

Trabajo Fin de Máster
(Opción profesional)

**Variación de los parámetros de
rendimiento en diferentes categorías a
lo largo de una temporada ciclista**



Curso académico: 2014-2015

Alberto Carabantes Pérez 73003728-A

Raúl López Gueso (tutor)

Índice

1. Introducción.....	Pag. 2
2. Métodos.....	Pag. 6
3. Resultados.....	Pag. 9
4. Discusión.....	Pag. 15
5. Bibliografía.....	Pag. 18



1. Introducción

Con el paso de los años, en la mayoría de los deportes ha existido un desarrollo similar entre un deporte y la ciencia aplicada a dicho deporte (evolución de los materiales, instrumentos de medida, nuevos aparatos...). En el ciclismo, no es hasta la década de los 80 cuando esto ocurre y principalmente, a partir de la década de los 90, debido al uso de los pulsómetros (Santalla, Earnest, Marroyo, & Lucia, 2012).

Tradicionalmente, se han utilizado los pulsómetros como el instrumento para controlar la carga de entrenamiento, pero en los últimos años, se ha utilizado también otro aparato para controlar la intensidad, los potenciómetros (aunque ya se empleaban anteriormente en los laboratorios). Estos instrumentos, sirven para medir la cantidad de vatios que el ciclista o el triatleta genera y tienen numerosas ventajas como la precisión, la fiabilidad, aportan datos más específicos... Pero también tienen inconvenientes, siendo el principal, su elevado coste (Robinson, Plasschaert, & Kisaalita, 2011).

Se ha demostrado que el uso de potenciómetros es más preciso, ya que al medir la frecuencia cardíaca, siempre hay un pequeño desfase temporal y el hecho de que influyan factores externos como cambios en las condiciones del entorno (temperatura, humedad...) y factores internos debido a cambios del sujeto (fatiga, deshidratación...), ocasiona una variación de las pulsaciones (Jeukendrup, & Van Diemen, 1998).

El problema es que, a la hora de monitorizar la frecuencia cardíaca, se está midiendo una respuesta fisiológica y en ocasiones, hay variaciones bruscas en el pulso, puesto que un pulso bajo puede hacer referencia a que ha habido una adaptación al esfuerzo, pero también puede significar que hay fatiga muscular lo cual impide aumentar el pulso... Mientras que un pulso alto puede indicar que el organismo del deportista está alterado (estrés, enfermedad...), la deshidratación también provoca un aumento de las pulsaciones... Con un potenciómetro esto no ocurre ya que mide la potencia generada (vatios), que es directamente el esfuerzo realizado por el ciclista (Robinson et al., 2011).

Antes de poder empezar a planificar, organizar y controlar los entrenamientos de cualquier deportista, hay que establecer cómo se va a controlar la carga de entrenamiento (pulsómetros y potenciómetros) pero otro aspecto aún más importante, es determinar y conocer en qué estado se encuentra el sujeto y de qué valores de entrenamiento partimos (pruebas de

esfuerzo), para que el deportista, pueda realizar correctamente los entrenamientos planificados e individualizados.

En un deporte de resistencia como es el ciclismo, para que un ciclista pueda rendir a un gran nivel, es necesario conocer una serie de parámetros que son determinantes del rendimiento como es el consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}), la frecuencia cardiaca máxima y de reposo, donde se encuentran los umbrales (aeróbico, anaeróbico...), que cantidad de vatios es capaz de mover a dichos umbrales, el umbral de lactato... (Coyle, Coggan, Hopper, & Walters, 1988).

Para poder obtener todos estos datos, es necesario el uso de material complejo y de un elevado coste (analizador de gases, medidor de lactato, rodillo con potenciómetro...) y que no todos los equipos, entrenadores o empresas de entrenamiento poseen. Como no siempre se pueden adquirir estos materiales y en caso de acudir a una empresa con todo este material, el precio de la prueba de esfuerzo sería muy elevado, hay que buscar cómo obtener estos datos de formas alternativas, es decir, con menos material y de forma más asequible, más económica.

Pero no solo se puede conocer con pruebas de esfuerzo o test de laboratorio en qué estado se encuentra un ciclista, también existen los test de campo, cuya ventaja es que son más económicos y necesitan menos material (como es el caso de los rodillos). El inconveniente que tienen estos test, es que son métodos indirectos y por tanto, pierden fiabilidad y precisión respecto a los test de laboratorio pero no por ello, dejan de ser válidos (Karsten, Jobson, Hopker, Jimenez, & Beedie, 2014; Klika, Alderdice, Kvale, & Kearney, 2007).

