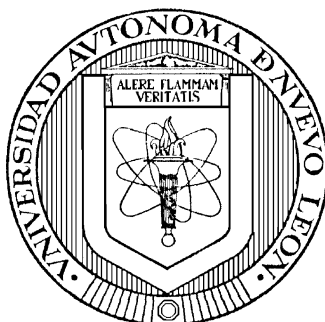


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**  
**FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA**  
**SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO**



**CARACTERIZACIÓN Y ASOCIACIÓN DE VARIABLES  
RELACIONADAS CON LA MANIFESTACIÓN DE FUERZA Y EL  
RENDIMIENTO EN TESTS ALL-OUT EN JOVENES CICLISTAS  
FEMENILES MEDIANAMENTE ENTRENADAS**

**Por**

**LIC. ALBERTO BENÍTEZ TRINIDAD**

**PRODUCTO INTEGRADOR**

**TESINA**

**Como requisito parcial para obtener el grado de  
MAESTRÍA EN ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTE  
CON ORIENTACIÓN EN ALTO RENDIMIENTO**

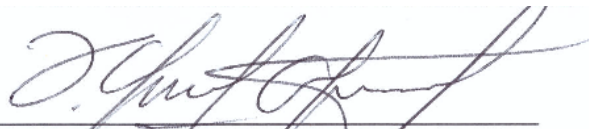
**Nuevo León Diciembre 2017**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA  
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO**

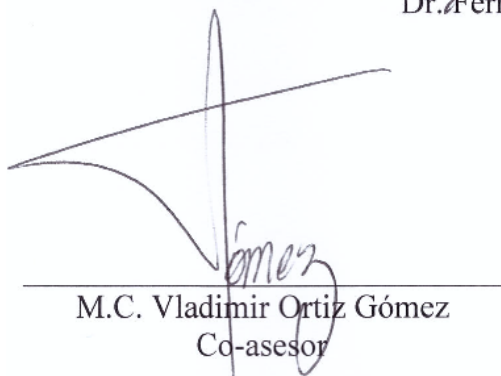
Los miembros del Comité de Titulación de la Maestría en Actividad Física y Deporte integrado por la Facultad de Organización Deportiva, recomendamos que el Producto Integrador en modalidad de Tesina titulada Caracterización y asociación de variables relacionadas con la manifestación de fuerza y el rendimiento en tests all-out en jóvenes ciclistas femeniles medianamente entrenadas realizado por el Lic. Alberto Benítez Trinidad sea aceptado para su defensa como oposición al grado de Maestro en Actividad Física y Deporte con Orientación en Alto Rendimiento.

**COMITÉ DE TITULACIÓN**

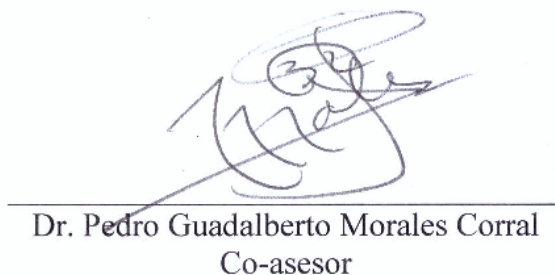
**CARACTERIZACIÓN Y ASOCIACIÓN DE VARIABLES RELACIONADAS CON LA  
MANIFESTACIÓN DE FUERZA Y EL RENDIMIENTO EN TESTS ALL-OUT EN  
JOVENES CICLISTAS FEMENILES MEDIANAMENTE ENTRENADAS**



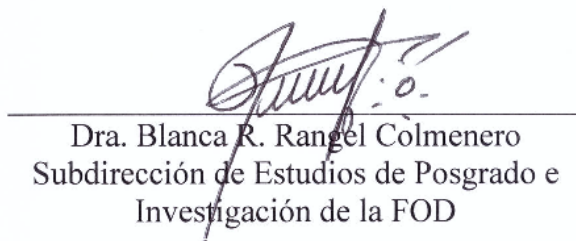
Dr. Fernando Alberto Ochoa Ahmed  
Asesor Principal



M.C. Vladimir Ortiz Gómez  
Co-asesor



Dr. Pedro Guadalberto Morales Corral  
Co-asesor



Dra. Blanca R. Rangel Colmenero  
Subdirección de Estudios de Posgrado e  
Investigación de la FOD

Nuevo León, Diciembre 2017

*A Betty, la luz que ilumina mi vida*

*A mi hija, Valeria, mi motor y el origen de todas las alegrías*

*A mis padres y a mi hermana de facto, por inculcarme valores de humildad y honestidad*

### **Agradecimientos y reconocimientos.**

A mi compañero Vladimir Ortiz, por su ayuda desinteresada, sin su colaboración no hubiera sido posible la culminación de la presente tesina.

A la Facultad de Salud Pública, particularmente a Hilda Novelo y Leticia Márquez, por las gestiones realizadas en favor de mi persona.

A Alfredo Santalla y Juan José González especialmente, y, en general, a todo el cuerpo docente de la Facultad en el Deporte de la Universidad Pablo de Olavide, vuestra dedicación a la labor docente fueron catalizadores de mi desarrollo durante mis estudios de licenciatura.

A Fernando Ochoa, por su ayuda permanente durante los estudios de maestría.

A los compañeros de profesión que dignifican nuestra labor con sus acciones y que me he ido encontrando por el camino.

## FICHA DESCRIPTIVA

**Universidad Autónoma de Nuevo León  
Facultad de Organización Deportiva**

Fecha de Graduación: Diciembre 2017

**LIC. ALBERTO BENÍTEZ TRINIDAD**

**Título del Producto Integrador:** CARACTERIZACIÓN Y ASOCIACIÓN DE VARIABLES RELACIONADAS CON LA MANIFESTACIÓN DE FUERZA Y EL RENDIMIENTO EN TESTS ALL-OUT EN JOVENES CICLISTAS FEMENILES MEDIANAMENTE ENTRENADAS

**Número de Páginas:** 33

Candidato para obtener el Grado de Maestría en Actividad Física y Deporte con Orientación en Alto Rendimiento.

**Resumen del reporte de tesina:** El objetivo de la investigación fue indagar sobre la posible relación entre el rendimiento específico en pruebas de rendimiento específico de ciclismo de 1 y 5 minutos de duración de tipo all-out con la manifestación de fuerza en sentadilla completa y CMJ (libre y con carga). Los resultados fueron una correlación significativa entre el porcentaje de masa muscular y la potencia media en los primeros 10 segundos del test de 1 minuto ( $r=0.762$ ;  $p=0.028$ ), el porcentaje de masa muscular y el porcentaje del RM en kg. Donde se expresa el pico de potencia en la sentadilla completa ( $r=0.712$ ;  $p=0.048$ ), correlaciones positivas entre variables mecánicas en sentadilla completa y la potencia media producida en el test de 5 minutos. En conclusión, solo hay correlación entre algunas variables mecánicas y los resultados en la prueba de 5 minutos de duración. Una correlación negativa entre el valor de RM en sentadilla completa y la producción de potencia media relativa a la masa corporal en el test de 5 minutos ( $r=-0.737$ ;  $p=0.037$ ). No se obtuvieron correlaciones entre el CMJ y las pruebas de ciclismo, si obteniendo correlaciones entre el CMJ y la sentadilla completa. En conclusión, se delimitaron las correlaciones existentes entre sólo algunas variables mecánicas y los resultados en las pruebas de rendimiento específico de ciclismo.

FIRMA DEL ASESOR PRINCIPAL: \_\_\_\_\_

<b>Tabla de contenidos</b>	
	<b>Página</b>
Introducción	1
Marco Teórico	5
Materiales y métodos	11
Diseño	11
Muestra	11
Instrumentos	12
Procedimiento	12
Análisis de datos	17
Resultados	18
Discusión	22
Conclusiones	25
Referencias	27
Anexos	30
a. Carta de consentimiento informado	
Resumen autobiográfico	33

<b>Lista de Figuras</b>	
	<b>Página</b>
Figura 1. Relación entre la potencia media en el intervalo de 0 a 10'' en el TT-1' y el porcentaje de masa muscular	19
Figura 2. Relación entre la potencia media relativa al peso corporal en el TT-5' y el porcentaje de la RM donde se alcanza el pico de máxima potencia.	20
Figura 3. Relación entre la altura del salto vertical en el salto con contramovimiento y la potencia media en la fase descendente de la barra con el peso de 30 kg.	21

<b>Lista de Tablas</b>	
	<b>Página</b>
<b>Tabla 1.</b> Distribución temporal de las pruebas	13
<b>Tabla 2.</b> Estadística descriptiva resumen de las variables obtenidas en las diferentes evaluaciones	18



## INTRODUCCIÓN

El cuerpo de conocimientos actual que han constituido las ciencias del deporte sobre entrenamiento y rendimiento con enfoque en la obtención de resultados en ámbito competitivo, y a diferentes niveles de desempeño, proporciona variables de carácter fisiológico y mecánico con el fin de proveer información para cuantificar, programar y prescribir programas de entrenamiento con diferentes cargas de trabajo orientadas a la obtención de efectos particulares sobre las mismas, estos efectos producen en la reiteración de la aplicación de cargas con diferente orientación y acentuación, adaptaciones estructurales y metabólicas que tienen por objeto elevar el nivel de rendimiento, competencia y por ende, los resultados a nivel competitivo.

Se encuentra en la bibliografía científica el *gold standard measure* de la capacidad aeróbica en la variable de consumo máximo de oxígeno (VO<sub>2</sub>max) (Denham, Scott-Hamilton, Hagstrom y Gray, 2017), definido como la máxima cantidad de oxígeno que el organismo puede captar en la atmósfera, transportar en la sangre y utilizar en los tejidos (Fernández, 2006) medida dicha variable a partir de ergoespirometría en protocolos incrementales, progresivos y hasta el agotamiento, estableciendo, como es definido por los diferentes autores, el límite superior en términos fisiológicos para el rendimiento estrictamente aeróbico, representando el valor máximo de producción de ATP por unidad de tiempo por parte del metabolismo aeróbico, momento fisiológico en el cual la aportación de ATP por parte del metabolismo anaeróbico es predominante y el aporte de ATP es el más elevado posible en términos de producción por unidad de tiempo por parte del metabolismo aeróbico.

