



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

**DESCRIPCIÓN DE PRUEBAS DE FUERZAS CON
TRANSDUCTOR DE POSICIÓN LINEAL EN CICLISTAS
DE RUTA DE UN CENTRO
DE ALTO RENDIMIENTO EN BOGOTÁ**

Alexander Montoya Martínez

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Medicina, Departamento de Medicina interna
Especialización en Medicina del Deporte
Bogotá DC, Colombia

2021

DESCRIPCIÓN DE PRUEBAS DE FUERZAS CON TRANSDUCTOR DE POSICIÓN LINEAL EN CICLISTAS DE RUTA DE UN CENTRO DE ALTO RENDIMIENTO EN BOGOTÁ

Alexander Montoya Martínez

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:

Médico del Deporte

Director:

(M. D, M.Sc.) Mauricio Serrato Roa

Línea de Investigación:

Control biomédico del entrenamiento

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Medicina, Departamento de Medicina interna

Especialización en Medicina del Deporte

Bogotá DC, Colombia

2021

Dedicatoria

A mis padres

*Por mostrarme siempre con sus actos el
deber ser del hombre*

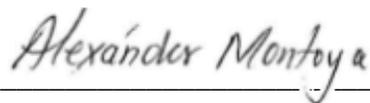
Declaración de obra original

Yo declaro lo siguiente:

He leído el Acuerdo 035 de 2003 del Consejo Académico de la Universidad Nacional. «Reglamento sobre propiedad intelectual» y la Normatividad Nacional relacionada al respeto de los derechos de autor. Esta disertación representa mi trabajo original, excepto donde he reconocido las ideas, las palabras, o materiales de otros autores.

Cuando se han presentado ideas o palabras de otros autores en esta disertación, he realizado su respectivo reconocimiento aplicando correctamente los esquemas de citas y referencias bibliográficas en el estilo requerido.

Por último, he sometido esta disertación a la herramienta de integridad académica, definida por la universidad.



Alexander Montoya Martínez

Fecha 21/01/2021

Agradecimientos

Le doy gracias a toda la especialidad en medicina del deporte de la Universidad Nacional por permitirme cumplir el sueño que desde muy temprana edad anhelé. A todos los que lo hicieron posible, desde mis docentes, mis compañeros, mis padres y demás personas que me animan a cada día dar lo mejor de mí y luchar siempre, a pesar de las dificultades por todo lo que considero mi norte.

Resumen

Introducción: El comportamiento de variables de fuerza medidas con transductores lineales de posición y/o velocidad (TPL) es importante para caracterizar cualidades determinantes en el deporte. La monitorización mediante esta tecnología en el ciclismo de ruta abre el panorama hacia una posible forma de realizarlo de manera segura asociado a variables antropométricas que puedan predecir la carga a escoger. **Materiales y métodos:** Estudio observacional de tipo transversal con análisis de base de datos de las pruebas de fuerza en media sentadilla realizadas con TPL (T-Force System ®) y valoración antropométrica con medición de 5 componentes en 22 ciclistas de ruta de un equipo profesional colombiano realizadas en el centro de alto rendimiento del ministerio del deporte en diciembre de 2019. **Resultados:** Desde el punto de vista antropométrico se encontró una media de estatura de 172,36 cms (DE 5,61), peso total de 63,2 Kg (DE 5,44), peso grasa 13,1 Kg (DE 1,58), peso muscular 30,94 Kg (DE 3,15), peso residual de 7,53 Kg (DE 0,9), peso óseo 8,01 Kg (DE 0,95), peso de piel de 3,56 Kg (DE 0,25) porcentaje grasa de 20,7% (DE 2,02), porcentaje muscular 48,9 % (DE 2,15), porcentaje residual 11,9% (DE 0,76), porcentaje óseo 12,6% (DE 0,97), porcentaje de piel 5,6% (DE 0,29). Las pruebas de fuerza con transductor de posición lineal en media sentadilla mostraron una media de potencia media propulsiva pico (PMPP) de 414,5 Vatios (DE 81,04), estimación carga a una repetición máxima de 78,9 Kg (DE 13,89), carga en potencia media propulsiva pico (CPMPP) 63,6 Kg (DE 12,15). Se encontró correlación fuerte a favor de la PMPP con el peso muscular ($R^2= 0,26$), y además con la CPMPP con el porcentaje muscular ($R^2= 0,20$). **Discusión y conclusiones:** El presente trabajo muestra una descripción de las

pruebas de fuerza con TPL y su asociación con variables antropométricas, lo cual representa una ayuda muy importante en la determinación de la carga a elegir en el entrenamiento en sentadilla en ciclistas de ruta de élite colombianos, ya que permite un adecuado control del mismo y una posible mejoría del rendimiento deportivo y probable disminución del riesgo de lesión. **Palabras clave: (Ciclismo de ruta, entrenamiento de fuerza, antropometría, velocidad de ejecución).**

Abstract

Introduction: The behavior of force variables measured with linear position and / or velocity transducers (LPT) is important to characterize determining qualities in sport. Monitoring through this technology in road cycling opens the picture to a possible way to do it safely associated with anthropometric variables that can predict the load to choose. **Materials and methods:** Cross-sectional observational study with database analysis of half squat strength tests performed with TPL (T-Force System ®) and anthropometric assessment with measurement of 5 components in 22 road cyclists of a professional team carried out in the high-performance center of the Ministry of Sports in December 2019. **Results:** From the anthropometric point of view, an average height of 172.36 cm (SD 5.61) was found, total weight of 63.2 Kg (SD 5.44), fat weight 13.1 Kg (SD 1.58), muscle weight 30.94 Kg (SD 3.15), residual weight 7.53 Kg (SD 0.9), bone weight 8 .01 Kg (SD 0.95), skin weight of 3.56 Kg (SD 0.25) fat percentage of 20.7% (SD 2.02), muscle percentage 48.9% (SD 2.15), residual percentage 11.9% (SD 0.76), bone percentage 12.6% (SD 0.97), percentage of skin 5.6% (SD 0.29). Strength tests with a half-squat linear position transducer showed a mean peak propulsive power (PMPP) of 414.5 Watts (SD 81.04), load estimation at a maximum repetition of 78.9 Kg (SD 13, 89), load in peak mean propulsive

power (CPMPP) 63.6 Kg (SD 12.15). A strong correlation was found in favor of PMPP with muscle weight ($R^2 = 0.26$), and also with CPMPP with muscle percentage ($R^2 = 0.20$).

Discussion and conclusions: This work shows a description of the strength tests with TPL and its association with anthropometric variables, which represents a very important aid in determining the load to choose in squat training in elite Colombian road cyclists, since it allows an adequate control of the same and a possible improvement in sports performance associated with a probable decrease in the risk of injury. **Keywords: (Road cycling, strength training, anthropometry, velocity-based training)**

Contenido

	Pág.
Resumen.....	VI
Abstract	VIII
Lista de figuras	XII
Lista de tablas	XIII
Lista de Símbolos y abreviaturas	XIV
1. Justificación.....	1
2. Objetivos	2
2.1 Objetivo general.....	2
2.2 Objetivos específicos	2
3. Introducción	3
4. Materiales y métodos.....	5
4.1 Características de la población	5
4.1.1 Criterios de Inclusión	5
4.1.2 Criterios de exclusión	6
4.2 Prueba de fuerza	7
4.2.1 Elección de variables de la prueba de fuerza	12
4.3 Valoración antropométrica en 5 componentes	13
4.4 Análisis estadístico	15
5. Consideraciones ambientales y éticas.....	17
6. Resultados	18
6.1 Prueba de fuerza	18
6.2 Antropometría	20
6.3 Correlaciones.....	22
7. Discusión.....	24
8. Conclusiones y limitaciones	28
8.1 Conclusiones	28
8.2 Limitaciones y perspectivas futuras.....	28
Anexo A: Tabla consolidada de datos generales	29

Anexo B: Tabla consolidada de valoración de 5 componentes	30
Anexo C: Tabla consolidada de resultados de prueba de fuerza	31
9. Bibliografía	32

Lista de figuras

	Pág.
Figura 4-1: Correlación entre la velocidad de ejecución y porcentaje de carga en media sentadilla.....	9
Figura 4-2: T-Force System ®, Dispositivo de medición asociado al software.....	10
Figura 4-3: Ejemplo de representación de la segmentación corporal	15
Figura 4-4: Interfaz Software Clementine ®.....	16
Figura 6-1: Resultados de potencia y velocidad en prueba de fuerza de media sentadilla (Fase propulsiva)	18
Figura 6-2: Resultados de carga y una repetición máxima en prueba de fuerza de media sentadilla (Fase propulsiva)	19
Figura 6-3: Percentilización de la potencia media propulsiva pico por kilogramo de masa muscular en ciclistas de ruta élite	20
Figura 6-4: Representación de ciclista promedio de ruta élite por valoración de 5 componentes	21
Figura 6-5: Score Z de Ciclista tipo de ruta élite por valoración de 5 componentes.....	21
Figura 6-6: Correlación entre PMPP(W) y peso muscular (kg)	22
Figura 6-7: Correlación entre CPMPP (kg) y porcentaje muscular	23
Figura 6-8: Correlación entre estimación del 1RM (kg) y porcentaje graso	23
Figura 7-1: Fuerza empleada durante el ciclo de pedaleo	24
Figura 7-2: Representación esquemática de los músculos mayormente implicados en el pedaleo y sus porcentajes de participación.....	25
Figura 7-3: Mecanismos musculares involucrados en el pedaleo.....	25
Figura 7-4: Correlación entre Fuerza máxima y potencia con respecto al volumen del muslo y del cuádriceps.....	27

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 4-1: Características generales de la población estudiada	6
Tabla 4-2: Variables seleccionadas de la prueba de fuerza.	13
Tabla 4-3 : Variables que determinan las masas fraccionales.....	14
Tabla 4-4: Determinación de la magnitud de correlaciones.....	16
Tabla 6-1: Coeficientes de correlación y R^2 con relevancia entre parámetros antropométricos y de fuerza.	22
Tabla 7-1: Músculos principales asociados a la potencia en el pedaleo.....	26
Tabla 7-2: Músculos secundarios asociados a la potencia en el pedaleo.....	26

Lista de Símbolos y abreviaturas

Símbolos con letras latinas

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
<i>CPMPP</i>	Carga en potencia media propulsiva pico	kg	Kilogramos
<i>IMC</i>	Índice de masa corporal	m/Kg ²	Metros sobre kilogramo cuadrado
<i>m</i>	Masa/peso	kg	Kilogramo
<i>r</i>	Coeficiente	1	De correlación
<i>R²</i>	Coeficiente	1	De determinación
<i>PMPP</i>	Potencia media propulsiva pico	W	Vatios
<i>Talla</i>	Talla	cm	Centímetros
<i>VMP</i>	Velocidad media propulsiva	m/s	Metros por Segundo

Símbolos con letras griegas

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
π	Pi	3,1415..	Constante a usar en la corrección de pliegues.

