

Comparación del perfil carga-velocidad en peso muerto con barra hexagonal entre jugadores y jugadoras de baloncesto

GRADO CAFYD

**FACULTAD CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD
FÍSICA Y EL DEPORTE**



Realizado por: Raúl Nieto Acevedo y Gabriel Rodríguez Mozos

Grupo matriculado TFG: M41

Año Académico: 2023-2024

Tutor/a: Almudena Montalvo Pérez

Área: Diseño de un estudio descriptivo.

Índice

Resumen	4
Abstract	5
1. Introducción	6
1.1 Entrenamiento de fuerza.....	6
1.2 Variables del entrenamiento de fuerza.....	6
1.3 Entrenamiento basado en velocidad (VBT).....	7
1.4 Diferencias fisiológicas entre hombres y mujeres.....	9
1.5 Fuerza en baloncesto.....	10
2. Justificación	12
3. Objetivos e hipótesis	13
3.1 Objetivo general.....	13
3.2 Objetivos específicos.....	13
3.3 Hipótesis.....	13
4. Metodología	14
4.1 Diseño.....	14
4.2 Muestra y formación de grupos.....	14
4.3 Variables y material de medida.....	15
4.4 Procedimiento.....	16
4.5 Análisis de datos.....	16
5. Equipo investigador	17
5.1 Descripción de funciones y titulación.....	17
6. Viabilidad del estudio	18
6.1. Viabilidad.....	18
6.2. Limitaciones.....	18
Referencias	20
Anexos	26

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	8
Figura 2	8
Figura 3	10
Figura 4	15
Figura 5	15
Figura 6	17

Resumen

En el entrenamiento de fuerza, tradicionalmente la intensidad se ha establecido como el porcentaje de un máximo de repetición (1RM) o el número máximo de repeticiones completadas con carga absoluta (XRM). Hallar de forma tradicional el 1RM o XRM presenta varias limitaciones relacionadas con el excesivo grado de fatiga, la inversión del tiempo y la dificultad para realizar este tipo de test a ciertas poblaciones, como personas mayores, jóvenes y atletas sin experiencia previa en entrenamiento, o la variabilidad diaria de la 1RM. Para resolver estos problemas de control y cuantificación de las cargas de entrenamiento mencionados anteriormente, el control de la velocidad de ejecución durante el entrenamiento ha surgido como una alternativa válida y fiable. Observándose una fuerte relación entre la carga relativa (%1RM) y la velocidad de movimiento en diferentes ejercicios de fuerza. El inconveniente es que la mayoría de estos estudios han utilizado hombres para medir los ejercicios. Teniendo en cuenta que la literatura muestra claras diferencias fisiológicas, biomecánicas y neuromusculares entre hombres y mujeres. Merece la pena investigar si existen diferencias entre hombres y mujeres en las velocidades de los distintos %1RM. De ser así, nos permitiría controlar y programar el entrenamiento con una mayor individualización en función del sexo. El objetivo principal del presente estudio pretende comparar las velocidades medias propulsivas en peso muerto entre hombres y mujeres. La muestra está compuesta por 30 participantes (15 hombres y 15 mujeres) con experiencia en el entrenamiento de fuerza. Realizarán un test incremental de 1RM en peso muerto con barra hexagonal. Se registrará la velocidad media propulsiva mediante un encoder lineal (Vitrute™). Se utilizará la correlación de Pearson (r) para medir el grado de correlación entre la velocidad de movimiento y la carga (%1RM). Las diferencias en la relación carga-velocidad entre hombres y mujeres se evaluarán mediante un ANOVA de medidas repetidas 2 (sexo) \times 15 (carga).

Palabras clave: diferencias de sexo, entrenamiento basado en velocidad, velocidad media propulsiva.

Abstract

Traditionally, in resistance training the intensity has been established by the percentage of one repetition maximum (1RM) or by the maximum number of repetitions completed with absolute load (XRM). Figuring out the 1RM or XRM in the traditional way has limitations related to the excessive degree of fatigue, time invested, and the difficulty of these type of test on certain populations, such as older people, young people, and athletes with no previous training experience, or the daily 1RM variability. To solve these problems of control and quantification of training loads mentioned above, controlling the velocity of execution during training has emerged as a valid and reliable alternative. A strong relationship has been observed between relative load (%1RM) and velocity in different strength exercises. The main problem is that most of these studies have used men in the exercises analyzed. However, the literature shows physiological, biomechanical, and neuromuscular differences between men and women. Therefore, knowing that there are differences between men and women in the velocity of the different %1RM would allow us to control and program the training with greater individualization according to sex. The main objective of this study was to compare the mean propulsive velocity in hexbar deadlift between men and women. The sample consisted of 30 participants (15 men and 15 women) with previous strength training experience. They performed an incremental test of 1RM deadlift. Pearson's correlation (r) was used to measure the strength of the correlation between movement speed and load (%1RM). Differences in the load-velocity relationship between men and women were assessed using a 2 (sex) \times 15 (load) repeated measures ANOVA.

Keywords: sex-differences, velocity-based training, mean propulsive velocity

1. Introducción

1.1 Entrenamiento de fuerza

El entrenamiento de fuerza o resistance training (RT) en inglés induce adaptaciones neurales (Duchateau et al., 2021) y estructurales (Morton et al., 2019). Las adaptaciones neuronales pueden ir desde el aumento del reclutamiento de las unidades motoras, la sincronización o un aumento de la tasa de disparo (Suchomel et al., 2016), mientras que las adaptaciones estructurales conllevan incrementos en el tamaño muscular (por ejemplo, volumen muscular o área de sección transversal) (Jorgenson et al., 2020), cambios en la arquitectura muscular (por ejemplo, elongación del fascículo y/o cambios en el ángulo del fascículo) (Coratella, 2022), y refuerzo del músculo-tendón (Tumkur Anil Kumar et al., 2021).

Además, el entrenamiento de fuerza ha demostrado ser una gran herramienta para mejorar el rendimiento en diferentes disciplinas deportivas (Beattie et al., 2014; Crowley et al., 2017; Thiele, Prieske, Chaabene, et al., 2020; Thiele, Prieske, Lesinski, et al., 2020). Asimismo, el RT también es un factor clave para mejorar la composición corporal en la población físicamente activa (Schoenfeld et al., 2021; Vargas-Molina et al., 2020), mejorar el estado de salud de la población en general (Cannataro et al., 2021; Vargas-Molina et al., 2020), e incluso como tratamiento preventivo y paliativo en muchas enfermedades metabólicas y neurodegenerativas (Kim et al., 2019; Yang et al., 2014). Aunque está ampliamente reconocido que el entrenamiento es beneficioso para la salud o para el rendimiento (Baena-Marín et al., 2022), y a pesar de su larga historia en el entrenamiento deportivo, el método más apropiado sigue siendo controvertido. En el campo de las ciencias del deporte se encuentran diferentes métodos de entrenamiento que manipulan de forma distinta las variables del entrenamiento (American College of Sports Medicine, 2009).

