 1426-1434. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00008.2013>
- Lehance, C., Binet, J., Bury, T., & Croisier, J. L. (2009). Muscular strength, functional performances and injury risk in professional and junior elite soccer players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 19(2), 243-251. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2008.00780.x>
- Mara, J. K., Thompson, K. G., Pumpa, K. L., & Morgan, S. (2017). The acceleration and deceleration profiles of elite female soccer players during competitive matches. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(9), 867-872. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.12.078>
- Maroto-Izquierdo, S., García-López, D., & De Paz, J. A. (2017). Functional and Muscle-Size Effects of Flywheel Resistance Training with Eccentric-Overload in Professional

Handball Players. *Journal of Human Kinetics*, 60(1), 133-143.  
<https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0096>

Maroto-Izquierdo, S., García-López, D., Fernandez-Gonzalo, R., Moreira, O. C., González-Gallego, J., & Paz, J. A. de. (2017). Skeletal muscle functional and structural adaptations after eccentric overload flywheel resistance training: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(10), 943-951. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.03.004>

Moore, D. R., Phillips, S. M., Babraj, J. A., Smith, K., & Rennie, M. J. (2005). Myofibrillar and collagen protein synthesis in human skeletal muscle in young men after maximal shortening and lengthening contractions. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 288(6), E1153-E1159.  
<https://doi.org/10.1152/ajpendo.00387.2004>

Morgans, R., Orme, P., Anderson, L., & Drust, B. (2014). Principles and practices of training for soccer. *Journal of Sport and Health Science*, 3(4), 251-257.  
<https://doi.org/10.1016/j.jshs.2014.07.002>

Mujika, I., Santisteban, J., Impellizzeri, F. M., & Castagna, C. (2009). Fitness determinants of success in men's and women's football. *Journal of Sports Sciences*, 27(2), 107-114. <https://doi.org/10.1080/02640410802428071>

Muñoz-López, A., Fonseca, F. de S., Ramírez-Campillo, R., Gantois, P., Nuñez, F. J., & Nakamura, F. Y. (2021). The use of real-time monitoring during flywheel resistance training programmes: How can we measure eccentric overload? A systematic review and meta-analysis. *Biology of Sport*, 38(4), 639-652.  
<https://doi.org/10.5114/biolSport.2021.101602>

- Nonnato, A., Hulton, A. T., Brownlee, T. E., & Beato, M. (2022). The Effect of a Single Session of Plyometric Training Per Week on Fitness Parameters in Professional Female Soccer Players: A Randomized Controlled Trial. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 36(4), 1046. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003591>
- 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. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1575-7>
- Núñez, F. J., Santalla, A., Carrasquilla, I., Asian, J. A., Reina, J. I., & Suarez-Arrones, L. J. (2018). The effects of unilateral and bilateral eccentric overload training on hypertrophy, muscle power and COD performance, and its determinants, in team sport players. *PLOS ONE*, 13(3), e0193841. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0193841>
- Núñez Sanchez, F. J., & Sáez de Villarreal, E. (2017). Does Flywheel Paradigm Training Improve Muscle Volume and Force? A Meta-Analysis. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(11), 3177. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002095>
- Pacholek, M., & Zemková, E. (2020). Effect of Two Strength Training Models on Muscle Power and Strength in Elite Women's Football Players. *Sports*, 8(4), 42. <https://doi.org/10.3390/sports8040042>
- Page, J., Moody, J., Esformes, J., & Byrne, P. (2022). Effects of Flywheel Resistance Training on Sprinting and Change of Direction Performance in Elite Adolescent Football Players. *Journal of Biomedical Research & Environmental Sciences*, 3(6), 694-702. <https://doi.org/10.37871/jbres1499>

- Pardos-Mainer, E., Lozano, D., Torrontegui-Duarte, M., Cartón-Llorente, A., & Roso-Moliner, A. (2021). Effects of Strength vs. Plyometric Training Programs on Vertical Jumping, Linear Sprint and Change of Direction Speed Performance in Female Soccer Players: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(2), 401. <https://doi.org/10.3390/ijerph18020401>
- Pareja-Blanco, F., Alcazar, J., Sánchez-Valdepeñas, J., Cornejo-Daza, P. J., Piqueras-Sanchiz, F., Mora-Vela, R., Sánchez-Moreno, M., Bachero-Mena, B., Ortega-Becerra, M., & Alegre, L. M. (2020). *Velocity Loss as a Critical Variable Determining the...: Medicine & Science in Sports & Exercise*. [https://journals.lww.com/acsm-msse/fulltext/2020/08000/velocity\\_loss\\_as\\_a\\_critical\\_variable\\_determining.13.aspx](https://journals.lww.com/acsm-msse/fulltext/2020/08000/velocity_loss_as_a_critical_variable_determining.13.aspx)
- Pareja-Blanco, F., & Loturco, I. (2021). *Velocity-Based Training for Monitoring Training Load and Assessing Training Effects*. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-81989-7\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-030-81989-7_9)
- Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Sanchis-Moysi, J., Dorado, C., Mora-Custodio, R., Yáñez-García, J. M., Morales-Alamo, D., Pérez-Suárez, I., Calbet, J. a. L., & González-Badillo, J. J. (2017). Effects of velocity loss during resistance training on athletic performance, strength gains and muscle adaptations. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 27(7), 724-735. <https://doi.org/10.1111/sms.12678>
- Pauole, K., Madole, K., Garhammer, J., Lacourse, M., & Rozenek, R. (2000). Reliability and Validity of the T-Test as a Measure of Agility, Leg Power, and Leg Speed in College-Aged Men and Women: *Journal of Strength and Conditioning Research*, 14(4), 443-450. <https://doi.org/10.1519/00124278-200011000-00012>

