PubliCE, (PubliCE) 2005

Research

Efectos del Entrenamiento en Posición Aerodinámica sobre la Economía Metabólica

W. Peveler[1], P. Bishop[2], M. Richardson[2] y J. Smith[2]

[1]*Mississippi University for Women, Columbus.*
[2]*University of Alabama, Tuscaloosa, AL, Estados Unidos.*

RESUMEN

Estudios previos han examinado el costo metabólico del ciclismo en posición aerodinámica y hallaron que había un mayor costo metabólico en esta posición en comparación con la posición erguida. Estos estudios solamente examinaron a ciclistas que entrenaban en posición erguida. Este estudio comparó a ciclistas que solamente entrenan en posición erguida con triatletas que solamente entrenaban en posición aerodinámica, para determinar si había especificidad con respecto a la posición de entrenamiento. Ambos grupos completaron dos pruebas de 30 minutos (una prueba en posición erguida y la otra en posición aerodinámica) en dos días diferentes con una carga en Watts que requería el 70% del VO_2máx., y se registró el VO_2. Se halló que para los ciclistas, la media de VO_2 en la posición aerodinámica (43.3±5.5ml.kg^{-1}.min^{-1}) fue significativamente mayor que la media en posición erguida (41.2±5.8ml.kg^{-1}.min^{-1}), mientras que para los triatletas, las medias entre las posiciones aerodinámica (38.5±5.4ml/kg/min) y erguida (38.0±5.3ml/kg/min) no fueron significativamente diferentes a un nivel de $p<0.05$. Parece no haber un costo metabólico normal asociado con pedalear en posición aerodinámica cuando se examina a triatletas que entrenan solamente en esa posición. A partir de los resultados de este estudio se puede recomendar que los ciclistas y triatletas deberían entrenar en la misma posición en la que corren.

Palabras Clave: Ejercicio, Ciclismo, Triatlón, Aerodinámica, Metabolismo

INTRODUCCION

Con los avances en el equipamiento y en el entrenamiento, los récords en las pruebas contrarreloj han caído dramáticamente desde la década de los 80’ cuando se introdujeron por primera vez los manillares aerodinámicos. La aerodinámica es muy importante, tanto para los ciclistas que compiten en pruebas contrarreloj, como para los triatletas debido al hecho de que en ninguna de estas pruebas está permitido “chuparse” (*draft*) detrás de otro competidor. Un ciclista de pruebas contrarreloj que compite en una carrera de 40km puede ahorrar 90 s por medio de la utilización de un manillar aerodinámico y de pedalear en una posición aerodinámica (1). Esta es una gran cantidad de tiempo si se considera que los ciclistas a menudo están separados por menos de un segundo cuando arriban a la línea de llegada.

Las pruebas contrarreloj constituyen una importante oportunidad para sacar una ventaja de tiempo en carreras por etapas tales como el Tour de Francia. Recientemente el ciclismo profesional ha tendido a entrenar específicamente para las pruebas contrarreloj. Testimonios anecdóticos de triatletas y entrenadores afirman que hay una especificidad para el entrenamiento en una posición determinada. Esto plantea la interrogante acerca de si existe o no especificidad para la

posición de pedaleo de un ciclista en una prueba contrarreloj. En la posición para triatlón o para una prueba contrarreloj, el sujeto se agazapa sobre el manillar aerodinámico, la cual es dramáticamente diferente con respecto a la posición tradicional de pedaleo. Si se observa la resistencia aerodinámica total de un ciclista, la bicicleta solo constituye el 25-35% de la resistencia total (2). El cuerpo del ciclista constituye el otro 65-75%. Por lo que tiene sentido que la reducción del área plana del ciclista expuesta al viento, pueda reducir la resistencia al aire. La utilización del manillar aerodinámico reduce dramáticamente el área superficial del ciclista. La efectividad de la utilización del manillar aerodinámico para reducir la resistencia al viento está bien documentada (1, 3, 4). Cuando Sheel et al (5) observaron a ciclistas que pedaleaban al aire libre hallaron que la posición aerodinámica, en comparación con la posición erguida con las manos sobre las palancas de los frenos, era mas eficiente en cuanto al gasto energético. Tanto el VO_2 como la VE eran menores en la posición aerodinámica que con las manos sobre las palancas de frenos. Esto tiene sentido si se considera que con la posición aerodinámica se espera una reducción de la resistencia de 100 Watts mientras que esta posición solo producirá una perdida de potencia de 9 Watts en (6).