Uno de los datos fundamentales para el entrenamiento, es determinar los umbrales aeróbicos y anaeróbicos del deportista (Kenefick, Mattern, Mahood, & Quinn, 2002). Para ello, la forma ideal consiste en realizar un test incremental con un analizador de gases y un medidor de lactato, pero una prueba con estos instrumentos, tiene un elevado coste.

Un ejemplo de una prueba para obtener el umbral anaeróbico, es el Test de Conconi. Dicho umbral, se obtiene siguiendo el protocolo del test (incremental) y analizando los datos obtenidos con el pulsómetro, se puede apreciar cómo tras aumentar la intensidad, llega un momento en el cual, las pulsaciones pierden el crecimiento exponencial y se incrementan en menor medida. Es en ese punto, donde se encuentra el umbral anaeróbico (Conconi, Ferrari, Ziglio, Droghetti, & Codeca, 1982; López-Chicharro, 2004).

Sin embargo, desde que en 1982 se publicase el Test de Conconi (Conconi et al., 1982), ha habido mucha discrepancia con dicho test. Actualmente, aún no se ha llegado a un acuerdo acerca de

la fiabilidad de este test puesto que hay autores que lo defienden (Conconi et al., 1996) y autores que lo critican (Bourgois, Coorevits, Danneels, Witvrouw, Cambier, & Vrijens, 2004).

Otro instrumento con el que se pueden obtener los parámetros de rendimiento de un ciclista, es mediante un simple rodillo. Este método es el más económico, pero también es el que mayor error y menor fiabilidad tiene respecto a los demás. En un test con rodillo, se puede controlar la intensidad mediante un pulsómetro para posteriormente, analizar los datos obtenidos. El inconveniente que tiene este aparato, es que los aumentos de intensidad se controlan de una forma menos precisa pero puede servir y utilizarse, como un método fiable para obtener el umbral anaeróbico, basándose, en la deflexión de la frecuencia cardiaca.

Una forma más económica que con el analizador de gases, aunque sigue teniendo un elevado coste, es mediante un rodillo con potenciómetro. Es un aparato específico del ciclismo, con el que se puede regular con precisión, la intensidad que debe movilizar el sujeto ya que con este tipo de rodillos, se puede aumentar o reducir el número de vatios que se desee. Siguiendo el protocolo del test y una vez que se analizan los datos obtenidos por el pulsómetro, se puede saber de forma precisa, donde se encuentran los umbrales (basándose en la teoría de la deflexión de la frecuencia cardiaca) (Hopker, Myers, Jobson, Bruce, & Passfield, 2010).

Este último método, fue el utilizado a lo largo del estudio y en la mayoría de los ciclistas, se pudo apreciar con facilidad, donde se encontraba el punto de deflexión de la frecuencia cardiaca pero no en todos, por lo que había una dificultad objetiva de estimación del umbral anaeróbico. El hecho de que no en todos ciclistas se manifieste este punto de deflexión de la frecuencia cardiaca, se debe a parámetros fisiológicos como la función del miocardio, del volumen cardiaco medido en reposo, las dimensiones del corazón... (Lucía, Carvajal, Boraita, Serratos, Hoyos, & Chicharro, 1999; Pokan et al., 1998).

Pero no solo existe el test de Conconi para determinar el umbral anaeróbico, hay otra serie de pruebas como el test "Functional Threshold Power" (FTP) que también se pueden emplear y no ha sido tan criticado como el test de Conconi (Gavin, Van Meter, Brophy, Dubis, Potts, & Hickner, 2012).

Durante muchos años, los expertos en el entrenamiento por vatios como son Andrew Coggan o Hunter Allen, le han dado mucha importancia a un umbral para el entrenamiento de la potencia, conocido como FTP o Umbral de Potencia Funcional (UPF) (Allen, & Coggan, 2010).

Este umbral, determina la potencia media que un ciclista es capaz de mantener durante 60 minutos y se encuentra, muy próximo al umbral de lactato y al umbral anaeróbico. Una vez que

se supera este umbral de lactato, el ácido láctico que mantiene un incremento continuo y lineal respecto a la intensidad, comienza a aumentar de forma significativa.

Aquí, es donde se puede apreciar la gran relación que hay entre este umbral de potencia, con el máximo estado estable de lactato (mayor concentración de lactato en sangre que puede ser mantenida como un estado estable durante un trabajo constante submáximo (Denadai, Figueira, Favaro, & Gonçalves, 2004)) y por tanto, con el umbral anaeróbico.