Por otra parte, el análisis de la concentración de lactato en el plasma sanguíneo y su respuesta en el ejercicio incremental, así como otros métodos para la determinación de los umbrales metabólicos han sido, igualmente, variables *standard* en el diagnóstico de la capacidad aeróbica y el rendimiento en resistencia en atletas (Czuba, Zajac, Cholewa, Poprzęcki, Waśkiewicz y Mikołajec, 2009).

La expresión mecánica de ambas variables, establecida en velocidad y/o potencia mecánica (potencia aeróbica máxima o velocidad aeróbica máxima, velocidad o potencia asociada a la expresión del umbral metabólico correspondiente, según sea el caso),

proporciona al entrenador una referencia del valor de intensidad en términos absolutos que corresponde a dicho momento fisiológico, esto es, la velocidad o potencia en la cual se produce el VO<sub>2</sub>max y/o la velocidad o potencia en la cual se produce la expresión del umbral metabólico en cuestión (Mujika, 2006).

Algunos autores han definido, no obstante, que existen fuertes diferencias inter-individuales en el desarrollo de intensidades supramaximales a ambos valores de intensidad, esto es, no todos los sujetos tienen el mismo comportamiento a intensidades supramaximales con relación a la VO<sub>2</sub>max, aconteciendo la misma particularidad desarrollando intensidades de trabajo supramaximales a los umbrales metabólicos.

Tratando de elucubrar las razones fisiológicas a esta realidad, parece que, si bien es cierto que el VO<sub>2</sub>max es una variable que refleja fielmente la expresión de la potencia aeróbica máxima, y los umbrales metabólicos (LT, OBLA, por poner un ejemplo) también pueden ser indicadores válidos y fiables para el diagnóstico de la capacidad aeróbica y el estado de rendimiento, el desarrollo de intensidades supramaximales a dichos valores de intensidad tendrán sus limitantes en otros mecanismos y vías de producción de ATP, en este caso, vías de carácter anaeróbico, así como variables relacionadas con la capacidad física fuerza.

Aunado a esto, parece que otras variables se están mostrando más relevantes a efectos de determinar el estado de rendimiento de los ciclistas, tanto aquellos que desarrollan pruebas de velocidad como los especialistas en pruebas de larga duración en ruta, la ubicación porcentual del VT<sub>2</sub> en relación con el VO<sub>2</sub>max (Chicharro, Hoyos y Lucía, 2000), valores de potencia máximos que pueden ser sostenidos pruebas tipo *time trials* y economía y eficiencia del pedaleo.

En relación con la valoración en términos de potencia y capacidad anaeróbica es de recurrente uso el Test de Wingate, que permite el análisis, entre otras, de las variables de potencia media y pico de máxima potencia, la primera se define como la media de los valores de potencia instantánea durante el desarrollo del test, mientras que la segunda se define como la mayor potencia desarrollada durante el test (López, 2006).

Diferentes autores han evidenciado la mejora en el rendimiento específico obtenido en pruebas de laboratorio, tales como pico de producción de potencia en el test de Wingate (Rønnestad, Hansen y Raastad, 2010a) (Rønnestad, Hansen y Raastad, 2010b) (Rønnestad, Hansen, Hollan y Ellefsen, 2014), potencia media en el test de Wingate (Rønnestad, Hansen y Nygaard, 2016), rendimiento en pruebas de laboratorio tipo contrarreloj de 5' (Rønnestad, Hansen y Raastad, 2011) (Aagaard et al., 2011) 40' (Rønnestad et al., 2010a) (Rønnestad et al., 2010b) (Rønnestad et al., 2014), 45' (Aagaard et al., 2011) valor de potencia asociado a la expresión del  $\dot{V}O_{2max}$  en pruebas incrementales (Rønnestad et al., 2010a) (Rønnestad et al., 2010b) (Rønnestad et al., 2014), valor de potencia asociado a valores de lactato en el plasma sanguíneo de  $2\text{mmol l}^{-1}$  [ $\text{La}^{-}$ ] (Rønnestad et al., 2010a) (Rønnestad et al., 2010b), valor de potencia asociado a  $4\text{mmol l}^{-1}$  [ $\text{La}^{-}$ ] (Rønnestad et al., 2014) (Rønnestad et al., 2016), a partir de la implementación en los programas de entrenamiento de trabajo fuerza aunado al trabajo de resistencia en bicicleta (Rønnestad et al., 2010a) (Rønnestad et al., 2014) (Rønnestad et al., 2010b) (Rønnestad, Hansen y Nygaard, 2016) (Aagaard et al., 2011).

No obstante, en la literatura científica, existe poca evidencia científica relacionada con el análisis y caracterización de la relación entre la expresión de rendimiento en pruebas que determinen un perfil condicional de manifestación de la capacidad física fuerza con el rendimiento en términos de potencia en esfuerzos de diferentes características en ciclismo.

En este término y en este sentido, el presente trabajo se enmarca en el análisis de la relación entre la manifestación de la capacidad física fuerza, en CMJ (Countermovement Jump) y sentadilla completa, con el rendimiento en esfuerzos característicos de *Time Trials* de 1' y 5', esfuerzos en los cuales, como es profusamente evidenciado en la literatura, la intensidad se sitúa supramaximal con el valor de potencia asociado al acontecimiento del  $\dot{V}O_{2max}$  en el ejercicio incremental y, evidentemente, supramaximal a los umbrales metabólicos (LT, OBLA).

El objetivo de la presente investigación es, en una población específica, establecer las asociaciones y dependencias entre capacidades físicas de un espectro amplio de la

manifestación de la fuerza y la resistencia y su expresión mixta, evaluada en *time trials* de 1 y 5 minutos de duración.

La hipótesis de trabajo es la siguiente:

- El rendimiento específico en TT-1' y TT-5' se encuentra asociado a la expresión de rendimiento en variables relacionadas con la manifestación de fuerza en sentadilla completa y CMJ con (15 kg) y sin carga.

## MARCO TEÓRICO

En relación con la definición de fuerza, caben 2 acepciones:

La fuerza, desde el punto de vista de la mecánica, es toda causa capaz de modificar el estado de reposo o de movimiento de un cuerpo, así como también la causa capaz de deformar los cuerpos, bien por presión o por estiramiento o tensión, viene definida como el producto de una masa por una aceleración. Por tanto, en el sentido que se define la fuerza en la mecánica, la fuerza muscular, como causa, sería la capacidad de la musculatura para deformar un cuerpo o para modificar la aceleración del mismo: iniciar o detener el movimiento de un cuerpo, aumentar o reducir su velocidad o hacerle cambiar de dirección. Desde el punto de vista fisiológico, la fuerza se entiende como la capacidad de producir tensión que tiene el músculo al activarse. (Badillo y Serna, 2002, p.11)

En el ámbito de las ciencias del entrenamiento hay fundamentalmente dos acepciones de fuerza máxima, la fuerza isométrica máxima, que se define como la menor resistencia (peso) que sería imposible desplazar (Badillo y Serna, 2002) y la fuerza dinámica máxima, que se define como la resistencia (peso) que puede ser desplazada una única vez, considerada como el valor de una repetición máxima (1RM) (Badillo y Serna, 2002).

Ha sido expuesto (Stone et al., 2004) que existen varias razones posibles por las cuales la fuerza máxima afecta a la expresión del pico de máxima potencia, una carga dada podría representar un menor porcentaje de la fuerza máxima y debido a que, por tanto, esa misma carga en términos absolutos representa una carga menor en términos relativos es más fácil de acelerar por parte del sujeto, es también plausible que una persona con mayor expresión de la fuerza dinámica máxima pudiera tener un mayor porcentaje de fibras rápidas (tipo II), que son las unidades motoras primarias para la generación del pico de máxima potencia, el entrenamiento de fuerza presenta efectos que igualmente, pueden afectar al pico de máxima potencia, entre ellos la hipertrofia de las fibras rápidas (tipo II), así como efectos neuromusculares que resultan en un incremento de la producción de fuerza en la unidad de tiempo, alteraciones que pueden suponer incrementos en los valores de máxima producción de potencia.

En la actualidad disponemos de estudios de carácter experimental que han demostrado mejoras significativas en diferentes expresiones de rendimiento en ciclistas a partir de la inclusión de entrenamiento de fuerza adicionado al entrenamiento tradicional en resistencia.

Los efectos del entrenamiento de fuerza en el rendimiento en ciclismo, así como el efecto de la aplicación de cargas de entrenamiento de fuerza en las tradicionales variables determinantes del rendimiento, tales como umbral láctico, potencia aeróbica máxima y economía de carrera permanecen poco claros (Rønnestad et al., 2010b).

No obstante, diferentes autores recomiendan la implementación de entrenamiento de fuerza en ciclismo, debido a hallazgos obtenidos en diseños experimentales (Rønnestad et al., 2010b) (Stone et al., 2004) (Rønnestad et al., 2010a) (Aagaard et al., 2011).

