

TRABAJO FIN DE GRADO

“EVOLUCIÓN DE LOS PARÁMETROS ANTROPOMÉTRICOS Y FISIOLÓGICOS EN EL CICLISMO ÉLITE Y SUB23”.

AUTOR: AZANZA SOTO, JORGE.

DIRECTOR: ORBAÑANOS PALACIOS, JAVIER.

GRADO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL DEPORTE.

2016/2017

Contenido

1	INTRODUCCIÓN	5
2	OBJETIVOS.....	10
3	MATERIAL Y MÉTODOS.....	11
3.1	Participantes.....	11
3.2	Material y Protocolos de las evaluaciones.....	11
3.2.1	Antropometría.....	14
3.2.2	Pruebas de valoración	14
4	RESULTADOS.....	17
4.1	Perfil antropométrico	17
4.2	Evolución de los parámetros antropométricos a lo largo de la temporada.....	17
4.3	Resultados del test incremental en cicloergómetro SRM	19
4.4	Resultados del test de perfil de potencia neuromuscular y anaeróbica	22
4.5	Resultados del test de perfil de potencia en 5 y 20 minutos.....	24
4.6	Medias del equipo.	27
5	DISCUSIÓN	30
6	BIBLIOGRAFÍA	36

Índice de tablas

Tabla 1. Tabla resumen de los diferentes test y mediciones realizados a lo largo de la temporada.....	13
Tabla 2. Características antropométricas de los ciclistas participantes en el estudio al inicio de la temporada. .	17
Tabla 3. Características antropométricas de los ciclistas en diferentes semanas de la temporada 2016-2017.....	18
Tabla 4. Evolución de los parámetros aeróbicos máximos y submáximos en el test incremental en cicloergómetro SRM.....	20
Tabla 5. Evolución de la potencia relativa de los ciclistas a lo largo de la temporada 2016-2017 en el test de perfil de potencia neuromuscular y anaeróbica.....	23
Tabla 6. Evolución de la potencia relativa de los ciclistas a lo largo de la temporada 2016-2017 en el test de 5' y 20' .	25
Tabla 7. Valores de referencia de la potencia relativa para diferentes duraciones y en distintos niveles de rendimiento y valores medios de los participantes en el estudio.....	28

Índice de figuras

Figura 1. Valores máximos de potencia en diferentes duraciones en uno de los participantes en el estudio.	6
Figura 2. Determinación de las diferentes capacidades físicas de un ciclista a través del perfil de potencia.....	7
Figura 3. Valores antropométricos de masa corporal y sumatorio de pliegues de los ciclistas en diferentes semanas de la temporada 2016-2017..	19
Figura 4. Evolución de los valores de potencia máxima relativa y potencia relativa en el OBLA y LT durante el periodo de preparación.....	21
Figura 5. Evolución del porcentaje de la potencia máxima en el OBLA (% WOBLA) y en LT (% WLT) a lo largo de la temporada.....	22
Figura 6. Evolución del perfil de potencia neuromuscular y anaeróbica de los ciclistas a lo largo de la temporada.....	24
Figura 7. Evolución de la potencia relativa (W/kg) en la duración de 5 minutos en los test realizados a lo largo de la temporada.....	26
Figura 8. Evolución de la potencia relativa (W/kg) en la duración de 20 minutos en los test realizados a lo largo de la temporada.....	27

1 INTRODUCCIÓN

El ciclismo en ruta comprende diferentes tipos de competiciones con recorridos distintos tanto en su kilometraje como en su perfil orográfico. Existen modalidades individuales y colectivas contrarreloj así como otras, más habituales, de participación conjunta de los ciclistas. En función de la edad/categoría de los participantes así como de las características propias de las pruebas (desde pruebas de un día hasta pruebas por etapas en tres semanas) los ciclistas deben poner en juego diferentes capacidades para alcanzar el rendimiento. Ello conlleva la aparición de diferentes especialistas (escaladores, esprinters, rodadores, contrarrelojistas...) que pueden llegar a poseer características claramente diferenciadas. La producción de potencia en momentos determinados y con duraciones específicas puede caracterizar a estos diferentes especialistas y discriminar a aquellos de mayor nivel respecto al resto. Así mismo las características antropométricas juegan un papel decisivo en la posibilidad de producción de estos niveles de potencia en función no sólo de la duración sino también de la orografía.

La potencia es definida como la fuerza dividida por el tiempo, y su medición se realiza en vatios. Para aumentar la potencia, por tanto, deberemos aplicar mayor cantidad de fuerza en el menor tiempo posible. Así pues, éste será el objetivo que los ciclistas deberán de ser capaces de alcanzar para mejorar el rendimiento. Los valores máximos de potencia absoluta se producen entre los especialistas rodadores y esprinters, pero en valores relativos a la masa corporal, los escaladores, al ser corredores más livianos y con gran cantidad de fuerza también, serán los que obtengan los valores más elevados.

En la actualidad entrenar y competir con un medidor de potencia se ha convertido en una situación habitual para muchos ciclistas de élite o simplemente de competición. El análisis de los datos de potencia ha revolucionado la metodología del entrenamiento en ciclismo y permite un conocimiento mucho más profundo de las demandas fisiológicas de este

deporte en todas y cada una de las diferentes situaciones que acontecen a lo largo de la competición.

Diferentes estudios (Coogan y Allen, 2006; Larrazabal y col., 2006; Pinot y Grappe, 2011) han establecido la relación entre la potencia y las correspondientes duraciones en el ciclismo. De tal manera que cuando la potencia es utilizada para la determinación de la intensidad se debe tener en consideración inevitablemente una ley de la fisiología humana que afirma que la potencia producida y la duración que puede ser mantenida a dicha potencia están relacionadas hiperbólicamente (Pinot y Grappe, 2011). En la Figura 1 puede observarse esta relación entre potencia y duración para uno de los ciclistas participantes en el estudio. El gráfico representa los valores máximos de potencia para diferentes duraciones a lo largo de las semanas de duración del estudio y está extraído directamente del programa utilizado para el diseño y análisis del entrenamiento y el rendimiento Training Peaks (Peaksware LLC, Lafayette, CO, USA).

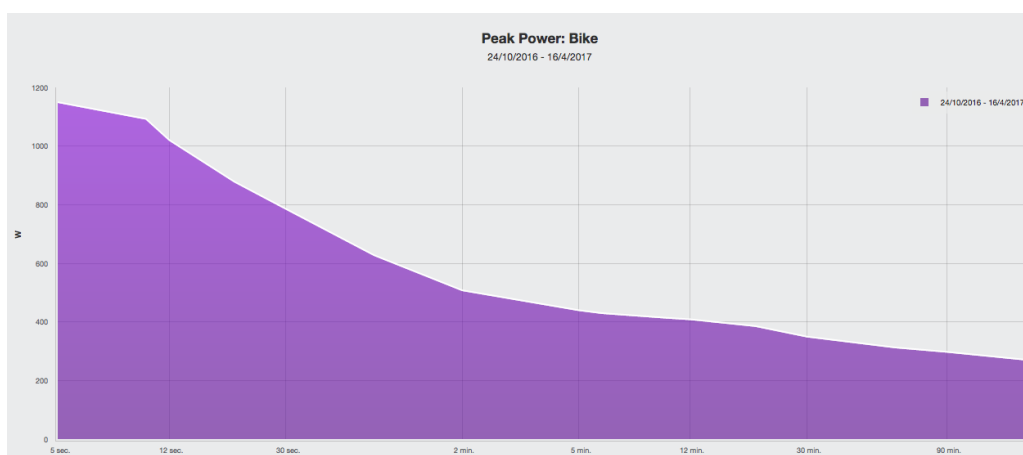


Figura 1. Valores máximos de potencia en diferentes duraciones en uno de los participantes en el estudio.

La máxima producción de potencia relacionada con diferentes duraciones ha sido frecuentemente analizada para definir diferentes capacidades de los ciclistas realizando test de duraciones entre los 5 segundos y los 30 minutos. De esta forma se han considerado que las potencias desarrolladas en

duraciones de 5 y 15 segundos representan el perfil de potencia relacionado con las capacidades neuromusculares (de fuerza y velocidad) de los ciclistas. Duraciones de 30 segundos y 1 minuto se han asociado al perfil anaeróbico de los ciclistas. La potencia media expresada en 5 minutos se relaciona con la potencia aeróbica máxima y la desarrollada en 1 hora (o su estimación con duraciones inferiores) con el umbral anaeróbico o el máximo lactato estable (Pinot y Grappe, 2010; Coogan y Allen, 2006). Estas diferentes capacidades asociadas a las distintas duraciones está claramente ilustrada en la Figura 2 extraída del trabajo de Pinot y Grappe (2010). Incluso basada en la relación individual de estos parámetros de potencia y duración podrían estimarse predicciones de potencia para diferentes duraciones que no hayan sido evaluadas específicamente (Larrazabal y col. 2006). Así mismo pueden establecerse distintas zonas de entrenamiento basadas en esta relación (Coogan y Allen, 2006).