- Pecci, J., Muñoz-López, A., Jones, P., & Sañudo, B. (2022). Effects of 6 weeks in-season flywheel squat resistance training on strength, vertical jump, change of direction and sprint performance in professional female soccer players. *Biology of Sport*, 40(2), 521-529. <https://doi.org/10.5114/biolSport.2023.118022>
- Petré, H., Wernstål, F., & Mattsson, C. M. (2018). Effects of Flywheel Training on Strength-Related Variables: A Meta-analysis. *Sports Medicine - Open*, 4(1), 55. <https://doi.org/10.1186/s40798-018-0169-5>
- Piqueras-Sanchiz, F., Sabido, R., Raya-González, J., Madruga-Parera, M., Romero-Rodríguez, D., Beato, M., de Hoyo, M., Nakamura, F. Y., & Hernández-Davó, J. L. (2020). Effects of Different Inertial Load Settings on Power Output using a Flywheel Leg Curl Exercise and its Inter-Session Reliability. *Journal of Human Kinetics*, 74, 215-226. <https://doi.org/10.2478/hukin-2020-0029>
- Rago, V., Brito, J., Figueiredo, P., Carvalho, T., Fernandes, T., Fonseca, P., & Rebelo, A. (2018). Countermovement Jump Analysis Using Different Portable Devices: Implications for Field Testing. *Sports*, 6(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/sports6030091>
- Raya-González, J., Bishop, C., Gómez-Piqueras, P., Veiga, S., Viejo-Romero, D., & Navandar, A. (2020). Strength, Jumping, and Change of Direction Speed Asymmetries Are Not Associated With Athletic Performance in Elite Academy Soccer Players. *Frontiers in Psychology*, 11, 175. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00175>
- Raya-González, J., Castillo, D., & Beato, M. (2021). The Flywheel Paradigm in Team Sports: A Soccer Approach. *Strength & Conditioning Journal*, 43(1), 12. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000561>

- Raya-González, J., Castillo, D., de Keijzer, K., & Beato, M. (2022). Considerations to Optimize Strength and Muscle Mass Gains Through Flywheel Resistance Devices: A Narrative Review. *Strength and Conditioning Journal*. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000732>
- Raya-González, J., Castillo, D., Domínguez-Díez, M., & Hernández-Davó, J. L. (2020). Eccentric-Overload Production during the Flywheel Squat Exercise in Young Soccer Players: Implications for Injury Prevention. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(10), 3671. <https://doi.org/10.3390/ijerph17103671>
- Raya-González, J., de Keijzer, K. L., Bishop, C., & Beato, M. (2022). Effects of flywheel training on strength-related variables in female populations. A systematic review. *Research in Sports Medicine*, 30(4), 353-370. <https://doi.org/10.1080/15438627.2020.1870977>
- Raya-González, J., Prat-Luri, A., López-Valenciano, A., Sabido, R., & Hernández-Davó, J. L. (2021). Effects of Flywheel Resistance Training on Sport Actions. A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Human Kinetics*, 77, 191-204. <https://doi.org/10.2478/hukin-2021-0020>
- Roca, A., Ford, P. R., McRobert, A. P., & Williams, A. M. (2013). *Perceptual-Cognitive Skills and Their Interaction as a Function of Task Constraints in Soccer*. <https://doi.org/10.1123/jsep.35.2.144>
- Rodríguez-Rosell, D., Mora-Custodio, R., Franco-Márquez, F., Yáñez-García, J. M., & González-Badillo, J. J. (2017). Traditional vs. Sport-Specific Vertical Jump Tests: Reliability, Validity, and Relationship With the Legs Strength and Sprint Performance in Adult and Teen Soccer and Basketball Players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(1), 196. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001476>