Esto plantea el siguiente interrogante, ¿cuál es el incremento en el costo metabólico de pedalear en la posición aerodinámica? Diversas investigaciones han estudiado el costo metabólico de pedalear en posición aerodinámica. Gnehm comparó la posición erguida con la aerodinámica utilizando 14 ciclistas de elite, y halló que había un mayor costo metabólico en la posición aerodinámica en comparación con la posición más tradicional de carrera (6). Ashe et al. evaluaron a sujetos desentrenados para examinar la economía entre las posiciones aerodinámica y erguida y hallaron un incremento del costo metabólico en respuesta a pedalear en posición aerodinámica (7). En 1994 Berry halló que había una tendencia hacia una mayor brecha de tiempo, aunque no significativamente diferente, entre pedalear en posición aerodinámica vs. posición erguida (8). Todos los ciclistas tardaron más cuando pedalearon en la posición erguida de lo que lo hicieron cuando pedalearon en la posición aerodinámica. Cuando se observaron los tiempos individuales, se halló que hubo una menor diferencia de tiempo entre aquellos que entrenaron ocasionalmente con un manillar aerodinámico que aquellos que no lo hicieron. Berry, sugirió en base a esta observación, que los individuos que compiten en la posición aerodinámica deberían entrenar en esta posición. En el estudio de Berry los ciclistas tuvieron que pedalear al 80% del VO_2máx. y 6 de los 22 sujetos no pudieron completar los 60 minutos del test. Una intensidad del 80% del VO_2máx. pudo haber sido muy dura como para que los ciclistas mantuvieran un estado estable lo suficientemente largo para comparar los datos de una prueba a otra. En el estudio de Gnehm los ciclistas pedalearon al 70% del VO_2máx. (6). En otro estudio, llevado a cabo con cuatro triatletas moderadamente entrenados, dos escaladores de gran altura y cuatro individuos desentrenados, se halló que no había diferencias significativas entre las dos posiciones (9); sin embargo esto podría esperarse con participantes poco entrenados y triatletas moderadamente entrenados.

Cuando se pedalea en la posición aerodinámica se cambia el ángulo de la cadera en comparación con la posición erguida. Heil et al. (10) reportaron que un cambio de 11º en el ángulo de la cadera afectaba las respuestas cardiorespiratorias. Este es un cambio similar al que ocurre cuando se pasa de la posición erguida a la posición aerodinámica.

En todos estos estudios, con excepción del estudio de Origenes y Ashe (7, 9), los sujetos eran ciclistas entrenados que entrenaban habitualmente en bicicletas con manillares tradicionales y no con manillares aerodinámicos. Podría haber especificidad con respecto a la posición de entrenamiento y el cambio en el ángulo podría explicar porque pedalear con manillar aerodinámico fue metabólicamente menos eficiente, tanto en el estudio de Gnehm (6) como en el estudio de Ashe (7). Heil et al. (11) estudiaron los cambios en la cinemática de las extremidades inferiores y en el ángulo de la cadera. Estos investigadores hallaron que los ciclistas tenían un mejor rendimiento con ángulos que fueran similares a los de las bicicletas que utilizaban para entrenar. Esto deriva en la cuestión de si entrenar en la posición aerodinámica hace que el ciclista sea metabólicamente más eficiente en esta posición.

El presente estudio investigó a un grupo de ciclistas entrenados que nunca entrenó con manillar aerodinámico, y a un grupo de triatletas entrenados quienes entrenaban solamente con manillar aerodinámico. Se hipotetizó que habría un cambio suficiente en el ángulo entre las dos posiciones, aerodinámica y erguida, que provocaría adaptaciones específicas del entrenamiento en la posición en la cual entrenan los deportistas. Esto es, los triatletas que entrenan solamente con manillar aerodinámico serían más eficientes en esta posición y los ciclistas que entrenan en la posición tradicional serían más eficientes en esta posición.