Abreviaturas

Abreviatura	Término
<i>1RM</i>	Una repetición máxima
<i>DE</i>	Desviación estándar.
<i>I.S.A.K</i>	Siglas en inglés de: sociedad internacional de avances en la cineantropometría
<i>TPL</i>	Transductor de posición lineal

1. Justificación

La potencia de la extensión de la cadera y la rodilla son variables de relevancia para explicar el rendimiento en el ciclismo, de esta forma, debido a la compleja medición de una repetición máxima (1RM), que implica un protocolo donde se lleva al atleta al mayor peso que pueda levantar (lo cual implica muchos riesgos) se ha empezado a utilizar de forma creciente en los últimos años, en muchos lugares del mundo el entrenamiento de fuerza basado en velocidad con transductores de posición lineal (TPL), bajo el principio que las velocidades en los diferentes ejercicios son estables entre individuos con respecto a la intensidad de la carga (Porcentaje (%) del 1RM); por lo tanto se considera necesario que el médico del deporte cuente con una descripción de las características de las variables de relevancia de esta prueba de fuerza en ciclistas de ruta asociadas con su componente antropométrico, dado que la evidencia sugiere que, tanto el volumen muscular como la fuerza misma contribuyen a la magnitud de la potencia de pedaleo y así se permita un acercamiento a un entrenamiento integral del atleta de resistencia y específicamente del ciclista, en la búsqueda de mejoría en pruebas como la contrarreloj teniendo datos locales a su disposición, y se generen preguntas acerca de la evidencia disponible.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Describir el comportamiento de la velocidad de ejecución, bajo cargas incrementales, en ejercicios desarrollados con transductor de posición lineal (LPT), y su asociación con características antropométricas de los ciclistas de ruta medidos en el centro de ciencias del deporte del Ministerio del deporte, en diciembre de 2019.

2.2 Objetivos específicos

- a) Describir el comportamiento de las variables de relevancia práctica, bajo cargas incrementales en ejercicio de media sentadilla con transductor de posición lineal (LPT) de los ciclistas de ruta en la base de datos del ministerio del deporte en diciembre de 2019
- b) Describir las características antropométricas de los ciclistas de ruta a final de temporada, basado en valoración de 5 componentes
- c) Evaluar las correlaciones existentes entre ambos grupos de datos, para así determinar un adecuado parámetro de inicio del entrenamiento de fuerza.
- d) Identificar las aproximaciones teóricas de los resultados encontrados de la descripción de los hallazgos.
- e) Dar pie a otros temas de investigación
- f) Dar herramientas para el entrenamiento de fuerza en ciclistas de ruta.

3.Introducción

El entrenamiento de fuerza en deportes de resistencia ha sido incluido de forma secundaria en los planes de entrenamiento tradicionales, especialmente en el ciclismo de ruta, donde el mismo brilla por su ausencia. Una característica diferencial de los planes de entrenamiento europeos y latinoamericanos radica en la inclusión del componente de la fuerza en los primeros, ésta característica igual que el componente antropométrico (Cheung, Stephen. Zabala, 2017) podría representar una mejoría en el desempeño de atletas de resistencia (Linda M. Yamamoto, Jennifer F. Klau, 2010) .

Desde el punto de vista biológico se ha establecido que el ejercicio de resistencia interfiere con el ejercicio de fuerza de una forma negativa y viceversa, pero basado en las últimas investigaciones ésta asociación molecular no es tan clara (Schumann & Rønnestad, 2019), debido a esto se han determinado estrategias para adquirir los beneficios de ambos tipos de entrenamiento y de esa forma contribuir al aumento del rendimiento deportivo (Doma et al., 2019).

Los beneficios del entrenamiento de fuerza en el atleta son indiscutidos y radican claramente en la mejoría del componente metabólico, permitiendo una mejor captación de glucosa, disminuyen la probabilidad de lesión, y generan mejorías en el rendimiento deportivo a corto plazo (Linda M. Yamamoto, Jennifer F. Klau, 2010).

Dentro de las adaptaciones producidas por el entrenamiento de fuerza se evidencia el cambio desde el punto de vista morfológico tanto macro como microscópico, mejorando su composición corporal (Serrato Roa, 2008) dando múltiples beneficios al atleta, pero éste genera un temor importante en el ciclista de ruta debido a no querer aumentar su peso para no empeorar el rendimiento en escalada.

Para evitar éste tipo de inconveniente se ha desarrollado una metodología de entrenamiento de fuerza basada en la velocidad (González-Badillo & Sánchez-Medina, 2017) que permite ser adaptada a cada tipo de atleta con el fin de mejorar su condición y generar una adecuada transferencia a la fuerza aplicada en el rendimiento deportivo (Serrato Roa, 2008).

Con un entrenamiento adecuado del componente de la fuerza , se ha logrado desarrollar claras mejoras en cuanto al desempeño en pruebas contra reloj en ciclistas de ruta (Rønnestad et al., 2010).

Es importante señalar que éste tipo de metodología, determina un componente logístico importante y requiere de un equipo consistente en un transductor que muestra en centésimas de segundo la posición de una masa conocida con lo que se determina la velocidad de la ejecución del ejercicio y así poder programar el entrenamiento (Fernández, 2018).

En muchos casos éste tipo de dispositivos no se encuentran a la mano, y dado que la asociación con la masa muscular es clara (Kordi et al., 2018) , se considera necesario establecer un patrón, un punto de partida del entrenamiento basado en el resultado de pruebas antropométricas.

Basado en este tipo de características se puede considerar el inicio de un entrenamiento de fuerza, específico del ciclista de ruta, donde se determine el inicio desde una perspectiva funcional y estructural, esperando así un rendimiento encaminado a la mejoría en pruebas de contra reloj y disminución de la probabilidad de lesión.

Éste trabajo busca principalmente determinar la relación entre la composición corporal y la transmisión específica de la fuerza aplicada, (trabajo de media sentadilla) a la fuerza útil (transmisión hacia el gesto deportivo (Serrato Roa, 2008)), para así poder desarrollar una metodología inicial de trabajo de fuerza en el ciclista de ruta colombiano.

4. Materiales y métodos

4.1 Características de la población

El presente trabajo se desarrolló utilizando la base de datos del ministerio del deporte, con las historias clínicas antropométricas y pruebas realizadas con el transductor de posición lineal en diciembre de 2019, se escogió ésta fecha porque representa el momento en dónde el ciclista de ruta se encuentra en preparación general por lo que corresponde un adecuado entrenamiento del componente de la fuerza y permite una adecuada interpretación de los datos relativos a la potencia , de esta forma, se describe un estudio observacional de corte transversal en 22 ciclistas de ruta, de sexo masculino, principalmente especialistas en montaña. Los datos completos de la población se resumen en la **tabla 4-1**.

4.1.1 Criterios de Inclusión

- a) Datos de prueba de fuerza de ciclistas de ruta adscritos al centro de ciencias del deporte del Ministerio del deporte.
- b) Pruebas en diciembre de 2019
- c) Pruebas con Transductor de posición lineal (Sistema T-Force ®)
- d) Protocolo de cargas incrementales
- e) Datos de Valoración antropométrica de 5 componentes de ciclistas de ruta adscritos al centro de ciencias del deporte del Ministerio del deporte.

4.1.2 Criterios de exclusión

- f) Datos que figuren en la base de datos no pertenecientes a atletas de la entidad.
- g) Datos de pruebas realizadas previamente y posterior a diciembre de 2019.
- h) Pruebas de fuerza con otro tipo de dispositivo para la medición de la velocidad
- i) Protocolo de cargas no sucesivas y/o no incrementales
- j) Datos de otro tipo de valoración antropométrica.

Tabla 4-1: Características generales de la población estudiada

	Característica
Estudio	Observacional de corte transversal
Número	22
Sexo	Masculino
Deporte 2	Ciclismo de ruta
Especialidad	Montaña (13), media montaña (3), Pasistas (4), Contrarreloj (1), Esprinter (1)
Fecha de prueba de fuerza y antropometría	17/12/19 (15), 16/12/19 (7)
Edad (años) media (+/- DE²)	23,4 (+/- 4)
Talla (cm) media (+/- DE)	172,3 (+/- 5,6)
Peso (Kg) media (+/- DE)	63,15 (+/-5,4)
IMC¹ (m/Kg²) media (+/- DE)	21,2 (+/- 1,6)

¹ IMC=Índice de masa corporal ;² DE= Desviación estándar. Tabla de elaboración propia

4.2 Prueba de fuerza

En las diferentes modalidades deportivas, comúnmente se implementa entrenamiento de fuerza en un esfuerzo por mejorar el rendimiento. La adición de la fuerza en el entrenamiento concurrente (fuerza- resistencia), ha mostrado en algunas publicaciones disminuir las adaptaciones generadas a nivel de metabolismo oxidativo (Marcinik et al., 1991)(Minahan & Wood, 2008), sin embargo, lo mismo puede no ser cierto para los individuos no entrenados, probablemente debido al aumento estado físico general (Kubukeli et al., 2002). Para la evaluación de las estrategias de entrenamiento de fuerza se deben establecer los diferentes métodos de medición del rendimiento como pruebas contrarreloj, ergo espirometría, pruebas maximales, test de lactato, potencia umbral funcional, test biomecánicos, entre otros (Hawley & Stepto, 2001).

El mejoramiento de la fuerza muscular inicial, debido al entrenamiento es en primera medida de origen neural, donde hay una mejoría en la sincronización (reclutamiento) de las fibras motoras, mostrando un aumento de la tasa de desarrollo de fuerza, sin hipertrofia muscular (Coyle et al., 1991). Es posible que el mismo entrenamiento de resistencia de largo kilometraje en deportes como el atletismo, ciclismo, remo, etc., produzca adaptaciones a nivel del reclutamiento de las fibras musculares, pero se desconoce si el entrenamiento de fuerza podría inducir cambios similares sin necesidad de realizar estas distancias y permitiendo probablemente aumentar su capacidad oxidativa reduciendo el volumen de entrenamiento y mejorando el rendimiento deportivo. Estas adaptaciones son especialmente importantes para poder sostener ataques, realizar ascensos o en el momento de disputar un "Sprint". Se ha demostrado además que el entrenamiento concurrente podría mejorar la economía del movimiento (Yamamoto, LM, Lopez, RM, Klau, JF, Casa, DJ, Kraemer & and Maresh, 2008).