- Rodríguez-Rosell, D., Torres-Torrelo, J., Franco-Márquez, F., González-Suárez, J. M., & González-Badillo, J. J. (2017). Effects of light-load maximal lifting velocity weight training vs. Combined weight training and plyometrics on sprint, vertical jump and strength performance in adult soccer players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(7), 695-699. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.11.010>
- Sabido, R., Hernández-Davó, J. L., Botella, J., Navarro, A., & Tous-Fajardo, J. (2017). Effects of adding a weekly eccentric-overload training session on strength and athletic performance in team-handball players. *European Journal of Sport Science*, 17(5), 530-538. <https://doi.org/10.1080/17461391.2017.1282046>
- Salvo, V. D., Baron, R., Tschan, H., Montero, F. J. C., Bachl, N., & Pigozzi, F. (2007). Performance Characteristics According to Playing Position in Elite Soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 28(03), 222-227. <https://doi.org/10.1055/s-2006-924294>
- Samozino, P., Morin, J.-B., Hintzy, F., & Belli, A. (2008). A simple method for measuring force, velocity and power output during squat jump. *Journal of Biomechanics*, 41(14), 2940-2945. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2008.07.028>
- Sánchez Medina, L., & González Badillo, J. J. (2011). Velocity Loss as an Indicator of Neuromuscular Fatigue during Resistance Training. *Medicine & Science in Sports & Exercise: Official Journal of the American College of Sports Medicine*, ISSN 0195-9131, Vol. 43, Nº. 9, 2011, Págs. 1725-1734, 9. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3900716>
- Sánchez-Medina, L., González-Badillo, J., Pérez, C., & Pallarés, J. (2013). Velocity- and Power-Load Relationships of the Bench Pull vs. Bench Press Exercises.

*International Journal of Sports Medicine*, 35(03), 209-216. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1351252>

Sassi, R. H., Dardouri, W., Yahmed, M. H., Gmada, N., Mahfoudhi, M. E., & Gharbi, Z. (2009). Relative and Absolute Reliability of a Modified Agility T-test and Its Relationship With Vertical Jump and Straight Sprint. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(6), 1644. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b425d2>

Sausaman, R. W., Sams, M. L., Mizuguchi, S., DeWeese, B. H., & Stone, M. H. (2019). The Physical Demands of NCAA Division I Women's College Soccer. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 4(4), 73. <https://doi.org/10.3390/jfmk4040073>

Silva, J. R., Nassis, G. P., & Rebelo, A. (2015). Strength training in soccer with a specific focus on highly trained players. *Sports Medicine - Open*, 1(1), 17. <https://doi.org/10.1186/s40798-015-0006-z>

Simperingham, K. D., Cronin, J. B., & Ross, A. (2016). Advances in Sprint Acceleration Profiling for Field-Based Team-Sport Athletes: Utility, Reliability, Validity and Limitations. *Sports Medicine*, 46(11), Article 11. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0508-y>

Sommi, C., Gill, F., Trojan, J. D., & Mulcahey, M. K. (2018). Strength and conditioning in adolescent female athletes. *The Physician and Sportsmedicine*, 46(4), 420-426. <https://doi.org/10.1080/00913847.2018.1486677>

Styles, W. J., Matthews, M. J., & Comfort, P. (s. f.). *Effects of Strength Training on Squat and Sprint...: The Journal of Strength & Conditioning Research*. Recuperado 19 de

junio de 2024, de [https://journals.lww.com/nsca-iscr/fulltext/2016/06000/effects\\_of\\_strength\\_training\\_on\\_squat\\_and\\_sprint.5.aspx](https://journals.lww.com/nsca-iscr/fulltext/2016/06000/effects_of_strength_training_on_squat_and_sprint.5.aspx)

Suarez-Arrones, L., Saez De Villarreal, E., Núñez, F. J., Di Salvo, V., Petri, C., Buccolini, A., Maldonado, R. A., Torreno, N., & Mendez-Villanueva, A. (2018). In-season eccentric-overload training in elite soccer players: Effects on body composition, strength and sprint performance. *PLOS ONE*, 13(10), e0205332. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205332>

Suchomel, T. J., Wagle, J. P., Douglas, J., Taber, C. B., Harden, M., Haff, G. G., & Stone, M. H. (2019). Implementing Eccentric Resistance Training—Part 1: A Brief Review of Existing Methods. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 4(2), 38. <https://doi.org/10.3390/jfmk4020038>

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. <https://doi.org/10.1046/j.0001-6772.2003.01225.x>

Timmins, R. G., Bourne, M. N., Shield, A. J., Williams, M. D., Lorenzen, C., & Opar, D. A. (2016). *Short biceps femoris fascicles and eccentric knee flexor weakness increase the risk of hamstring injury in elite football (soccer): A prospective cohort study.* <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095362>

Tous-Fajardo, J., Gonzalo-Skok, O., Arjol-Serrano, J. L., & Tesch, P. (2016). *Enhancing Change-of-Direction Speed in Soccer Players by Functional Inertial Eccentric Overload and Vibration Training.* <https://doi.org/10.1123/ijsspp.2015-0010>

Turner, A., & Stewart, P. (2014). Strength and Conditioning for Soccer Players. *Strength and conditioning journal*, 36, 1-13. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000054>

Weakley, J., Mann, B., Banyard, H., McLaren, S., Scott, T., & Garcia-Ramos, A. (s. f.).