Aagaard et al., (2010) realizó un diseño experimental de 16 semanas (n=14) donde un grupo realizó entrenamiento de fuerza aunado al de resistencia, mientras que otro grupo únicamente realizó trabajo de resistencia, llevándose a cabo el entrenamiento de fuerza a razón de entre 2 y 3 sesiones semanales (con alternancia del número de sesiones semanales a lo largo del ciclo de 16 semanas), con una carga que oscila entre cargas de 10-12RM hasta 5-6RM en 4 ejercicios (extensión de rodilla, press de piernas, flexión de rodilla y flexiones plantares de tobillo), llevándose a cabo a razón de 4 series por ejercicio cada sesión de entrenamiento. Se observó una mejora en la potencia media en el test de 45' *time trial* ( $P < 0.05$ ) en el grupo que llevó a cabo entrenamiento de fuerza (de  $313.7 \pm 45.9$  a  $340.1 \pm 33.1$  W) con respecto al grupo que únicamente llevó a cabo entrenamiento de resistencia (de  $309.5 \pm 20.3$  a  $321.0 \pm 19.5$  W), no encontrándose diferencias significativas en la potencia media en el test de 5'. El grupo que realizó entrenamiento de fuerza incrementó la fuerza isométrica del cuádriceps un 12% (de  $275.3 \pm 42.4$  a  $307.7 \pm 40.4$  N m) ( $P < 0.01$ ), la máxima producción de fuerza en la unidad de tiempo mejoró significativamente en el grupo que realizó entrenamiento de fuerza (de  $1999.2 \pm 684.4$  a  $2433.1 \pm 540.1$  N m/s) ( $P < 0.01$ ), mientras que no se observó cambios en el grupo que realizó entrenamiento de resistencia. En relación con la distribución de los tipos de fibras, mientras que en los ciclistas que solo realizaron entrenamiento de resistencia la composición de las fibras permaneció inalterada en el grupo que adicionó entrenamiento de fuerza se observó una tendencia al incremento de fibras III (del 26 al 34%), mientras que el

porcentaje de fibras IIX disminuyó (del 5 al 0.6%). Es posible que exista un problema metodológico determine la no obtención de cambios significativos, parece que existe la necesidad de un tiempo mayor de evaluación para que estos tengan lugar, el estudio se llevó a cabo durante 16 semanas, siendo la población ciclistas jóvenes de alto nivel (seleccionadas nacionales).

Stone et al., (2004) demostraron la existencia de una fuerte asociación entre variables relacionadas con la producción de fuerza, tanto en términos absolutos como en términos relativos a la masa corporal, así como la producción de fuerza en la unidad de tiempo obtenido de la curva de fuerza tiempo en un ejercicio de carácter isométrico, con el rendimiento en salto y en la potencia expresada en un test de Wingate (modificado a 18 segundos).

Rønnestad et al., (2010a) realizaron un diseño experimental en el cual, un grupo de ciclistas adicionaron al entrenamiento de resistencia entrenamiento de fuerza, mientras que el otro grupo únicamente realizó el entrenamiento tradicional de resistencia. El estudio se realizó durante 12 semanas y el trabajo de fuerza consistió en media sentadilla, press de piernas en ejecución monopodal, flexión de cadera y flexión plantar, desarrollando trabajo de repeticiones máximas desde 10RM hasta 4RM, con alternancia en la distribución de las cargas, desarrollando en todos los casos tres series por ejercicio y realizando, en todos los casos la fase concéntrica a la máxima velocidad de movimiento, dicho entrenamiento se llevó a cabo dos veces a la semana. El entrenamiento de fuerza aunado al entrenamiento de resistencia tuvo efecto sobre el pico de potencia en el test de Wingate, expresando el grupo experimental (que desarrollaban entrenamiento de fuerza adicionado al de resistencia) una mejora significativa en el pico de potencia ( $9.4 \pm 2.9\%$   $P < 0.01$ ), mientras que el grupo control (que únicamente realizó entrenamiento de resistencia) no mostró cambios significativos en dicha variable, el grupo experimental expresó una tendencia al incremento de la masa corporal ( $1.0 \pm 0.5\%$ ;  $P = 0.0666$ ), un incremento del área de sección cruzada del muslo ( $4.6 \pm 0.5\%$ ;  $P < 0.01$ ), un incremento de la producción de fuerza máxima isométrica en media sentadilla ( $21.2 \pm 4.9\%$   $P < 0.01$ ), no se observaron cambios significativos en dichos valores en el grupo control. En dicho estudio, los ciclistas que añadieron entrenamiento de fuerza al entrenamiento de fuerza incrementaron las variables de pico de máxima potencia

en el test de Wingate,  $W_{max}$  (valor de potencia media durante los dos últimos minutos de un test incremental, progresivo y hasta el agotamiento), valor de potencia asociado a  $2\text{mmol l}^{-1} [\text{La}^{-}]$ , y potencia media en una prueba de 40 minutos all-out, mientras que el grupo que no adicionó entrenamiento de fuerza no obtuvieron incrementos en el pico de máxima potencia en el test de Wingate, ni en la potencia asociada a  $2\text{mmol l}^{-1} [\text{La}^{-}]$ , (Stone et al., 2004) señalaron que el pico de potencia en el test de Wingate (en el caso de estudio de Stone un test de Wingate modificado a 18'') es una variable asociada con el éxito en esfuerzos de sprint en el deporte del ciclismo, por tanto, tests o estudios que midan o estimen el pico de potencia, determinaran una variable con asociación positiva con el sprint en el deporte del ciclismo.

Rønnestad et al., (2014) reportó nuevamente mejoras en el pico de máxima potencia en el test de Wingate, tendiendo a una mejora con un incremento del  $2\pm 3\%$  ( $P=0.07$ ) en el grupo que realizó entrenamiento de fuerza concomitantemente al entrenamiento de resistencia mientras que no se observaron cambios en el grupo control, que únicamente realizó entrenamiento de resistencia, también se reportaron mejoras en la potencia media durante los 2 últimos minutos en el protocolo para la estimación del  $\text{VO}_2\text{max}$  ( $3 \pm 3\%$ ), mientras que no se produjeron mejoras en el grupo que únicamente desarrollo entrenamiento de resistencia. El grupo que desarrolló entrenamiento de fuerza también mejoró la potencia asociada a  $4\text{mmol l}^{-1} [\text{La}^{-}]$  ( $3.2 \pm 3.5\%$ ), y la potencia media en 40' time trial ( $6.5 \pm 5.7\%$   $P<0.01$ ) mientras que no se observaron cambios significativos en el grupo que no desarrollo entrenamiento de fuerza. Es importante mencionar que el entrenamiento fue de 25 semanas, de manera que se llevó a cabo 2 veces a la semana en la fase preparatoria y una vez por semana en la fase competitiva, presentando los atletas adherencia al entrenamiento de fuerza, se llevó a cabo una fase de 10 semanas orientada al desarrollo de la fuerza en la fase preparatoria y una fase posterior orientada al mantenimiento de la fuerza en la fase competitiva. La mejora en el pico de máxima potencia se dieron asociado a las mejoras en la capacidad física fuerza, valorada en la fuerza isométrica máxima en media sentadilla, mejoras que fueron importantes en el grupo que realizó entrenamiento de fuerza y entrenamiento de resistencia, incrementándose en la fase orientada al desarrollo de la fuerza un  $20\pm 12\%$  ( $P<0.01$ ), manteniéndose la ganancia de fuerza en la fase orientada al mantenimiento de la misma. Un incremento de la masa magra de un  $2\pm 1\%$  ( $P<0.05$ ) en el



grupo que combinó entrenamiento de resistencia y fuerza tuvo lugar mientras que el grupo que realizó entrenamiento de resistencia únicamente no experimentó cambios en la masa magra.

Rønnestad et al., (2010b) desarrollaron un diseño experimental en el que el grupo que desarrolló entrenamiento de fuerza obtuvo mejoras en el pico de potencia en el test de Wingate, tanto en valores absolutos de potencia ( $6 \pm 2\%$ ) como en términos relativos a la masa corporal ( $8 \pm 2\%$ )( $P < 0.05$ ), el valor de potencia aeróbica máxima en términos absolutos (determinado en la media de producción de potencia en los 2 últimos minutos de un test incremental, progresivo y hasta el agotamiento para determinar el  $\text{VO}_2\text{max}$ ) ( $8 \pm 1\%$ )( $P < 0.05$ ), la media de potencia producida en un test time trial de 40' ( $14 \pm 3\%$ )( $P < 0.05$ ), la potencia asociada a la concentración de  $2\text{mmol l}^{-1} [\text{La}^-]$  (de  $253 \pm 16$  a  $284 \pm 13\text{W}$ )( $P < 0.05$ ), el área de sección cruzada en el muslo ( $4.4 \pm 0.6\%$ )( $P < 0.01$ ), la fuerza dinámica máxima en media sentadilla ( $23 \pm 3\%$ ) ( $P < 0.01$ ). El grupo que no desarrolló entrenamiento de fuerza aunado al entrenamiento de resistencia no mejoró ni el pico de máxima potencia en el test de Wingate (ni en términos absolutos ni en términos relativos a la masa corporal), ni la potencia aeróbica máxima, ni la potencia asociada a la concentración de  $2\text{mmol l}^{-1} [\text{La}^-]$ , ni en el área de sección cruzada en el muslo, la potencia media en el test time trial de 40' mejoró pero con menor tendencia que los resultados observados en el grupo que adicionó entrenamiento de fuerza ( $4 \pm 1\%$ )( $P < 0.05$ ). El período de entrenamiento fue de 25 semanas, dividido en una fase preparatoria de 12 semanas y una fase competitiva de 13 semanas. El entrenamiento de fuerza se desarrolló en una estructura de 2 sesiones por semana en la fase preparatoria y 1 sesión por semana en la fase competitiva. Los ejercicios desarrollados fueron media sentadilla, press de pierna en ejecución monopodal, flexión de cadera en bipedestación y flexión plantar, desarrollando la fase concéntrica a la máxima velocidad posible, la carga se desarrolló desde 10RM hasta 4RM con alternancia en la sucesión de cargas en orden del incremento la carga hacia la finalización de las 25 semanas, desarrollando 3 series por ejercicio.