1.2 Variables del entrenamiento de fuerza

La magnitud del efecto producido por el entrenamiento dependerá de la manipulación de las variables, especialmente la intensidad, el volumen y el tipo de ejercicios (Fry, 2004; Kraemer & Ratamess, 2004; Spiering et al., 2008). Tradicionalmente, la intensidad o la carga relativa se ha establecido como el

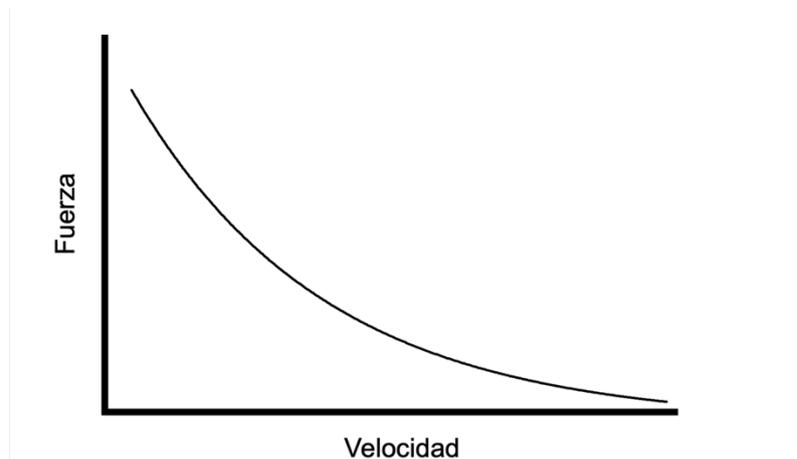
porcentaje de un máximo de repetición (1RM) o el número máximo de repeticiones completadas con carga absoluta (XRM) (Fry, 2004; Kraemer & Ratamess, 2004). Ambas metodologías presentan varias limitaciones relacionadas con el excesivo grado de fatiga, la inversión del tiempo empleado y la dificultad para realizar este tipo de test a ciertas poblaciones, como personas mayores, jóvenes y atletas sin experiencia previa en RT (Conceição et al., 2016; González-Badillo & Sánchez-Medina, 2010). Además, la principal limitación del método basado en el porcentaje de 1RM para prescribir la carga es la alta variabilidad entre la carga real y la carga propuesta debido a los cambios diarios en 1RM (Zourdos et al., 2016). Como consecuencia, con este método tradicional, no es posible conocer la carga real con la que el atleta ha entrenado en cada sesión de entrenamiento y, por lo tanto, es imposible determinar la carga que ha producido determinado efecto de entrenamiento (Sanchez-Medina et al., 2010). Por otro lado, el volumen se prescribe en términos de series y repeticiones por serie (Kraemer & Ratamess, 2004). Sin embargo, el número máximo de repeticiones completadas contra una carga relativa dada presenta una alta variabilidad entre los sujetos (por ejemplo, hay sujetos que con el 60% de 1RM pueden realizar 11 repeticiones y otros sujetos 40 repeticiones) (Guez-Rosell et al., 2020); por lo tanto, es probable que los sujetos que realizan el mismo número de repeticiones por serie estén entrenando con diferente carga relativa, y, en consecuencia, estén realizando un esfuerzo diferente (González-Badillo et al., 2017; Guez-Rosell et al., 2020). Como alternativa a este método tradicional, González-Badillo, 2006 proponen la medición de la velocidad de ejecución para estimar el 1RM sin tener que llegar a averiguarlo directamente.

1.3 Entrenamiento basado en velocidad (VBT)

Para resolver estos problemas de control y cuantificación de las cargas de entrenamiento que se venía haciendo tradicionalmente, el control de la velocidad de ejecución surge como una alternativa válida y fiable (González-Badillo & Sánchez-Medina, 2010; Pereira & Gomes, 2003; Weakley et al., 2020). En primer lugar, varios estudios han observado una fuerte relación entre la carga relativa (%1RM) y la velocidad de movimiento en diferentes ejercicios de fuerza (Curva fuerza-velocidad = relación entre la fuerza y la velocidad en un continuo, Figura 1) (González-Badillo et al., 2006; Kraemer et al., 2017; Pareja-Blanco et al., 2017).

Figura 1

Curva fuerza-velocidad



Nota: elaboración propia

Por lo tanto, gracias a la precisión de esta curva carga-velocidad es posible estimar el porcentaje de 1RM que se está utilizando tan pronto como se realiza la primera repetición con una carga absoluta dada. En la siguiente figura se muestran los ejercicios analizados y las velocidades asociadas a cada porcentaje de 1RM (Figura 2).

Figura 2

Velocidades medias propulsivas para cada % de 1RM en diferentes ejercicios.

Ejercicio	VELOCIDAD MEDIA PROPULSIVA (m.s ⁻¹)*												
	1RM	:95%	:90%	:85%	:80%	:75%	:70%	:65%	:60%	:55%	:50%	:45%	:40%
Bench Pull <small>Sánchez Medina et al. (2014): Remo Tendido Prono en Banco con Máquina Smith</small>	0.53	0.59	0.65	0.72	0.78	0.85	0.92	0.99	1.06	1.13	1.21	1.28	1.36
Back Squat <small>Sánchez Medina et al. (2014): Sentadilla Profunda en Máquina Smith con Pausa</small>	0.32	0.42	0.51	0.59	0.68	0.76	0.84	0.92	1.00	1.07	1.14	1.21	1.28
Pull Up <small>Sánchez Moreno et al. (2017): Dominada Agarre Prono</small>	0.22	0.31	0.39	0.5	0.57	0.65	0.74	0.83	0.91	1.00	1.09		
Militar Press <small>Muñoz et al. (2014): Press Militar Tras Nuca en Máquina Smith</small>	0.20	0.27	0.34	0.41	0.49	0.55	0.62	0.69	0.75	0.81	0.86	0.92	0.97
Bench Press <small>González Badillo y Sánchez Medina (2010): Press Banca en Máquina Smith con Pausa</small>	0.18	0.25	0.32	0.39	0.47	0.55	0.62	0.70	0.78	0.87	0.95	1.07	1.13
Dead-Lift* <small>Helms et al. 2017. Peso Muerto con Sujetos Expertos (Powerlifters) 1RM = 237.3kg</small>	0.14	0.21	0.29	0.37	0.46								