*Velocity-Based Training: From Theory to Application: Strength & Conditioning Journal*. Recuperado 19 de junio de 2024, de [https://journals.lww.com/nsca-scj/fulltext/2021/04000/velocity\\_based\\_training\\_from\\_theory\\_to.4.aspx](https://journals.lww.com/nsca-scj/fulltext/2021/04000/velocity_based_training_from_theory_to.4.aspx)

Zamparo, P., Bolomini, F., Nardello, F., & Beato, M. (2015). Energetics (and kinematics) of short shuttle runs. *European Journal of Applied Physiology*, 115(9), 1985-1994.

<https://doi.org/10.1007/s00421-015-3180-2>

Anexos

ANEXO 1

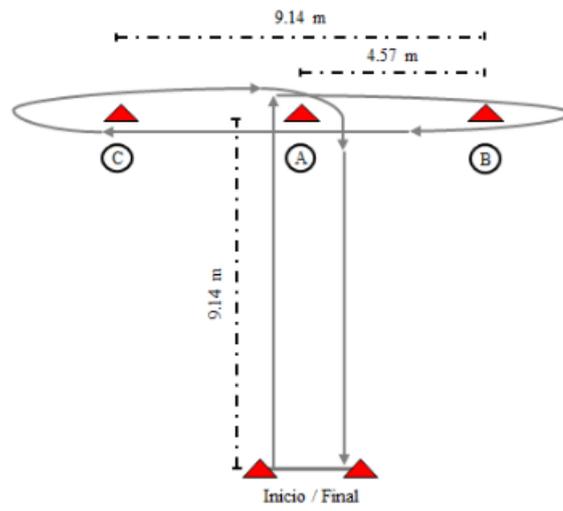


Figura 4. Prueba T-Test.

ANEXO 2

**Post Hoc Comparisons - Repeticiones por Sesión**

		Mean Difference	SE	t	Cohen's d	p <sub>bonf</sub>	
1	2	3.125	2.035	1.536	0.611	1.000	
	3	6.000	2.035	2.948	1.173	0.279	
	4	9.500	2.035	4.668	1.857	< .001***	
	5	13.750	2.035	6.757	2.688	< .001***	
	6	13.875	2.035	6.818	2.712	< .001***	
	7	11.875	2.035	5.835	2.321	< .001***	
	8	13.500	2.035	6.634	2.639	< .001***	
	9	14.250	2.035	7.002	2.785	< .001***	
	10	12.375	2.035	6.081	2.419	< .001***	
	11	11.750	2.035	5.774	2.297	< .001***	
	12	14.750	2.035	7.248	2.883	< .001***	
	2	3	2.875	2.035	1.413	0.562	1.000
4		6.375	2.035	3.133	1.246	0.162	
5		10.625	2.035	5.221	2.077	< .001***	
6		10.750	2.035	5.282	2.101	< .001***	
7		8.750	2.035	4.300	1.710	0.003**	
8		10.375	2.035	5.098	2.028	< .001***	
9		11.125	2.035	5.467	2.175	< .001***	
10		9.250	2.035	4.545	1.808	0.001**	
11		8.625	2.035	4.238	1.686	0.004**	
12		11.625	2.035	5.712	2.272	< .001***	
3		4	3.500	2.035	1.720	0.684	1.000
		5	7.750	2.035	3.808	1.515	0.018*
	6	7.875	2.035	3.870	1.539	0.015*	
	7	5.875	2.035	2.887	1.148	0.333	
	8	7.500	2.035	3.685	1.466	0.028*	
	9	8.250	2.035	4.054	1.613	0.008**	
	10	6.375	2.035	3.133	1.246	0.162	
	11	5.750	2.035	2.826	1.124	0.397	
	12	8.750	2.035	4.300	1.710	0.003**	
	4	5	4.250	2.035	2.088	0.831	1.000
		6	4.375	2.035	2.150	0.855	1.000
		7	2.375	2.035	1.167	0.464	1.000
8		4.000	2.035	1.966	0.782	1.000	
9		4.750	2.035	2.334	0.928	1.000	
10		2.875	2.035	1.413	0.562	1.000	
11		2.250	2.035	1.106	0.440	1.000	
12		5.250	2.035	2.580	1.026	0.778	
5		6	0.125	2.035	0.061	0.024	1.000
		7	-1.875	2.035	-0.921	-0.367	1.000
		8	-0.250	2.035	-0.123	-0.049	1.000

