

International Association of Computer Science in Sport 7th International Symposium

22nd to 25th September, 2009

Australian Institute of Sport Canberra, Australia

Determination of the external load Elite men's Olympic Triathlon and its correlation with the overall performance result.

Roberto Cejuela¹, José A. Pérez-Turpin¹, Juan M. Cortell¹,

Juan J. Chinchilla, José G. Villa²

¹Departmental Section of Physical Education and Sports, University of Alicante (Spain)

²Department of Physical Education and Sports, University of León (Spain)

· Corresponding author. Tel.: + 34-965903721; fax: +34-965903721.

E-mail address: Roberto.Cejuela@ua.es

Abstract

Olympic Triathlon is a combined endurance sport, which includes back-to-back swimming, cycling and running, always in that order and with total time measurements including the transition between events. The goal of the current study was to analyze the transition time during nine international, top-level, competitive event (6 World Championship and 3 Olympic Games men's events), in particular the Lost Time T1 and T2 and its correlation with the final race scores. The results showed that the percentages of total time corresponding to each segment of the race and the transition times from segment to segment were: 16,2% for the swim, 0,74% for the swim-bike transition (T1), 53,07% for the bike-ride, 0,47% of the time for the bike-run transition (T2), and finally 29,5% for the run. The correlation coefficients between time durations of segments and transitions, and the final overall classification were $r=0,36$ for the swim, $r=0,25$ for T1, $r=0,34$ for the Lost Time T1, $r=0,62$ for the bike-ride, $r=0,33$ for T2, $r=0,43$ for the Lost Time T2, $r=0,83$ for the run. In conclusion, determining the Lost Time T2 may contribute significant information about the performance in Elite Olympic Triathlon. The run seems to be strongly related to performance success.

KEY WORDS, TRIATHLON, PERFORMANCE, TRANSITION, CORRELATION, LOST TIME

Introduction

Triathlon is a combined endurance sport, which includes back-to-back swimming, cycling and running, always in that order, and with total time measurements including the transition between events. Transition time refers to the lapse from swimming to biking (T1) and from biking to running (T2).

Thirty years have passed since triathlon was first conceived as a sport, and it has been officially by the International Olympic Committee and included as an Olympic sport since the Sydney 2000 Games. It was a resounding success, with numerous countries taking part in the inaugural event.

The distance of each of the phases in Triathlon (swimming, cycling and running) depends on the level of competition. However, the most common race is the Olympic Distance Triathlon (1.5 km swim, 40 km bike, and 10 km run). In order to study the performance in triathlon, we have taken into account that one of the most difficult (strategically and physically) parts of the triathlon is the transition from cycling to running.

Transitions are a fundamental part of triathlon and have a large impact on the final result in many high-level competitive events. Some authors have assessed the duration of the transition phases (Sleivert et al., 1996; Hue et al., 1998) and reported times for elite tri-athletes at national or international levels that could be as short as >8 seconds per phase while considering a transition phase only actions carried out within the box. The first transition period T1 (swimming-to-biking) includes undressing the neoprene suit, put off the swimming hat and the goggles, and then wearing the protecting helmet while getting the bike. The second transition period T2 (biking-to-running) this includes parking the bike, undressing the helmet and wearing running shoes.

The speed and precision in the execution of the transitions is a major factor affecting the performance of a triathlon. The smaller the competition distance, the greater importance of transitions is. The percentage of time represented by transitions have been previously reported to be within 0,8-1,5% of the time measured in short triathlon Sprint competition (750 m swimming, 20 km cycling and 5 km run; Cejuela et al., 2007).

In the current study, we analyzed analyze the time of each segment (swim, bike and run) and transition (T1 and T2) during nine international, top-level, competitive event, where we conjecture about the importance of the times of transition with regards to the final competition scores. Specifically, we hypothesized about the possible relationship between the time lapse T1 and T2 (Lost Time of transition swim-bike and bike-run) for each competitor with respect to the triathlete that started the run first and the final competition rank.