Nota: Diseñada por el Dr. Jesús Rivilla García (@jesusrivilla)

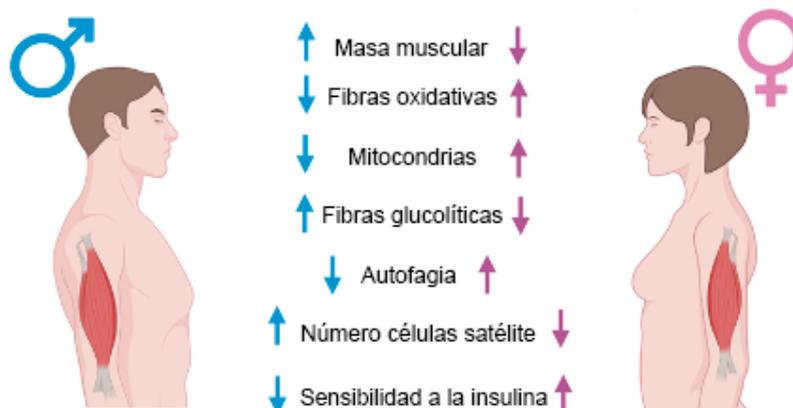
Por otro lado, la mayoría de los estudios mencionados sobre VBT que analizaron el perfil carga-velocidad, han sido llevados a cabo en hombres, lo que podría considerarse una limitación, ya que estudios previos han demostrado que los hombres muestran valores de velocidad más elevados a diferentes %1RM que las mujeres en los ejercicios de press de banca, sentadilla, press de banca inclinado y press militar sentado (Nieto-Acevedo et al., 2023). Por ello, necesitamos conocer las diferencias fisiológicas entre hombres y mujeres, cuestión que se abordará en el siguiente apartado.

1.4 Diferencias fisiológicas entre hombres y mujeres

Aunque los mecanismos subyacentes no se conocen del todo, la diferencia en el tipo de fibra entre sexos puede influir en las propiedades contráctiles del músculo esquelético de hombres y mujeres (Ansdell et al., 2019). Los resultados de esta reciente revisión sistemática con metaanálisis (Nuzzo, 2023) muestran que existen diferencias significativas de sexo en los tipos de fibras musculares. Los hombres presentan mayores áreas transversales para todos los tipos de fibras musculares, mayores porcentajes de distribución para las fibras de tipo II. Mientras que las mujeres presentan una mayor distribución y porcentajes de área para los tipos de fibras Tipo I. Las diferencias sexuales en los tipos de fibras musculares podrían ayudar a explicar la mayor fuerza y potencia muscular de los hombres frente a las mujeres; y la mayor resistencia muscular de las mujeres frente a los hombres para algunos ejercicios de fuerza, mientras que una mayor masa muscular en los hombres que en las mujeres no parece explicar completamente la diferencia de sexo en la fuerza muscular (Nuzzo, 2023) (Figura 3).

Figura 3

Principales diferencias en los fenotipos musculares de los dos sexos en humanos.



Nota: Las flechas que apuntan hacia arriba significan una expresión más fuerte o un número mayor en comparación con el otro sexo, mientras que las flechas que apuntan hacia abajo significan lo contrario. Adaptado de (Della Peruta et al., 2023)

Además, hay estudios que sugieren que la respuesta a la misma “dosis” de ejercicio podría ser diferente entre hombres y mujeres debido a las propiedades metabólicas y contráctiles del músculo esquelético (Besson et al., 2022). Por lo que controlar la forma de dosificar el entrenamiento para ambos sexos se hace especialmente relevante.

1.5 Fuerza en baloncesto

El baloncesto requiere altos niveles de condición física para permitir a los jugadores explotar sus habilidades técnicas y tácticas a lo largo de un partido (Schelling & Torres-Ronda, 2016). Además, las demandas de baloncesto requieren una expresión óptima de la fuerza y la potencia neuromuscular (Schelling & Torres-Ronda, 2016). Las características físicas deseadas en un jugador de baloncesto son correr más rápido y saltar más alto que los oponentes y tener buenos niveles fuerza y estabilidad (Ronda & Cuzzolin, 2020).

En un programa de entrenamiento multidisciplinar e integrador, incluir ejercicios de fuerza es fundamental para conseguir los niveles de condición física antes mencionados. Las sesiones de fuerza incorporan elementos de diferentes áreas del programa, incluyendo objetivos de fuerza-potencia-velocidad, objetivos de

prevención/reducción de lesiones o necesidades de movimiento en baloncesto. (Ronda & Cuzzolin, 2020). Para ello, uno de los ejercicios más comunes usados en preparación física en baloncesto y que permiten un desarrollo de la fuerza y la potencia en miembros inferiores es el peso muerto (Ronda & Cuzzolin, 2020). Además, se ha observado como el peso muerto es el ejercicio que más correlaciona el rendimiento en salto en baloncesto (Schiemann et al., 2024). En concreto, el peso muerto con barra hexagonal muestra valores significativamente más altos de fuerza máxima, potencia y velocidad máxima que con barra recta (Camara et al., 2016). Igualmente, se ha demostrado que el peso muerto con barra recta genera una mayor activación de la zona lumbar (Andersen et al., 2018), algo que podría causar estrés extra en jugadores de baloncesto. Además, el peso muerto con barra hexagonal no ha sido comparado en hombres y mujeres para establecer un perfil fuerza-velocidad en función del sexo. Estos motivos parecen justificar la necesidad de comparar los perfiles de fuerza-velocidad en el peso muerto con barra hexagonal en jugadores y jugadoras de baloncesto.

2. Justificación

Teniendo en cuenta la literatura anterior que muestra diferencias fisiológicas entre hombres y mujeres, y que la mayoría de los estudios sobre VBT han sido realizados en hombres (Nieto-Acevedo et al., 2023), las ecuaciones generales, fruto de esas publicaciones realizadas con hombres, podrían no ser apropiadas para las mujeres. Por tanto, usar datos de estudios realizados en hombres para prescribir la carga de entrenamiento a través de la misma velocidad podría llevar a que las mujeres recibieran un estímulo diferente al de los hombres. Entender cómo las mujeres responden a diferentes intensidades de entrenamiento de fuerza permitirá la optimización de estrategias específicas. Este estudio en el que se investigan variables como la intensidad, proporciona información esencial para diseñar programas eficaces y seguros. Además, como las mujeres exhiben variabilidades biológicas y fisiológicas únicas en comparación con los hombres, como diferencias en la composición corporal, el sistema hormonal y la respuesta al entrenamiento (Nuzzo, 2023). Investigar el rendimiento de fuerza en mujeres permite comprender cómo estas diferencias impactan en las adaptaciones al entrenamiento y en la optimización de protocolos específicos para su fisiología.