Los deportistas de Resistencia, especialmente los ciclistas de ruta suelen ser renuentes a incorporar entrenamiento de fuerza, probablemente debido al temor de desarrollar los efectos negativos de la hipertrofia en el ejercicio de larga duración (densidad capilar o función mitocondrial). Sin embargo, algunos investigadores no han encontrado disminución

en el consumo máximo de oxígeno (VO₂max), debido a la inclusión de ejercicio de fuerza en el plan de entrenamiento (Kraemer et al., 1995)

Igualmente es posible que el entrenamiento de fuerza atenúe la pérdida de las fibras tipo I y el tejido conectivo (Tanaka & Swensen, 1998) y ayude a prevenir la posibilidad de lesión músculo-esquelética.

En éste sentido el entrenamiento de fuerza basado en un porcentaje de una repetición máxima (1RM) representa limitaciones importantes que obligan a buscar una solución que permita determinar de forma adecuada la intensidad del esfuerzo para su posterior monitorización (González-Badillo & Sánchez-Medina, 2017). De igual forma este gesto permite medir la sumatoria entre los componentes neurales y musculares asociados al desarrollo de la potencia óptima y de esta manera transmitir el impulso desde la fuerza aplicada a la tan buscada fuerza útil. (Serrato Roa, 2008)

Dentro de estos datos el carácter del esfuerzo (velocidad de la primera repetición multiplicado por la pérdida de la velocidad de la serie) tiene una consideración especial, debido a que éste debe reflejar el grado de fatiga, estrés metabólico, pérdida porcentual de velocidad de la serie, efectos centrales y periféricos, etc. (Rodríguez-Rosell et al., 2018). El entrenamiento de fuerza basado en la velocidad de ejecución es un concepto relativamente nuevo, que tiene sus inicios en deportes como el levantamiento olímpico de pesas, y se ha aplicado con buenos resultados en algunos trabajos con atletismo y fútbol. Dentro de esta metodología se mide la velocidad al mover una carga incremental, lo cual determina de manera precisa la intensidad del entrenamiento.

La velocidad de ejecución se muestra con un determinante de la intensidad del esfuerzo debido ya que, si la velocidad de ejecución es mayor, igualmente lo será la intensidad, y así se puede esperar un resultado específico del entrenamiento (González-Badillo, J.J.; Serna & R, 2002), y no se debe olvidar que la velocidad alcanzada dependerá

indudablemente de la fuerza aplicada, porque la única forma de desarrollar más velocidad será aplicar más fuerza a una carga. (Fernández, 2018)

Ésta asociación lógica representa una herramienta de especial relevancia para la prescripción del entrenamiento de fuerza, debido a que se puede monitorizar la intensidad exacta de la sesión del entrenamiento con un transductor de posición lineal, debido a que, se ha encontrado que la velocidad media propulsiva de la fase concéntrica es constante dependiendo del porcentaje de carga máxima (1RM), entre los diferentes atletas de modalidades de potencia, en un mismo ejercicio, como lo podemos ver en las siguientes correlaciones en media sentadilla en la **Figura 4-1**

Figura 4-1: Correlación entre la velocidad de ejecución y porcentaje de carga en media sentadilla

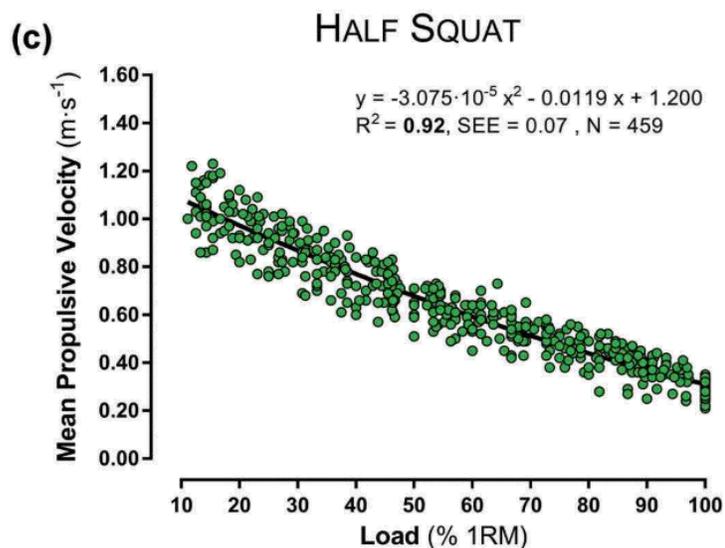


Imagen tomada de: (Martínez-Cava et al., 2019)

Dado que no existe buena información acerca del comportamiento de la velocidad ante cargas incrementales sucesivas, en ciclistas de ruta, no se deben aplicar resultados de otras modalidades a ésta disciplina, debido a que realizar una programación de entrenamiento basado en una velocidad, por tipo de ejercicio podría no ser confiable,

debido a las características diferenciales de una población (deporte de resistencia, lugar donde se tomó la prueba, dispositivo de medida y de entrenamiento, etc)

Para esto se utilizan transductores lineales de posición, los cuales permiten calcular la velocidad por un sistema que convierte una magnitud física en una señal eléctrica con objeto de realizar su medida (transducción), éstos miden la velocidad lineal del desplazamiento de un cable unido a la masa que se mueve, este cable se encuentra enrollado en una polea que gira al desplazarse, uno de los sistemas es el T-Force System ®, que se muestra en la **Figura 4-2**. Esta medición, especialmente en condiciones de laboratorio, como lo son los datos del presente estudio son considerados el estándar de oro para la medición de la potencia.(Banyard et al., 2017).

Figura 4-2:T-Force System ®, Dispositivo de medición asociado al software

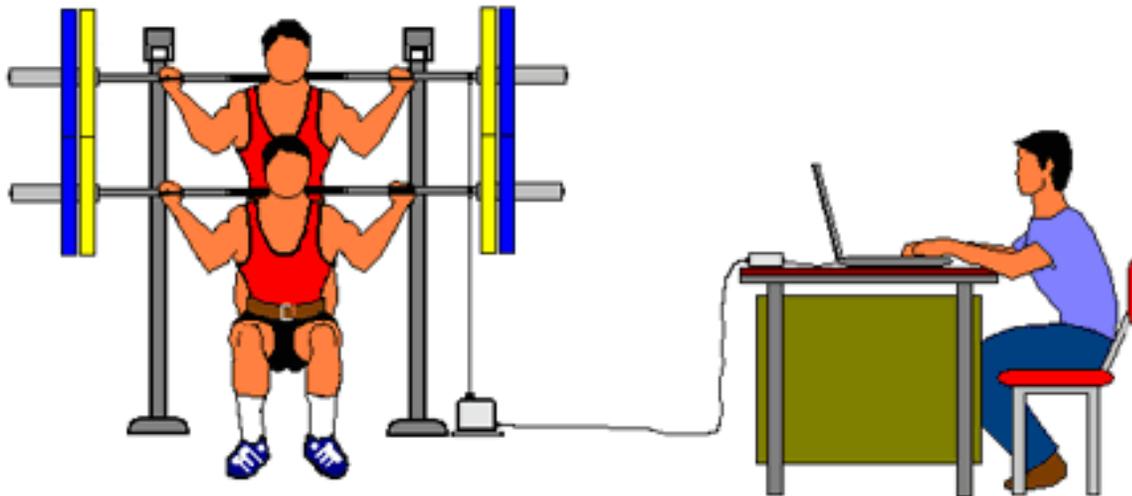


Imagen tomada de: (González-Badillo & Sánchez-Medina, 2017)

Siendo así el carácter del esfuerzo basado en la velocidad se definirá por la pérdida de velocidad (definido por: la máxima velocidad posible en la primera repetición y la pérdida de velocidad de la serie), esto puede dar lugar a obviar la planificación del número de

repeticiones por serie, porque ésta misma tendrá un factor individual. (González-Badillo & Sánchez-Medina, 2017)

Esta relación viene siendo clara debido a que algunos estudios en deportistas de potencia, muestran que cada porcentaje de una repetición máxima (1RM) tiene su propia velocidad, y ésta se mantiene estable siempre dependiendo del ejercicio realizado.

La pérdida de la velocidad en la serie, nos determinará el grado de fatiga, de esta manera, según la planeación del entrenamiento se realiza un número de repeticiones hasta que la velocidad baje hasta un punto predeterminado.

Al encontrar que esta pérdida de velocidad no es lineal con el aumento de la carga (debido a que a medida que aumenta el porcentaje del 1RM menos velocidad se pierde), es útil determinar el índice de esfuerzo (IE), combinando la pérdida de velocidad con la carga relativa. ($IE = \text{Velocidad de la primera repetición} * \text{Pérdida de la velocidad de la sesión}$).

Es importante aclarar por qué se selecciona la variable velocidad, como determinante para este procedimiento, siendo debido a que la potencia tiene muchos factores que la influyen (el peso corporal, el tipo (pico, media, fase propulsiva, fase de frenado)).

El objetivo de este tipo de mediciones es desarrollar un entrenamiento basado en lo siguiente:

1. Se realiza un test donde se registren las cargas que corresponden a velocidades específicas
2. Se determina el límite de velocidad
3. Se planifica un entrenamiento

12 Descripción de pruebas de fuerzas con transductor de posición lineal en ciclistas de ruta de un centro de alto rendimiento en Bogotá

4. Se realiza un test control con iguales cargas
5. Se determina aumento/disminución de la velocidad ante las cargas
6. Se modifica/ajusta plan de entrenamiento
7. Se repite el ciclo

Es de resaltar que es posible que se encuentre un 1RM similar, pero si encontramos además mejora en la velocidad ante cargas medias y ligeras, se demuestra un aumento de la velocidad ante cargas sub-máximas, lo cual tiene impacto directo sobre el rendimiento deportivo sobre la bicicleta, debido a que es más próximo a la situación de carrera.

Teniendo en cuenta que el entrenamiento de fuerza basado en la velocidad de ejecución es una técnica de monitoreo del atleta y de planificación del entrenamiento en los atletas de alto rendimiento en el presente, es imprescindible que el médico del deporte tenga conocimiento claro de las características del comportamiento de estas mediciones en el ciclista de ruta colombiano.

4.2.1 Elección de variables de la prueba de fuerza

Las variables seleccionadas corresponden a las que se encuentran más implicadas dentro de la práctica del ciclismo y representan mayor utilidad en cuanto a la valoración del rendimiento del atleta. Dentro de las mismas se selecciona a la media sentadilla como tipo de ejercicio que corresponde con los grupos musculares principalmente asociados al pedaleo (Rønnestad et al., 2010), dentro de éstas se seleccionan las variables exclusivas de la fase propulsiva debido a que implican una mejor correlación con el desempeño del atleta excluyendo de ésta forma la fase de frenado, debido a que la inclusión de la misma puede subestimar el potencial neuromuscular del individuo cuando se desplazan cargas ligeras y medianas (Sanchez-Medina et al., 2010).