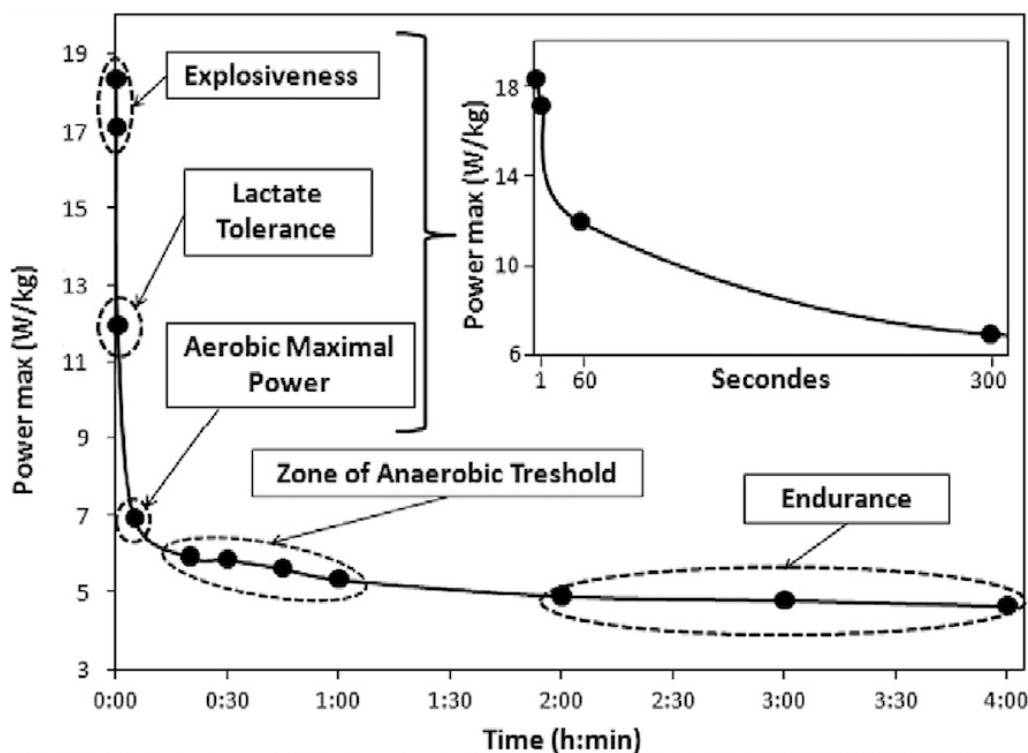


Figura 2. Determinación de las diferentes capacidades físicas de un ciclista a través del perfil de potencia.

El consumo máximo de oxígeno (VO_2max) junto con la eficiencia y economía de pedaleo y una elevada utilización porcentual de la capacidad

aeróbica máxima son los principales parámetros del rendimiento aeróbico de resistencia en el ciclismo en ruta (Joyner y Coyle, 2008). Como es lógico, una de las características más reconocidas en un ciclista es la gran capacidad aeróbica que poseen por lo que el VO₂máx de los ciclistas suele ser relativamente alto, con valores de 69,7 a 84,8 ml/kg/min (Mujika y Padilla, 2001). Este rendimiento aeróbico es fundamental, pero debe complementarse, tal y como afirman Joyner y Coyle (2008), con una óptima contribución anaeróbica para las situaciones de carrera que así la demanden y una mejora de la capacidad de amortiguación del lactato producido. Así mismo la capacidad de producir altos niveles de fuerza y velocidad en los finales de carrera puede resultar, tras todo lo anterior, absolutamente determinante.

La utilización de la medición de la potencia de manera regular permite realizar un seguimiento continuado de todos estos parámetros gracias a la identificación realizada previamente de duraciones específicas para cada uno de ellos. Teniendo en cuenta que el perfil de potencia permite la valoración de los cambios de las diferentes capacidades a lo largo de la temporada y que el nivel de potencia desarrollada es dependiente de la categoría del ciclista (Pinot y Grappe, 2010) la monitorización de la potencia tanto durante el periodo de preparación como durante el ciclo de competiciones y el análisis de su evolución resultarán tremendamente útiles.

Tal y como se ha comentado previamente las características tanto de las pruebas ciclistas como del propio calendario de competición son específicas de las categorías federativas. El presente trabajo se ha realizado con ciclistas pertenecientes a la categoría élite y sub23, que abarca las edades comprendidas entre los 18 y los 25 años, y que se sitúa un escalón por debajo de la categoría profesional.

Si se analizan las características de las carreras ciclistas en esta categoría élite y sub23 puede observarse que las distancias de competición son inferiores a las desarrolladas en el ciclismo profesional, la dureza orográfica es también menor, con puertos de montaña más cortos y de menor entidad, por lo que los requerimientos de la competición son claramente

diferentes y, de hecho, se corre de manera diferente. Sin embargo muchos de los resultados obtenidos en los test por los ciclistas en esta categoría se asemejan a los datos de los ciclistas profesionales.

En cuanto a la organización de la competición en el ciclismo élite y sub23 nos encontramos con pruebas de un día de ámbito territorial o nacional o pruebas por etapas de a lo sumo 5 días. El calendario de carreras es prácticamente semanal una vez iniciado el ciclo de competición y todas las pruebas del mismo son similares en cuanto a su importancia. Mantener una gran regularidad durante el periodo de competiciones es una gran baza para poder alcanzar la meta del profesionalismo, por lo que el desarrollo de las capacidades del ciclista durante el periodo de preparación es determinante.

2 OBJETIVOS

El objetivo principal del presente trabajo es analizar la evolución de diferentes variables aeróbicas máximas y sub-máximas, variables anaeróbicas y neuromusculares y parámetros antropométricos que pueden ser obtenidos fácilmente para la monitorización del rendimiento de ciclistas de la categoría élite y sub23 a lo largo de la temporada ciclista. Para ello se utilizarán tanto pruebas incrementales máximas realizadas en bicicleta ergométrica como pruebas realizadas en campo basadas en la relación entre el tiempo y la potencia desarrollada. Los valores de potencia se han relacionado en todos los casos con la masa corporal del ciclista para poder “igualar” a todos ellos bajo el criterio de potencia relativa (W/kg).

Así mismo se pretende analizar la evolución de algunos de estos parámetros considerados como más determinantes de forma comparada entre las semanas pertenecientes al periodo de preparación y las semanas integradas en el ciclo de competición.

3 MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 Participantes

Para la realización de este estudio tomaron parte un total de diecinueve ciclistas pertenecientes a la categoría sub23 y élite. La media de la edad, masa corporal y la potencia aeróbica máxima de los ciclistas que participaron en el estudio fue de $20\pm 1,6$ años, $64,8\pm 5,85$ kg y $5,59\pm 0,24$ W/kg respectivamente. Todos ellos realizaron un entrenamiento continuado y sistematizado completando una media de 16 horas y 460 kilómetros semanales. Previamente a la realización del estudio los ciclistas fueron informados de las características del mismo y dieron su consentimiento para su participación.

Dado que el análisis estadístico de los datos se basa en una comparación de medias de medidas relacionadas se han excluido de los análisis todos aquellos valores que no pudieran tener su valor asociado en la/s semana/s de evaluación posteriores (por no realización de las pruebas por enfermedad o lesión, datos erróneos o circunstancias asociadas a un mal uso de las tecnologías de medición). Por lo que las medias de algunos de los valores no son siempre, necesariamente, de los diecinueve ciclistas.

3.2 Material y Protocolos de las evaluaciones

A continuación se describen las diferentes evaluaciones antropométricas y fisiológicas realizadas con los ciclistas y sus protocolos específicos. En la Tabla 1 puede observarse la distribución de las diferentes pruebas en relación con el calendario de preparación e inicio de la competición. Tras el inicio sistematizado del entrenamiento en la semana 1 las primeras pruebas tienen lugar en las semanas 4 y 5. El periodo de preparación previo a las carreras se extiende desde la semana 1 hasta la semana 16, fecha en la que se realizan las valoraciones finales del ciclo de preparación habiéndose realizado, así mismo, otras valoraciones intermedias durante dicho periodo (semanas 9 y 13). Con el objeto de analizar los cambios producidos con el inicio del periodo de competiciones sobre algunos de los parámetros clave analizados los ciclistas fueron también evaluados en las semanas 21 y 25 inmersos ya en un diseño de

entrenamiento orientado al calendario de competiciones más o menos semanal propio de esta categoría.