METODOS

Sujetos

Se le ofreció a ciclistas (n=10) y a triatletas entrenados (n=10) participaran en este estudio. Los ciclistas habían estado entrenando y corriendo por al menos un año y no entrenaban con manillar aerodinámico. La experiencia de los ciclistas

estaba en un rango que iba desde la categoría 4 hasta ciclistas que habían calificado para los nacionales universitarios. Los triatletas habían estado entrenando y corriendo por al menos 1 años y entrenaban solamente con manillar aerodinámico. La experiencia de los triatletas iba desde carreras de distancia de sprint hasta distancia *Ironman*. Todos los sujetos eran hombres para eliminar potenciales diferencias sexuales.

Antes de participar en el estudio, todos los sujetos completaron un consentimiento informado, así como también un cuestionario de aptitud para la actividad física (PAR-Q) y un cuestionario acerca del nivel de salud (HSQ) de acuerdo con la política del Comité de Revisión Institucional local para la Protección de Sujetos Humanos. La edad de los sujetos se limitó a menos de 45 años y más de 18 años. Se les pidió a los participantes que se presentaran a todas las pruebas descansados y bien hidratados.

Procedimientos

El consumo de oxígeno se midió utilizando calorimetría indirecta automatizada (Vacumed VistaMini-CPX, Ventura CA), el equipo fue calibrado antes de cada prueba de acuerdo con las directivas de los fabricantes (Vacumed Instruction manual Y-17670, 2000) utilizando gases de concentración conocida. Las mediciones de volúmenes se calibraron al comienzo de cada día de evaluación con una jeringa de calibración de 7 L. La precisión de las mediciones del laboratorio es de aproximadamente 3% en base a la confiabilidad y a la comparación con otros sistemas. Durante este estudio se utilizó un cicloergómetro Monark 824 E (Monark, Sweeden). El ergómetro fue equipado con un manillar aerodinámico Syntace (Scott, US). Se les pidió a los ciclistas y a los triatletas para que traigan su propio calzado y sus propios pedales para colocarlos en el cicloergómetro con el propósito de personalizar el pedaleo tanto como fuera práctico. Se utilizó un goniómetro (LeMond Fitness Inc.) para colocar el asiento a una altura tal que la rodilla quedara a un ángulo de 25-35º (12).

Los sujetos realizaron tres pruebas separadas por al menos un día de descanso. La primera prueba consistió en un protocolo progresivo en el cicloergómetro para determinar el VO_2máx. Todos los sujetos completaron el protocolo en posición erguida. El protocolo comenzó con los sujetos pedaleando a más de 85rev/min y menos de 110rev/min dependiendo de su cadencia personal de pedaleo. Para los primeros 2 minutos la resistencia se estableció a 1kp. Luego la resistencia se incremento en 0.5kp cada 2 minutos hasta el agotamiento. Cada vez que los sujetos reducían la cadencia de pedaleo por debajo de las 85rev/min eran estimulados para que incrementaran la misma inmediatamente hasta que no pudieran mantenerla por encima de las 85rev/min. En este punto el test se daba por terminado.

Se consideró que los sujetos habían alcanzado el VO_2 cuando su frecuencia cardíaca (HR) era igual a la HR máxima estimada a partir de la edad, el índice de intercambio respiratorio (RER) fuera mayor a 1.15, y/o alcanzaran una meseta, una nivelación o una declinación en el VO_2 con el incremento en la intensidad de ejercicio (13). También se registró el índice de esfuerzo percibido (RPE) a cada minuto durante el test utilizando la escala de Borg, la cual tiene una escala que va desde 6 a 20 (14).