Por todo ello, el presente estudio tratará de dar respuesta a las posibles diferencias entre hombres y mujeres en el perfil carga-velocidad en peso muerto con barra hexagonal en jugadores y jugadoras de baloncesto. En el siguiente apartado entraremos en detalle en los objetivos que se persiguen en este estudio y la hipótesis de trabajo.

3. Objetivos e hipótesis

3.1 *Objetivo general*

El objetivo general de la presente investigación es describir las diferencias en el perfil carga-velocidad entre hombres y mujeres en peso muerto con barra hexagonal en jugadores y jugadoras de baloncesto.

3.2 *Objetivos específicos*

De manera específica, tras analizar la literatura sobre el tema principal, surgen los siguientes objetivos específicos:

- Comparar las velocidades medias propulsivas en peso muerto con barra hexagonal entre hombres y mujeres.
- Determinar el grado de correlación entre la carga relativa (%1RM) y la velocidad media propulsiva para hombres y mujeres en el peso muerto con barra hexagonal.
- Examinar la potencia media y pico en peso muerto con barra hexagonal en hombres y mujeres.

3.3 *Hipótesis*

De acuerdo con la definición de los objetivos anteriormente expuestos se formulan la siguiente hipótesis de investigación:

- Los hombres manifiestan mayores velocidades en cada %1RM que las mujeres en el peso muerto con barra hexagonal.
- El grado de correlación entre la carga relativa (%1RM) y la velocidad media propulsiva para hombres y mujeres en el peso muerto con barra hexagonal es alto.
- La potencia media y pico en peso muerto con barra hexagonal es mayor en hombres que en mujeres.

4. Metodología

4.1 *Diseño*

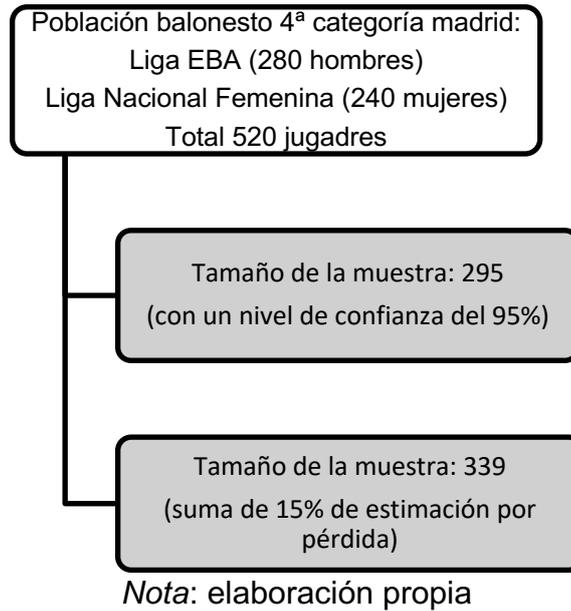
Se trata de un estudio descriptivo correlacional. Los sujetos serán evaluados para la relación individual carga-velocidad y la determinación de la fuerza (1RM). Los participantes acudirán una vez al laboratorio. Se les pedirá a los participantes que eviten realizar ejercicio extenuante y las bebidas que contuvieran cafeína/alcohol durante las 24 horas previas a la prueba. Las sesiones de evaluación se realizarán en el mismo lugar y a la misma hora del día (± 1 h) para cada sujeto, en las mismas condiciones ambientales.

4.2 *Muestra y formación de grupos*

El tamaño de la muestra se calculará con las fórmulas de las hojas de Excel de www.fisterra.com (Martínez-Ezquerro et al., 2017). (Figura 4). Los criterios de inclusión serán: 1) tener al menos 2 años de experiencia en entrenamiento de fuerza, y 2) edad entre 18 y 45 años. Los criterios de exclusión serán: 1) tener alguna lesión de salud o musculoesquelética que pudiera comprometer las pruebas 2) no tener experiencia de entrenamiento en el ejercicio del peso muerto con barra hexagonal. Tras ser informados de la finalidad y los procedimientos de las pruebas, los sujetos firmarán un consentimiento informado por escrito antes de participar (Anexo I). Se solicitará al Comité de Ética de la Investigación de la Universidad Europea de Madrid y se llevará a cabo de acuerdo con la Declaración de Helsinki (Association, 2013).

Figura 4

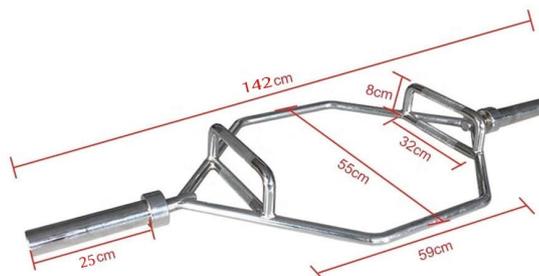
Tamaño muestral



4.3 Variables y material de medida

Las variables de estudio son la velocidad media propulsiva (VMP) (m/s) como variable dependiente, y la carga relativa (%1RM), como variable independiente.

Todas las repeticiones se registrarán con un transductor de velocidad lineal (Vitruve™, Madrid, España) validado científicamente (Pérez-Castilla et al., 2019; Weakley et al., 2021). Se utilizará una barra hexagonal de 20 kg (Eleiko, Halmstad, Suecia) (Figura 5).

Figura 5*Barra del ejercicio a realizar*

4.4 *Procedimiento*

El protocolo de calentamiento consistirá en tres minutos de bicicleta estática a una intensidad fácil (RPE 3-4 sobre 10), cinco minutos de ejercicios de movilidad articular, seguidos de seis repeticiones con cargas fijas de 30 y 20 kg para hombres y mujeres, respectivamente. La prueba de carga-velocidad seguirá los protocolos ya establecidos (González-Badillo & Sánchez-Medina, 2010). La carga inicial se fijará en 20 kg y se aumentará gradualmente, inicialmente en incrementos de 20 kg hasta y los hombres 30 kg alcanzar una VMP de $0,8 \text{ m/s}^1$, realizando tres repeticiones con cada carga. Se realizarán dos repeticiones cuando la VMP estaba entre $0,8$ y $0,6 \text{ m/s}^1$ (incrementos de 10 kg), y sólo una repetición para cargas superiores. Se utilizarán incrementos de 5 kg cuando la VMP oscilaba entre $0,6$ y $0,5 \text{ m/s}^1$ y de 2,5 kg cuando el VPM era inferior a $0,5 \text{ m/s}^1$ a 1RM. Se considerará como 1RM la carga más pesada que cada sujeto podrá levantar correctamente mientras complete un rango completo de movimiento y sin ninguna ayuda externa. Los descansos entre series serán de 3 minutos. Sólo se tendrá en cuenta para el la más rápida y realizada correctamente de cada carga. Se proporcionará un fuerte estímulo verbal durante todas las repeticiones para motivar a los participantes a realizar el máximo esfuerzo. En el anexo III puede verse el procedimiento.