Tabla 1. Tabla resumen de los diferentes test y mediciones realizados a lo largo de la temporada.

	Trabajo	Mixto				LIT				THR		HIT		CNC	COMPETICIÓN											
	Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Test	Max. SRM				●												●									
Test	PPT 5' y 20'					●				●				●								●				●
Test	Velocidad y anaeróbico					●										●										
Peso					●	●				●				●		●	●									●
Pliegues					●												●									●
Carreras																	●		●	●	●	●	●	●	●	●

CNC: Concentración

LIT: Entrenamiento extensivo baja intensidad

THR: Entrenamiento zona umbral anaeróbico

HIT: Entrenamiento alta intensidad

3.2.1 Antropometría

En las semanas 4, 16 y 25 se realizaron mediciones de la masa corporal y de los siguientes pliegues cutáneos: tríceps, sub-escapular, supra-ilíaco, peri-umbilical, cuádriceps y gemelo, siguiéndose las directrices de la metodología ISAAK en todas las mediciones. En las semanas 5, 9, 13 y 15 se valoró de nuevo la masa corporal ya que la realización de las pruebas de campo requería de dicho dato para el cálculo de la potencia relativa.

3.2.2 Pruebas de valoración

Se realizaron diversas pruebas de valoración, tanto en laboratorio (test incremental en cicloergómetro SRM) como en campo, utilizando en este caso cada ciclista su propia bicicleta y medidor de potencia (Rotor InPower2).

3.2.2.1 *Test incremental en cicloergómetro SRM*

Se realizaron dos test progresivos máximos al inicio y final del periodo de preparación, previo al inicio de las carreras, en las semanas 4 y 16 respectivamente. Las pruebas se desarrollaron en una bicicleta ergométrica SRM (SRM Magneticindoortrainer) y se registró la frecuencia cardiaca (Polar Electro, Kempele, Finlandia) y la acumulación de lactato en sangre (LactateScout+, SensLab GmbH, Leipzig, Germany). El protocolo de la prueba consistió en la realización de diferentes intensidades progresivas de trabajo comenzando a 100 vatios y con incrementos de 30 vatios cada 3 minutos hasta que el ciclista no pudiese mantener la intensidad programada. En el caso de no completar la duración completa de la última intensidad se determinó la potencia aeróbica máxima en proporción al tiempo desarrollado en esa última intensidad. Así mismo se determinaron en esta prueba los valores sub-máximos correspondientes al LT (potencia desarrollada con una concentración de lactato de 1mmol por encima de los valores medios de la línea base) y al OBLA (potencia desarrollada a una concentración fija de 4 mmol/L de lactato).

3.2.2.2 Test de perfil de potencia neuromuscular y anaeróbica

Para el desarrollo de las pruebas de campo se utilizó la medición de la potencia desarrollada por los ciclistas a través de un potenciómetro (Rotor, 2 inPower carretera) calibrado y reseteado siguiendo las indicaciones del fabricante y la medición de la frecuencia cardiaca (Polar Electro, Kempele, Finlandia). La evaluación en estas pruebas se basó en la relación potencia-tiempo a través del test de perfil de potencia con duraciones de 5 y 15 segundos para la determinación del perfil neuromuscular, y de 30 segundos y 1 minuto para el perfil anaeróbico.

La evaluación y evolución del perfil neuromuscular y anaeróbico se determinó en las semanas 5 y 15 durante el periodo de preparación y asociado al desarrollo de un programa de fuerza bien controlado y sistematizado (Rønnestad y col., 2017).

El protocolo utilizado fue, tras un calentamiento de 45 minutos aproximadamente al 60% de la potencia aeróbica máxima, se realizaron los sprints de las duraciones correspondientes en terreno llano. Se recuperó entre los sprints de las diferentes duraciones un mínimo de 10 minutos. En la misma jornada de entrenamiento se completaron el total de las duraciones establecidas.

3.2.2.3 Test de perfil de potencia en 5 y 20 minutos

Las duraciones de 5 minutos y de 20 minutos se han sugerido como idóneas para la estimación indirecta de la potencia aeróbica máxima (5 minutos) y del umbral anaeróbico o máximo lactato estable a través de la potencia media más alta que podría desarrollarse durante una hora (y calculada como el 95% de la potencia desarrollada en el test de 20 minutos) (Coggan y Allen, 2006). Estas pruebas son enormemente útiles y están ampliamente extendidas para la evaluación de ciclistas y triatletas de todo tipo de categoría y experiencia.

Teniendo en cuenta la enorme importancia para el rendimiento ciclista de los parámetros aeróbicos máximos y submáximos, la potencia desarrollada en las duraciones de 5 y 20 minutos se monitorizó de manera más continuada a lo largo de las semanas 5, 9 y 13 durante el periodo de preparación y en las semanas 21 y 25 durante el inicio del periodo de competición correspondientes a las semanas 3 y 7 del periodo de competición, completando el calendario de pruebas tradicional en esta categoría a nivel regional y nacional.

El protocolo utilizado para realizar las valoraciones de potencia relativa en los test de 5 y 20 minutos fue el siguiente: los test siempre fueron planificados con antelación, y se realizaron después de 1 o 2 días de recuperación activa. Cada ciclista realizó los test con su bicicleta y su medidor de potencia (Rotor, 2 inPower carretera) calibrado y reseteado siguiendo las indicaciones del fabricante. Se realizaron siempre en la primera parte de una sesión de entrenamiento, tras un calentamiento consistente en unos 40-45 minutos a una intensidad correspondiente al 60% del $VO_2\text{max}$ aproximadamente e incluyendo una pequeña serie de una duración de entre 5 y 8 minutos a una intensidad progresiva desde el 60% de los vatios máximos hasta llegar al 85% de los mismos vatios y finalizando con una recuperación de 10 minutos. Los test siempre fueron realizados en subidas con una pendiente aproximada del 5 al 7%. Durante la realización del test el ciclista trata de desarrollar la máxima intensidad media posible para la duración establecida (5 o 20 minutos). Tras finalizar el test, los ciclistas realizaron el resto del entrenamiento llegando a completar lo que tuviesen planificado con anterioridad. Nunca se realizaron los test de 5 y 20 minutos en la misma sesión para no interferir en el resultado parcial de cada una de las pruebas.

4 RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados obtenidos en las diferentes mediciones y protocolos desarrollados.

4.1 Perfil antropométrico

Las características físicas al inicio de la temporada de los ciclistas que han participado en el presente estudio se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Características antropométricas de los ciclistas participantes en el estudio al inicio de la temporada. Los datos representan medias \pm desviaciones estándar.

	INICIO TEMPORADA
Masa corporal (kg)	68,03 \pm 5,51
Pliegues (sumatorio 6 pliegues) (mm)	42,53 \pm 9,0

4.2 Evolución de los parámetros antropométricos a lo largo de la temporada

En la Tabla 3 se puede observar la evolución de los valores antropométricos de los ciclistas a lo largo de la temporada en la que los ciclistas participantes en el estudio presentaron una masa corporal de 67,8 \pm 5,08 kg en la semana 4 de la temporada y para la semana 23 ésta se redujo hasta los 64,85 \pm 5,82 kg con un descenso del 4,27%.

Tabla 3. Características antropométricas de los ciclistas en diferentes semanas de la temporada 2016-2017. Los datos representan medias \pm desviaciones estándar.

	SEMANA 4	SEMANA 16	SEMANA 23
Masa corporal (kg)	68,03 \pm 5,51	66,01 \pm 5,59*	64,85 \pm 5,82*
Pliegues (sumatorio 6 pliegues) (mm)	42,20 \pm 10,6	37,32 \pm 7,2*	35,03 \pm 5,28*

*Diferencias significativas ($p \leq 0,05$) con la semana 4.

Por otro lado, el descenso en el sumatorio de los 6 pliegues fue de un 10,27% en la semana 16 y se redujo hasta en un 17,63% en la semana 23 de la temporada, siendo significativo este descenso tanto en la masa corporal como en el sumatorio de pliegues de la semana 4 a las semanas 16 y 25 pero no significativo de la semana 16 a la 25. Dicha evolución puede observarse en la Figura 3.