**Post Hoc Comparisons - Repeticiones por Sesión**

		<b>Mean Difference</b>	<b>SE</b>	<b>t</b>	<b>Cohen's d</b>	<b>p<sub>bonf</sub></b>
	9	0.500	2.035	0.246	0.098	1.000
	10	-1.375	2.035	-0.676	-0.269	1.000
	11	-2.000	2.035	-0.983	-0.391	1.000
	12	1.000	2.035	0.491	0.195	1.000
6	7	-2.000	2.035	-0.983	-0.391	1.000
	8	-0.375	2.035	-0.184	-0.073	1.000
	9	0.375	2.035	0.184	0.073	1.000
	10	-1.500	2.035	-0.737	-0.293	1.000
	11	-2.125	2.035	-1.044	-0.415	1.000
	12	0.875	2.035	0.430	0.171	1.000
7	8	1.625	2.035	0.799	0.318	1.000
	9	2.375	2.035	1.167	0.464	1.000
	10	0.500	2.035	0.246	0.098	1.000
	11	-0.125	2.035	-0.061	-0.024	1.000
	12	2.875	2.035	1.413	0.562	1.000
8	9	0.750	2.035	0.369	0.147	1.000
	10	-1.125	2.035	-0.553	-0.220	1.000
	11	-1.750	2.035	-0.860	-0.342	1.000
	12	1.250	2.035	0.614	0.244	1.000
9	10	-1.875	2.035	-0.921	-0.367	1.000
	11	-2.500	2.035	-1.228	-0.489	1.000
	12	0.500	2.035	0.246	0.098	1.000
10	11	-0.625	2.035	-0.307	-0.122	1.000
	12	2.375	2.035	1.167	0.464	1.000
11	12	3.000	2.035	1.474	0.586	1.000

\* p < .05, \*\* p < .01, \*\*\* p < .001

Note. P-value adjusted for comparing a family of 66

ANEXO 3

**Post Hoc Comparisons - Velocidad máxima de ejecución**

		Mean Difference	SE	t	Cohen's d	p <sub>bonf</sub>
1	2	-0.046	0.016	-2.970	-0.470	0.262
	3	-0.090	0.016	-5.779	-0.915	< .001 ***
	4	-0.124	0.016	-7.945	-1.258	< .001 ***
	5	-0.167	0.016	-10.755	-1.703	< .001 ***
	6	-0.195	0.016	-12.520	-1.982	< .001 ***
	7	-0.204	0.016	-13.082	-2.071	< .001 ***
	8	-0.200	0.016	-12.841	-2.033	< .001 ***
	9	-0.161	0.016	-10.353	-1.639	< .001 ***
	10	-0.200	0.016	-12.841	-2.033	< .001 ***
	11	-0.181	0.016	-11.637	-1.842	< .001 ***
	12	-0.202	0.016	-13.002	-2.058	< .001 ***
2	3	-0.044	0.016	-2.809	-0.445	0.416
	4	-0.077	0.016	-4.976	-0.788	< .001 ***
	5	-0.121	0.016	-7.785	-1.232	< .001 ***
	6	-0.149	0.016	-9.551	-1.512	< .001 ***
	7	-0.158	0.016	-10.112	-1.601	< .001 ***
	8	-0.154	0.016	-9.872	-1.563	< .001 ***
	9	-0.115	0.016	-7.384	-1.169	< .001 ***
	10	-0.154	0.016	-9.872	-1.563	< .001 ***
	11	-0.135	0.016	-8.668	-1.372	< .001 ***
	12	-0.156	0.016	-10.032	-1.588	< .001 ***
3	4	-0.034	0.016	-2.167	-0.343	1.000
	5	-0.078	0.016	-4.976	-0.788	< .001 ***
	6	-0.105	0.016	-6.742	-1.067	< .001 ***
	7	-0.114	0.016	-7.303	-1.156	< .001 ***
	8	-0.110	0.016	-7.063	-1.118	< .001 ***
	9	-0.071	0.016	-4.575	-0.724	0.001 **
	10	-0.110	0.016	-7.063	-1.118	< .001 ***
	11	-0.091	0.016	-5.859	-0.927	< .001 ***
	12	-0.113	0.016	-7.223	-1.143	< .001 ***
4	5	-0.044	0.016	-2.809	-0.445	0.416
	6	-0.071	0.016	-4.575	-0.724	0.001 **
	7	-0.080	0.016	-5.136	-0.813	< .001 ***
	8	-0.076	0.016	-4.896	-0.775	< .001 ***
	9	-0.038	0.016	-2.408	-0.381	1.000
	10	-0.076	0.016	-4.896	-0.775	< .001 ***
	11	-0.058	0.016	-3.692	-0.584	0.027 *
	12	-0.079	0.016	-5.056	-0.800	< .001 ***
5	6	-0.027	0.016	-1.766	-0.280	1.000
	7	-0.036	0.016	-2.327	-0.368	1.000
	8	-0.032	0.016	-2.087	-0.330	1.000