Dentro de estas variables vale la pena resaltar las que determinan la potencia óptima para la realización del ejercicio mismo, dentro de las que se seleccionaron las siguientes, según la **Tabla 4-2**:

Tabla 4-2: Variables seleccionadas de la prueba de fuerza.

VARIABLE (FASE PROPULSIVA)	Relevancia
Potencia media pico (W)¹	Potencia óptima
Velocidad en potencia media pico (m/s)²	Determina la intensidad del esfuerzo
Carga en potencia media pico (kg)³	En caso de no contar con dispositivo
Estimación de 1RM⁴	Parámetro de control

¹ W=Vatios; ² m/s=metros por segundo; ³ kg=Kilogramo de masa corporal;

⁴ 1RM=Una Repetición máxima. Tabla de elaboración propia

4.3 Valoración antropométrica en 5 componentes

Desde hace varios años se viene dando la importancia a la expresión de las diferentes cualidades condicionales del desempeño deportivo con referencia a la composición corporal, en torno a la masa libre de grasa por ejemplo .La valoración antropométrica en cinco componentes mediante la medición de peso, talla, pliegues cutáneos, perímetros y diámetros permite una medición clara de bajo costo, accesibilidad alta (Costa et al., 2015) transportable, no invasiva además validada contra estándar de oro (cadáveres), población deportiva y en ambos sexos (Kerr, 1988); con incluso mejor rendimiento en el sexo masculino (Carvajal et al., 2008), ésta valoración requiere que el personal que la implementa tenga un error intra e interindividual muy bajo, para esto deben utilizarse las metodologías y técnicas adecuadas planteadas por diferentes autores e instituciones, en especial la sociedad internacional de avances en la cineantropometría (ISAK). Es de

14 Descripción de pruebas de fuerzas con transductor de posición lineal en ciclistas de ruta de un centro de alto rendimiento en Bogotá

resaltar que el ministerio del deporte de Colombia cuenta con antropometristas claramente certificados en la técnica en cuestión. Los Scores Z obtenidos son similares y comparables a los datos obtenidos de cualquier muestra, en la que se haya aplicado la escala Phantom.

Para el cálculo de las masas fraccionales se utilizan diferentes variables como se muestra en la **Tabla 4-3**:

Tabla 4-3 : Variables que determinan las masas fraccionales.

Masa	Variables
Piel	Peso y talla
Grasa	Pliegue tricipital, subescapular, supraspinal, abdominal, muslo anterior, pantorrilla medial
Muscular	Perímetros corregidos* del brazo, caja torácica, muslo, pantorrilla , y no corregido del antebrazo.
Ósea	Diámetros biacromial, biliocrystal, biepicondilar del húmero, bicondilar del fémur, cabeza
Residual	Perímetro de la cintura corregido, diámetro antero-posterior y transversal de la caja torácica.

* Perímetro corregido = $\text{Perímetro total} - (\pi \times \text{Pliegue}) / 10$. Adaptada de: (Ross et al., 1993)

Estas variables se usan con diferentes ecuaciones, las cuales predicen cada uno de los componentes de la composición corporal. Con el método de fraccionamiento de 5 componentes se pueden predecir las medias de masa fraccional de los cadáveres y justificar la masa corporal total con un coeficiente de correlación de 0.963 y un error estimado de 4.7%. (Guerrero, 2017)

Este método ha mostrado una buena eficiencia en la descripción de las masas fraccionales, especialmente la ósea y la muscular (Ross et al., 1993) De esta forma se permite establecer basado en pliegues cutáneos, perímetros y diámetros óseos la segmentación en 5 componentes como lo muestra la **Figura 4-3**:

Figura 4-3: Ejemplo de representación de la segmentación corporal

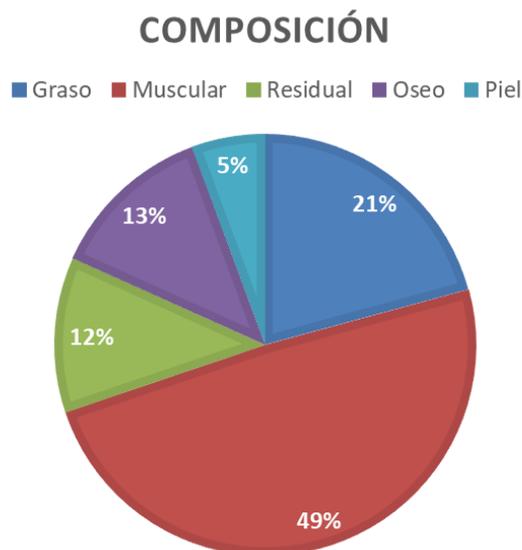


Imagen de elaboración propia

4.4 Análisis estadístico

Se usó la correlación de Pearson para examinar la relación entre las pruebas de fuerza y los datos antropométricos, todos los datos fueron sometidos a un análisis estadístico descriptivo, comparativo, mediante la tecnología de minería de datos por medio del software Clementine SPSS 11.1® , el cual permite con una interfaz amigable (**Figura 4-4**) realizar análisis de “punto y clic”, sin necesitar comandos complejos como otro tipo de programas estadísticos (Frey, 2017).

Es de resaltar que el estudio de los datos en el deporte usando minería de datos no es algo ajeno a la visión contemporánea, donde se plantean algoritmos para definir un actuar para el entrenamiento o competencia del atleta y/o equipos y basado en el resultado, se realizan cambios en tiempo real (Yuan et al., 2020). Todo el análisis se realizó basado en el consolidado de datos brutos de los atletas concernientes a las pruebas antropométricas y de fuerza, contenida en el **ANEXO A, B y C**

Figura 4-4: Interfaz Software Clementine ®



Imagen tomada de: (IBM, 2020)

La magnitud del coeficiente de correlación se graduó basado en lo determinado por (Hopkins, 2015), como se muestra en la **Tabla 4-3**:

Tabla 4-4: Determinación de la magnitud de correlaciones

Magnitud coeficiente de correlación	Rango
Trivial	<0,1
Menor	0,1-0,3
Mediano	0,3-0,5
Fuerte	0,5-0,7
Muy Fuerte	0,7-0,9
Casi perfecto	>0,9

Adaptado de: (Hopkins, 2015)

El cálculo del modelo de ajuste R^2 se usó para examinar el porcentaje de dependencia entre variables. Además, se consideró la significancia estadística con un valor de $p \leq 0,05$.

5. Consideraciones ambientales y éticas

El presente trabajo ha sido aprobado por el comité de ética de la facultad de medicina de la Universidad Nacional de Colombia bajo el **ACTA DE EVALUACIÓN**: N°. 015-153 del 29 de septiembre del 2020.

LA PRESENTE SERÁ UNA INVESTIGACIÓN SIN RIESGO, de acuerdo a lo establecido en la Resolución No. 00843 de 1993 del Ministerio de Salud; Título II, capítulo 1: Aspectos éticos de las investigaciones en seres humanos, Artículo 11, numeral A:

“Son estudios que emplean técnicas y métodos de investigación documental retrospectivos y aquellos en los que no se realiza ninguna intervención o modificación intencionada de las variables biológicas, fisiológicas, psicológicas o sociales de los individuos que participan en el estudio, entre los que se consideran: revisión de historias clínicas, entrevistas, cuestionarios y otros en los que no se le identifique ni se traten aspectos sensitivos de su conducta”

Dispositivos de seguridad y confidencialidad: Según el artículo 8 de la mencionada resolución la información obtenida y difundida en el desarrollo del presente estudio será considerada y manejada en todo momento como confidencial.

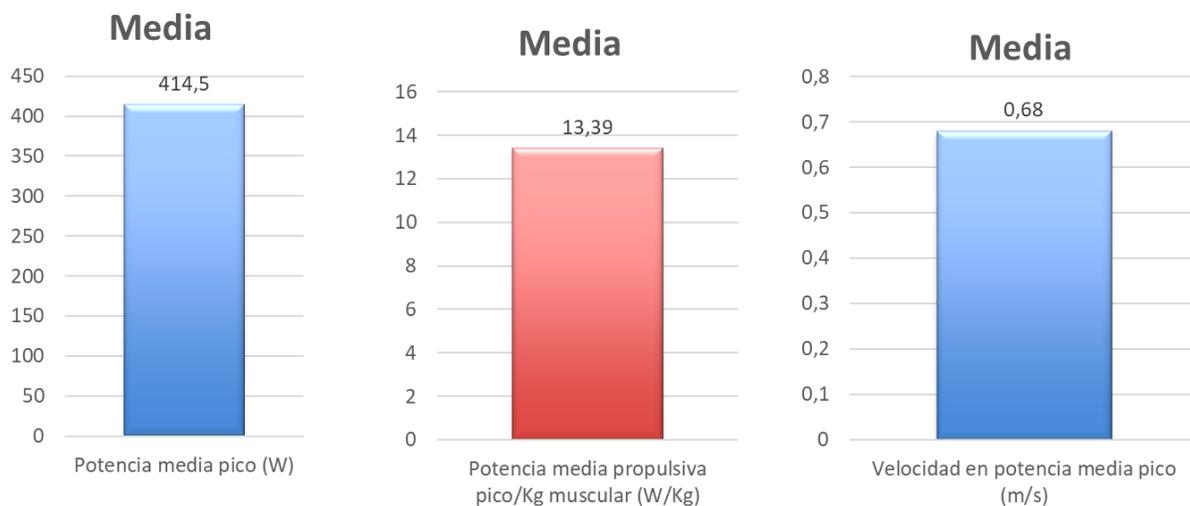
La información solo se manejará por parte de los investigadores. Cualquier información tendrá un proceso de asignación de un número de identificación en vez del nombre del atleta. No se compartirá la información ni se le dará a nadie, excepto al equipo de investigación y personal a cargo de la sistematización.