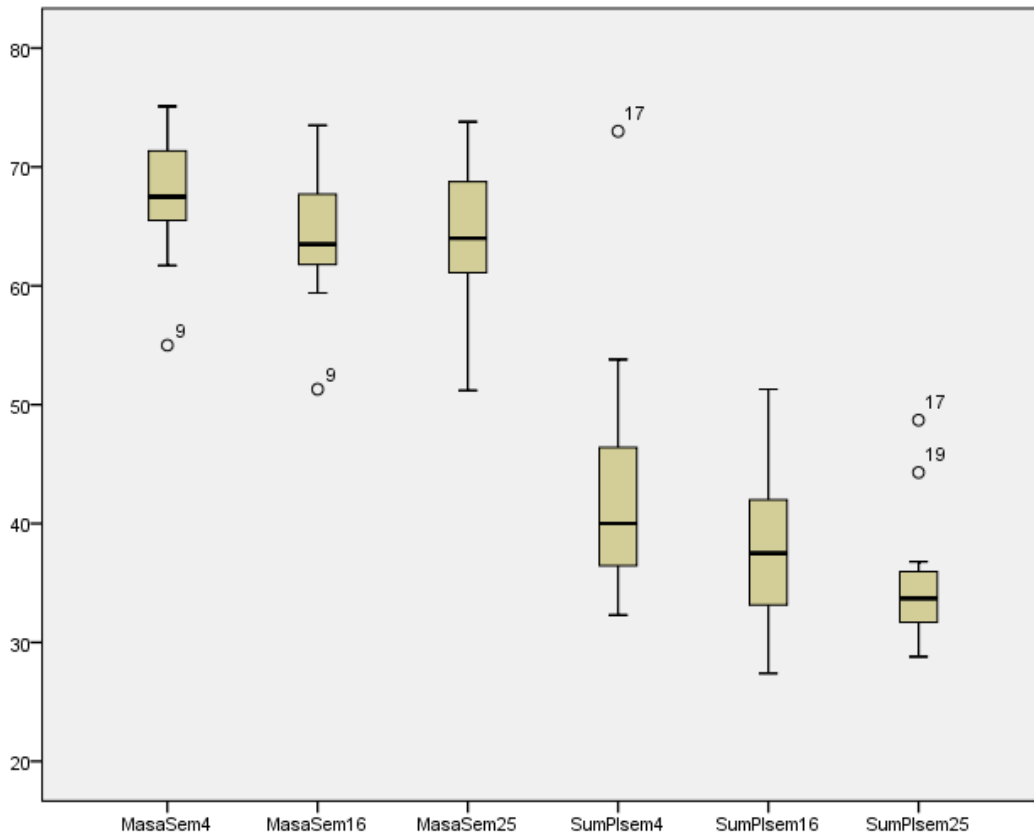


Figura 3. Valores antropométricos de masa corporal y sumatorio de pliegues de los ciclistas en diferentes semanas de la temporada 2016-2017. Los grupos de datos corresponden a la masa corporal en las tres mediciones realizadas y al sumatorio de pliegues respectivamente.

4.3 Resultados del test incremental en cicloergómetro SRM

Los ciclistas fueron evaluados en dos ocasiones fuera de las pruebas de campo en carretera en la fase previa al inicio del periodo de competiciones. De la semana 4 a la semana 16 se pudo observar un aumento considerable y significativo de la potencia máxima alcanzada por los ciclistas participantes en el estudio con valores de 357 ± 33 vatios en la semana 4 y de 371 ± 38 vatios en la semana 16.

Cuando la potencia máxima se expresó en relación a la masa corporal la evolución fue estadísticamente significativa pasando de $5,28 \pm 0,28$ W/kg_{max} en la semana 4 a $5,59 \pm 0,24$ W/kg_{max} en la semana 16.

Resultaron así mismo significativos los aumentos de potencia relativa en el OBLA y en el LT a lo largo de este periodo de preparación. La potencia relativa en el OBLA aumentó de los $4,30 \pm 0,32$ W/kg en la semana 4 a los $4,75 \pm 0,21$ W/kg en la semana 16. La potencia relativa en el LT aumentó desde los $3,81 \pm 0,32$ W/kg a los $4,35 \pm 0,20$ W/kg para esas mismas fechas. Estos datos se reflejan en la Tabla 4.

Tabla 4. Evolución de los parámetros aeróbicos máximos y submáximos en el test incremental en cicloergómetro SRM. Los datos representan medias \pm desviaciones estándar.

	SEMANA 4	SEMANA 16
W_{max} (w)	358,73 \pm 34,42	371,46 \pm 38,22*
W/kg_{max}	5,31 \pm 0,26	5,59 \pm 0,24*
W/kg OBLA	4,30 \pm 0,32	4,75 \pm 0,21*
W/kg LT	3,81 \pm 0,32	4,35 \pm 0,20*
% WOBLA	81,10 \pm 4,57	85,17 \pm 3,41*
% WLT	71,78 \pm 5,59	78,02 \pm 3,20*

**Diferencias significativas ($p \leq 0,05$) con la semana 4*

En la Figura 4 se muestra la evolución de los valores de potencia máxima relativa (Wmax/kg) y los valores de potencia relativa en el OBLA (W/kg OBLA) y en el LT (W/kg LT) durante el periodo de preparación previo al inicio de las competiciones.

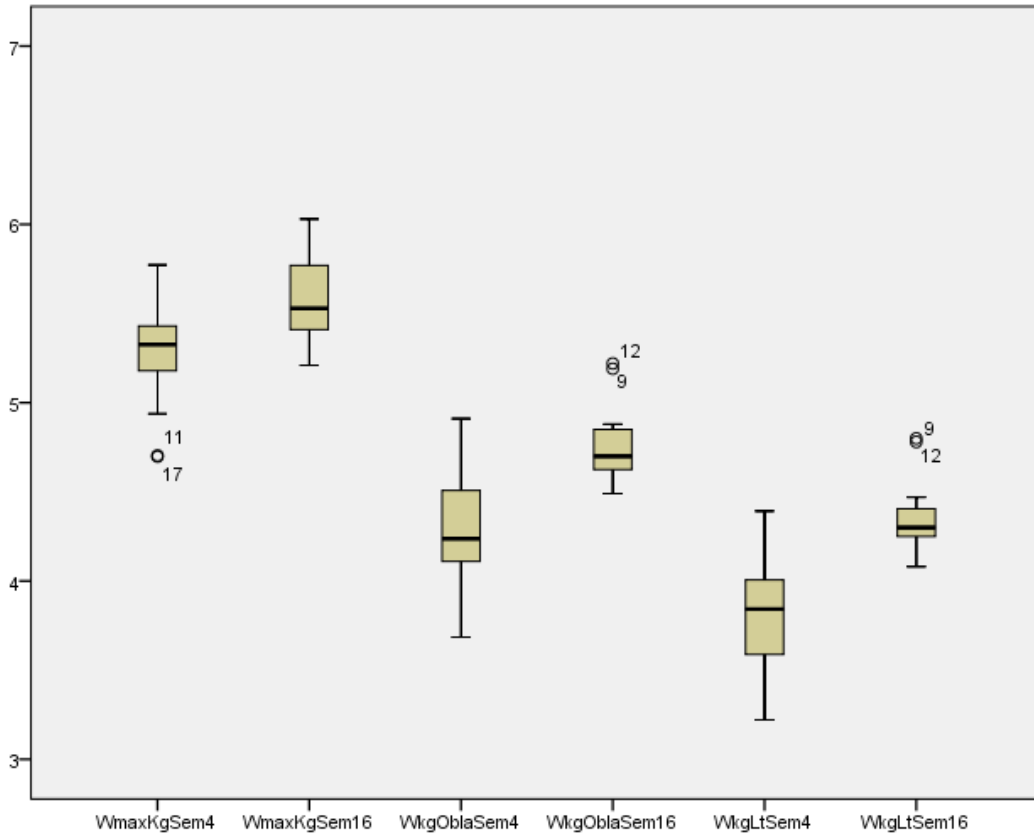


Figura 4. Evolución de los valores de potencia máxima relativa y potencia relativa en el OBLA y LT durante el periodo de preparación. Los pares de datos corresponden a la potencia máxima relativa, a la potencia relativa en el OBLA y en el LT respectivamente.