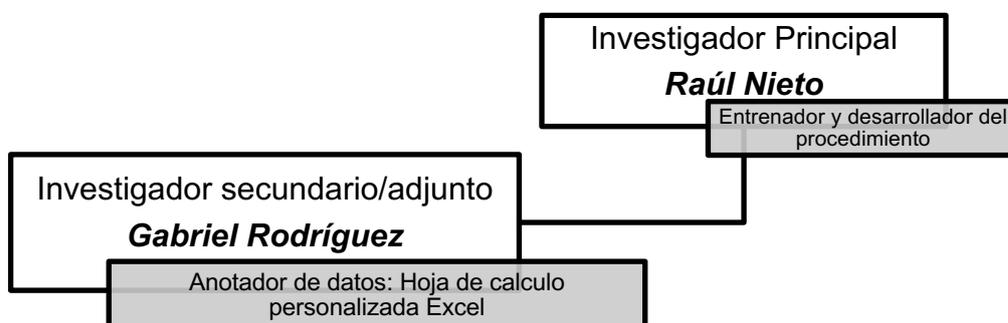
4.5 *Análisis de datos*

En todas las variables se realizarán medias (M) y desviación estándar (DE). La distribución normal de los datos se analizará mediante la prueba de Shapiro-Wilk, y la homogeneidad de las varianzas mediante la prueba de Levene ($p > 0,05$). Se utilizarán coeficientes de correlación de Pearson (paramétricas) o Spearman (no paramétricas) para cuantificar la asociación del porcentaje de 1RM y la velocidad media propulsiva. Para las variables que sigan una distribución normal se realizará una ANOVA y para las que no presenten una distribución normal una ANOVA de Kruskal Wallis. La variable dependiente será los valores medios de velocidad alcanzados en cada %1RM. Si se observaran diferencias significativas se empleará un análisis post hoc con la prueba de Bonferroni. La significación se fijará en $p < 0,05$. Los análisis se realizarán con una hoja de cálculo personalizada (Microsoft Excel versión 16.69.1) y el programa estadístico JASP versión 0.16.4 (Nieuwe Achtergracht, Amsterdam).

5. Equipo investigador

Figura 6

Equipo Investigador



Nota: elaboración propia

5.1 Descripción de funciones y titulación

- Investigador Principal: Titulación CAFYD. Entrenador responsable del planteamiento, ejecución y desarrollo del procedimiento. Encargado Principal del sujeto a evaluar en el estudio. Se asegurará de que el calentamiento se realice con los estándares pautados anteriormente y en cuanto a la prueba de evaluación, organizará el material (encoder, barra y discos), enseñará la técnica y colocará al sujeto para realizar el peso muerto con barra hexagonal con una técnica adecuada y a máxima velocidad.
- Investigador secundario/adjunto: Titulación CAFYD. Entrenador responsable de la recepción del sujeto, presentación y explicación teórica de la prueba y captación de datos del sujeto (datos antropométricos y dispositivo), anotando todo en la hoja de cálculo Excel. Al finalizar la recolección de los datos, los dos investigadores analizarán los datos y sacarán conclusiones para la finalización de la investigación.

El cronograma de tiempos y responsabilidades se puede observar en el anexo II.

6. Viabilidad del estudio

6.1. Viabilidad

Para la capacitación del proyecto se visitará a los clubes de la comunidad de madrid jugadoras que juegan en 1º Nacional femenina, cuarta división del baloncesto femenino español y los jugadores pertenecen Liga EBA, cuarta división del baloncesto masculino español. Los sujetos tienen edades y categorías similares, y tienen experiencia en el entrenamiento de la fuerza general y el peso muerto con barra hexagonal, lo hacen con asiduidad. Cumplen con los criterios de inclusión descritos en puntos anteriores.

El procedimiento de evaluación se realizará en las instalaciones de entrenamiento físico de dichos equipos, el cual dispone del material nombrado en puntos anteriores y que será siempre el mismo durante toda la investigación. Solo se aportará a estas instalaciones, el dispositivo para medir la velocidad que ya tiene en propiedad el investigador principal y cinta métrica, bascula Tanita, tableta digital para el encoder y ordenador para recogida de datos, que tiene en propiedad el investigador adjunto. Además, de los consentimientos informados impresos que tienen que firmar.

En cuanto a la temporalización del estudio, el equipo investigador se desplazará el lugar de evaluación y necesitará tres sesiones de 1 h con cada equipo para poder recoger todos los datos. En cada sesión se irá realizando la prueba con dos sujetos cada media hora, esto es posible porque mientras que un sujeto realiza el ejercicio el otro está descansando. La toma de datos se realizará a mitad de temporada para garantizar que todos los deportistas estén en forma y tenga buena técnica en el ejercicio.

6.2. Limitaciones

Valoramos encontrarnos con las posibles limitaciones siguientes durante la investigación:

- Alguno de los sujetos del estudio estuviese indispuerto, enfermo o estar lesionado en el momento pactado para la prueba, en ese caso esperaremos a la completa recuperación física del jugador para poder realizársela.
- Algún jugador/a que no quiera participar en el estudio.

Futuras líneas de investigación

Como futuras líneas de investigación se propone comparar los perfiles de fuerza-velocidad entre las distintas posiciones de juego en baloncesto. Por ejemplo, entre jugadores interiores o exteriores. También consideramos interesante como otra posible línea de investigación realizar una comparativa del perfil fuerza-velocidad entre distintos deportes. Por ejemplo, entre baloncesto, fútbol y balonmano.