Methods

Se estudiaron 9 competiciones masculinas, del máximo nivel internacional del triatlón mundial, desde el año 2000 al año 2008, el número total de participantes fue de 537 (n=537), con una media de $59,67 \pm 11,08$ participantes por competición, correspondientes a 6 World Championship (2000, 2001, 2004, 2006, 2007 y 2008) and 3 Olympic Games men's events (2000, 2004 y 2008). Los participantes analizados han sido todos aquellos que finalizaron las competiciones. Se descartaron los resultados parciales de los participantes descalificados o retirados.

International Association of Computer Science in Sport 7th International Symposium

22nd to 25th September, 2009

Australian Institute of Sport Canberra, Australia

En colaboración con la International Triathlon Union (ITU) recogimos los datos de todas las pruebas. Para la toma de tiempos en todas las competiciones, se utilizó el sistema de cronometraje de chip electrónico "ChampionChip®". Cada triatleta llevaba el chip en su tobillo izquierdo y al pasar por encima de las alfombras lectoras situadas en la salida, entrada y salida del área de transición y línea de meta, se registraban los tiempos parciales de cada segmento y transición y el total de la competición. Los datos de los campeonatos del mundo de los años 2002, 2003 y 2005 no han sido analizados debido a que el cronometraje no registró los tiempos empleados en realizar las transiciones (T1: natación-ciclismo, T2: ciclismo-carrera a pie), sino que los incluyó en el tiempo del segmento de ciclismo.

Determinación del tiempo perdido en la T1 y la T2

El tiempo de pérdida en las transiciones, T1 o T2, es el tiempo de retraso, en segundos, respecto al 1^{er} triatleta que sale en bicicleta, para la T1, o a correr, para la T2, del área de transición, por parte del resto de triatletas que llegaron al área de transición dentro del mismo grupo de natación o pelotón de ciclismo.

Este tiempo se debe a dos factores:

Uno, el puesto que ocupa el triatleta en el grupo de natación o el pelotón de ciclismo a la entrada al área de transición, cuanto más retrasado sea este puesto más tiempo de pérdida en la transición, y viceversa, cuanto más delantero sea este puesto, menor tiempo de pérdida en la transición.

Dos, el tiempo que tarde el triatleta en hacer las acciones específicas del área de transición. El cambio de equipamiento y transitar por el área habilitada para ello.

Este tiempo es válido como referencia únicamente para el grupo de natación o pelotón de ciclismo en el cual llegue al área de transición cada triatleta; no es comparable entre grupos.

El tiempo perdido en las transiciones se puede calcular mediante la filmación y análisis del video de cada entrada y salida de la transición (Cejuela et al, 2008). o mediante el cálculo matemático basado en los tiempos parciales registrados.

El tiempo de pérdida en la T1 se calcula mediante la diferencia de tiempo con el mejor parcial del tiempo acumulado de prueba al final de la T1, que pertenezca al mismo grupo de natación a la entrada de la T1. El criterio para determinar si dos triatletas pertenecen al mismo grupo de natación es que la diferencia temporal entre el parcial del tiempo al final del segmento de natación del triatleta precedente en posición al triatleta a analizar no sea mayor de 5 segundos.

Lost Time T1 = Time acumulado del mejor parcial – tiempo acumulado de cada triatleta del mismo grupo de natación

Tiempo acumulado = Tiempo del segmento de natación + tiempo transición natación-ciclismo (T1)

El tiempo de pérdida en la T2 se calcula mediante la diferencia de tiempo con el mejor parcial del tiempo acumulado de prueba al final de la T2, que pertenezca al mismo pelotón ciclista a la entrada de la T2. El criterio para determinar si dos triatletas pertenecen al mismo pelotón ciclista es que la diferencia entre el parcial acumulado del tiempo al final del segmento de ciclismo del triatleta precedente en posición al triatleta a analizar no sea mayor de 5 segundos.