6. Resultados

6.1 Prueba de fuerza

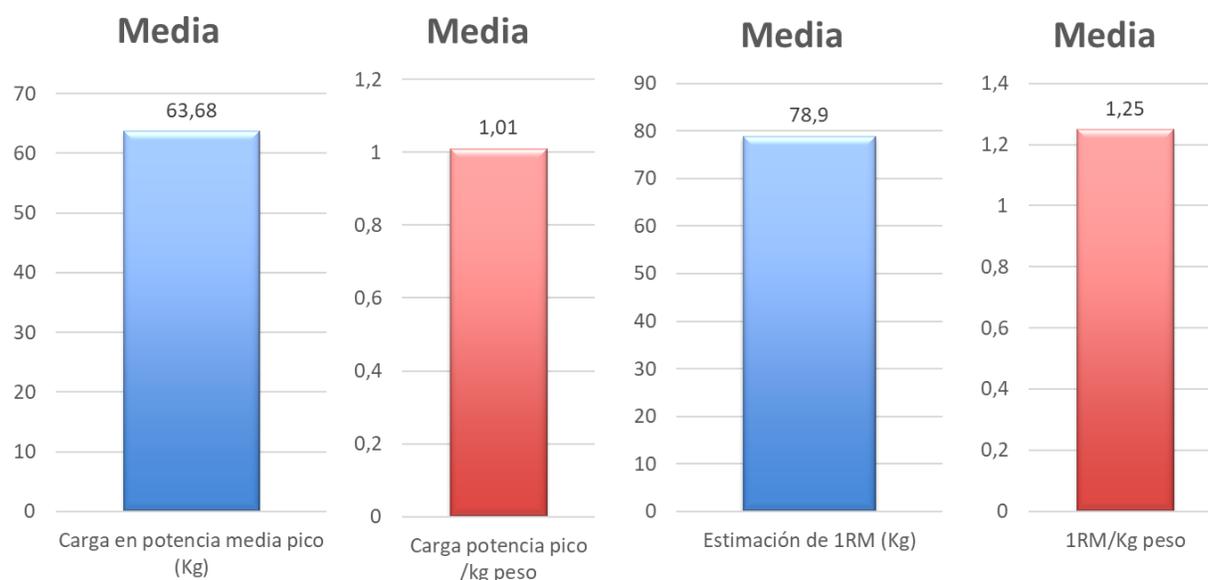
Las pruebas de fuerza con transductor de posición lineal en media sentadilla mostraron una media de potencia media propulsiva pico (PMPP) de 414,5 Vatios (DE 81,04), estimación carga a una repetición máxima de 78,9 Kg (DE 13,89), carga en potencia media propulsiva pico (CPMPP) 63,6 Kg (DE 12,15). Los datos más relevantes se muestran en la **Figura 6-1** y **Figura 6-2**:

Figura 6-1: Resultados de potencia y velocidad en prueba de fuerza de media sentadilla (Fase propulsiva)



W=Vatios; **m/s**=metros por segundo; **kg**=Kilogramo de masa corporal. Imagen de elaboración propia

Figura 6-2: Resultados de carga y una repetición máxima en prueba de fuerza de media sentadilla (Fase propulsiva)



kg=Kilogramo de masa corporal; **1RM**=Una Repetición máxima Imagen de elaboración propia

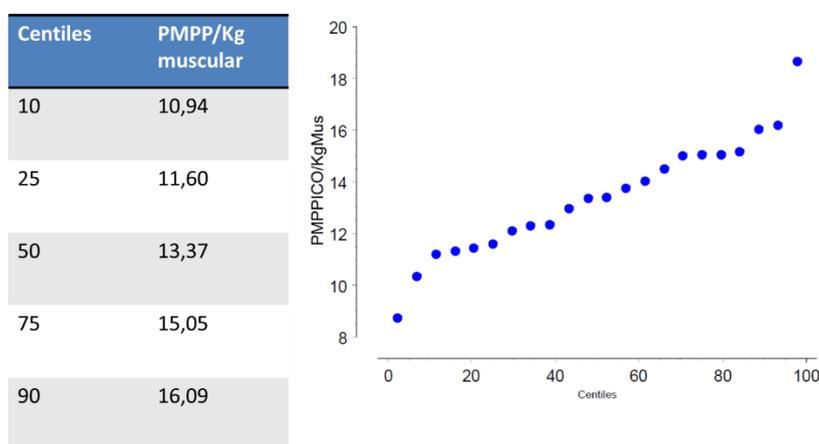
Los resultados anteriores muestran una estimación de los componentes neuromusculares del ciclista de ruta donde se determina una velocidad de ejecución en la potencia óptima de 0,68 metros por segundo, lo cual determina un 80-85% de su carga máxima en una repetición.

En concordancia con lo anterior esa carga se consigue con aproximadamente 1 kilogramo de carga por cada kilogramo de peso corporal, que correspondería con la carga a trabajar en este grupo de atletas sería de 63 kilogramos.

La potencia alcanzada absoluta en promedio fue de 414 vatios, lo cual corresponde a aproximadamente 6,9 vatios por kilogramo de masa corporal, así se determina un parámetro de control buscado en el presente trabajo y acercando a la determinación futura de los parámetros fisiológicos, ya sean de fuerza o de consumo de oxígeno en términos de masa no grasa, para determinar el componente metabólico estricto de este funcionamiento.

Por ende, llevando la tendencia del deporte hacia esta especialización se desarrolló una percentilización de la potencia media propulsiva pico por kilogramo de masa muscular lo que contribuye a la clasificación del ciclista de alta competencia en el futuro, la misma se puede ver claramente en la **Figura 6-3**:

Figura 6-3: Percentilización de la potencia media propulsiva pico por kilogramo de masa muscular en ciclistas de ruta élite



kg=Kilogramo de masa corporal; **PMPP**=Potencia media propulsiva pico.

Imagen de elaboración propia

6.2 Antropometría

Se encontró una media de estatura de 172,36 cms (DE 5,61), peso total de 63,2 Kg (DE 5,44), peso grasa 13,1 Kg (DE 1,58), peso muscular 30,94 Kg (DE 3,15), peso residual de 7,53 Kg (DE 0,9), peso óseo 8,01 Kg (DE 0,95), peso de piel de 3,56 Kg (DE 0,25) porcentaje grasa de 20,7% (DE 2,02), porcentaje muscular 48,9 % (DE 2,15), porcentaje residual 11,9% (DE 0,76), porcentaje óseo 12,6% (DE 0,97), porcentaje de piel 5,6% (DE 0,29). El ciclista tipo (promedio) se ve representado en la **Figura 6-4**.

Además, se comparó además este tipo de deportista con la población general de atletas colombianos, como se puede ver en la **Figura 6-5**, por medio del score Z de Phantom

Figura 6-4: Representación de ciclista promedio de ruta élite por valoración de 5 componentes

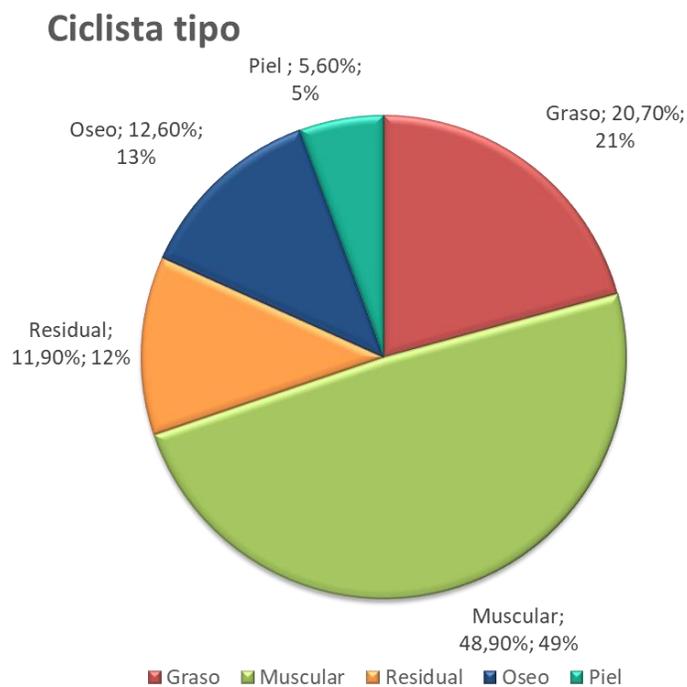


Imagen de elaboración propia

Figura 6-5: Score Z de Ciclista tipo de ruta élite por valoración de 5 componentes

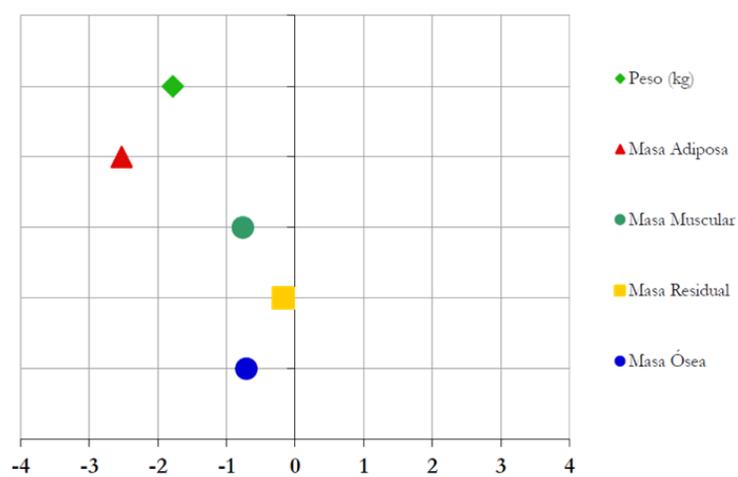


Imagen de elaboración propia

6.3 Correlaciones

Las correlaciones con sus coeficientes se muestran en la **Tabla 6-1**. Los hallazgos estadísticamente significativos se muestran son: correlación fuerte a favor de la potencia media propulsiva pico con el peso muscular ($R^2= 0,26$), y además de la carga en potencia media pico con el porcentaje muscular ($R^2= 0,20$) y correlación fuerte en contra de la estimación de una repetición máxima y el porcentaje graso ($R^2= 0,18$) se pueden observar en las **Figuras 6-6 a la 6-8**:

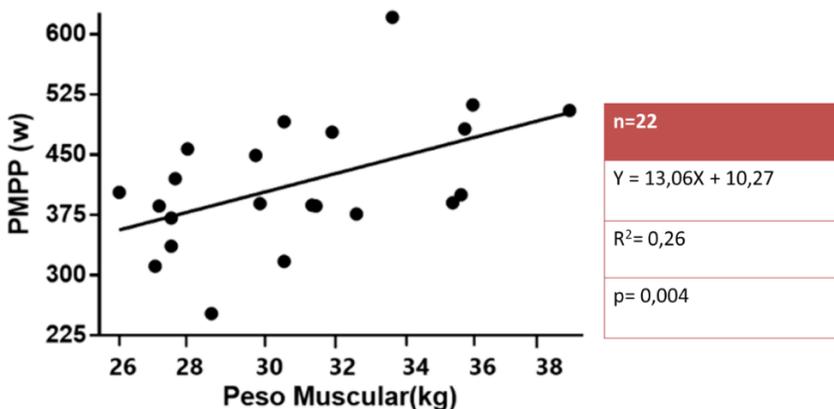
Tabla 6-1: Coeficientes de correlación y R^2 con relevancia entre parámetros antropométricos y de fuerza.