Referencias

- American College of Sports Medicine. (2009). American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(3), 687–708. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181915670>
- Ansdell, P., Brownstein, C. G., Škarabot, J., Hicks, K. M., Howatson, G., Thomas, K., Hunter, S. K., & Goodall, S. (2019). Sex differences in fatigability and recovery relative to the intensity-duration relationship. *The Journal of Physiology*, 597(23), 5577–5595. <https://doi.org/10.1113/JP278699>
- Association, W. M. (2013). World medical association declaration of helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA*, 310(20), 2191–2194. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053>
- Baena-Marín, M., Rojas-Jaramillo, A., González-Santamaría, J., Rodríguez-Rosell, D., Petro, J. L., Kreider, R. B., & Bonilla, D. A. (2022). Velocity-Based Resistance Training on 1-RM, Jump and Sprint Performance: A Systematic Review of Clinical Trials. *Sports*, 10(1). <https://doi.org/10.3390/SPORTS10010008>
- Beattie, K., Kenny, I. C., Lyons, M., & Carson, B. P. (2014). The effect of strength training on performance in endurance athletes. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 44(6), 845–865. <https://doi.org/10.1007/S40279-014-0157-Y>
- Besson, T., Macchi, R., Rossi, J., Morio, C. Y. M., Kunimasa, Y., Nicol, C., Vercruyssen, F., & Millet, G. Y. (2022). Sex differences in endurance running. *Sports Medicine*, 0123456789. <https://doi.org/10.1007/s40279-022-01651-w>
- Cannataro, R., Carbone, L., Petro, J. L., Cione, E., Vargas, S., Angulo, H., Forero, D. A., Odriozola-Martínez, A., Kreider, R. B., & Bonilla, D. A. (2021). Sarcopenia: Etiology, Nutritional Approaches, and miRNAs. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(18). <https://doi.org/10.3390/IJMS22189724>
- Conceição, F., Fernandes, J., Lewis, M., González-Badillo, J. J., & Jimenez-Reyes, P. (2016). Movement velocity as a measure of exercise intensity in three lower limb exercises. *Journal of Sports Sciences*, 34(12), 1099–1106. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1090010>
- Coratella, G. (2022). Appropriate Reporting of Exercise Variables in Resistance Training Protocols: Much more than Load and Number of Repetitions. *Sports Medicine - Open*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/S40798-022-00492-1>
- Crowley, E., Harrison, A. J., & Lyons, M. (2017). The Impact of Resistance Training on Swimming Performance: A Systematic Review. *Sports Medicine (Auckland,*

- N.Z.), 47(11), 2285–2307. <https://doi.org/10.1007/S40279-017-0730-2>
- Della Peruta, C., Lozanoska-Ochser, B., Renzini, A., Moresi, V., Sanchez Riera, C., Bouché, M., & Coletti, D. (2023). Sex Differences in Inflammation and Muscle Wasting in Aging and Disease. *International Journal of Molecular Sciences* 2023, Vol. 24, Page 4651, 24(5), 4651. <https://doi.org/10.3390/IJMS24054651>
- Duchateau, J., Stragier, S., Baudry, S., & Carpentier, A. (2021). Strength Training: In Search of Optimal Strategies to Maximize Neuromuscular Performance. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 49(1), 2–14. <https://doi.org/10.1249/JES.000000000000234>
- Fry, A. C. (2004). The role of resistance exercise intensity on muscle fibre adaptations. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 34(10), 663–679. <https://doi.org/10.2165/00007256-200434100-00004>
- 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(5), 347–352. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1248333>
- González-Badillo, J. J., Yañez-García, J. M., Mora-Custodio, R., & Rodríguez-Rosell, D. (2017). Velocity Loss as a Variable for Monitoring Resistance Exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 38(3), 217–225. <https://doi.org/10.1055/S-0042-120324>
- Guez-Rosell, D. R., Yanez-GarciA, J. M., Sanchez-Medina, L., Mora-Custodio, R., & Lez-Badillo, J. J. G. (2020). Relationship Between Velocity Loss and Repetitions in Reserve in the Bench Press and Back Squat Exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(9), 2537–2547. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002881>
- Hakkinen, K. (1993). Neuromuscular fatigue and recovery in male and female athletes during heavy resistance exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 14(2), 53–59. <https://doi.org/10.1055/s-2007-1021146>
- Handelsman, D. J., Hirschberg, A. L., & Bermon, S. (2018). Circulating Testosterone as the Hormonal Basis of Sex Differences in Athletic Performance. *Endocrine Reviews*, 39(5), 803. <https://doi.org/10.1210/ER.2018-00020>
- Jorgenson, K. W., Phillips, S. M., & Hornberger, T. A. (2020). Identifying the Structural Adaptations that Drive the Mechanical Load-Induced Growth of Skeletal Muscle: A Scoping Review. *Cells*, 9(7). <https://doi.org/10.3390/CELLS9071658>
- Kim, Y., Lai, B., Mehta, T., Thirumalai, M., Padalabalanarayanan, S., Rimmer, J. H., & Motl, R. W. (2019). Exercise Training Guidelines for Multiple Sclerosis, Stroke, and Parkinson Disease: Rapid Review and Synthesis. *American*

- Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 98(7), 613–621.
<https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000001174>
- Kraemer, W. J., & Ratamess, N. A. (2004). Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(4), 674–688.
<https://doi.org/10.1249/01.mss.0000121945.36635.61>
- Linnanio, V., Häkkinen, K., & Komi, P. V. (1998). Neuromuscular fatigue and recovery in maximal compared to explosive strength loading. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 77(1–2), 176–181.
<https://doi.org/10.1007/S004210050317>
- McBurnie, A. J., Allen, K. P., Garry, M., Martin, M., Thomas, D., Jones, P. A., Comfort, P., & McMahon, J. J. (2019). The Benefits and Limitations of Predicting One Repetition Maximum Using the Load-Velocity Relationship. *Strength and Conditioning Journal*, 41(6), 28–40.
<https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000496>
- McNulty, K. L., Elliott-Sale, K. J., Dolan, E., Swinton, P. A., Ansdell, P., Goodall, S., Thomas, K., & Hicks, K. M. (2020). The effects of menstrual cycle phase on exercise performance in eumenorrheic women: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 50(10), 1813–1827.
<https://doi.org/10.1007/s40279-020-01319-3>
- Morton, R. W., Colenso-Semple, L., & Phillips, S. M. (2019). Training for strength and hypertrophy: an evidence-based approach. *Current Opinion in Physiology*, 10, 90–95. <https://doi.org/10.1016/J.COPHYS.2019.04.006>
- Nuzzo, J. L. (2023). Sex differences in skeletal muscle fiber types: A meta-analysis. *Clinical Anatomy*. <https://doi.org/10.1002/CA.24091>
- Parker, B. A., Smithmyer, S. L., Pelberg, J. A., Mishkin, A. D., Herr, M. D., & Proctor, D. N. (2007). Sex differences in leg vasodilation during graded knee extensor exercise in young adults. *Journal of Applied Physiology*, 103(5), 1583–1591.
<https://doi.org/10.1152/JAPPLPHYSIOL.00662.2007/ASSET/IMAGES/LARGE/ZDG0110775820006.JPEG>
- Pérez-Castilla, A., Piepoli, A., Garrido-Blanca, G., Delgado-García, G., Balsalobre-Fernández, C., & García-Ramos, A. (2019). Precision of 7 commercially available devices for predicting bench-press 1-repetition maximum from the individual load-velocity relationship. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(10), 1442–1446. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0801>
- Pinillos, F., Lago Fuentes, C., Bujalance-Moreno, P., & Pérez Castilla, A. (2020). Effect of the menstrual cycle when estimating 1 repetition maximum from the