Así mismo se determinaron los porcentajes de la potencia máxima en el OBLA y en el LT y su evolución durante el mismo periodo de preparación (Tabla 4). El porcentaje de la potencia máxima en el OBLA aumentó desde un $81,10 \pm 4,57$ en la semana 4 hasta un $85,17 \pm 3,41$ en la semana 16 mientras que el aumento en el porcentaje de la potencia máxima en el LT fue desde un $71,78 \pm 5,59$ hasta un $78,02 \pm 3,20$ para esas mismas fechas. Las mejoras en ambos casos fueron significativas. Dicha evolución se observa en la Figura 5.

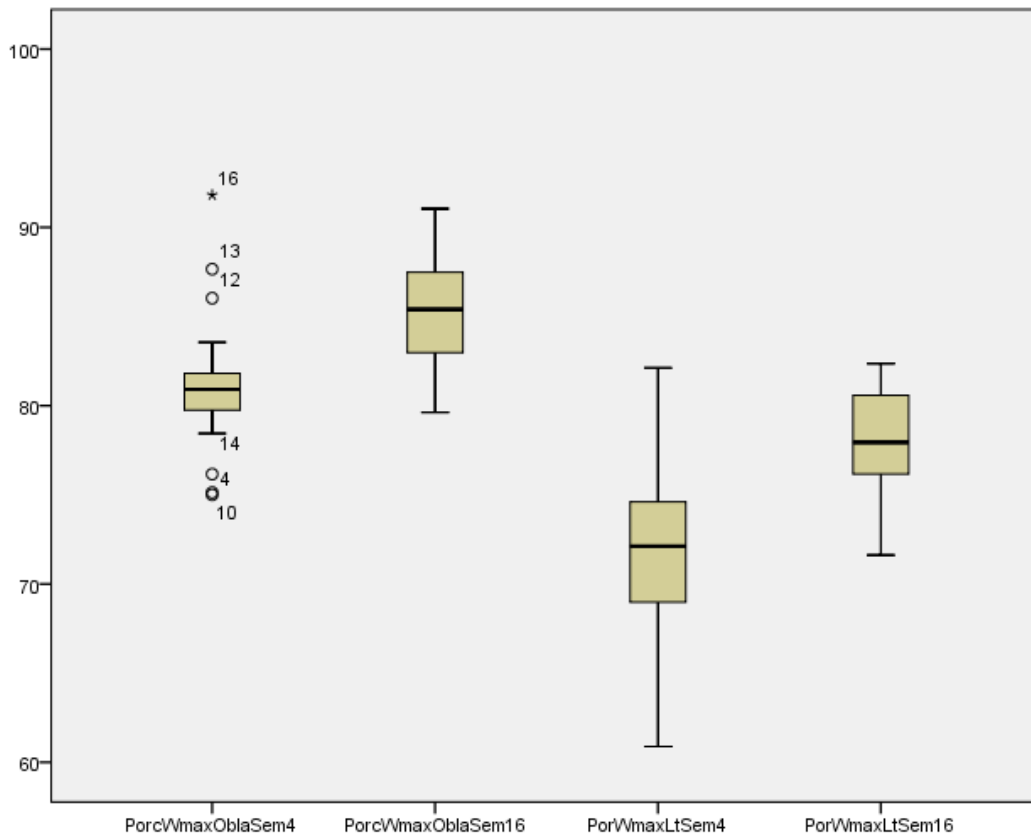


Figura 5. Evolución del porcentaje de la potencia máxima en el OBLA (% WOBLA) y en LT (% WLT) a lo largo de la temporada. Los pares de datos corresponden al porcentaje de la potencia máxima en el OBLA y el LT respectivamente.

4.4 Resultados del test de perfil de potencia neuromuscular y anaeróbica

El test de perfil de potencia permite expresar el potencial físico del ciclista a través de la relación entre potencia y tiempo. El estudio de perfil de potencia de las capacidades neuromusculares y anaeróbicas se determinó a partir de la recolección de datos en cuatro duraciones diferentes (5", 15", 30" y 1'). Los valores de potencia relativa para dichas duraciones quedan reflejados en la Tabla 5.

Tabla 5. Evolución de la potencia relativa de los ciclistas a lo largo de la temporada 2016-2017 en el test de perfil de potencia neuromuscular y anaeróbica. Los datos representan medias \pm desviaciones estándar.

	SEMANA 5	SEMANA 15
W/kg 5"	16,66 \pm 2,04	17,99 \pm 2,02*
W/kg 15"	14,59 \pm 1,69	15,46 \pm 1,72*
W/kg 30"	11,45 \pm 1,16	11,96 \pm 1,26
W/kg 1'	8,68 \pm 0,92	9,22 \pm 0,90

**Diferencias significativas ($p \leq 0,05$) con la semana 5*

En la Figura 6 se puede observar la evolución del perfil de potencia neuromuscular y anaeróbica a la largo del periodo de preparación. Dicho perfil se determinó en las semanas 5 y 15, durante el periodo previo a las competiciones. Al final de este ciclo de preparación se observa un aumento en la potencia media relativa en todas las duraciones estudiadas (17,99 \pm 2,02W/kg vs 16,66 \pm 2,04 W/kg en 5", 14,59 \pm 1,69 W/kg vs 15,46 \pm 1,72 W/kg a 15", 11,45 \pm 1,16 W/kg vs 11,96 \pm 1,26W/kg a 30" y 8,68 \pm 0,92 W/kg vs 9,22 \pm 0,90 W/kg a 1'). Cabe destacar que aunque en las duraciones de 5" y 15" las mejoras fueron significativas, en las duraciones de 30" y 1' no lo fueron, a pesar de mostrar una tendencia próxima a significación estadística tal y como se puede observar en los datos de la Tabla 5 y en la Figura 6.

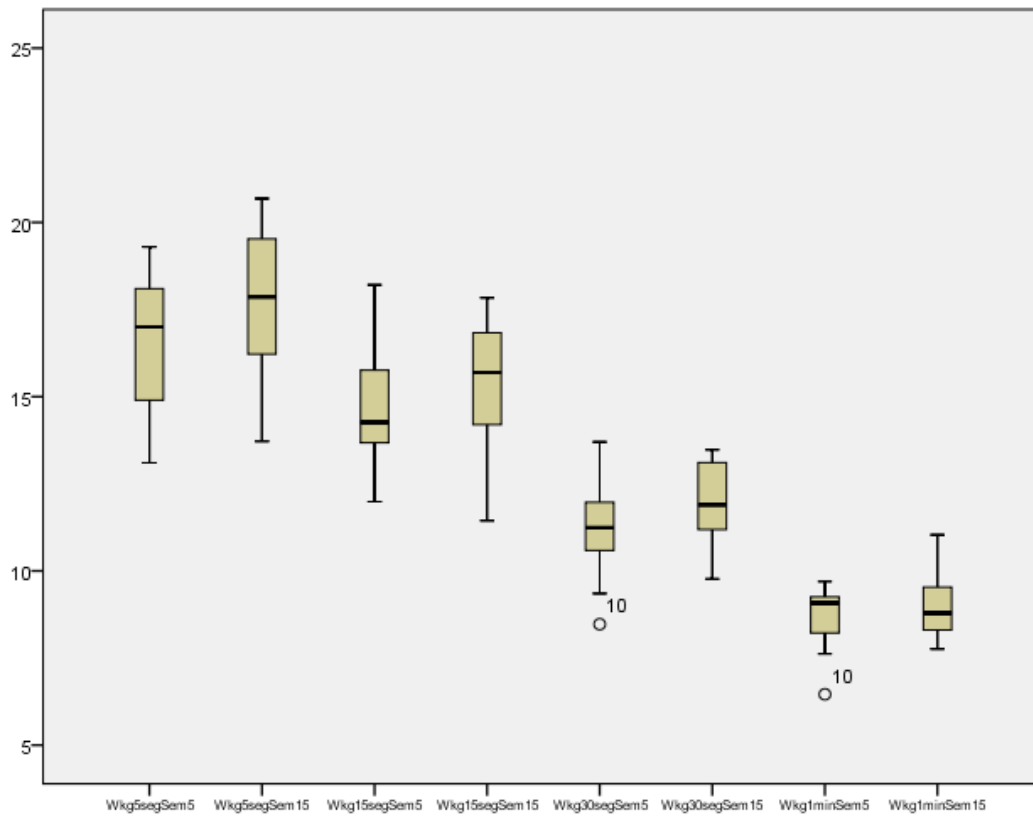


Figura 6. Evolución del perfil de potencia neuromuscular y anaeróbica de los ciclistas a lo largo de la temporada. Los pares de datos corresponden a las duraciones de 5 segundos, 15 segundos, 30 segundos y 1 minuto respectivamente.