Rønnestad et al., (2016) demostró en un diseño experimental la mejora de variables relacionadas con el rendimiento específico en ciclismo con una muestra de ciclistas de élite, a través de la adición al entrenamiento de resistencia de un programa de entrenamiento de

fuerza con alta carga con una duración de 10 semanas, en comparación con el grupo control, que únicamente llevó a cabo entrenamiento de resistencia. El programa de entrenamiento de fuerza se llevó a cabo con una periodicidad de 2 veces a la semana, los ejercicios que se incluyeron fueron media sentadilla, press de piernas con ejecución monopodal, flexión de cadera en bipedestación y flexión plantar, realizándose la fase concéntrica a la máxima velocidad posible, con 3 repeticiones por serie una carga que osciló durante el ciclo entre 10RM y 4RM. El grupo que adicionó entrenamiento de fuerza mejoró la expresión de la fuerza isométrica máxima en media sentadilla ( $20 \pm 12\%$ ,  $P < 0.001$ ), la altura del salto vertical sin contramovimiento -SJ- ( $8 \pm 8\%$ ,  $F=7.639$ ,  $P=0.013$ ), potencia media en el test de Wingate ( $2 \pm 3\%$ ,  $F=4.623$ ,  $P=0.045$ ), potencia asociada a la concentración de  $4 \text{ mmol l}^{-1} [\text{La}^-]$  ( $2.4 \pm 6.3\%$   $F=3.783$ ,  $P=0.068$ ), mientras que el grupo que realizó únicamente entrenamiento de resistencia no expresó mejoras en dichas variables.

Con relación al uso del potenciómetro y a la no utilización de analizador de gases para el presente proyecto, ha sido reportado por otros autores (Chicharro, et al., 2000) mejoras en el rendimiento en términos de potencia en ausencia de mejoras en el  $\text{VO}_2\text{max}$ , e incluso, mejores valores de  $\text{VO}_2\text{max}$  en población ciclista amateur-recreacional en comparación con población profesional (Chicharro, et al., 2000). Este aspecto, aunado a que la medición del  $\text{VO}_2$  requiere de instrumental costoso, así como el mejor aprovechamiento en términos de recomendaciones y análisis de entrenamiento con variables relacionadas con la producción de potencia en el rendimiento específico, se determinó que para el presente proyecto se desechara el uso de la medición del  $\text{VO}_2$ , usando los valores de potencia (pico de potencia y potencia media interválica y final de cada test) en las pruebas específicas de ciclismo.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Diseño**

El presente es un estudio de tipo transversal y descriptivo.

Cada sujeto llevó a cabo seis pruebas: CMJ, CMJL, Sentadilla con carga hasta el límite, pruebas all out de 1 y 5 minutos en bicicleta, además de la composición corporal.

El orden de aplicación de los test fue el siguiente, en la primera sesión se llevó a cabo las medidas antropométricas, CMJ sin peso, CMJ con peso (15 kg), posterior a estos se realizó la sentadilla con pesos incrementales progresivos hasta el límite. En la segunda sesión se llevó a cabo la prueba all-out de 5', y en la tercera y última sesión se llevó a cabo la prueba all-out 1'.

### **Muestra**

La muestra fue no aleatoria, hecha por selección intencionada, es decir, las ciclistas son las que componen un grupo constituido a priori. Ocho atletas femeniles de ciclismo participaron voluntariamente en el estudio: edad,  $15\pm 0.76$  años; Masa corporal,  $55.42\pm 8.18$  y altura,  $163.05\pm 8.63$  cm. Todas las atletas tenían un mínimo de 3 años de entrenamiento en ciclismo.

En función de la carta de perfil de potencia expuesta por Allen y Cheung (2012) la categorización fue de: 1 atleta categorizada como excepcional (nivel de rendimiento nacional), 2 atletas como excelentes, 2 atletas categorizadas con muy bien rendimiento, y 3 atletas categorizadas como medianamente entrenadas.

El procedimiento del estudio fue explicado verbalmente a los entrenadores, sujetos, así como a los padres de familia en orden de que eran menores de edad, proporcionando los padres/madres de familia el consentimiento informado, debidamente documentado, siendo avalado por el Comité de Bioética de la Facultad de Salud Pública y Nutrición de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Se proporcionaron recomendaciones de entrenamiento en función de los resultados arrojados en las diferentes pruebas a los entrenadores responsables técnicos de los ciclistas.

## **Instrumentos**

Las pruebas de tipo all-out se realizaron en la propia bicicleta de los ciclistas y con el uso de un potenciómetro CompuTrainer® y un medidor de la frecuencia cardiaca marca Polar®, la prueba de salto con contramovimiento (CMJ y CMJ con peso -15 kg-) se realizó con un sistema de detección óptica, Optogait®, la prueba de sentadilla completa fue llevada a cabo en una máquina Smith (Precor USA®) con un transductor de posición, T-Force Dynamic Measurement System®.

Las barras (15 kg) y discos empleados para la carga externa en el CMJ con peso y la Sentadilla completa fueron Eleiko®.

Para la evaluación de la composición corporal se utilizó el siguiente instrumental:

- Plicómetro: Slim Guide
- Estadímetro SECA®
- Báscula TANITA® IRONMAN modelo BC -554
- Paquímetro corto Cescorf®
- Cintra antropométrica Lufkin®

## **Procedimiento**

Los sujetos llevaron a cabo las pruebas en una semana, llevándolas a cabo en 3 sesiones diferentes. En la primera sesión de evaluación se llevó a cabo la antropometría, los CMJ sin y con peso (15 kg).

Tabla 1

*Distribución temporal de las pruebas*

Sesión 1	Antropometría, CMJ y sentadilla completa
Sesión 2	TT-5
Sesión 3	TT-1

- **Antropometría**

La evaluación antropométrica fue realizada con el Protocolo ISAK (International Society for the Advanced of Kinanthropometry, 2011). Para la recolección de datos se utilizó como herramienta la Proforma del Perfil Restringido (tratamiento particular de datos de ISAK).

La técnica de medición empleada es la establecida por la ISAK, cuyo objetivo es entre otros, lograr la estandarización a nivel mundial de las mediciones antropométricas, asegurándose un error técnico de medición aceptable intra e inter evaluadores. El protocolo de medición está establecido y actualizado en el manual de la ISAK. Las medidas antropométricas fueron realizadas por una evaluadora con certificación ISAK nivel II.

Es necesario resaltar que, para las evaluaciones del presente estudio, siguiendo los protocolos de medición antropométrica determinados por ISAK no se realizaron procedimientos invasivos, manteniendo de esta forma la integridad física de las atletas evaluadas. Así como también fueron evaluadas en un lugar físicamente adaptado para dicho propósito. Se proporcionaron recomendaciones nutricionales a las atletas y los entrenadores

Las variables valor porcentual de masa muscular y masa grasa se estimaron indirectamente a través de las siguientes mediciones antropométricas: peso, estatura, pliegues cutáneos (tríceps, subescapular, bíceps, cresta iliaca, supraespinal abdominal, muslo medial y pantorrilla medial), perímetros (brazo relajado, brazo en tensión, abdominal, cintura

mínima, cintura máxima, cadera máxima, muslo medial, pantorrilla) y diámetros (biepicondilar humeral y biepicondilar femoral, biestiloideo y bimaleolar).

Todas las medidas antropométricas obtenidas en la medición fueron introducidas en una hoja de EXCEL para el registro de informe antropométrico, en dicha hoja se aplican los algoritmos conducentes al tratamiento de la información obtenida para la estimación indirecta del valor porcentual de masa grasa y el valor porcentual de masa muscular, dichos algoritmos son los siguientes:

Para el valor porcentual de masa muscular (Lee et al., 2000):

$$\text{Masa Muscular (kg)} = H * (0.00744 * \text{PBC} + 0.00088 * \text{PMC} + 0.00441 * \text{PPC}) + 2,4 * \text{Sexo} - 0.048 * \text{Edad} + \text{Raza} + 7.8$$

Donde,

H = Altura

PPC = Perímetro Pierna Corregida [Perímetro pierna – (Pliegue pierna (cm) \*  $\pi$ )]

PMC = Perímetro del Muslo Corregido [Perímetro muslo – (Pliegue muslo (cm) \*  $\pi$ )]

PBC = Perímetro del Brazo Corregido [Perímetro brazo – (Pliegue tríceps (cm) \*  $\pi$ )]

Sexo = 1: masculino; 0: femenino

Raza = -2 Asiático; 1,1 Afro Americano; 0 Blanco o Hispánico.

Para el valor porcentual de masa grasa (Durnin y Wormersley, 1974):

$$\% \text{ MG} = (4,95 / Dc - 4,5) \times 100 \text{ Para individuos de 16 a 50 años}$$

Donde,

Dc= Densidad

Para la estimación de la densidad (Durnin y Wormersley, 1974):

$$\text{Densidad} = 1,1567 - 0,0717 \times \log (\text{Bíceps} + \text{Tríceps} + \text{Subescapular} + \text{Supracrestal}).$$

- **TT (Time trials).**

El test *all-out* fue llevado a cabo en la propia bicicleta de los sujetos en 1 minuto y 5 minutos. Este tipo de tests, denominados en la literatura científica como “time trials”, realizan a efectos de poder establecer un *power profile*, (Allen y Cheung, 2012) detallan que los tests *all-out* de 1 y 5 minutos reflejan la capacidad anaeróbica y el VO<sub>2</sub>max respectivamente, no implica que en el test *all-out* de 1 minuto no participe el metabolismo aeróbico, ni que la intensidad relativa de los atletas ejecutando el test sea exactamente la intensidad correspondiente a la potencia aeróbica máxima, pero si guardan buenas correlaciones con otras evaluaciones y mediciones directas de dichas variables fisiológicas. Otro estudio informó de alta reproducibilidad de tests de esta naturaleza (Hickey, Costill, McConell, Widrick y Tanaka, 1992). El test *all-out* de 5 minutos ha sido usado también con objeto de la evaluación del rendimiento en resistencia de corto plazo (Aagaard et. al., 2010).