**Post Hoc Comparisons - Velocidad máxima de ejecución**

	Mean Difference	SE	t	Cohen's d	p <sub>bonf</sub>
9	0.006	0.016	0.401	0.064	1.000
10	-0.032	0.016	-2.087	-0.330	1.000
11	-0.014	0.016	-0.883	-0.140	1.000
12	-0.035	0.016	-2.247	-0.356	1.000
6 7	-0.009	0.016	-0.562	-0.089	1.000
8	-0.005	0.016	-0.321	-0.051	1.000
9	0.034	0.016	2.167	0.343	1.000
10	-0.005	0.016	-0.321	-0.051	1.000
11	0.014	0.016	0.883	0.140	1.000
12	-0.007	0.016	-0.482	-0.076	1.000
7 8	0.004	0.016	0.241	0.038	1.000
9	0.043	0.016	2.729	0.432	0.520
10	0.004	0.016	0.241	0.038	1.000
11	0.023	0.016	1.445	0.229	1.000
12	0.001	0.016	0.080	0.013	1.000
8 9	0.039	0.016	2.488	0.394	0.991
10	4.163×10 <sup>-17</sup>	0.016	2.673×10 <sup>-15</sup>	3.553×10 <sup>-15</sup>	1.000
11	0.019	0.016	1.204	0.191	1.000
12	-0.002	0.016	-0.161	-0.025	1.000
9 10	-0.039	0.016	-2.488	-0.394	0.991
11	-0.020	0.016	-1.284	-0.203	1.000
12	-0.041	0.016	-2.648	-0.419	0.647
10 11	0.019	0.016	1.204	0.191	1.000
12	-0.002	0.016	-0.161	-0.025	1.000
11 12	-0.021	0.016	-1.364	-0.216	1.000

\* p < .05, \*\* p < .01, \*\*\* p < .001

Note. P-value adjusted for comparing a family of 66

ANEXO 4

Post Hoc Comparisons - RPE

		Mean Difference	SE	t	Cohen's d	p <sub>bonf</sub>	
1	2	0.250	0.387	0.647	0.321	1.000	
	3	0.875	0.387	2.263	1.123	1.000	
	4	1.000	0.387	2.586	1.283	0.764	
	5	1.000	0.387	2.586	1.283	0.764	
	6	1.750	0.387	4.526	2.246	0.001**	
	7	1.375	0.387	3.556	1.765	0.043*	
	8	1.250	0.387	3.233	1.604	0.119	
	9	-0.250	0.387	-0.647	-0.321	1.000	
	10	1.375	0.387	3.556	1.765	0.043*	
	11	0.875	0.387	2.263	1.123	1.000	
	12	1.250	0.387	3.233	1.604	0.119	
	2	3	0.625	0.387	1.617	0.802	1.000
4		0.750	0.387	1.940	0.963	1.000	
5		0.750	0.387	1.940	0.963	1.000	
6		1.500	0.387	3.880	1.925	0.014*	
7		1.125	0.387	2.910	1.444	0.312	
8		1.000	0.387	2.586	1.283	0.764	
9		-0.500	0.387	-1.293	-0.642	1.000	
10		1.125	0.387	2.910	1.444	0.312	
11		0.625	0.387	1.617	0.802	1.000	
12		1.000	0.387	2.586	1.283	0.764	
3		4	0.125	0.387	0.323	0.160	1.000
		5	0.125	0.387	0.323	0.160	1.000
	6	0.875	0.387	2.263	1.123	1.000	
	7	0.500	0.387	1.293	0.642	1.000	
	8	0.375	0.387	0.970	0.481	1.000	
	9	-1.125	0.387	-2.910	-1.444	0.312	
	10	0.500	0.387	1.293	0.642	1.000	
	11	$8.639 \times 10^{-16}$	0.387	$2.234 \times 10^{-15}$	0.000	1.000	
	12	0.375	0.387	0.970	0.481	1.000	
	4	5	$-9.576 \times 10^{-16}$	0.387	$-2.477 \times 10^{-15}$	0.000	1.000
		6	0.750	0.387	1.940	0.963	1.000
		7	0.375	0.387	0.970	0.481	1.000
8		0.250	0.387	0.647	0.321	1.000	
9		-1.250	0.387	-3.233	-1.604	0.119	
10		0.375	0.387	0.970	0.481	1.000	
11		-0.125	0.387	-0.323	-0.160	1.000	
12		0.250	0.387	0.647	0.321	1.000	
5		6	0.750	0.387	1.940	0.963	1.000
		7	0.375	0.387	0.970	0.481	1.000
		8	0.250	0.387	0.647	0.321	1.000