Realizar este test de FTP es interesante, puesto que es otra manera de obtener el umbral anaeróbico (Gavin et al., 2012) y de esta forma, se le da una mayor fiabilidad a los resultados obtenidos con el test de Conconi, puesto que con los sujetos poco entrenados e inexpertos, la gráfica obtenida con el pulsómetro, es difícil de interpretar debido a las grandes variaciones de la frecuencia cardiaca al incrementar la intensidad.

Como realizar una prueba de 60 minutos a la máxima intensidad posible es muy extenuante y solo los ciclistas con experiencia, son capaces de completarla correctamente, es decir, manteniendo una velocidad constante, se ha aceptado el hecho de reducir la duración de la prueba a 20 minutos y multiplicar el resultado por 0,95 para así, aproximarse al resultado que daría al completar la prueba de 60 minutos y no sobrevalorar los resultados (Allen, & Coggan, 2010).

Pero no todos los tests que un deportista realiza son físicos y sirven para determinar parámetros fisiológicos, también existen test que son fundamentales para el rendimiento como los análisis biomecánicos y las pruebas aerodinámicas (Fintelman, Sterling, Hermida, & Li, 2015).

- Los análisis biomecánicos, tienen una gran utilidad ya que permiten corregir la postura, evitar una disminución del rendimiento (hay una pérdida del 14% entre la potencia generada con la posición del torso a 0º respecto a la potencia generada a 24º (Fintelman et al., 2015), evitar una lesión crónica y corregir la técnica de pedaleo.
- Las pruebas aerodinámicas, están más orientadas al rendimiento, puesto que un ciclista que no se encuentre en una posición aerodinámica, no será tan eficiente como otro y tendrá que generar más vatios para poder mantener la misma velocidad. Se ha demostrado que a partir de 30 km/h, el 90% de la energía generada se utiliza para superar la resistencia que el aire ofrece (Debraux, Grappe, Manolova, & Bertucci, 2011). En la modalidad en la que más influye estar en una correcta posición aerodinámica, es en las contrarrelojes (Faria, Parker, & Faria, 2005). Como los test de laboratorio se realizan en un espacio cerrado, el viento no influye en el resultado de la prueba.

2. Material y métodos

Participantes

18 ciclistas (edad $26,3 \pm 11,1$ años, peso $67,1 \pm 5,8$ kg) varones, participaron de forma voluntaria en este estudio, todos competían de forma habitual en el ciclismo, en la modalidad de carretera y todos los sujetos tenían al menos, tres años de experiencia compitiendo.

La muestra fue de tres ciclistas por categoría en función de la edad (cadete, juvenil, Sub-23, élite, máster 30 y máster 40), aunque a lo largo del estudio, se descartó a un cadete y a un juvenil puesto que no pudieron completar el estudio. La descripción de la muestra en función de la categoría, se puede apreciar en la tabla 1.

Los participantes fueron informados acerca del estudio y de las pruebas que debían de realizar a lo largo de la temporada. Todos dieron su consentimiento para poder participar y ninguno tenía alguna enfermedad que le impidiese completar el estudio.

A lo largo de la temporada, cada ciclista seguía una planificación y unos entrenamientos diferentes, diseñados por el mismo entrenador, en función de su edad, categoría, nivel de rendimiento, tiempo disponible, momento de la temporada (pretemporada, pre-competición, competición...). En todo momento, estos entrenamientos eran controlados por el entrenador, quien también, era el encargado de realizar los test de campo con el rodillo y posteriormente, interpretar los resultados.

Tabla 1. Descripción de la muestra.

Categoría	Sujetos (n)	Edad (años)	Peso (Kg)	Masa grasa (%)
Cadete	2	$15,5 \pm 0,4$	$71,8 \pm 6,5$	$13,1 \pm 1,5$
Juvenil	2	$17,3 \pm 0,1$	$60,1 \pm 6,7$	$10,4 \pm 0,3$
Sub-23	3	$20,9 \pm 2,3$	$62,2 \pm 1,8$	$10,6 \pm 0,6$
Élite	3	$26,1 \pm 1,3$	$63,3 \pm 9,8$	$10,7 \pm 0,6$
Máster 30	3	$33,2 \pm 1,2$	$72,3 \pm 3,2$	$11,7 \pm 2,1$
Máster 40	3	$44,7 \pm 2,6$	$72,5 \pm 5,9$	$13,2 \pm 3,9$

Procedimiento

Cada sujeto, realizó tres pruebas durante el estudio. La primera, a las dos semanas de comenzar los entrenamientos de la temporada 2014/2015, coincidiendo con el periodo de pretemporada (a principios de diciembre). El segundo test se realizó a principios de febrero, en torno a dos semanas antes de la primera competición. El tercer y último test, se realizó a finales de abril, durante la fase del periodo de competición.