4.5 Resultados del test de perfil de potencia en 5y 20 minutos

Los test de 5 y 20 minutos permitieron estimar en situación real en carretera los valores de potencia aeróbica máxima y el umbral anaeróbico basados en la relación potencia-tiempo tal y como ya se ha comentado previamente (Coogan y Allen, 2006). Los valores resultantes de dicha valoración se observan en la Tabla 6.

Tabla 6. Evolución de la potencia relativa de los ciclistas a lo largo de la temporada 2016-2017 en el test de 5' y 20'. Los datos representan medias \pm desviaciones estándar.

	SEMANA 5	SEMANA 9	SEMANA 13	SEMANA 21	SEMANA 25
W/kg 5'	5,90 \pm 0,30	6,21 \pm 0,27	6,48 \pm 0,38*	6,80 \pm 0,31*\$	6,76 \pm 0,28*\$
W/kg 20'	4,94 \pm 0,26	5,23 \pm 0,29*	5,53 \pm 0,26*	5,65 \pm 0,20*\$	5,60 \pm 0,21*

*Diferencias significativas ($p \leq 0,05$) con la semana 5

\$ Diferencias significativas ($p \leq 0,05$) con la semana 9

En la Figura 7 se muestra la evolución de la potencia relativa para la duración de 5 minutos a lo largo de las semanas 5, 9 y 13 durante el periodo de preparación y en las semanas 21 y 25 durante el inicio del periodo de competición. Los valores de potencia relativa para dicha duración fueron mejorando desde el inicio de la temporada hasta la semana 21, fecha de la primera evaluación en el periodo de competición. Por tanto las mejoras fueron estadísticamente significativas en las semanas 13, 21 y 25 en relación a la semana 5 de temporada, sin embargo en la semana 9 no se dieron mejoras significativas en los valores de esta duración. En las semanas del inicio del periodo competitivo (semanas 21 y 25) se dieron también mejoras significativas con los datos de la semana 9 pero no entre sí.

La evolución de los valores en el test de 20 minutos sigue la misma tendencia de mejora que para la duración de 5 minutos. Los valores fueron mejores en cada una de las valoraciones según avanzaba la temporada, pero son solamente significativos comparándolos con la semana 5. La excepción fue la semana 21, que además de con la 5, la mejora fue significativa con la semana 9. En la Figura 8 se observa dicha evolución.

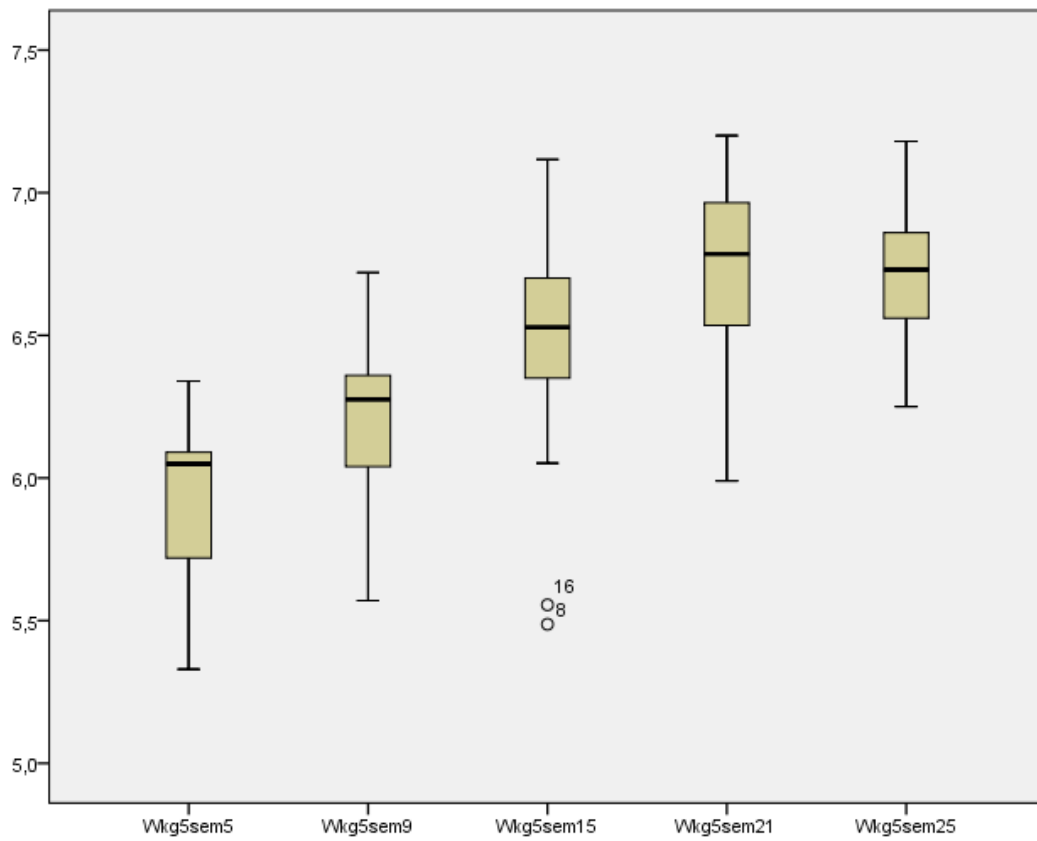


Figura 7. Evolución de la potencia relativa (W/kg) en la duración de 5 minutos en los test realizados a lo largo de la temporada.

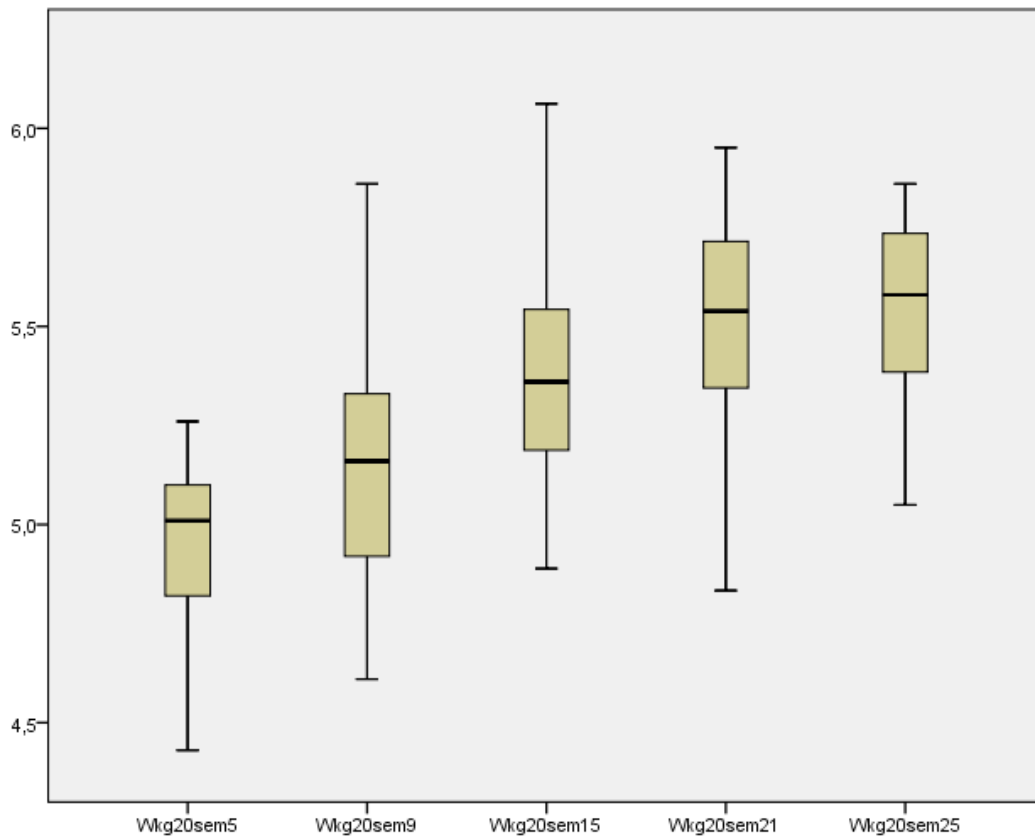


Figura 8. Evolución de la potencia relativa (W/kg) en la duración de 20 minutos en los test realizados a lo largo de la temporada.

4.6 Medias del equipo.

Para contextualizar los valores de potencia relativa de nuestros ciclistas podemos utilizar los valores de referencia establecidos por algunos autores (Coggan y Allen, 2006). Esta referencia permite situar a nuestros participantes en relación a diferentes categorías de rendimiento y para diferentes duraciones temporales. Se han resaltado sobre la tabla los valores medios de potencia relativa de nuestros ciclistas tal y como se aprecia en la Tabla 7.