- load-velocity relationship during the bench press exercise. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, Publish Ah. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003712>
- Roberts, B. M., Nuckols, G., & Krieger, J. W. (2020). Sex Differences in resistance training: A systematic review and meta-analysis. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 34(5) <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000003521>
- Roepstorff, C., Donsmark, M., Thiele, M., Vistisen, B., Stewart, G., Vissing, K., Schjerling, P., Hardie, D. G., Galbo, H., & Kiens, B. (2006). Sex differences in hormone-sensitive lipase expression, activity, and phosphorylation in skeletal muscle at rest and during exercise. *American Journal of Physiology. Endocrinology and Metabolism*, 291(5). <https://doi.org/10.1152/AJPENDO.00097.2006>
- Romero-Parra, N., Cupeiro, R., Alfaro-Magallanes, V. M., Rael, B., Rubio-Arias, J. Á., Peinado, A. B., & Benito, P. J. (2021). Exercise-induced muscle damage during the menstrual cycle: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(2), 549–561. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003878>
- Sanchez-Medina, L., Perez, C. E., & Gonzalez-Badillo, J. J. (2010). Importance of the propulsive phase in strength assessment. *International Journal of Sports Medicine*, 31(2), 123–129. <https://doi.org/10.1055/S-0029-1242815>
- Schoenfeld, B. J., Fisher, J. P., Grgic, J., Haun, C. T., Helms, E. R., Phillips, S. M., Steele, J., Vigotsky, A. D., & Schoenfeld, B. J. (2021). Resistance Training Recommendations to Maximize Muscle Hypertrophy in an Athletic Population: Position Stand of the IUSCA. *International Journal of Strength and Conditioning*, 1(1). <https://doi.org/10.47206/IJSC.V1I1.81>
- Spiering, B. A., Kraemer, W. J., Anderson, J. M., Armstrong, L. E., Nindl, B. C., Volek, J. S., & Maresh, C. M. (2008). Resistance exercise biology: manipulation of resistance exercise programme variables determines the responses of cellular and molecular signalling pathways. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 38(7), 527–540. <https://doi.org/10.2165/00007256-200838070-00001>
- Suchomel, T. J., Nimphius, S., Bellon, C. R., & Stone, M. H. (2018). The importance of muscular strength: training considerations. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 48(4), 765–785. <https://doi.org/10.1007/S40279-018-0862-Z>
- Suchomel, T. J., Nimphius, S., & Stone, M. H. (2016). The importance of muscular strength in athletic performance. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 46(10), 1419–1449. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0486-0>
- Sundberg, C. W., Hunter, S. K., & Bundle, M. W. (2017). Rates of performance

- loss and neuromuscular activity in men and women during cycling: Evidence for a common metabolic basis of muscle fatigue. *Journal of Applied Physiology*, 122(1), 130–141. <https://doi.org/10.1152/JAPPLPHYSIOL.00468.2016/ASSET/IMAGES/LARGE/ZDG0011720470008.JPEG>
- Thiele, D., Prieske, O., Chaabene, H., & Granacher, U. (2020). Effects of strength training on physical fitness and sport-specific performance in recreational, sub-elite, and elite rowers: A systematic review with meta-analysis. *Journal of Sports Sciences*, 38(10), 1186–1195. <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1745502>
- Thiele, D., Prieske, O., Lesinski, M., & Granacher, U. (2020). Effects of Equal Volume Heavy-Resistance Strength Training Versus Strength Endurance Training on Physical Fitness and Sport-Specific Performance in Young Elite Female Rowers. *Frontiers in Physiology*, 11. <https://doi.org/10.3389/FPHYS.2020.00888>
- Trappe, S., Gallagher, P., Harber, M., Carrithers, J., Fluckey, J., & Trappe, T. (2003). Single muscle fibre contractile properties in young and old men and women. *The Journal of Physiology*, 552(Pt 1), 47–58. <https://doi.org/10.1113/JPHYSIOL.2003.044966>
- Tumkur Anil Kumar, N., Oliver, J. L., Lloyd, R. S., Pedley, J. S., & Radnor, J. M. (2021). The Influence of Growth, Maturation and Resistance Training on Muscle-Tendon and Neuromuscular Adaptations: A Narrative Review. *Sports*, 9(5). <https://doi.org/10.3390/SPORTS9050059>
- Vargas-Molina, S., García-Sillero, M., Romance, R., Medina, I., Bonilla, D. A., Schoenfeld, B. J., Petro, J. L., Kreider, R. B., & Benítez-Porres, J. (2020). Effects Of Undulating Vs. Linear Periodization On Body Composition In Untrained Older Adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 52(7S), 736–736. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000683180.91324.2E>
- Walker, J. R. S., & Pareja-Blanco, F. (2022). Velocity - based resistance training : do women need greater velocity loss to maximize adaptations? *European Journal of Applied Physiology*. <https://doi.org/10.1007/s00421-022-04925-3>
- Weakley, J., Morrison, M., García Ramos, A., Johnston, R., James, L., & Cole, M. (2021). The Validity and Reliability of Commercially Available Resistance Training Monitoring Devices: A Systematic Review. *Sports Medicine*, 51. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01382-w>
- Yang, Z., Scott, C. A., Mao, C., Tang, J., & Farmer, A. J. (2014). Resistance exercise versus aerobic exercise for type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 44(4), 487–499.

<https://doi.org/10.1007/S40279-013-0128-8>

Zourdos, M. C., Klemp, A., Dolan, C., Quiles, J. M., Schau, K. A., Jo, E., Helms, E., Esgro, B., Duncan, S., Garcia Merino, S., & Blanco, R. (2016). Novel resistance training-specific rating of perceived exertion scale measuring repetitions in reserve. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(1), 267–275. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001049>

Anexos

Anexo I

ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN “Perfil Fuerza-Velocidad en hombres y mujeres en Peso muerto barra hexagonal”

DOCUMENTO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

- Por favor, lea cuidadosamente esta información sobre el estudio de investigación titulado “*Perfil Fuerza-Velocidad en hombres y mujeres Peso muerto con barra hexagonal*”.
- Siéntase en completa libertad de preguntar al personal del estudio todo aquello que no entienda.
- Una vez haya comprendido la información, se le preguntará si desea participar del estudio. En caso afirmativo, deberá firmar este documento y recibirá una copia.