**Post Hoc Comparisons - RPE**

	<b>Mean Difference</b>	<b>SE</b>	<b>t</b>	<b>Cohen's d</b>	<b>p<sub>bonf</sub></b>
9	-1.250	0.387	-3.233	-1.604	0.119
10	0.375	0.387	0.970	0.481	1.000
11	-0.125	0.387	-0.323	-0.160	1.000
12	0.250	0.387	0.647	0.321	1.000
6 7	-0.375	0.387	-0.970	-0.481	1.000
8	-0.500	0.387	-1.293	-0.642	1.000
9	-2.000	0.387	-5.173	-2.567	< .001 ***
10	-0.375	0.387	-0.970	-0.481	1.000
11	-0.875	0.387	-2.263	-1.123	1.000
12	-0.500	0.387	-1.293	-0.642	1.000
7 8	-0.125	0.387	-0.323	-0.160	1.000
9	-1.625	0.387	-4.203	-2.085	0.005 **
10	$-1.610 \times 10^{-15}$	0.387	$-4.164 \times 10^{-15}$	$-3.553 \times 10^{-15}$	1.000
11	-0.500	0.387	-1.293	-0.642	1.000
12	-0.125	0.387	-0.323	-0.160	1.000
8 9	-1.500	0.387	-3.880	-1.925	0.014 *
10	0.125	0.387	0.323	0.160	1.000
11	-0.375	0.387	-0.970	-0.481	1.000
12	$9.888 \times 10^{-16}$	0.387	$2.557 \times 10^{-15}$	0.000	1.000
9 10	1.625	0.387	4.203	2.085	0.005 **
11	1.125	0.387	2.910	1.444	0.312
12	1.500	0.387	3.880	1.925	0.014 *
10 11	-0.500	0.387	-1.293	-0.642	1.000
12	-0.125	0.387	-0.323	-0.160	1.000
11 12	0.375	0.387	0.970	0.481	1.000

\* p < .05, \*\* p < .01, \*\*\* p < .001

*Note.* P-value adjusted for comparing a family of 66

## ANEXO 5

 <p>Avda. Ramón y Cajal, 3 - 47003 Valladolid Tel.: 983 42 00 00 - Fax 983 25 75 11 gerente.hcuv@saludcastillayleon.es</p>	<b>DOCUMENTO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA INVESTIGACIÓN CLÍNICA QUE NO IMPLIQUE MUESTRAS BIOLÓGICAS HOSPITAL CLÍNICO UNIVERSITARIO DE VALLADOLID</b>	 <p>V.SEP-2021</p>
---	--	---

### DOCUMENTO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA INVESTIGACIÓN CLÍNICA QUE NO IMPLIQUE MUESTRAS BIOLÓGICAS

HOSPITAL CLÍNICO UNIVERSITARIO DE VALLADOLID

**SERVICIO:**

**INVESTIGADOR RESPONSABLE: ELOY ISLA MOLINA**

**TELÉFONO DE CONTACTO: 699191575**

**EMAIL: ismoelymail.com**

**NOMBRE DE LA LÍNEA DE TRABAJO:**

**VERSIÓN DE DOCUMENTO: (Número de versión, fecha):**

-----

**I) Finalidad de la línea de trabajo propuesta:**

***Explicar al paciente / control sano:***

- 1. El objetivo del presente estudio consistirá en la realización de una intervención basada en el trabajo de fuerza con el fin de potenciar y maximizar las capacidades de fuerza explosiva, fuerza máxima, velocidad, aceleración y salto. Todo ello a través de un programa de trabajo fuerza con un sistema inercial o Flywheel (K-box). El objeto del estudio.***

2. *Dicha intervención consistirá en un trabajo de 6 semanas consecutivas en las cuales los pacientes tendrán que realizar 2 veces por semana un trabajo en la plataforma inercial. Este entrenamiento/intervención consistirá en la ejecución de 4 series de sentadilla en Flywheel dentro de las cuales se trabajará con la pérdida de velocidad del 5% dentro de cada serie. Previo a cada sesión se realizará un calentamiento de 10 min. Así como la semana previa al inicio de la intervención se realizarán 2 sesiones de familiarización con la máquina.*

*El paciente será sometido a 5 test físicos la semana previa (para obtener los valores referencia pre-intervención) y la semana posterior al fin de la intervención (para obtener los valores post-intervención). La batería de test consistirá en: sprint 30m, T-test (COD), CMJ bilateral y CMJ unipodal con ambos pies.*

*El programa de intervención tendrá como fin el potenciamiento y mejora en cada uno de estos test, dando por hecho la mejora en cada una de estas capacidades. Siendo mínimos los riesgos asumidos fuera de lo que podría ser cualquier entrenamiento de fuerza normal o entrenamiento de cualquier modalidad deportiva.*

*La implicación del paciente en el mismo (realización de test, realización de radiografías, visitas que tendrá que realizar...) y riesgos y beneficios potenciales.*

*Los resultados de estos estudios ayudarán probablemente a diagnosticar y/o tratar de manera más precisa a los enfermos con una enfermedad como la suya.*

## **II) Algunas consideraciones sobre su participación:**

Es importante que Vd., como participante en esta línea de trabajo, conozca varios aspectos importantes:

A) Su participación es totalmente voluntaria.