Los sujetos realizaron el test después de al menos 48 horas sin realizar ejercicios de alta intensidad y larga duración. El test de 5 minutos se realizó en la segunda sesión de evaluación, realizando el test de 1 minutos, al menos, 48 horas después, respecto de la segunda sesión. Se les encomendó a los atletas que se prepararan para dichos tests de la misma forma que se preparan para un evento de carácter competitivo, con los mismos hábitos nutricionales y de hidratación. Ambos tests (TT-1' y TT-5') fueron realizados aproximadamente a la misma hora del día por parte de cada sujeto, para evitar cualquier afectación por parte de las variables circadianas. Las atletas ejecutaron ambos tests con la ropa habitual de competencia (lycra) y con calzado apropiado.

Las instrucciones que recibieron los atletas para ejecutar los tests fue la de obtener el mayor nivel de producción de potencia al término del mismo, fueron solicitados a realizar el mayor esfuerzo posible, de manera que no fuera posible continuar la intensidad de trabajo a la finalización del test. Se dispuso una computadora que proporcionaba información al atleta de la potencia instantánea de manera que recibían información de la potencia producida durante el desarrollo del test en cada momento, así como el valor de potencia media.

Los atletas podían elegir libremente la selección de los piñones, así como la frecuencia de pedaleo.

Ambos tests comenzaron en ausencia de aplicación de fuerza en la biela de la bicicleta, recibiendo la información del inicio de la prueba de manera visual.

Durante el desarrollo de la prueba se registró la frecuencia cardiaca de los atletas.

El calentamiento, idéntico para el TT-1' y el TT-5', consistió en 15' en su propia bicicleta sobre el potenciómetro, incluyendo 3 sprints submaximales de 10'', que fue seguido de 1' de descanso antes del desarrollo de las pruebas. Los atletas no consumieron alimentos en la hora precedente a las pruebas, tampoco se permitió la ingesta de café o bebidas con cafeína.

- **CMJ**

El CMJ (Countermovement Jump) ha sido señalado como el test de saltabilidad con mayor validez y fiabilidad (Markovic, Dizdar, Jukic y Cardinale, 2004)

Los sujetos realizaron una breve sesión previa a la realización de los CMJ donde fueron instruidos en la ejecución técnica. Las manos se mantuvieron durante la ejecución en la cadera, siendo instruidos a alcanzar la máxima altura vertical con cada salto. Se realizaron 2 saltos, obteniendo el promedio.

El CMJ con carga (barras Eleiko® de entrenamiento, -15 kg-) se realizó con las mismas instrucciones que el CMJ sin carga, aunque las manos se situaron en la barra en orden de poder ejecutar el ejercicio.

El descanso entre cada intento (indistintamente si se trataba del CMJ sin carga o el CMJ con carga) fue de 3 minutos.

El calentamiento para el CMJ y la Sentadilla Completa (se realizaban ambas pruebas en la tercera sesión) fue de 5' de carrera continua y a continuación un calentamiento específico para el test de salto CMJ. Se ejecutaron 2 series 10-12 repeticiones de sentadilla sin peso, 5 CMJ con intervalos de 3-4 segundos en progresión (ejecutando dentro de la serie de 5 saltos



cada vez a mayor altura,) y 5 CMJ a la máxima intensidad con intervalos de 45-60'', tras la prueba de CMJ sin carga, se ejecutaban 3 saltos de calentamiento con la carga con recuperación entre salto de aproximadamente 1', en línea de la protocolización expuesta por otro autor. (Jiménez-Reyes y Badillo, 2011)

- **Sentadilla completa**

Se ejecutó en una máquina tipo Smith (Precor USA®) con el uso de un transductor de posición (T-Force Dynamic Measurement System®).

Previo a la ejecución los atletas tuvieron una sesión preparatoria para habituarse al ejercicio en la máquina Smith. Se realizaron 2 repeticiones con cada peso (30, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80 y 85 kg). Los atletas recibieron la indicación de realizar el movimiento ascendente a la máxima velocidad posible, estando permitido despegar los talones de la superficie. La ejecución se realizó con contramovimiento. Aquellos atletas que alcanzaron la manifestación de la fuerza dinámica máxima con una carga inferior a 85 kg, finalizaron el test con el valor de peso absoluto asociado a la expresión de la fuerza dinámica máxima.

Los sujetos realizaban la prueba de sentadilla completa luego de haber realizado las pruebas de CMJ con y sin carga. No obstante, luego de dichas pruebas se realizó un calentamiento específico de 3 series de 4 repeticiones con 30 kg con tiempos de recuperación entre 2-3 minutos, posteriormente 2 series con 40 kg con tiempos de recuperación entre 2-3 minutos, ejecutando posteriormente el test de sentadilla completa. Los tiempos de recuperación entre cada serie del test fueron de aproximadamente 2-3 minutos.

### **Análisis de datos**

Se obtuvieron la media, la desviación estándar y la correlación de Sparman con valores P de 0.05 y 0.01, con el empleo del programa de análisis estadístico IBM SPSS Statistics 22®

## RESULTADOS

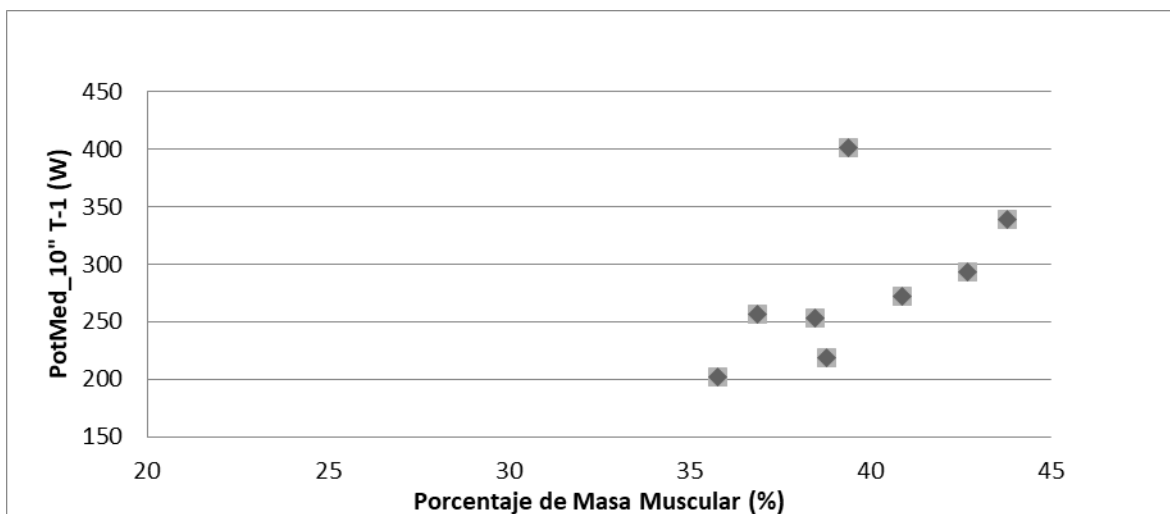
Tabla 2

*Estadística descriptiva resumen de las variables obtenidas en las diferentes evaluaciones*

Variable	N Estadístico	Media Estadístico	Desviación estándar Estadístico	Variable	N Estadístico	Media Estadístico	Desviación estándar Estadístico
Edad (años)	8	15	0.756	PotMedDesc 45 kg (W)	8	-134.62	43.198
Peso (kg)	8	55.43	8.181	VelMedProp 30 kg (m/s)	8	0.68	0.208
Estatura (cm)	8	163.05	8.627	VelMedProp 40 kg (m/s)	8	0.6	0.213
Ptje. MG (%)	8	25.28	2.393	VelMedProp 45 kg (m/s)	8	0.53	0.216
Ptje. MM (%)	8	39.6	2.74	PotMedProp 30 kg (m/s)	8	225.28	83.773
PMP TT-1' (W)	8	437.88	63.896	PotMedProp 40 kg (W)	8	252.58	102.566
PMPRel T-1 (W/kg)	8	5.39	0.883	PotMedProp 45 kg (W)	8	255.17	118.392
PotMedRel T-5 (W/kg)	8	4.38	0.88	PicoPotMaxAsc 30 kg (W)	8	579.45	86.069
PotMed TT-1' (W)	8	302.5	33.317	PicoPotMaxAsc 40 kg (W)	8	564.08	137.906
Pmed TT-5' (W)	8	237	20.466	PicoPotMaxAsc 45kg (W)	8	699.21	221.992
CMJ (cm)	8	25.14	2.044	Rm_kg (kg)	8	60.81	16.75
CMJ15Kg (cm)	8	17.13	2.518	PicoMaxPotS (W)	8	842.99	292.203
PotMedDesc 30 kg (W)	8	-98.85	48.995	Ppot_kg (kg)	8	55	17.321
PotMedDesc 40 kg (W)	8	-136.18	61.698	PtjeRm-PicoMáxPot (%)	8	90.63	15.51