Variables	Peso muscular	Porcentaje muscular	Porcentaje graso
Potencia media propulsiva pico (W) ¹ r ² (R ²)	0,64(0,26) *	0,45(0,12)	-0,10 (0,01)
Carga en potencia media propulsiva pico (kg) ³ r (R ²)	0,22(0,11)	0,54(0,20) *	-0,48 (0,16)
Estimación de 1RM ⁴ r (R ²)	0,15(0,13)	0,47(0,18)	-0,62(0,18) *

¹ W=Vatios; ² r=coeficiente de correlación; ³ kg=Kilogramo de masa corporal

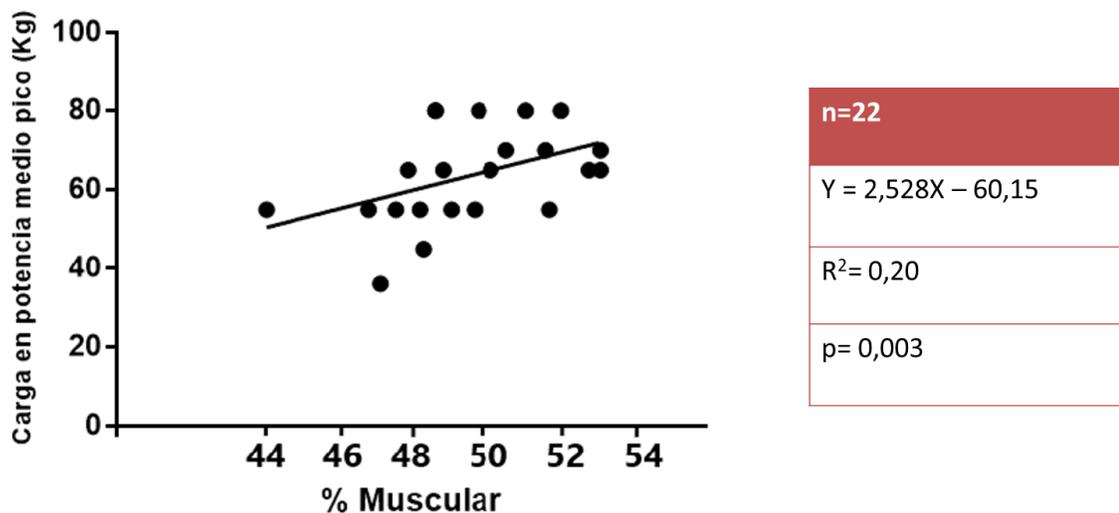
⁴ 1RM=Una Repetición máxima; *= $p \leq 0,05$. Tabla de elaboración propia

Figura 6-6:Correlación entre PMPP(W) y peso muscular (kg)



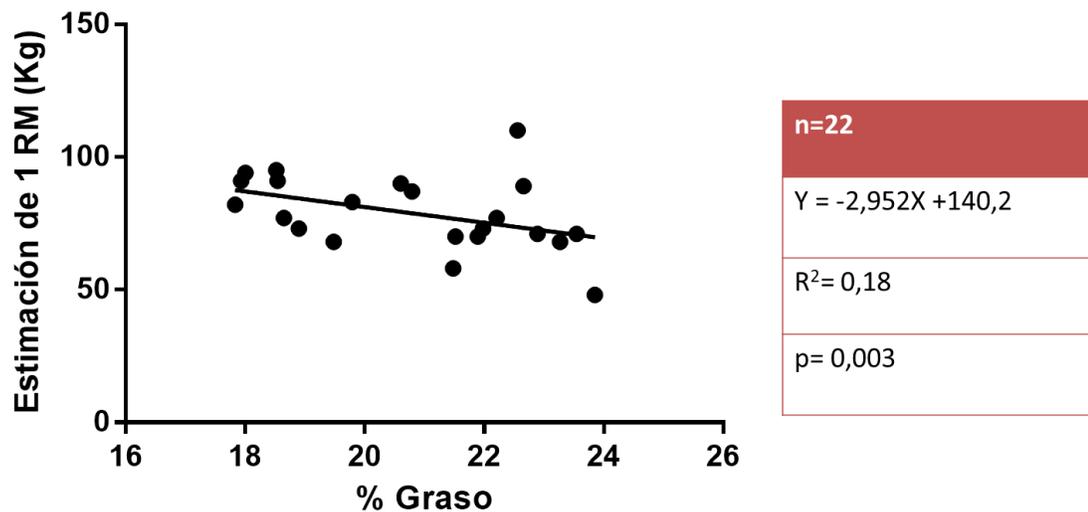
W=Vatios; kg=Kilogramo de masa corporal; PMPP=Potencia media propulsiva pico.
Imagen de elaboración propia

Figura 6-7: Correlación entre CPMPP (kg) y porcentaje muscular



kg=Kilogramo de masa corporal; CPMPP= Carga en Potencia media propulsiva pico; %= Porcentaje. Imagen de elaboración propia

Figura 6-8: Correlación entre estimación del 1RM (kg) y porcentaje graso



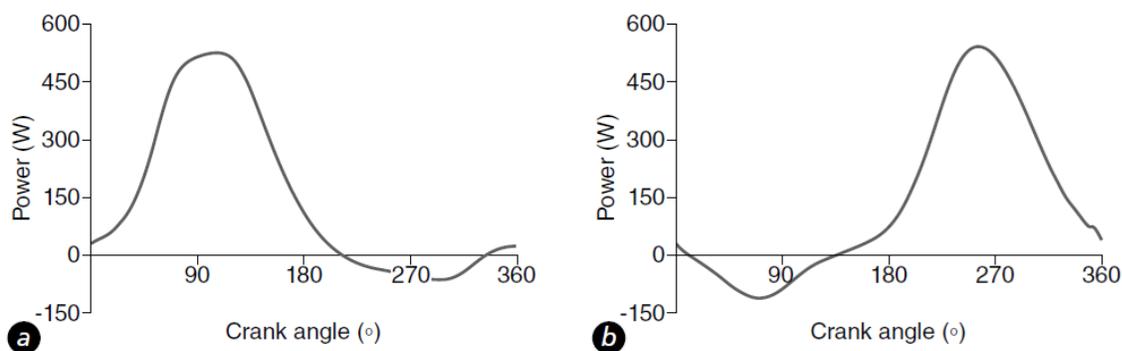
kg=Kilogramo de masa corporal; 1RM=Una Repetición máxima; %= Porcentaje. Imagen de elaboración propia

7. Discusión

El presente estudio muestra de forma clara la relación entre las características antropométricas y las variables de mayor relevancia en el trabajo de fuerza, específicamente de la media sentadilla, un ejercicio que involucra los músculos que funcionan principalmente durante los primeros 180 grados del movimiento del pedaleo, y la misma se da principalmente durante la bajada del mismo (que representa la mayoría de la fuerza aplicada al mismo como se puede ver en **la Figura 7-1**) los cuales prevalentemente son los extensores de rodilla y cadera (Cheung, Stephen. Zabala, 2017), como se puede apreciar en la **Figura 7-2 y 7-3**:

Sus porcentajes de participación aproximados completos se pueden detallar en la **Tabla 7-1 y 7-2**.

Figura 7-1: Fuerza empleada durante el ciclo de pedaleo



a= Pedal derecho; **b=** Pedal izquierdo. Tomado de: (Cheung, Stephen. Zabala, 2017)

Figura 7-2: Representación esquemática de los músculos mayormente implicados en el pedaleo y sus porcentajes de participación

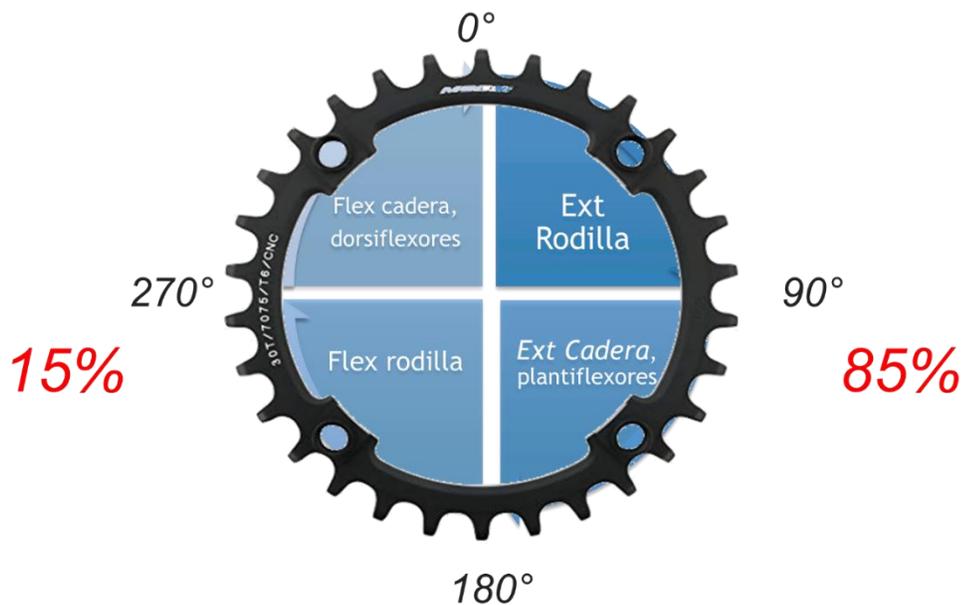
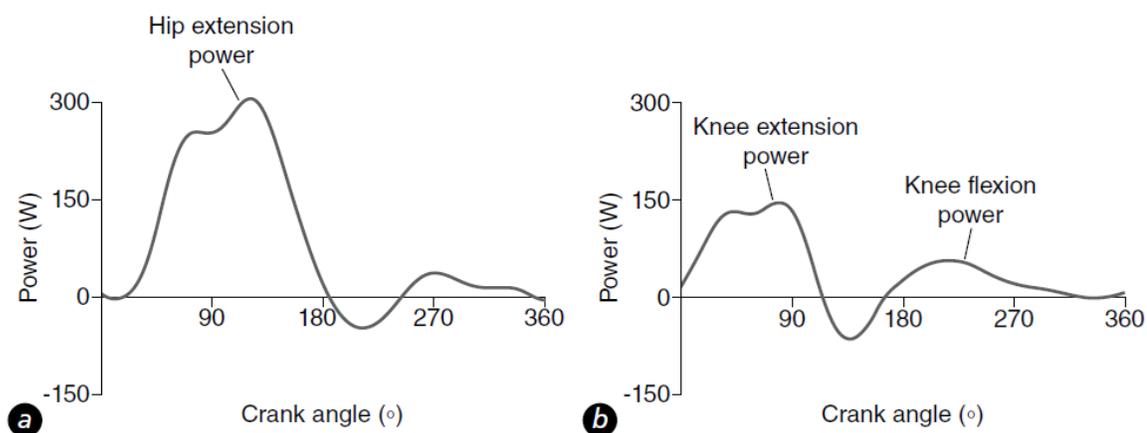


Imagen de elaboración propia

Figura 7-3: Mecanismos musculares involucrados en el pedaleo



a= Potencia aportada por extensores de cadera; **b=** Potencia aportada por extensores y flexores de rodilla. Tomado de: (Cheung, Stephen. Zabala, 2017)

Tabla 7-1: Músculos principales asociados a la potencia en el pedaleo

Principales (85% Potencia)	Potencia	Ángulo de máx potencia
Extensores cadera	+++	150°
Extensores de Rodilla	++	90°
Flexores plantares	+	150°

Tabla de elaboración propia

Tabla 7-2: Músculos secundarios asociados a la potencia en el pedaleo.