En la segunda y tercer prueba, se les pidió a los sujetos que pedalearan durante 30 minutos a una intensidad igual al 70% del VO_2máx. Durante una de las pruebas, se les requirió a los sujetos que pedalearan en posición aerodinámica, mientras que en la otra prueba se les pidió que pedalearan en posición erguida. La cadencia de pedaleo se mantuvo lo más cercana posible a las 90rev/min, dependiendo de la cadencia normal de entrenamiento utilizada por cada individuo. Una vez alcanzada esta cadencia se les pidió a los sujetos mantuvieran esta misma cadencia durante las dos pruebas. El VO_2 y el RPE se midieron cada 2 minutos con el propósito de comparar las dos pruebas. Se colocó un ventilador industrial dirigido hacia los sujetos con el propósito de ayudar a mantener baja la temperatura corporal. El orden de las pruebas fue equiparado tanto para los ciclistas como para los triatletas. Las dos pruebas fueron comparadas para determinar la economía metabólica.

Análisis Estadísticos

La economía metabólica se determinó comparando las medias de los datos del VO_2, RPE y HR, registrados a lo largo de las pruebas de 30 minutos entre las posiciones aerodinámica y erguida. Fue usado el test-T independiente para comparar las medias y fue usado un nivel alfa establecido a priori a $p<0.05$ para establecer la significancia.

RESULTADOS

Los datos descriptivos tanto para los ciclistas como para los triatletas, que participaron en este estudio, se muestran en la Tabla 1. La media de VO_2 en la posición aerodinámica ($43.3\pm5.5 ml.kg^{-1}.min^{-1}$ fue significativamente mayor que la media de

VO_2 en la posición erguida (41.2±5.8ml.kg^{-1}.min^{-1}). Cuando se comparó el VO_2 en los triatletas, las medias entre las posiciones aerodinámica y erguida (38.5±5.4 vs. 38.0±5.3ml.kg^{-1}.min^{-1}, respectivamente) no fueron significativamente diferentes.

	CT		AT	
Variable	Rango	Media±DE	Rango	Media±DE
Edad (años)	20.0-41.0	27.4±7.0	20.0-44.0	33.2±7.0
Talla (cm)	168.4-193.0	178.6±6.6	165.1-180.3	173.2±5.8
Peso (kg)	69.0-81.0	7.30±3.6	63.0-83.0	73.7±6.7
Grasa Corporal (%)	5.1-19.9	8.9±4.3	5.1-12.4	10.6±2.4
VO_2máx. (ml.kg-^{1}.min-^{1})	49.0-73.0	63.2±9.0	43.5-63.0	53.0±6.3

Tabla 1. *Estadística Descriptiva.*

Hubo una diferencia significativa ($p<0.05$) en el RPE entre la posición aerodinámica y la posición erguida en los ciclistas (12.2±1.7 vs. 11.6±1.5, respectivamente) y en los triatletas (11.7±1.9 vs.12.4±2.20, respectivamente).

Se hallo que la media de HR (latidos/minuto) en la posición erguida para los ciclistas fue significativamente mayor ($p<0.05$) que en la posición aerodinámica (155.0±10.3 vs. 153.3±12.7 latidos/min, respectivamente). No hubo diferencias significativas en la HR entre las posiciones aerodinámica y erguida (144.4±14.2 vs. 144.4±14.1 latidos/min, respectivamente) en los triatletas. La Tabla 2 muestra las frecuencias cardíacas medias individuales para ambas posiciones tanto para los ciclistas como para los triatletas.

DISCUSION

El propósito de este estudio fue determinar si el incremento en el costo metabólico de pedalear en la posición aerodinámica, utilizada comúnmente por los ciclistas, podría ser atenuado por medio del entrenamiento en esta posición. Las investigaciones previas han sido ambiguas y, en su mayoría, solamente investigaron a ciclistas. Esta es la primera vez que un grupo de ciclistas entrenados y de triatletas entrenados ha sido examinado con este propósito.

VO_2 Submáximo

Ambos grupos pedalearon al 70% del VO_2máx., tanto en la posición aerodinámica como en la posición erguida y los valores medios fueron comparados para determinar en cual posición eran más eficientes. Se halló que los ciclistas, quienes solo entrenaban en la posición erguida, eran más económicos en esta posición. Esto respalda los hallazgos de Gnehm et al (6) quien mostró que ciclistas entrenados tenían un incremento en el costo metabólico al pedalear en la posición aerodinámica. Esto apoya los hallazgos de Ashe et al. (7), quienes examinaron a sujetos que no entrenaban en ciclismo con el propósito de determinar si había diferencias entre las dos posiciones sin los efectos del entrenamiento que ocurren debido al ciclismo. Estos investigadores hallaron que los sujetos que nunca entrenaban en ciclismo tienen un incremento en el costo metabólico en respuesta a pedalear en la posición aerodinámica.