Ptje. MG (%) = Porcentaje de masa grasa; Ptje. MM (%) = Porcentaje de masa magra; PMP TT-1' (W) = Pico de máxima potencia en el TT-1'; PMPRel TT-1' (W/kg) = Potencia media producida relativa al peso corporal en el TT-1'; PotMedRel TT-5' (W/kg) = potencia media producida relativa al peso corporal en el TT-5'; PotMed TT-1' (W) = potencia media producida en el TT-1'; Pmed TT-5' (W) = potencia media producida en el TT-5'; CMJ (cm) = altura del salto con contramovimiento sin carga; CMJ15Kg (cm) = altura del salto con contramovimiento con carga (15 kg); PotMedDesc 30 kg (W) = potencia media en la fase descendente de la barra con la carga absoluta de 30 kg; PotMedDesc 40 kg (W) = potencia media en la fase descendente de la barra con la carga absoluta de 40 kg; PotMedDesc 45 kg (W) = potencia media en la fase descendente de la barra con la carga absoluta de 45 kg; VelMedProp 30 kg (m/s) = velocidad media propulsiva con la carga absoluta de 30 kg; VelMedProp 40 kg (m/s) = velocidad media propulsiva con la carga absoluta de 40 kg; VelMedProp 45 kg (m/s) = velocidad media propulsiva con la carga absoluta de 45 kg; PotMedProp 30 kg (m/s) = potencia media propulsiva con la carga absoluta de 30 kg; PotMedProp 40 kg (m/s) = potencia media propulsiva con la carga absoluta de 40 kg; PotMedProp 45 kg (m/s) = potencia media propulsiva con la carga absoluta de 45 kg; PicoPotMaxAsc 30 kg (W) = pico de potencia máximo en la fase ascendente de la barra con la carga absoluta de 30 kg; PicoPotMaxAsc 40 kg (W) = pico de potencia máximo en la fase ascendente de la barra con la carga absoluta de 40 kg; PicoPotMaxAsc 45 kg (W) = pico de potencia máximo en la fase ascendente de la barra con la carga absoluta de 45 kg; Rm\_kg (kg): carga en términos absolutos asociados a la fuerza dinámica máxima -repetición máxima-; PicoMaxPotS (W) = pico de más alto de potencia en sentadilla completa en cualquiera de los pesos; Ppot\_kg (kg) = peso con el que se alcanza el pico de máxima potencia; PtjeRm-PicoMáxPot (%) = porcentaje de la RM donde se alcanza el pico de potencia.

Se encontró una relación significativa entre el porcentaje de masa muscular y la potencia media (0-10'') en el TT-1' ( $r=0.762$ ;  $p=0.028$ ).



*Figura 1.* Asociación de la potencia media en el intervalo de 0 a 10'' en el TT-1' y el porcentaje de masa muscular ( $r=0.762$ ;  $p=0.028$ ). Se observa que las ciclistas que presentan mayores valores porcentuales de masa muscular expresan mayores potencias medias en el TT-1'

El porcentaje de la masa muscular y el porcentaje del RM en kg. Donde se expresa el pico de potencia en la sentadilla completa ( $r=0.712$ ;  $p=0.048$ ), la potencia media producida TT-5' relativa a la masa corporal y la velocidad media propulsiva con la carga absoluta de 30 kg en la sentadilla completa ( $r=-0.881$ ;  $p=0.004$ ), la producción de potencia media relativo a la masa corporal en el TT-5' y la velocidad media propulsiva con la carga absoluta de 45 kg en la sentadilla completa ( $r=-0.810$ ;  $p=0.015$ ), la producción de potencia media relativa a la masa corporal en el TT-5' y la potencia media propulsiva con la carga absoluta de 30 kg en la sentadilla completa ( $r=-0.810$ ;  $p=0.015$ ), la producción de potencia media relativa a la masa corporal en el TT-5' y la potencia media propulsiva con la carga absoluta de 45 kg en la sentadilla completa ( $r=-0.857$ ;  $p=0.007$ ), la producción de potencia media relativa a la masa corporal en el TT-5' y el valor de RM en kg en la sentadilla completa ( $r=-0.737$ ;  $p=0.037$ ) (Figura 2).

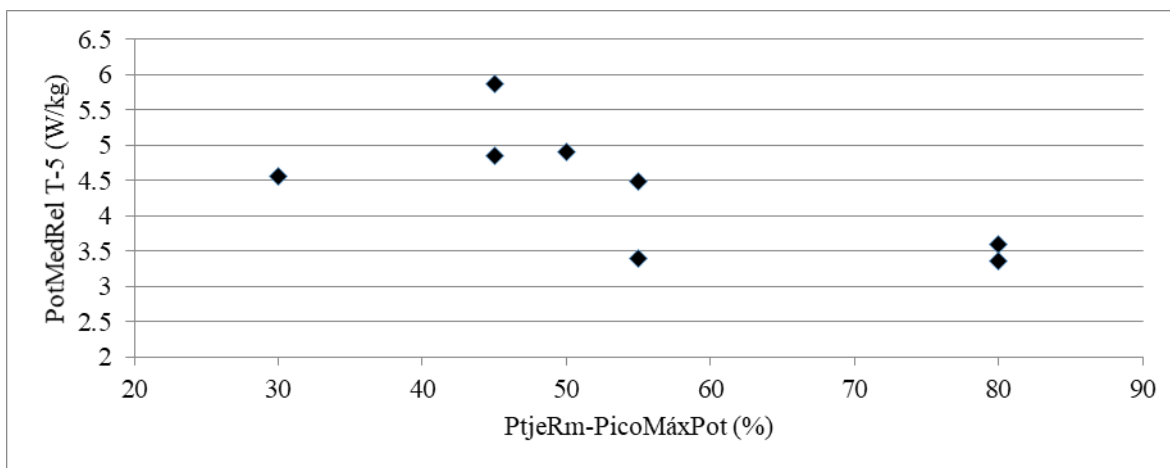
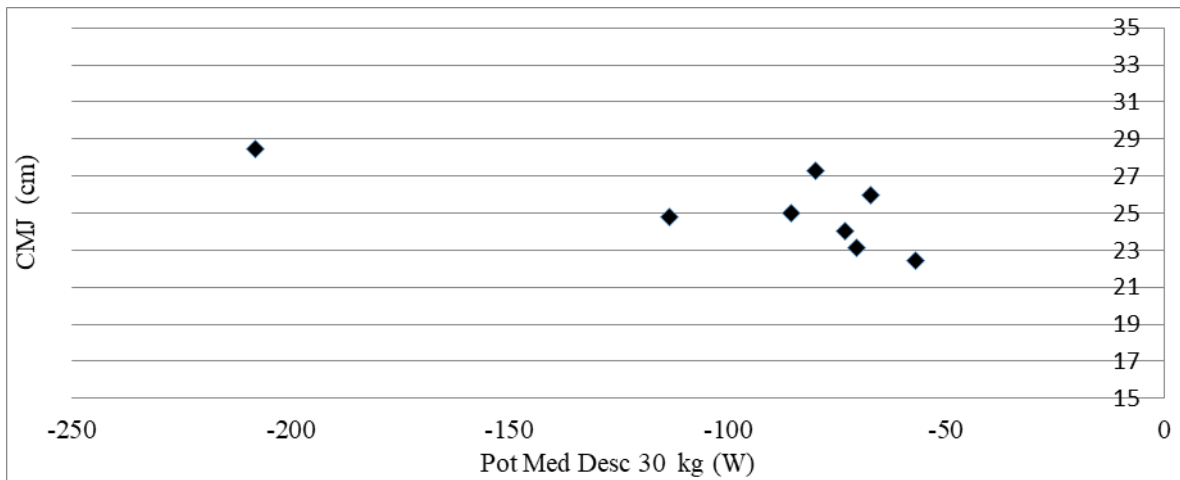


Figura 2. Asociación negativa entre la potencia media relativa al peso corporal en el TT-5' y el porcentaje de la RM donde se alcanza el pico de máxima potencia. ( $r = -0.737$ ;  $p = 0.037$ ). Se observan menores valores de potencia media producida en el TT-5' a medida que el pico de potencia se alcanza con valores porcentuales más elevados con relación a la RM.

Se obtuvo una correlación negativa entre la producción de potencia media relativa a la masa corporal en el TT-5' y el peso con el que se alcanza la expresión de la máxima potencia en la sentadilla completa ( $r = -0.752$ ;  $p = 0.032$ ), la altura del salto en el CMJ y la potencia media en el movimiento descendente de la barra con la carga absoluta de 30 kg en la sentadilla completa ( $r = -0.762$ ;  $p = 0.028$ ) (Figura 3), la altura del salto en el CMJ y la potencia media propulsiva con la carga absoluta de 30 kg en la sentadilla completa ( $r = 0.714$ ;  $p = 0.047$ ), la altura del salto vertical en el CMJ y el pico de potencia máximo con la carga absoluta de 40 kg en la sentadilla completa ( $r = 0.78$ ;  $p = 0.021$ )



*Figura 3.* Relación inversa entre la altura del salto vertical en el salto con contramovimiento sin carga y la potencia media en la fase descendente de la barra con el peso de 30 kg ( $r = -0.762$ ;  $p = 0.028$ ).

## DISCUSIÓN

Stone et al., (2004) señala que es importante intentar comprender la relación entre la variable de fuerza máxima y variables íntimamente relacionadas con el éxito en el deporte del ciclismo.

En este sentido y en relación con la expresión de la fuerza máxima ha sido expuesto que:

Expresión de la fuerza que más influye sobre las demás capacidades es la fuerza máxima. Por ello, los factores de los que depende el desarrollo de la fuerza máxima también influyen en mayor o menor medida en la mejora de las demás. (Badillo y Serna, 2002, p.205).

En el presente trabajo el valor de fuerza máxima expresado en la sentadilla completa presentó una correlación significativa inversa con la producción de potencia media relativa a la masa corporal en el TT-5'. Dichos resultados son contradictorios a los expuestos por Aagaard et al., (2010) que evidenciaron mejoras en la potencia media en un test all-out de 5', estableciéndose también mejoras en variables asociadas a la capacidad física fuerza (fuerza isométrica máxima y producción de fuerza en la unidad de tiempo en la extensión de rodilla). Es importante mencionar que en el estudio de Aagaard et al., (2010) se obtuvieron los resultados en un diseño experimental donde se llevó a cabo un período de entrenamiento de fuerza, mientras que los resultados del presente estudio se obtienen derivado de un análisis transversal y en un período preparatorio donde los atletas no realizan entrenamiento de fuerza con las características descritas por ese autor, fundamentalmente en relación a la máxima velocidad en la fase concéntrica para elicitación de aspectos neuromusculares en la producción de fuerza. Otra correlación negativa de interés debido a su aplicación en el ámbito de entrenamiento es la que se expresa entre la potencia media relativa a la masa corporal en el TT-5' y la carga absoluta con la que se alcanza la expresión de la máxima potencia en la sentadilla completa. En base al conocimiento actual cabría esperar que dicha relación fuera positiva, debido a que la mejora en la expresión de la máxima potencia en sentadilla completa viene asociada con la expresión de la máxima potencia cada vez a una carga relativa menor con relación a la expresión de la fuerza dinámica máxima (RM), no obstante, esta relación negativa puede estar asociada a la

ausencia de entrenamiento orientado a la expresión de potencia con cargas ligeras en los contenidos de entrenamiento de los sujetos evaluados.