DESCRIPCIÓN GENERAL

En los últimos años ha cobrado especial relevancia el entrenamiento en la mujer. Es un hecho que, mujeres y hombres presentan diferencias físicas observables, además de las fisiológicas ya estudiadas. En lo que respecta a lo fisiológico, concretamente, en la capacidad para producir fuerza, se ha observado cómo las velocidades de ejecución en algunos ejercicios a intensidades inferiores al 85% de 1RM son menores en mujeres. Por ello, se pretende evaluar si estas diferencias existen en otros ejercicios, como el peso muerto. Ya que, de ser así, resultaría fundamental conocer esas diferencias para prescribir el entrenamiento, y poder hacerlo de manera precisa y obtener los resultados deseados.

OBJETIVO DEL ESTUDIO

El objetivo de este estudio es testear y comparar el perfil de fuerza-velocidad de hombres y mujeres en el de peso muerto.

¿POR QUÉ FUE USTED ELEGIDO PARA PARTICIPAR EN ESTE ESTUDIO?

Ha sido elegido para este estudio porque cumple con los siguientes requisitos:

- Ser mayor de edad.
- Entrenar fuerza por más de un año
- Tener buen estado de salud y no estar lesionado/a
- Ser jugador/a de baloncesto

RIESGOS Y BENEFICIOS

Esta investigación no conlleva ningún riesgo grave para la salud del participante. Exclusivamente podría incrementar la fatiga o cansancio de días posteriores o dolor muscular tardío.

Los resultados de esta investigación a corto, mediano o largo plazo podrían beneficiar al campo de la ciencia del ejercicio físico y deportivo contribuyendo a una mayor comprensión sobre las diferencias de sexo en el rendimiento deportivo. Ofreciendo la posibilidad de prescribir el entrenamiento de una forma más óptima.

¿COMO SERÁ LA PARTICIPACIÓN EN EL ESTUDIO?

Su participación requiere de los siguientes procedimientos, que usted podrá libremente aceptar o rechazar:

1. El lugar para realizar estos procedimientos será Movistar Margariños.
2. Se le realizará unas preguntas relacionadas a su estado físico y/o calidad de vida por parte de alguno de los investigadores. Las respuestas serán registradas por medio de cuestionario, de tal manera que los investigadores puedan guardar fielmente sus respuestas.
3. Se le pedirá realizar una sesión de familiarización con los protocolos que seguiremos en los días de evaluación.
4. En una sesión se hará una evaluación un test de 1RM del peso muerto con barra hexagonal

GARANTÍAS DE SU PARTICIPACIÓN

La información se mantendrá bajo estricta confidencialidad y no se utilizará su nombre o cualquier otra información que pueda identificarlo personalmente.

Toda la información que se obtenga de este estudio de investigación se utilizará únicamente con el propósito que aquí se comenta. Los investigadores de este estudio son los únicos autorizados para acceder a los datos que usted suministre.

Participar en el estudio no tiene ningún costo. Los procedimientos y exámenes que se le practiquen en este estudio tampoco tendrán costo.

Ni usted, ni otra persona involucrada en el estudio, recibirá beneficios políticos, económicos o laborales como compensación por su participación.

Su participación será completamente voluntaria y tendrá el derecho de retirarse en cualquier momento del estudio si usted así lo desea. Igualmente, si en algún momento desea que la información que usted proporciona no sea utilizada por los investigadores, lo podrá comunicar y respetaremos su decisión.

Le informaremos de los resultados obtenidos en el estudio. También podrá contactar al personal del estudio e informarnos cualquier situación anormal o inesperada en cualquier momento.

ACEPTACIÓN

Por favor marque con una "X" en caso que acepte o no acepte lo siguiente:

Autorizo a los investigadores del estudio <i>"Perfil Fuerza-Velocidad en hombres y mujeres en Hipthrust y Peso muerto con barra hexagonal"</i> para:	Acepto	No acepto
• Realizar los procedimientos descritos en este documento, necesarios para la realización del estudio de investigación		
• Hacer grabaciones de video o foto		
• Comunicarse conmigo para hacer los seguimientos requeridos por el estudio		
• Comunicarse conmigo para invitarme a participar de otros estudios de investigación		

Participante

_____,
 Nombre DNI Firma Día/Mes/Año

ESPACIO RESERVADO PARA EL INVESTIGADOR

En nombre del estudio *"Perfil Fuerza-Velocidad en hombres y mujeres en Hipthrust y Peso muerto con barra hexagonal"*, me comprometo a guardar la identidad de _____ como participante. Acepto su derecho a conocer el resultado de todas las pruebas realizadas y a retirarse del estudio a su voluntad en cualquier momento. Me comprometo a manejar los resultados de esta evaluación de acuerdo a las normas para la realización de investigación en Madrid (Resolución 8430 de 1993 y Resolución 2378 de 2008) y la ley para la protección de datos personales (Ley estatutaria 1581 de 2012).

Nombre: _____

Nº Documento de Identidad. _____

Firma: _____

Fecha (día/mes/año) _____ / _____ / _____

¿INFORMACIÓN O PREGUNTAS ADICIONALES?

Si en algún momento desea obtener información adicional sobre el estudio puede contactar a:

Raúl Nieto Acevedo, Investigador principal.

Universidad Europea de Madrid

635404023

Anexo II

Modelo de cronograma a seguir con cada uno de los equipos.

Actividades/ tareas	Persona responsable e involucradas	Sesión 1 Masculino	Sesión 2 Masculino	Sesión 3 Masculino	Sesión 1 Femenino	Sesión 2 Femenino	Sesión 3 Femenino
Reclutamiento	Investigador Principal y secundario/adjunto	x	x	x	x	x	x
Firma del consentimiento informado	Investigador secundario/adjunto	x	x	x	x	x	x
Realización técnica de la prueba	Investigador Principal	x	x	x	x	x	x
Recolección de datos	Investigador secundario/adjunto	x	x	x	x	x	x
Análisis de datos	Investigador Principal y secundario/adjunto	Después de la captación de datos, habrá un mes en el que se analicen todos los datos obtenidos					

Anexo III