Si bien cuando se examinó a los ciclistas se halló un incremento en el costo metabólico como respuesta a pedalear en la posición aerodinámica, no se hallaron diferencias significativas en el VO_2 entre las posiciones aerodinámica y erguida, cuando se examinó a los triatletas. La media en las dos posiciones fue casi idéntica (posición erguida 38.0mL.kg^{-1}.min^{-1} y posición aerodinámica 38.5mL. kg^{-1}.min^{-1}). Esto muestra que uno de los beneficios de entrenar en la posición aerodinámica es la atenuación del incremento en el costo metabólico hallado normalmente en los ciclistas cuando estos pedalean en la posición aerodinámica. Esto se basa en las observaciones de Berry et al. (8), quienes reportaron una pequeña tendencia hacia una mejor economía metabólica en ciclistas que ocasionalmente entrenaban con manillares aerodinámicos. Berry et al. examinaron el tiempo hasta el agotamiento en ambas posiciones y hallaron que los ciclistas que nunca habían entrenado con manillares aerodinámicos tenían la mayor diferencia entre los tiempos de ejercicio en la posición erguida y aerodinámica. Si bien no fue significativo, el tiempo hasta el agotamiento entre las posiciones erguida y aerodinámica fue menor para aquellos ciclistas que entrenaban ocasionalmente con manillares aerodinámicos.

	CT	
Sujeto	*Posición Erguida*	*Posición Aerodinámica*
1	146.73	139.60
2	159.13	150.73
3	144.00	163.33
4	151.47	143.07
5	152.47	152.67
6	164.13	158.93
7	152.13	156.00
8	148.87	156.60
9	154.00	161.07
10	176.47	178.07
	AT	
Sujeto	*Posición Erguida*	*Posición Aerodinámica*
1	141.13	162.13
2	131.73	136.93
3	159.13	163.66
4	124.80	130.86
5	121.93	124.80
6	154.90	158.40
7	148.06	136.73
8	162.86	155.06
9	137.73	144.86
10	136.60	131.30

Tabla 2. *Frecuencias cardíacas (latidos/min) para cada sujeto y para cada grupo en ambas posiciones.*

Este estudio también respaldaría los hallazgos de Heil et al (11) quienes reportaron que existe una especificidad para la posición de entrenamiento. Heil et al. hallaron que los ciclistas tenían mejores rendimientos cuando los ángulos del asiento eran más similares a los de las bicicletas en las cuales entrenaban. Este estudio mostró que la producción de potencia aeróbica fue específica de la posición en la cual estos atletas entrenaban, y esto podría explicar la ausencia de un incremento en el costo metabólico al pedalear en posición aerodinámica en los triatletas.

Frecuencia Cardiaca

En este estudio también se examinó la frecuencia cardíaca para verificar la economía entre las posiciones aerodinámica y erguida. En los triatletas no se hallaron diferencias significativas en la HR entre las posiciones aerodinámica y erguida (ambas 144.4 latidos/min). Esto podría esperarse debido al hecho de que el VO_2 entre ambas posiciones fue idéntico y la HR y el VO_2 tienen una relación lineal.