La potencia media producida TT-5' relativa a la masa corporal presenta correlación positiva con la velocidad media propulsiva con la carga absoluta de 30 kg y 45 kg en la sentadilla y la potencia media propulsiva con la carga absoluta de 30 kg y 45 kg en la sentadilla completa y la potencia media propulsiva con la carga absoluta de 45 kg en la sentadilla completa. Estos hallazgos pueden estar relacionados con el perfil artrocinemático vinculado a la expresión de rendimiento específico en el deporte del ciclismo, sobre todo, vinculado a la correlación negativa expuesta anteriormente entre el valor de fuerza máxima y la potencia media relativa a la masa corporal en el TT-5'. La mejora de la potencia y la velocidad de ejecución con una misma carga en términos absolutos se asocia con la potencia media producida en el TT-5'. No existen, en la actualidad, estudios que analicen estas relaciones entre las expresiones de fuerza mencionadas y el rendimiento específico en ciclismo.

En otro orden, se encontraron correlaciones significativas entre el CMJ y la potencia media en el movimiento descendente de la barra con la carga absoluta de 30 kg, la potencia media propulsiva con la carga absoluta de 30 kg y el pico de potencia máximo con la carga absoluta de 40 kg en la sentadilla completa. No encontrándose ninguna correlación entre el CMJ y el CMJ con carga (15 kg) con el rendimiento específico en ciclismo. Es importante mencionar que la muestra no desarrolla en su programa de entrenamiento, ejercicios específicos de fuerza dirigidos a la mejora de la producción de fuerza en la unidad de tiempo, es probable que, debido a esta particularidad, los resultados en el CMJ sin y con carga (15 kg) hayan arrojado resultados pobres que no muestran, como se hace mención, relación alguna con el rendimiento específico. Adicionado a esto es preciso comentar, que, aunque se desarrollaron sesiones previas para el aprendizaje del test de CMJ con y sin carga (15 kg) en la muestra, los atletas no son diestros en el desarrollo de este test de saltabilidad, es probable que esta situación determine una contaminante en los resultados obtenidos.

Las correlaciones obtenidas entre el CMJ sin y con carga (15 kg) y las expresiones de fuerza en la sentadilla completa, y debido a las correlaciones antes mencionadas entre las expresiones de fuerza en la sentadilla completa y la potencia media producida en el TT-5',

arroja el planteamiento de que el desarrollo de tareas de entrenamiento con medios de saltabilidad (saltos con carga, trabajo ciclo CEA, etc.) pueda tener transferencia en la sentadilla completa y por ende, en el rendimiento específico, aunque mayor investigación es requerido al respecto para determinar dichas asociaciones y conclusiones.

Con respecto a relación significativa entre el porcentaje de masa muscular y la potencia media (0-10'') en el TT-1', es importante comentar que el reclutamiento intramuscular alcanza su máxima expresión en dicho intervalo en el TT-1', aquellos sujetos que presentaron mayor valor porcentual de masa muscular obtuvieron mejores resultados en términos de potencia en dicho intervalo, no obstante, no se encontraron asociaciones ni con el pico de potencia máximo en el TT-1' ni en el tiempo al que se alcanza la expresión del pico de potencia máximo en el TT-1', es importante mayor investigación al respecto, es plausible que debido al tamaño de la muestra no sea posible el establecimiento de asociaciones desde el punto de vista estadístico, el análisis de estos factores de rendimiento es trascendental en el ciclismo de pista, particularmente para las pruebas de velocidad. Otra explicación posible es que en la fase de trabajo en la que se encuentran, el nivel de especialización condiciona la expresión de rendimiento, dentro de la muestra de ciclistas, aquellas que participan en eventos competitivos de velocidad, se encontraban en fase preparatoria con acento en trabajo de volumen. Esto se confirma de manera fehaciente con la relación entre el porcentaje de masa muscular y el porcentaje del RM en kg. Donde se expresa el pico de potencia en la sentadilla completa, esto demuestra lo determinante que es la masa muscular que se involucra para llegar a la máxima expresión de la variable mecánica denominada potencia, esto a su vez tiene sustento en los valores estándar reportados en la literatura con respecto al rendimiento muscular por cada  $\text{cm}^2$  de tejido muscular, en este término los hallazgos del presente proyecto orientan en términos generales a una relación entre el valor porcentual de masa muscular y algunas expresiones de rendimiento específico.



## CONCLUSIONES

Con relación a la hipótesis de trabajo, es parcialmente aceptada, dado que el rendimiento específico en TT-1' y TT-5' se encuentra asociado con determinadas variables relacionadas con la manifestación de fuerza en sentadilla completa, no encontrándose relación alguna con el CMJ sin y con carga (15 kg)

Contrario a lo que reportan algunos autores, no se encontró relación entre el TT-1' con ninguna variable mecánica medida en el CMJ y en la sentadilla completa, es necesaria mayor investigación al respecto, fundamentalmente con población altamente especializada en pruebas de velocidad y/o en etapas de entrenamiento donde los medios relacionados a la producción de potencia y desarrollo de la velocidad sean predominantes.

La principal aportación de este proyecto al conocimiento de los factores determinantes del rendimiento en ciclismo, es la asociación con expresiones concretas de la fuerza en sentadilla completa con rendimiento específico medido en variables muy puntuales, en orden de profundizar en el conocimiento, hasta el momento, todos los estudios tienden a ser establecer asociaciones, fundamentalmente, entre el valor de fuerza máxima, tanto dinámica, como isométrica, cuando el perfil artrocinemático del rendimiento específico del ciclismo tiene, desde el punto de vista del componente neuromuscular, una asociación, a priori, más fuerte con aspectos relativos a la producción de fuerza en la unidad de tiempo y potencia ante pesos que representen cargas medias y ligeras en términos porcentuales a la RM.

Las limitantes del presente estudio, además de la mencionada en relación al período de entrenamiento, es la muestra, que fue reducida, la ausencia de nivel de ejecución en el CMJ sin y con carga (15 kg) de las ciclistas por falta de tareas de entrenamientos relacionadas con la saltabilidad y la producción de fuerza en la unidad de tiempo y potencia ante cargas medias y ligeras.

El impacto que el presente proyecto debiera tener en la comunidad deportiva, concretamente en el deporte del ciclismo, debe estar orientado, a disminuir tareas de entrenamiento orientadas al desarrollo de la fuerza dinámica o isométrica máxima, en orden

de buscar una mayor prevalencia de tareas de entrenamiento orientadas a la producción de fuerza en la unidad de tiempo y potencia ante cargas medias y ligeras en términos porcentuales a la RM, es importante mayor difusión en torno a los aspectos neuromusculares que condicionan la expresión de fuerza en el ciclismo.

Con relación al estudio del hecho por parte de las ciencias del entrenamiento, es importante que los estudios se orienten a determinar el efecto de cargas de entrenamiento sobre aspectos neuromusculares relacionados con la producción de fuerza y potencia ante cargas medias y ligeras, en contraposición a la actual prevalencia del análisis de variables relacionadas con la fuerza dinámica e isométrica máxima.

## REFERENCIAS

- Aagaard, P., Andersen, J., Bennekou, M., Larsson, B., Olesen, J., Crameri, R., Magnusson, S., Kjær M. (2011). Effects of resistance training on endurance capacity and muscle fiber composition in young top level cyclists. *Scandinavian Journal of Medicina&Science in sports*. (6) 298-307 doi: 10.1111/j.1600-0838.2010.01283.x
- Allen, H., Cheung, S. (2012) *Cutting-Edge cycling. Advanced training for advanced cyclists*. Champaign, Illinois: Human Kinetics
- Badillo, J. J., Ribas, J. (2002). *Bases de la programación del entrenamiento de fuerza*. Barcelona, España: INDE.
- Chicharro, J., Hoyos, J., Lucía, A. (2000). Effects of endurance training on the isocapnic buffering and hypocapnic hyperventilation phases in professional cyclists. *British Journal of Sports Medicine* (30) 450-455.
- Czuba, M., Zajac, A., Cholewa, J., Poprzęcki, S., Waśkiewicz, Z., Mikołajec K. (2009) Lactate threshold (D-Max Method) and Maximal Lactate Steady State in Cyclist. *Journal of Human Kinetics*. (31). 49-56
- Denham, J., Scott-Hamilton, J., Hagstrom, A., Gray, A. (2017) Cycling power outputs predict functional threshold power and maximum oxygen uptake. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. doi: 10.1519/JSC.0000000000002253
- Durnin, J.V.G.A., Wormersley J (1974) Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness measurements on 481 men and women age 19 to 72 years. *British Journal of Nutrition* (32)77-97.
- Fernández, A. (2006). Consumo de oxígeno: concepto, bases fisiológicas y aplicaciones. En López, J. y Fernández, A. (Ed.), *Fisiología del Ejercicio* (pp. 405-416) Madrid, España: Médica Panamericana.