Tabla 7. Valores de referencia de la potencia relativa para diferentes duraciones y en distintos niveles de rendimiento y valores medios de los participantes en el estudio.

		Men			
		5 s	1 min	5 min	FT
World class (e.g., international)		24,04	11,50	7,60	6,40
		23,77	11,39	7,50	6,31
		23,50	11,27	7,39	6,22
		23,22	11,16	7,29	6,13
		22,95	11,04	7,19	6,04
		22,68	10,93	7,08	5,96
		22,41	10,81	6,98	5,87
		22,14	10,70	6,88	5,78
		21,86	10,58	6,77	5,69
		21,59	10,47	6,67	5,60
Exceptional (e.g., domestic)		21,32	10,35	6,57	5,51
		21,05	10,24	6,46	5,42
		20,78	10,12	6,36	5,33
		20,51	10,01	6,26	5,24
		20,23	9,89	6,15	5,15
		19,96	9,78	6,05	5,07
Excellent (e.g., cat. 1)		19,69	9,66	5,95	4,98
		19,42	9,55	5,84	4,89
		19,15	9,43	5,74	4,80
		18,87	9,32	5,64	4,71
		18,60	9,20	5,53	4,62
		18,33	9,09	5,43	4,53
Very good (e.g., cat. 2)		18,06	8,97	5,33	4,44
		17,79	8,86	5,22	4,35
		17,51	8,74	5,12	4,27
		17,24	8,63	5,01	4,18
		16,97	8,51	4,91	4,09
		16,70	8,40	4,81	4,00
Good (e.g., cat. 3)		16,43	8,28	4,70	3,91
		16,31	8,17	4,60	3,82
		16,04	8,05	4,50	3,73
		15,77	7,94	4,39	3,64
		15,50	7,82	4,29	3,55
		15,22	7,71	4,19	3,47
Moderate (e.g., cat. 4)		14,95	7,59	4,08	3,38
		14,68	7,48	3,98	3,29
		14,41	7,36	3,88	3,20
		14,14	7,25	3,77	3,11
		13,86	7,13	3,67	3,02
		13,59	7,02	3,57	2,93
Fair (e.g., cat. 5)		13,32	6,90	3,46	2,84
		13,05	6,79	3,36	2,75
		12,78	6,67	3,26	2,66

Los valores referidos al perfil neuromuscular y de potencia anaeróbica (5 segundos y 1 minuto) son los que reflejan un menor rendimiento entre nuestros participantes y están más alejados de los mejores. Esto puede deberse a las características antropométricas y a las características fisiológicas de los ciclistas analizados. Los mejores datos suelen darse en corredores de grandes masas corporales, esprinters y rodadores, y en el grupo analizado los ciclistas tienen un perfil más de escalador, con una masa corporal inferior, por lo que los datos relativos para estas duraciones no están cerca de los mejores ciclistas del mundo.

Los datos en la duración de 5 minutos se sitúan como media entre las categorías denominadas *WorldClass* y *Exceptional* por los realizadores de la tabla. Considerando la edad de los ciclistas participantes y su futura progresión estos datos son altamente esperanzadores. Este mayor rendimiento para esta duración puede deberse, entre otras cosas, a que en la competición es una de las duraciones máximas más continua y frecuente, y por lo tanto una de a las que más habituados están los participantes del estudio.

En cuanto a los datos del *FTP* (*Functional Threshold Power* o umbral de potencia funcional), que recordemos, son el 95% de la potencia relativa obtenida en el test de 20 minutos, los datos se sitúan dentro de la categoría *Exceptional*, sin alcanzar la potencia relativa necesaria para incluirse en la categoría *WorldClass*. A diferencia de la potencia en 5 minutos es difícil que en competición nuestros ciclistas se enfrenten a tener que mantener la máxima potencia media durante 20 minutos dada la casi nula presencia de puertos de suficiente longitud y dureza.

5 DISCUSIÓN

Una vez analizadas las características antropométricas y fisiológicas de los ciclistas y la evolución de estos parámetros a lo largo de la temporada podemos tratar de establecer el perfil de estos deportistas de manera más precisa y actualizada.

Tanto la masa corporal (68 kg con un rango de 53 a 80 kg) como el sumatorio de pliegues cutáneos o su equivalente en porcentaje graso se sitúan en valores de referencia de ciclistas de su categoría y/o ciclistas profesionales (Padilla y col. 2000; Mujika y Padilla, 2001). Los valores de masa corporal al inicio del ciclo de preparación y tras el periodo de descanso tras la temporada anterior fueron de $68\pm 5,51$ kg y de $64,85\pm 5,82$ kg en la última medición realizada en el periodo de competiciones. En cualquier caso estos valores están más cercanos específicamente a los de los ciclistas profesionales de perfil escalador (Mujika y Padilla, 2001) que es, precisamente, el más común entre nuestro grupo de participantes.

Los cálculos del porcentaje graso en base a la medición de los pliegues cutáneos equivaldrían a un 9-10%, con los valores mínimos en torno al 7-8%. Estos valores guardan también equivalencia con los reportados para ciclistas profesionales. Cabría destacar en este punto que en los corredores más jóvenes el sumatorio de pliegues fue mayor. Dado que su composición corporal está aún poco definida, tienen menor experiencia previa en el entrenamiento de fuerza y su educación nutricional hasta la fecha había sido poco rigurosa es previsible que, con las medidas correctoras apropiadas en lo referente a estos factores, puedan obtener una mejor relación peso potencia en años venideros.

En relación a los parámetros de potencia obtenidos tanto en las pruebas incrementales en bicicleta ergométrica como en las pruebas de campo es importante señalar que estos datos provienen exclusivamente de la realización de los test anteriormente descritos. Otros estudios similares (Pinot y Grappe, 2011) han estudiado los valores de potencia máxima para diferentes duraciones tanto en situación de entrenamiento como en competición, pero sin

la realización de test de las duraciones específicas en las sesiones de entrenamiento. Es por ello que los valores más altos de potencia de dicho estudio corresponden siempre a situaciones de competición. Dadas las situaciones particulares de la carrera (de fatiga previa o estratégicas) es difícil encontrar duraciones en las que los ciclistas puedan producir en competición una potencia mayor a las producidas en los test específicos. Por ello se decidió realizar no sólo una valoración muy continuada durante el periodo de preparación de parámetros considerados clave tales como la potencia relativa en 5 y 20 minutos, sino también incluir dichas valoraciones una vez iniciado el periodo de competición. De esta forma puede analizarse la evolución de estos parámetros de manera comparada entre el periodo de preparación y el periodo competitivo y es ésta una de las grandes novedades y aportaciones del presente trabajo.

Los valores de potencia máxima (absoluta y relativa) obtenidos en el test incremental mejoraron significativamente desde la evaluación inicial en la semana 4 hasta la evaluación final en la semana 16 coincidiendo con el final del periodo de preparación. Los valores medios de potencia relativa (5,59 W/kg) correspondientes a esta segunda evaluación son característicos de ciclistas de esta categoría y ligeramente inferiores a los reportados para ciclistas profesionales. Los valores de potencia relativa en el LT y en el OBLA mejoraron así mismo de manera significativa en este mismo periodo. La mejora de los valores absolutos de potencia acompañados del descenso en la masa corporal contribuyen a estas significativas mejoras. Uno de los objetivos del periodo de preparación era no sólo mejorar los valores de potencia máxima y los valores de potencia submáximos en el LT y en el OBLA, sino tratar de desplazar estos últimos a un mayor porcentaje en referencia a los valores máximos. De esta forma los ciclistas podrán mantener altas intensidades de carrera, más próximas a sus valores máximos, sin un acúmulo importante de fatiga. Así, además de elevar significativamente los valores de potencia máxima, el porcentaje de la misma mejoró más de un 6% para el LT y más de un 4% para el OBLA en términos absolutos y de más de un 14% y más de un 10% en términos relativos a la masa corporal. A la luz de todos estos datos se

puede concluir que el entrenamiento desarrollado durante el periodo de preparación ha proporcionado importantes mejoras en estos parámetros y sitúa a los ciclistas en una condición idónea para afrontar el calendario de competiciones posterior.

Los test de campo realizados en las diferentes duraciones permitieron la creación del perfil de potencia individual de cada ciclista. Así mismo a través de los valores de potencia en 20 minutos se calculó el umbral de potencia funcional individual y en base al mismo se establecieron las diferentes zonas de entrenamiento, siendo ajustadas continuamente con cada nuevo valor fruto de las mejoras en dicho test.