Secundarios (15% Potencia)	Potencia	Ángulo de máx potencia
Flexores cadera	+++	270°
Flexores de Rodilla	++	200°
Flexores dorsales	+	270°

Tabla de elaboración propia

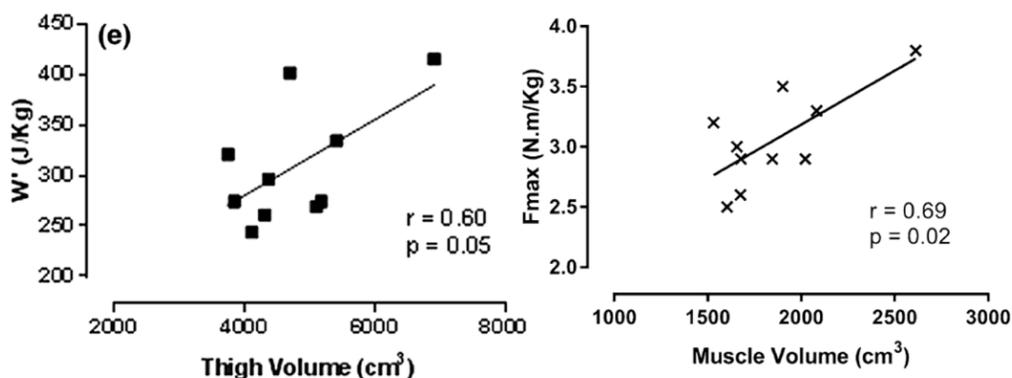
La elección de la sentadilla como ejercicio base para la preparación del ciclista radica en la activación marcada de los flexores de cadera, rodilla, y abductores durante la ejecución del mismo (Sugisaki et al., 2014), los cuales están involucrados en el pedaleo.

Además, se incluye a la media sentadilla (90 grados de flexión de rodilla inicial) y no a la paralela o profunda, debido a que, durante el pedaleo, cuando inicia el movimiento, a las 0 en punto del eje del pedalier, la rodilla se encuentra aproximadamente en 90 grados de flexión (Bisi et al., 2010), por lo que éste ejercicio es ideal para entrenar la transmisión de la fuerza desde éste punto con respecto principalmente a los extensores de rodilla y cadera.

De ésta forma se determina la capacidad de predicción del rendimiento neuromuscular basado en características antropométricas, como se mostró en un estudio realizado en

Alemania, donde se evaluó el volumen muscular del cuádriceps mediante ecografía de 11 ciclistas masculinos y se comparó con parámetros de dinamometría isocinética, donde se pudo observar una clara correlación entre ambos (Kordi et al., 2018), así como se puede apreciar en la **Figura 7-4**:

Figura 7-4: Correlación entre Fuerza máxima y potencia con respecto al volumen del muslo y del cuádriceps.



Tomado de: (Kordi et al., 2018)

Nuestro estudio muestra un análisis similar, pero aporta en gran medida, debido a que se toma una muestra mayor, se busca la correlación entre un método antropométrico más costo-efectivo y ampliamente utilizado en el deporte competitivo determinando la masa muscular total comparándolo no sólo con la fuerza y potencia de los extensores de rodilla, sino incluyendo además a los extensores de cadera, los cuales son eje fundamental del entrenamiento de fuerza de los ciclista élitos.

Una de las barreras para la aplicación de este tipo de metodología es la creencia que éste tipo de entrenamiento aumentará la masa muscular y por ende la masa total, pero se ha mostrado que el entrenamiento basado en la velocidad, enfocado hacia el atleta de resistencia, no determinará necesariamente en una maximización de su masa muscular pero sí en su rendimiento neuromuscular (Pareja-Blanco et al., 2017)

8. Conclusiones y limitaciones

8.1 Conclusiones

El presente trabajo muestra una descripción de las pruebas de fuerza con TPL y su asociación con variables antropométricas, lo cual representa una ayuda muy importante en la determinación de la carga a elegir en el entrenamiento en sentadilla en ciclistas de ruta de élite colombianos, ya que permite un adecuado control del mismo y una posible mejoría del rendimiento deportivo asociado a probable disminución del riesgo de lesión.

La propuesta en este sentido, corresponde al desarrollo sistemático de una valoración antropométrica, dónde se determine (entre otras), el porcentaje muscular; de ésta manera se pueda aplicar la relación establecida y así podamos tener un parámetro, sea carga y/o velocidad para iniciar un plan de trabajo en media sentadilla y así poder aspirar a una mejora en pruebas donde el componente neuromuscular es muy importante, como lo es la contrarreloj.

8.2 Limitaciones y perspectivas futuras

El presente estudio representa las limitaciones características de los que manejan una base de datos, claramente no hay aleatorización, la muestra es a conveniencia, no se controlan las condiciones desde el punto de vista del laboratorio, pero representa una gran ventaja desde el punto de vista de desarrollar perspectivas de estudio en estos individuos para condiciones experimentales y así desarrollar un entrenamiento deportivo enfocado, científico y seguro para el atleta. Este trabajo no revela causalidad, pero muestra una asociación fuerte de la composición corporal del individuo con sus características neuromotoras para así dar pie a estudios experimentales aleatorizados con mayor muestra, enfocados no sólo en la composición corporal total del sujeto, sino además de sus segmentos anatómicos.

Anexo A: Tabla consolidada de datos generales

<i>Especialidad</i>	<i>Franja</i>	<i>Edad (Años)</i>	<i>Categoría Edad</i>	<i>Talla (cm)</i>	<i>Talla (m)</i>	<i>Peso (kg)</i>	<i>IMC (m/kg[2])</i>	<i>Sumatoria pliegues</i>
<i>Media montaña</i>	Tarde	18,7	<20	168,0	1,7	58,0	20,54989	40,4
<i>Pasista</i>	Tarde	18,9	<20	171,0	1,7	69,2	23,6654	48,6
<i>Montaña</i>	Mañana	19,6	<20	171,0	1,7	57,0	19,49318	42,6
<i>Montaña</i>	Tarde	19,9	<20	170,0	1,7	59,6	20,62318	34,2
<i>Media montaña</i>	Tarde	19,9	<20	166,0	1,7	60,7	22,02787	46,6
<i>Montaña</i>	Mañana	20,4	20-25	176,0	1,8	56,7	18,30417	29,4
<i>Montaña</i>	Mañana	21,6	20-25	170,0	1,7	62,4	21,59204	37,4
<i>Pasista</i>	Tarde	21,6	20-25	177,0	1,8	73,9	23,58837	56,6
<i>Contrarreloj</i>	Tarde	21,7	20-25	172,0	1,7	60,3	20,38264	36,4
<i>Media montaña</i>	Tarde	21,8	20-25	167,0	1,7	56,0	20,0796	56,8
<i>Montaña</i>	Mañana	21,8	20-25	184,0	1,8	75,5	22,30004	34,2
<i>Montaña</i>	Tarde	22,2	20-25	170,0	1,7	62,6	21,6609	32,8
<i>Montaña</i>	Mañana	22,8	20-25	178,0	1,8	59,5	18,77919	49,6
<i>Pasista</i>	Tarde	23,7	20-25	173,0	1,7	62,9	21,01641	50,8
<i>Montaña</i>	Tarde	24,0	20-25	184,0	1,8	59,9	17,69258	31
<i>Montaña</i>	Tarde	25,5	>25	178,0	1,8	69,6	21,96724	29,8
<i>Esprínter</i>	Tarde	25,5	>25	178,0	1,8	67,5	21,30413	34
<i>Montaña</i>	Tarde	25,9	>25	169,0	1,7	63,7	22,30314	45,6
<i>Pasista</i>	Tarde	25,9	>25	173,0	1,7	68,5	22,8875	44,2
<i>Montaña</i>	Tarde	26,5	>25	167,0	1,7	60,2	21,58593	37
<i>Montaña</i>	Tarde	31,9	>25	166,0	1,7	64,9	23,55204	44
<i>Montaña</i>	Mañana	35,2	>25	164,0	1,6	60,7	22,56841	38,2

Anexo B: Tabla consolidada de valoración de 5 componentes

<i>%</i>	<i>%</i>	<i>%</i>	<i>%</i>	<i>%</i>	<i>Peso</i>	<i>Peso</i>	<i>Peso</i>	<i>Peso</i>	<i>Peso</i>
<i>Graso</i>	<i>Muscular</i>	<i>Residual</i>	<i>Óseo</i>	<i>Piel</i>	<i>graso</i>	<i>Muscular(kg)</i>	<i>Residual</i>	<i>Óseo</i>	<i>piel</i>
					<i>(kg)</i>		<i>(kg)</i>	<i>(kg)</i>	<i>(kg)</i>
22,66	48,1	10,3	13,2	5,9	13,1	27,9	5,9	7,6	3,4
22,56	48,1	11,8	12,1	5,4	15,6	33,3	8,2	8,4	3,8
20,79	49,5	10,4	13,3	6,1	11,9	28,2	5,9	7,6	3,5
18,52	51,3	12,2	12,3	5,6	11,0	30,6	7,3	7,3	3,4
20,6	49,2	11,8	12,9	5,5	12,5	29,9	7,2	7,8	3,3
21,89	48,5	11,5	12,4	5,8	12,4	27,5	6,5	7,0	3,3
19,48	49,1	12,4	13,1	5,9	12,2	30,6	7,8	8,2	3,7
23,55	47,1	11,5	12,4	5,4	17,4	34,8	8,5	9,2	4,0
21,48	47,8	11,7	12,9	6,1	13,0	28,8	7,1	7,8	3,7
21,98	47,4	11,6	13,1	5,9	12,3	26,5	6,5	7,3	3,3
18,54	49,9	11,9	14,3	5,3	14,0	37,7	9,0	10,8	4,0
23,27	43,8	11,9	14,7	6,4	14,6	27,4	7,4	9,2	4,0
23,85	46,7	11,3	12,4	5,8	14,2	27,8	6,7	7,4	3,4
22,89	47,7	11,2	12,7	5,5	14,4	30,0	7,1	8,0	3,5
21,52	46,4	13,5	13,1	5,6	12,9	27,8	8,1	7,8	3,3
18,0	50,4	13,3	12,8	5,6	12,5	35,1	9,3	8,9	3,9
19,79	52,3	12,6	9,6	5,7	13,4	35,3	8,5	6,5	3,9
17,83	50,9	12,5	13,3	5,5	11,4	32,4	8,0	8,5	3,5
18,9	51,0	11,9	13,0	5,1	12,9	35,0	8,2	8,9	3,5
18,65	52,0	12,0	11,9	5,5	11,2	31,3	7,2	7,1	3,3
22,21	48,3	12,5	11,7	5,3	14,4	31,4	8,1	7,6	3,5
17,93	52,3	12,2	12,1	5,5	10,9	31,8	7,4	7,3	3,3