Para los ciclistas, la HR media en la posición erguida (155.0 latidos/min) fue mayor que la HR en la posición aerodinámica (153.3 latidos/min). Si bien este hallazgo fue estadísticamente significativo, 1.7 latidos/min no es una gran diferencia. Sin embargo, dada la relación lineal entre la HR y el VO_2, este fue un hallazgo no esperado. Cuando se examinaron los datos individuales, se observó que 4 de los 10 ciclistas mostraron menores HR en la posición aerodinámica en comparación con la posición erguida, aun cuando su VO_2 fue mayor en la posición aerodinámica. Cuando se examinaron los datos individuales de los triatletas se observó que 4 de ellos tuvieron mayores frecuencias cardíacas en la posición erguida, con una diferencia media de 7.9 latidos/min. Seis de los triatletas tuvieron mayores HR en la posición aerodinámica, aun cuando su VO_2 fue ligeramente mayor en la posición erguida. Cinco de estos 6 triatletas tuvieron HR medias ligeramente mayores, con una diferencia media de 5.5 latidos/min. Uno de los seis tuvo una frecuencia cardíaca significativamente mayor con una diferencia media de 21 latidos/min, aun cuando su VO_2 fue básicamente el mismo entre las posiciones erguida (media 36.7mL.kg^{-1}.min^{-1}) y aerodinámica (media 36.1mL.kg^{-1}.min^{-1}), siendo el valor en la posición aerodinámica ligeramente menor. Esto no parece ser una tendencia.

Si bien el VO_2 y la HR comparten una relación lineal, la estimación del VO_2 a partir de la HR puede desviarse hasta un 20% del valor real registrado del VO_2 (15). Es posible que no haya habido una diferencia suficiente en el VO_2 entre las pruebas 1

y 2 como para mostrar un efecto a través de la HR, aun cuando hubo una diferencia significativa en el VO_2 entre las pruebas. La frecuencia cardiaca puede variar de un día al otro y el nivel de hidratación puede tener una gran influencia sobre la HR (15). Este estudio fue llevado a cabo en Tuscaloosa, Alabama durante el verano y la temperatura estuvo por encima de los 100ºF. Todos los participantes estaban entrenando activamente y estaban en plena temporada de competencias. Bajo estas condiciones podría ser bastante difícil mantener adecuados niveles de hidratación, lo cual pudo haber tenido un rol en la variación de la HR, debido a que la evaluación se llevó a cabo en un ambiente cerrado y a la misma temperatura ambiente, utilizando un ventilador industrial para enfriar a los sujetos.

Una diferencia en el volumen sistólico pudo haber afectado la frecuencia cardiaca entre las dos posiciones. El ejercicio en posición supina produce mayores volúmenes sistólicos en comparación con la posición erguida debido a la reducción del efecto de la gravedad que se produce en la posición supina (13). Este incremento en el volumen sistólico podría provocar una disminución en la frecuencia cardíaca a cualquier nivel submáximo de ejercicio, debido a un incremento en la precarga. Franke et al. (16) hallaron que en reposo, el volumen sistólico en la posición aerodinámica era más similar a la posición supina que a la posición erguida. Sin embargo, hallaron que no había diferencias significativas en el volumen sistólico entre las posiciones aerodinámica y erguida durante el ejercicio.

Indice de Esfuerzo Percibido

El RPE fue utilizado para determinar con cual posición se sentía mejor cada individuo. Se halló que los ciclistas tuvieron menores valores de RPE en la posición erguida (11.6) en comparación con la posición aerodinámica (12.2) y que los triatletas tuvieron menores valores de RPE en la posición aerodinámica (11.7) en comparación con la posición erguida (12.4). Esto muestra que cada individuo se sintió más confortable ejercitándose en la misma posición en la que entrenaba.

CONCLUSION

Al examinar el VO_2 y el RPE es aparente que la producción de potencia aeróbica es influenciada por la posición en la cual entrenan los sujetos. Se halló que los ciclistas eran metabólicamente más eficientes en la posición erguida que en la posición aerodinámica. Se halló que los triatletas tenían el mismo VO_2, tanto en la posición aerodinámica como en la posición erguida. Al parecer los triatletas no tuvieron el mismo incremento en el costo metabólico en comparación con los ciclistas. Se halló que los ciclistas estaban más cómodos en la posición erguida y que los triatletas estaban más cómodos en la posición aerodinámica. Por lo tanto se podría recomendar que los triatletas realicen la mayoría de su entrenamiento con el manillar aerodinámico, dado el hecho de que esta es la posición en la cual compiten. Por otro lado los ciclistas deberían realizar la mayor parte de su entrenamiento en la posición erguida y ocasionalmente entrenar con el manillar aerodinámico si es que van a participar en pruebas contrarreloj.