B) Puede plantear todas las dudas que considere sobre su participación en este estudio.

C) No percibirá ninguna compensación económica o de otro tipo por su participación en el estudio. No obstante, la información generada en el mismo podría ser fuente de beneficios comerciales. En tal caso, están previstos mecanismos para que estos beneficios reviertan en la salud de la población, aunque no de forma individual en el participante.

D) Los datos personales serán tratados según lo dispuesto en la normativa que resulte de aplicación, como es el Reglamento (UE) 2016/679, de 27 de abril, General de Protección de Datos Personales, y su normativa de desarrollo tanto a nivel nacional como europeo.

E) La información obtenida se recogerá por el responsable del tratamiento en un registro de actividad, según la legislación vigente.

F) Los datos registrados serán tratados estadísticamente de forma codificada. En todo momento el participante tendrá derecho de acceso, modificación, oposición, rectificación o cancelación de los datos depositados en la base de datos siempre que expresamente lo solicite. Para ello deberá ponerse en contacto con el investigador principal. Los datos quedarán custodiados bajo la responsabilidad del Investigador Principal del Estudio, **Dr./Dra. xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx (indicar nombre)**. Para ejercer sus derechos puede ponerse en contacto con el delegado de protección de datos del Sacyl [dpd@saludcastillayleon.es](mailto:dpd@saludcastillayleon.es) o dirigirse a la Agencia de Protección de Datos.

G) Los datos serán guardados de forma indefinida, lo que permitirá que puedan ser utilizados por el grupo del investigador principal en estudios futuros de investigación relacionados con la línea de trabajo arriba expuesta. Dichos datos podrán ser cedidos a otros investigadores designados por el Investigador Principal para trabajos relacionados con esta línea, siempre al servicio de proyectos que tengan alta calidad científica y respeto por los principios éticos. En estos dos últimos casos, se solicitará antes autorización al CEIm (Comité de Ética de la Investigación con Medicamentos) Área de Salud Valladolid Este.

H) La falta de consentimiento o la revocación de este consentimiento previamente otorgado no supondrá perjuicio alguno en la asistencia sanitaria que Vd. recibe/recibirá.

I) Es posible que los estudios realizados aporten información relevante para su salud o la de sus familiares. Vd. tiene derecho a conocerla y transmitirla a sus familiares si así lo desea.

J) Sólo si Vd. lo desea, existe la posibilidad de que pueda ser contactado en el futuro para completar o actualizar la información asociada al estudio.

**CONSENTIMIENTO INFORMADO DEL PACIENTE POR ESCRITO.**

**Estudio** XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

Yo, \_\_\_\_\_

(Nombre y apellidos de paciente ó representante legal)

He leído la información que me ha sido entregada.

He recibido la hoja de información que me ha sido entregada.

He podido hacer preguntas sobre el estudio.

He recibido suficiente información sobre el estudio.

He hablado del estudio con \_\_\_\_\_

(Nombre y apellidos del investigador)

Comprendo que mi participación es voluntaria.

Comprendo que puedo retirarme del estudio:

- 1.- Cuando quiera.
- 2.- Sin tener que dar explicaciones.
- 3.- Sin que esto repercuta en mis cuidados médicos.

Por la presente, otorgo mi consentimiento informado y libre para participar en esta investigación.

Accedo a que los médicos del HOSPITAL CLÍNICO UNIVERSITARIO DE VALLADOLID contacten conmigo en el futuro en caso de que se necesite obtener nuevos datos. SINO (marcar con una X lo que proceda)

Accedo a que los médicos del HOSPITAL CLÍNICO UNIVERSITARIO DE VALLADOLID contacten conmigo en caso de que los estudios realizados sobre mis datos aporten información relevante para mi salud o la de mis familiares SI NO (marcar con una X lo que proceda)

Una vez firmada, me será entregada una copia del documento de consentimiento.

---

FIRMA DEL PACIENTE / REPRESENTANTE LEGAL

NOMBRE Y APELLIDOS

FECHA

EN CALIDAD DE (Parentesco, tutor legal, etc.)

Yo he explicado por completo los detalles relevantes de este estudio al paciente nombrado anteriormente y/o la persona autorizada a dar el consentimiento en nombre del paciente.

---

FIRMA DEL INVESTIGADOR

NOMBRE Y APELLIDOS

FECHA 02/02/2024

**CONSENTIMIENTO INFORMADO DEL PACIENTE POR ESCRITO.**

**APARTADO PARA LA REVOCACIÓN DEL CONSENTIMIENTO (CONTACTAR CON EL INVESTIGADOR PRINCIPAL)**

Yo \_\_\_\_\_ revoco el consentimiento de participación en el estudio, arriba firmado con fecha \_\_\_\_\_

**Firma:**