- Hickey, M.S., Costill, D.L., McConell, G.K., Widrick, J. J., Tanaka, H. (1992) Day to day variation in time trial cycling performance, *International Journal of Sports Medicine*. (6) 467-70
- The International Society for the Advancement of Kinanthropometry (2011) *Manual de Protocolo Internacional para la Valoración Antropométrica*.
- Jiménez-Reyes, P., González-Badillo, J.J. (2011) Control de la carga de entrenamiento a través del CMJ en pruebas de velocidad y saltos para optimizar el rendimiento deportivo en atletismo. *Cultura, Ciencia y Deporte* (6) 207-2017
- Lee, R.C., Wang, Z., Heo, M., Ross, R., Janssen, I., Heymsfield, S.B. (2000). Total-body skeletal muscle mass: development and cross-validation of anthropometric prediction models. *The American Journal of Clinical Nutrition* 72:796-803.
- López, J. (2006). Pruebas funcionales de valoración de la potencia y capacidad anaeróbicas. En López, J. y Fernández, A. (Ed.), *Fisiología del Ejercicio* (pp. 498-523) Madrid, España: Médica Panamericana.
- Markovic, G., Dizdar, D., Jukic, I., Cardinale, M. (2004) Reliability and factorial validity of squat and counter movement jump tests. *Journal of Strength and Conditioning Research* (3) 551-5
- Mugika, I. (2006). Métodos de cuantificación de las cargas de entrenamiento y competición. *Kronos. Rendimiento en el Deporte*. V, pp. 1-10.
- Rønnestad, B., Hansen, E., Hollan, I., Ellefsen, S. (2014). Strength training improves performance and pedaling characteristics in elite cyclists. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* (1) 89-98 doi: 10.1111/sms.12257
- Rønnestad, B., Hansen, E., Raastad, T. (2010a). Effect of heavy strength training on thigh muscle cross-sectional area, performance determinants, and performance in well-trained cyclists. *European Journal of Applied Physiology*. (5) 965-75 doi: 10.1007/s00421-009-1307-z

- Rønnestad, B., Hansen, E., Raastad, T. (2010b). In-season strength maintenance training increases well-trained cyclists' performance. *European Journal of Applied Physiology*. (6) 1269-82. doi: 10.1007/s00421-010-1622-4
- Rønnestad, B., Hansen, E., Raastad, T. (2011). Strength training improves 5-min all-out performance following 185 min of cycling. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* (21) 250-259 doi: 10.1111/ij.1600-0838.2009.01035.x
- Rønnestad, B., Hansen, J., Nygaard, H. (2016) 10 Weeks of heavy strength training improves performance-related measurements in elite cyclists, *Journal of Sports Sciences* 1435-1441 doi: 10.1080/02640414.2016.1215499
- Stone, M., Sands, W., Carlock, J., Callan, S., Dickie, D., Daigle, K., Cotton, J., Smith, S., Hartman, M. (2004). The importance of isometric maximum strength and peak rate-of-force development in sprint cycling. *Journal of Strength and Conditioning Research* (4) 878-84.

## Anexos

### CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPAR EN EL PROYECTO:

---

**Investigador principal: Lic. Alberto Benítez Trinidad**

**Investigadores participantes: MC. Vladimir Ortiz Gómez y Dr. Fernando Ochoa Ahmed**

#### INTRODUCCIÓN:

Por favor, tome todo el tiempo que sea necesario para leer este documento, pregunte al investigador sobre cualquier duda que tenga.

Para decidir si participa o no en este estudio, usted debe tener el conocimiento suficiente acerca de los riesgos y beneficios con el fin tomar una decisión informada. Este formato de consentimiento informado le dará información detallada acerca del estudio de investigación.

Al final se le pedirá que forme parte del proyecto y de ser así, bajo ninguna presión o intimidación, se le invitará a firmar este consentimiento informado.

#### INVITACION A PARTICIPAR Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Estimado \_\_\_\_\_

Por este medio se le invitan a participar en este estudio de investigación que tiene como objetivo:

Determinar el perfil condicional de manifestación de la cualidad física fuerza y su influencia en test tipo contrarreloj de 1' y 5' de duración.

La duración del estudio es de 3 sesiones de evaluación.

El número de participantes será de 8 sujetos

#### PROCEDIMIENTOS DEL ESTUDIO

Su participación en el estudio consiste en la realización de 6 pruebas.

- 1' y 5' de contrarreloj en la propia bicicleta del sujeto con un potenciómetro que registra la potencia producida
- Antropometría.

- Saltos verticales máximos.
- Sentadilla completa

## **RIESGOS E INCONVENIENTES**

La aplicación de las pruebas físicas representa un riesgo mínimo de lesión durante el procedimiento de la misma.

Los datos acerca de su identidad y su información serán utilizados para otorgar datos a los entrenadores que orienten la carga de entrenamiento, así como con fines de investigación y publicación científica. Usted no enfrenta riesgos mayores por motivo de esto.

## **BENEFICIOS POTENCIALES**

Otorgar a los entrenadores herramientas para la programación de la carga de trabajo.

## **CONSIDERACIONES ECONÓMICAS**

No se cobrará ninguna tarifa por participar en el estudio ni se le hará pago alguno para el mismo.

## ***ALTERNATIVAS A SU PARTICIPACIÓN:***

Su participación es voluntaria. Usted puede elegir no participar en el estudio.

## ***PARTICIPACIÓN Y RETIRO DEL ESTUDIO:***

Su participación es VOLUNTARIA. Si usted decide no participar, no afectará en lo más mínimo y bajo ninguna circunstancia. Si decide participar, tiene la libertad para retirar su consentimiento e interrumpir su participación en cualquier momento sin perjudicar en ningún aspecto

## ***CONFIDENCIALIDAD Y MANEJO DE SU INFORMACIÓN***

Su nombre no será usado en ninguno de los estudios. Las informaciones obtenidas no contendrán ninguna información personal y será solo de manera numérica para evitar cualquier posibilidad de identificación.

Es posible que sus resultados puedan ser usados para otros proyectos de investigación, Pero no podrán ser usados para estudios de investigación que no estén relacionados con condiciones distintas a las estudiadas en este proyecto.

Los datos podrán ser almacenadas por los investigadores.

Los datos que identifican su identidad solo estarán disponibles a los investigadores titulares, quienes están comprometidos a no divulgar su identidad. Ninguna información sobre su persona será compartida con otros sin su autorización, excepto:

-Si es necesario para proteger sus derechos y bienestar (por ejemplo, si ha sufrido una lesión y requiere tratamiento de emergencia); o

-Es solicitado por la ley.

Monitores o auditores del estudio podrán tener acceso a la información de los participantes.

Los datos científicos obtenidos como parte de este estudio podrían ser utilizados en publicaciones o presentaciones. Su nombre y otra información personal serán eliminados antes de usar los datos.

### **IDENTIFICACIÓN DE LOS INVESTIGADORES:**

Si usted tiene preguntas sobre el estudio, puede ponerse en contacto con Lic. Alberto Benítez Trinidad en el teléfono: 8113502038 y al correo electrónico abenitez@inde.com.mx

### **DECLARACIÓN DEL CONSENTIMIENTO INFORMADO**

He leído con cuidado este consentimiento informado, he hecho todas las preguntas que he tenido y todas han sido respondidas satisfactoriamente. Para poder participar en el estudio, estoy de acuerdo con todos los siguientes puntos:

Estoy de acuerdo en participar en el estudio descrito anteriormente. Los objetivos generales, particulares del reclutamiento y los posibles daños e inconvenientes me han sido explicados a mi entera satisfacción.

Estoy de acuerdo, en caso de ser necesario, que se me contacte en el futuro si el proyecto requiere coleccionar información adicional.

Mi firma también indica que he recibido un duplicado de este consentimiento informado.

### **Declaración**

Yo, \_\_\_\_\_ declaro que es mi decisión participar en el estudio. Mi participación es voluntaria. He sido informado que puedo negarme a participar o terminar mi participación en cualquier momento del estudio sin que sufra penalidad alguna o pérdida de beneficios en cuanto a algo. Yo puedo solicitar información adicional acerca de los riesgos o beneficios potenciales derivados de mi participación en el estudio. Puedo obtener los resultados si los solicito. Puedo ponerme en contacto con el Lic. Alberto Benítez Trinidad al teléfono 8113502039. He leído y entendido toda la información que me han dado sobre mi participación en el estudio.

\_\_\_\_\_  
Nombre y firma de  
padre/madre del atleta

\_\_\_\_\_  
Nombre y firma del  
Participante

\_\_\_\_\_  
Fecha

\_\_\_\_\_  
Nombre del investigador

\_\_\_\_\_  
Firma del investigador

\_\_\_\_\_  
Fecha



## RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO

### **LIC. ALBERTO BENÍTEZ TRINIDAD**

Candidato para obtener el Grado de Maestría en Actividad Física y Deporte  
Con Orientación en Alto Rendimiento

Tesina: CARACTERIZACIÓN Y ASOCIACIÓN DE VARIABLES RELACIONADAS  
CON LA MANIFESTACIÓN DE FUERZA Y EL RENDIMIENTO EN TESTS ALL-  
OUT EN JOVENES CICLISTAS FEMENILES MEDIANAMENTE ENTRENADAS.

Campo temático: Rendimiento deportivo.

Lugar y fecha de nacimiento: Cádiz, Andalucía, España. 4 de abril de 1986.

Lugar de residencia: San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México.

Procedencia académica: Facultad del Deporte, Universidad Pablo de Olavide.

Experiencia Propedéutica y/o Profesional: Cursé estudios de Licenciatura en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte en mi país de origen, desarrollando estancias académicas en República Checa, Perú y México, País donde me he desarrollado en ámbito profesional vinculado al deporte de alto rendimiento y como docente en instituciones educativas de nivel superior, tanto en ámbito público como en ámbito privado. Actualmente me desempeño como Coordinador Metodológico de la Dirección de Calidad en el Deporte del Instituto Estatal de Cultura Física y Deporte para el Gobierno del Estado de Nuevo León.

E-mail: abentri@hotmail.com