Todos los tests, se completaban por la tarde y en el mismo lugar, para evitar que factores externos afectasen a la investigación como la variación diurna, la temperatura... Indicando al deportista que el día anterior a la prueba, debía realizar un entrenamiento muy suave y de pocos kilómetros para llegar al test en las mejores condiciones posibles.

Previamente al comienzo del test, el entrenador medía y obtenía valores corporales del sujeto, como el peso mediante una báscula (Beurer GS 490, Ulm, Alemania), la altura con un tallímetro de pared (Seca 206, Hamburgo, Alemania) y los pliegues cutáneos mediante un plicómetro (Slim Guide, EEUU) para posteriormente, obtener mediante el método de Siri (formula: $[(4,95/\text{Densidad corporal})-4,5]*100$), los porcentajes de masa grasa. Una vez tomadas las medidas antropométricas, se montaba la bicicleta del ciclista en el rodillo (Bkool Classic, Madrid, España) sobre el cual, iba a realizar la prueba. Cada sujeto completaba el test en su propia bicicleta, que se acoplaba al rodillo y mediante una pantalla de ordenador, a través de la página web de Bkool (<http://www.bkool.com/>), se observaban los datos que registraba el rodillo (velocidad, pulsaciones, vatios, tiempo, series completadas, pendiente...).

El test comenzaba cuando el ciclista realizaba un calentamiento de 10 minutos ya sobre el rodillo. Durante este calentamiento, se le comentaba al ciclista que durante la prueba, un requisito consistía en mantener una cadencia de 80 pedaladas por minuto (cuando el ciclista mantenía durante 10 segundos una cadencia 75 pedaladas o inferior, se daba por finalizada la prueba), otros requisitos consistían en no poder modificar el desarrollo (plato grande y un piñón medio), ni cambiar la postura de pedaleo (toda la prueba había que hacerla sentada en el sillín).

Tras los 10 minutos de calentamiento, comenzaba la parte exigente de la prueba y los ciclistas, tenían que movilizar 100 vatios en el primer escalón (excepto los de alto nivel, que empezaban en 150 vatios para evitar que la prueba durase más de 12 minutos y perder fiabilidad en los resultados obtenidos). Al ser una prueba incremental, cada minuto se aumentaba la intensidad en 25 vatios (100, 125, 150, 175...) ya que el rodillo estaba programado para que cada minuto, aumentase la resistencia a vencer por el ciclista y la prueba finalizaba, cuando el sujeto llegaba

a la extenuación o incumplía algún requisito (principalmente el de no poder mantener una cadencia de 80 pedaladas por minuto).

Tras finalizar el test y sin bajarse de la bicicleta, el ciclista seguía pedaleando durante 10 minutos para volver a la calma, mientras se controlaba la recuperación a través de su frecuencia cardiaca, en los primeros 5 minutos tras finalizar la prueba. Durante estos minutos, el ciclista comentaba con el entrenador las sensaciones que había tenido a lo largo del test.

La prueba, era controlada en todo momento el entrenador, mientras observaba y anotaba los datos ofrecidos por la plataforma de Bkool. Para controlar la intensidad, se utilizó un pulsómetro (Polar CS500, Oulu, Finlandia) y su respectivo medidor de cadencia. Los datos obtenidos por el pulsómetro y por la plataforma de Bkool, se pasaban al ordenador para que posteriormente, el entrenador analizase dichos datos.

Una vez que finalizaba la prueba, los datos del pulsómetro y de Bkool, se transferían al ordenador para posteriormente, analizar las gráficas con los resultados obtenidos. Si el test se había realizado correctamente, se mostraba una gráfica en la cual, llegaba un momento el que las pulsaciones, perdían el incremento continuo y exponencial (López-Chicharro, 2004) para incrementarse en menor medida, es decir, pasaban de ser una línea recta a ser un línea curva. Es en ese punto donde se encuentra el umbral anaeróbico del ciclista (Conconi et al., 1982; Pinto et al., 2015; Grazi et al., 2008).

Análisis estadístico:

Todos los datos obtenidos, fueron analizados mediante el software SPSS (versión 14). El método estadístico utilizado, fue un *t*-test de muestras relacionadas.

Se estableció, que existían diferencias significativas cuando $p < 0,05$. Para la comparación entre las distintas fases de la temporada, se determinó que * $p < 0,05$ (entre pretemporada y pre-competición); # $p < 0,05$ (entre pretemporada y competición); § $p < 0,05$ (entre pre-competición y competición).

Una vez que todos los datos obtenidos fueron analizados, se obtuvieron los valores y su desviación para cada categoría. Estos datos se pueden apreciar en la tabla 2 y se muestran en el estudio como media \pm SD.