Si bien los ciclistas compiten la mayor parte del tiempo en posición erguida también lo hacen en posición aerodinámica durante las pruebas contrarreloj. El incremento en su eficiencia metabólica en la posición aerodinámica podría incrementar en gran proporción su rendimiento en las pruebas contrarreloj. Se necesitan más investigaciones para determinar cuanto tiempo deberían entrenar los ciclistas en la posición aerodinámica para ayudarlos a mejorar su rendimiento en las pruebas contrarreloj sin afectar negativamente su rendimiento en las competiciones comunes. También, en futuras investigaciones, sería de utilidad tener un cicloergómetro que pueda ajustarse a cada sujeto.

Dirección para el envió de correspondencia

Will Peveler PhD., Department of Health and Kinesiology, Mississippi University for Women, Columbus, MS, 39701-5800. Teléfono: (662) 329-7179; Fax: (662) 329-8554; correo electrónico: wpeveler@muw.edu.

REFERENCIAS

1. Kyle CR (1989). "The Aerodynamics of Helmet and Handlebars". *Cycling Sci; 1:22-25*
2. Burke, ER (1996). High-Tech Cycling. *Champaign, IL, Human Kinetics*
3. Hagberg JM, McCole SD (1990). "The Effects of Drafting and Aerodynamic Equipment on Energy Expenditure During Cycling". *Cycling Sci; 2(3):19-22*
4. Capelli C, Rosa G, Butti F, Ferretti G, Veicsteinas A, Prampero PE (1993). "Energy Cost and Efficiency of riding Aerodynamic Bicycles". *Eur. J Appl Physiol Occup Physiol; 67:144-149*

5. Sheel WA, Lama I, Potvin P, Coutts KD, McKenzie DC (1996). Comparison of aero-bars Verses Traditional Cycling Postures on Physiological Parameters During Submaximal Cycling. *Can J. Appl. Physiol; 21(1):16-22*
6. Gnehm P, Reichenbach S, Altpeter E, Widmer H, Hoppeler H (1997). Influence of Different Racing Positions on Metabolic Cost in Elite Cyclist. *Med. Sci. Sports Exerc; 29(6):818-23*
7. Ashe MC, Scroop GC, Frisken PI, Amery CA, Wilkins MA, Khan KM (2003). Body Possition Affects Performance in Untrained Cyclists. *Br J Sports Med; 37:441-444*
8. Berry MJ, Pollock WE, Nieuwenhuizen K, Brubaker PH (1994). A Comparison Between Aero and Standard Racing Handlebars During Prolonged Exercise. *Int J Sports Med; 15(1):16-20*
9. Origenes M, Bank SE, Schoene Robert B (1993). Exercise Ventilatory Response to Upright and Aero-posture Cycling. *Med. Sci. Sports Exerc; 25(5):608-12*
10. Heil DP, Wilcox AR, Quinn CM (1995). Cardiorespiratory Response to Seat-tube Angle Variation During Steady-State Cycling. *Med Sci Sports Exerc ; 27:730-735*
11. Heil DP, Derrick TR, Whitlesey S (1997). The Relationship Between Preferred and Optimal Positioning During Submaximal Cycle Ergometry. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol; 75(2):160-165*
12. Holmes JC, Pruitt AL, Whalen NJ (1994). Lower Extremity Overuse in Bicycling. *Clinics in Sports Medicine; 13(1):187-205*
13. McArdle WD, Katch FI, Katch VL (1996). Exercise Physiology: Energy, Nutrition, and Human Performance. *Baltimore, Maryland, William & Wilkins*
14. Borg, GAV (1998). Borgs Perceived Exertion and Pain Scales. *Champaign. IL, Human Kinetics*
15. Achten J, Jeukendrup AE (2003). Heart rate Monitoring: Applications and Limitations. *Sports Med; 33(7):517-38*
16. Franke WD, Betz CB, Humphrey RH (1994). Effects of Rider Position on Continuous Wave Doppler Response to Maximal Cycle Ergometry. *Br J Sp Med; 28(1):38-42*

Cita Original

Peveler W, Bishop P, Smith J, Richardson M. Effects Of Training In An Aero Position On Metabolic Economy. JEPonline; 8 (1): 44-50, 2005.