En las duraciones correspondientes al perfil neuromuscular y anaeróbico los ciclistas mejoraron notablemente sus valores en las diez semanas que transcurrieron entre las dos evaluaciones realizadas. Si bien las mejoras en las duraciones de 30 segundos y 1 minuto no resultaron estadísticamente significativas sí se observa una tendencia positiva de evolución en las potencias relativas desarrolladas para dichas duraciones. La potencia relativa desarrollada en las duraciones de 5 y 15 segundos mejoraron significativamente fruto no sólo del entrenamiento desarrollado específicamente en bicicleta sino del efecto del programa de fuerza bien sistematizado que se llevó a cabo durante el mismo periodo de tiempo. Si comparamos los valores obtenidos por los participantes con los aportados en el trabajo de Pinot y Grappe (2011) pueden observarse valores relativos de 17,99 W/kg en 5 segundos por los 18,9 W/kg del estudio francés, 15,46 W/kg en 15 segundos vs 17,8 W/kg, 11,96 W/kg vs 11,9 W/kg en 30 segundos y 9,2 W/kg frente a los 9,4 W/kg del otro estudio en la duración de 1'. Sin embargo es preciso recordar que los datos del estudio de los autores franceses corresponden a valores de competición y no a un test desarrollado de manera específica. Por lo tanto cabe valorar muy positivamente la mejora conseguida con el entrenamiento pero así mismo al tratarse de un equipo ciclista con un perfil más característico de escaladores no obtienen grandes valores de potencia relativa en estos

apartados tal y como ya quedó reflejado al comparar sus valores medios con los datos de referencia de la élite ciclista.

La potencia desarrollada en las duraciones de 5 y 20 minutos fue evaluada con mayor frecuencia durante el periodo de preparación por ser consideradas como representativas de la potencia aeróbica máxima (5 minutos) y del umbral de potencia funcional (95% de la potencia en 20 minutos) tal y como se ha mencionado previamente. Así mismo éstas fueron las únicas mediciones que fueron evaluadas durante el periodo de competición. La presencia prácticamente semanal de carreras imposibilitaba la realización de mayor número de test y ya resultó tremendamente exigente tanto física como psicológicamente incluir estos test en dichas fechas. Pero, por otra parte, permitió sacar conclusiones en referencia a su evolución en uno u otro periodo.

Tal y como se ha detallado en la Tabla 6 la potencia relativa en ambas duraciones se incrementa significativamente a lo largo de las tres mediciones realizadas en el periodo de preparación y alcanza sus valores máximos en la primera de las mediciones realizadas en el periodo de competiciones (en la semana 21 tras tres semanas de competición). Es importante señalar que en realidad el periodo de preparación finalizó en la semana 16, pero al realizarse el test incremental en dicha semana que arroja información similar al test de campo éste se llevó a cabo por última vez en el periodo de preparación en la semana 13. En cualquier caso, aun consiguiendo los valores más altos en la semana 21 en ninguna de ambas duraciones la mejora es estadísticamente significativa comparada en el análisis post hoc con la semana 13.

Los valores de potencia relativa para ambas duraciones pueden considerarse como buenos o muy buenos para ciclistas de la categoría élite y sub23. En la bibliografía consultada y tomando de nuevo como referencia principal el trabajo de Pinot y Grappe (2011) vemos como los corredores analizados en nuestro trabajo están en el rango establecido en el trabajo de los autores franceses que reportan valores de 6,5 W/kg para la duración de 5 minutos y de 5,6 W/kg para los 20 minutos por los valores máximos de 6,80 W/kg y de 5,65 W/kg respectivamente de nuestros participantes (salvedad de

nuevo hecho de que los datos de los franceses no proceden de test específicos sino de situaciones de competición).

Las Figuras 7 y 8 son enormemente concluyentes y responden perfectamente a uno de los objetivos del estudio. Se observa como claramente los valores de potencia relativa evolucionan significativamente a lo largo de las tres mediciones del periodo de preparación en ambas duraciones pero, aun alcanzando los valores más altos en la semana 21 (probablemente como consecuencia de las semanas de entrenamiento del periodo de preparación que aún restaban y como consecuencia del efecto residual de esta mejora) este aumento ya no es significativo. El ligero descenso (afortunadamente no significativo) de los valores de potencia relativa en ambas duraciones en la semana 25 en comparación a la semana 21 permiten afirmar que el entrenamiento que se desarrolla durante las semanas de preparación para las competiciones y las propias demandas de la competición no permiten mejorar los valores obtenidos anteriormente durante el periodo de preparación.

Ya se ha comentado previamente que las características de la competición en esta categoría raramente proporcionan a los ciclistas situaciones en las que poder producir, de manera continuada y más o menos estable, potencias medias máximas en 5 o, más raramente aún, 20 minutos. Obviamente son otros los requerimientos necesarios en competición tales como una alta potencia relativa en duraciones muy superiores a los 20 minutos (incluso para la duración completa de la carrera) que difícilmente pueden ser testados en situación de entrenamiento, o incluso una alta producción de potencia en duraciones sensiblemente inferiores a los 5 minutos.

Podría, entonces, afirmarse que las mejoras de la potencia aeróbica máxima y de los parámetros submáximos que son considerados como limitantes teóricos del rendimiento y que han evolucionado significativamente durante el periodo de preparación suponen la situación ideal para “poner en juego” otras demandas más propias de la competición, pero que ésta, y el entrenamiento desarrollado específicamente como preparación semanal para

las carreras no suponen el estímulo suficiente para la mejora de dichos parámetros.

Una futura línea de investigación estaría relacionada con un diseño que comprenda una evaluación de los valores de potencia en 5 y 20 minutos a lo largo de un mayor número de semanas de competición para analizar esta tendencia observada, aunque, tal y como se ha comentado, resulta muy complicado seguir introduciendo este tipo de pruebas en pleno periodo competitivo.

Por otra parte podrían analizarse otro tipo de duraciones, tanto superiores a los 20 minutos como inferiores a los 5 a través de datos obtenidos en competición y poder determinar más específicamente los requerimientos de la competición. Con ello podrían identificarse aquellos factores que, por un lado, mejoran con el entrenamiento desarrollado en el periodo de preparación (tal y como se ha observado en el presente trabajo), y otros que evolucionan más positivamente con el trabajo desarrollado en el periodo de competición.

En conclusión, y debido a las características del calendario de competición, cabe destacar la enorme importancia que tiene para el rendimiento en esta categoría élite y sub23 un programa de entrenamiento bien estructurado en las semanas previas al inicio de las competiciones y el progresivo descenso de la masa corporal y sumatorio de pliegues para optimizar la potencia relativa desarrollada por los ciclistas. Así mismo a través de este trabajo han podido documentarse con una alta frecuencia de evaluaciones los márgenes de mejora previsibles a lo largo de estas semanas tanto en los parámetros antropométricos como en los parámetros fisiológicos máximos y submáximos.

Curiosamente, y sin la evidencia ahora contrastada por los datos, se les insistió a los ciclistas al inicio de la temporada en la necesidad de identificar claramente estos dos periodos y solicitarles que “compitieran” en los test realizados durante el ciclo de preparación y que compitieran en las propias carreras durante el ciclo de competición.

6 BIBLIOGRAFÍA

- Coggan, A.R., Allen, H. (2006). Racing and training with a power meter. Editorial Paidotribo, (edición 2016).
- Joyner, M.J., & Coyle, E.F. (2008). Endurance exercise performance: the physiology of champions. *J. Physiol.*, 586(1), 35–44.
- Larrazabal, J., Iriberry, J., Muriel, X. (2006). Power output related to exposure time in professional road cycling. Endurance Sports Science Conference, Birmingham (oral communication).
- Mujika, I. & Padilla, S. (2001) Physiological and Performance Characteristics of Male Professional Road. *Sportsmed*, 479-487.
- Padilla, S., Mujika, I., Orbañanos, J., & Angulo, F. (2000). Exercise intensity during competition time trials in profesional road cycling. *Med Sci Sports Exercise*, 850-856.
- Pinot, J., Grappe, F. (2010). The “Power Profile” for determining the physical capacities of a cyclist. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering Vol 13, No. S1, September, 103-104.*
- Pinot, J., Grappe, F. (2011). The record power profile to assess performance in elite cyclists. *Sport Medicine*, 839-844.
- Rønnestad, B.R., Hansen J., Nygaard, H. (2017) 10 weeks of heavy strength training improves performance-related measurements in elite cyclists. *Journal of Sports Sciences*, 1435-1441.