Anexo C: Tabla consolidada de resultados de prueba de fuerza

<i>Potencia media pico (Vatios)</i>	<i>Carga en potencia medio pico (Kg)</i>	<i>Carga potencia pico /kg peso</i>	<i>Carga potencia pico /kg muscular</i>	<i>% Carga en potencia media pico</i>	<i>Potencia media propulsiva pico (Vatios)</i>	<i>Velocidad media propulsiva pico (m/s.)</i>	<i>Estimación de 1 RM (kg)</i>
391	80	1,37	2,86	0,92	420	0,51	89
531	80	1,15	2,40	0,81	621	0,67	110
399	65	1,14	2,30	0,82	457	0,67	87
438	80	1,34	2,61	0,89	491	0,56	95
407	80	1,31	2,67	0,91	449	0,53	90
332	55	0,97	2,00	0,84	386	0,65	70
317	55	0,88	1,79	0,87	317	0,6	68
344	55	0,74	1,57	0,82	390	0,67	71
238	45	0,74	1,56	0,89	252	0,55	58
370	65	1,16	2,45	0,85	403	0,62	73
443	70	0,92	1,85	0,83	505	0,74	91
311	55	0,87	2,00	0,87	311	0,59	68
267	36	0,60	1,29	0,76	336	0,78	48
364	55	0,87	1,83	0,79	389	0,71	71
324	55	0,91	1,98	0,84	371	0,64	70
482	80	1,14	2,28	0,86	482	0,6	94
441	65	0,96	1,84	0,77	512	0,75	83
376	70	1,09	2,16	0,9	376	0,53	82
379	55	0,80	1,57	0,79	400	0,71	73
353	65	1,07	2,07	0,87	387	0,59	77
338	65	1,00	2,07	0,88	386	0,57	77
430	70	1,15	2,20	0,84	478	0,63	91

9. Bibliografía

- Banyard, H. G., Nosaka, K., Sato, K., & Haff, G. G. (2017). Validity of various methods for determining velocity, force, and power in the back squat. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(9), 1170–1176.
<https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0627>
- Bisi, M. C., Stagni, R., Gnudi, G., & Cappello, A. (2010). Non-circular chain ring allows a reduction of joint loading in cycling. *Journal of Mechanics in Medicine and Biology*, 10(1), 113–122. <https://doi.org/10.1142/S0219519410003228>
- Carvajal, W., Echeverría, I., Betancourt, H., & Martínez, M. (2008). Validez del Método Antropométrico de Ross y Kerr (1988) en Población Deportiva De uno u Otro Sexo Experiencia Cubana Durante el Ciclo Olímpico 1996-2000.pdf. *PubliCE Standard, January 2008*, 1–16.
- Cheung, Stephen. Zabala, M. (2017). Cycling Science. In *Journal of sports sciences* (Vol. 35, Issue 14). <https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1313625>
- Costa, O., Alonso, D., Patrocinio, C., Candia, R., & Paz, J. (2015). Organización de la composición corporal. *Arch Med Deporte*, 32(6), 387–394.
http://archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/upload/rev1_costa_moreira.pdf
- Coyle, E. F., Feltner, M. E., Kautz, S. A., Hamilton, M. T., Montain, S. J., Baylor, A. M., Abraham, L. D., & Petrek, G. W. (1991). Physiological and biomechanical factors associated with elite endurance cycling performance. In *Medicine and Science in Sports and Exercise* (Vol. 23, Issue 1, pp. 93–107).
<https://doi.org/10.1249/00005768-199101000-00015>
- Doma, K., Deakin, G. B., Schumann, M., & Bentley, D. J. (2019). Training Considerations for Optimising Endurance Development: An Alternate Concurrent Training Perspective. *Sports Medicine*, 49(5), 669–682. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01072-2>
- Fernández, Z. (2018). Velocity based strength training : a bibliografic review. *TFG Universidad de León*.

- https://buleria.unileon.es/bitstream/handle/10612/10906/FERNÁNDEZ_ZAMORANO_GASPAR_Julio_2018.pdf?sequence=1
- Frey, F. (2017). SPSS (Software) . *The International Encyclopedia of Communication Research Methods*, 1–2. <https://doi.org/10.1002/9781118901731.iecrm0237>
- González-Badillo, J.J; Serna, J., & R. (2002). *Bases de Programación del entrenamiento de la fuerza* (1st ed.). INDE.
- González-Badillo, J. J., & Sánchez-Medina, L. (2017). *Velocidad De Ejecución como referencia para la programación, control y evaluación del entrenamiento de fuerza* (p. 188). ERGOTECH.
- Guerrero, L. (2017). Determinación de la composición corporal por fraccionamiento en cinco componentes. *Universidad Nacional de Colombia*, 18.
- Hawley, J. A., & Stepto, N. K. (2001). Adaptations to training in endurance cyclists: Implications for performance. *Sports Medicine*, 31(7), 511–520. <https://doi.org/10.2165/00007256-200131070-00006>
- Hopkins, W. G. (2015). Spreadsheets for analysis of validity and reliability. *Sportscience*, 19(19), 36–44. [http://sportsci.org/2015/ValidRely.htm%0Afile:///Users/Yoann/Google Drive/Papers3/Library.papers3/Files/5D/5D62180F-686E-4883-A289-21FD8E27B1D0.pdf%0Apapers3://publication/uuid/D114ABDA-200A-4997-AC7D-F6E7575D2FEF](http://sportsci.org/2015/ValidRely.htm%0Afile:///Users/Yoann/Google%20Drive/Papers3/Library.papers3/Files/5D/5D62180F-686E-4883-A289-21FD8E27B1D0.pdf%0Apapers3://publication/uuid/D114ABDA-200A-4997-AC7D-F6E7575D2FEF)
- IBM. (2020). *IBM clementine.pdf*. Ibm.Com. https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/SS3RA7_18.2.2/modeler_tutorial_ddi/clementine/example_bayesnet_browse.html
- Kerr, D. (1988). An Anthropometric Method for Fractionation of Skin, Adipose, Bone, Muscle and Residual Tissue Masses, in Males Ani, Females Age 6 To 77 Years. *Thesis Publication, April*, 1–140.
- Kordi, M., Menzies, C., & Parker Simpson, L. (2018). Relationship between power–duration parameters and mechanical and anthropometric properties of the thigh in elite cyclists. *European Journal of Applied Physiology*, 118(3), 637–645. <https://doi.org/10.1007/s00421-018-3807-1>
- Kraemer, W. J., Patton, J. F., Gordon, S. E., Harman, E. A., Deschenes, M. R., Reynolds, K., Newton, R. U., Triplett, N. T., & Dziados, J. E. (1995). Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations. *Journal of Applied Physiology*, 78(3), 976–989.

<https://doi.org/10.1152/jappl.1995.78.3.976>

- Kubukeli, Z. N., Noakes, T. D., & Dennis, S. C. (2002). Training techniques to improve endurance exercise performances. *Sports Medicine*, 32(8), 489–509.
<https://doi.org/10.2165/00007256-200232080-00002>
- Linda M. Yamamoto, Jennifer F. Klau, D. J. C. & L. E. A. (2010). The effects of resistance training on road cycling performance among highly trained cyclists: a systematic review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(2), 560–566.
- Marcinik, E. J., Potts, J., Schlabach, G., Will, S., Dawson, P., & Hurley, B. F. (1991). Effects of strength training on lactate threshold and endurance performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23(6), 739–743.
<https://doi.org/10.1249/00005768-199106000-00014>
- Martínez-Cava, A., Morán-Navarro, R., Sánchez-Medina, L., González-Badillo, J. J., & Pallarés, J. G. (2019). Velocity- and power-load relationships in the half, parallel and full back squat. *Journal of Sports Sciences*, 37(10), 1088–1096.
<https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1544187>
- Minahan, C., & Wood, C. (2008). Strength training improves supramaximal cycling but not anaerobic capacity. *European Journal of Applied Physiology*, 102(6), 659–666.
<https://doi.org/10.1007/s00421-007-0641-2>
- 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 and Science in Sports*, 27(7), 724–735.
<https://doi.org/10.1111/sms.12678>
- Rodríguez-Rosell, D., Yáñez-García, J. M., Torres-Torrelo, J., Mora-Custodio, R., Marques, M. C., & González-Badillo, J. J. (2018). Effort index as a novel variable for monitoring the level of effort during resistance exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(8), 2139–2153.
<https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000002629>
- Rønnestad, B. R., Hansen, E. A., & Raastad, T. (2010). In-season strength maintenance training increases well-trained cyclists' performance. *European Journal of Applied Physiology*, 110(6), 1269–1282. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1622-4>

- Ross, W. D., Kerr, D. A., & . (1993). Fraccionamiento de la Masa Corporal: Un Nuevo Método para Utilizar en Nutrición, Clínica y Medicina Deportiva. *Apunts, Educación Física y Deportes*, 18, 175–187. <http://www.fecna.com/wp-content/uploads/2011/08/Fraccionamiento-de-Masa-Corporal-Un-Nuevo-Método-Ross-Kerr.pdf>
- 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>
- Schumann, M., & Rønnestad, B. R. (2019). Concurrent Aerobic and Strength Training. In *Concurrent Aerobic and Strength Training*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-75547-2>
- Serrato Roa, M. (2008). *Medicina del Deporte* (U. el Rosario (ed.); 1st ed.). Editorial Universidad el Rosario. <http://library1.nida.ac.th/termpaper6/sd/2554/19755.pdf>
- Sugisaki, N., Kurokawa, S., Okada, J., & Kanehisa, H. (2014). Difference in the recruitment of hip and knee muscles between back squat and plyometric squat jump. *PLoS ONE*, 9(6), 1–9. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0101203>
- Tanaka, H., & Swensen, T. (1998). Impact of Resistance Training on Endurance Performance. *Sports Medicine*, 25(3), 191–200. <https://doi.org/10.2165/00007256-199825030-00005>
- Yamamoto, LM, Lopez, RM, Klau, JF, Casa, DJ, Kraemer, W., & and Maresh, C. (2008). The effects of resistance training on endurance distance running performance among highly trained runners: a systematic review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 6(22), 9. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318185f2f0>
- Yuan, C., Yang, Y., & Liu, Y. (2020). Sports decision-making model based on data mining and neural network. *Neural Computing and Applications*, 0123456789. <https://doi.org/10.1007/s00521-020-05445-x>