Lost Time T2=Tiempo acumulado del mejor parcial – tiempo acumulado de cada triatleta del mismo peloton de ciclismo

Tiempo acumulado=Tiempo del segmento de natación+Tiempo de la transición T1+Tiempo segmento de ciclismo+Tiempo transición T2

La justificación de que la diferencia temporal admitida para pertenecer al mismo grupo de natación o pelotón de ciclismo sea como máximo de 5 segundos entre triatletas se debe a los cálculos de resistencia hidrodinámica de cuál es la distancia ideal para nadar a estela de otro triatleta, que aún no están demostrados pero sí que esta circunstancia es beneficiosa para el triatleta que la realiza (Chatard et al, 1998; Bentley et al, 2007), y nadar a más de 5 segundos del triatleta precedente está demostrado que no tiene ningún beneficio respecto a nadar solo.

En el mismo concepto se basa el criterio para la pertenencia al pelotón de ciclismo. Dentro de un pelotón, la separación entre corredores marca tener una mayor o menor resistencia aerodinámica al avance. Con separaciones prácticamente nulas entre ruedas se llega a disminuciones del 44% en la resistencia aerodinámica al avance, siendo del 27% cuando la separación es de 2 metros (McCole et al 1990; Lucía et al. 2001; Faria et al, 2005).

Por estos motivos, se considera que nadar o pedalear a más de 5 segundos del triatleta precedente es similar a realizar el esfuerzo en solitario, y por lo tanto, no se forma parte del grupo o pelotón de triatletas precedentes.

Procedimiento estadístico

En el procedimiento estadístico descriptivo se calcularon las medias, desviaciones típicas, frecuencias y porcentajes. Para la comparación de las medias de los tiempos de cada segmento y transiciones, se utilizó la prueba estadística paramétrica ANOVA de un factor. El nivel de significación se situó en $p < 0,05$ (significativo) y $p < 0,001$ (muy significativo).

Para el establecimiento de relaciones entre variables se utilizó el diseño de técnicas correlacionales bivariadas, empleando la técnica de análisis del Coeficiente de correlación lineal r de Pearson. El nivel de significación estadística se situó en $p < 0,05$. Para llevar a cabo el procedimiento estadístico, se utilizaron el programa estadístico SPSS versión 15.0 para Windows y la hoja de cálculo Microsoft Excel 2008.

Results

La duración media del tiempo invertido en las competiciones analizadas, fue de 1 hora 52 minutos y 5 segundos. En la tabla 1, se presentan la media de tiempo invertido en cada segmento, transiciones y tiempo total de cada competición analizada. El segmento

International Association of Computer Science in Sport 7th International Symposium

22nd to 25th September, 2009

Australian Institute of Sport Canberra, Australia

con mayor duración temporal es el de ciclismo, seguido de la carrera a pie y la natación. La T1 tiene una mayor duración que la T2. El tiempo que mayor variabilidad presenta es el tiempo del segmento de ciclismo.

En la tabla 2, se compara el tiempo medio de todos los participantes como media de todas las competiciones analizadas con el tiempo medio de los ganadores de estas competiciones. Se encuentran diferencias significativas ($p < 0,05$) en el tiempo total y muy significativas ($p < 0,001$) en el tiempo invertido en el segmento de carrera a pie.

Table 1. Tiempo medio, en horas:minutos:segundos, de duración de cada uno de los segmentos, transiciones, y el tiempo total de cada competición de todos los participantes masculinos.

Competition	Swim	SD	T1	SD	Bike	SD	T2	SD	Run	SD	Total Time	DS
JJ.OO Sydney 2000	0:17:59	0:00:24	0:00:23	0:00:03	0:59:14	0:01:27	0:00:19	0:00:02	0:33:31	0:01:57	1:51:30	0:02:41
W.Champ. 2000	0:18:28	0:00:20	0:00:46	0:00:03	1:01:19	0:00:54	0:00:34	0:00:16	0:32:57	0:01:30	1:54:06	0:01:57
W.Champ. 2001	0:18:36	0:00:32	0:00:54	0:00:03	0:58:02	0:01:56	0:00:30	0:00:04	0:34:13	0:01:57	1:52:16	0:03:46
Mundial 2004	0:18:30	0:00:21	0:01:07	0:00:04	0:52:19	0:01:08	0:00:37	0:00:03	0:32:35	0:01:50	1:45:06	0:02:37
JJ.OO Atenas 2004	0:18:19	0:00:20	0:00:18	0:00:01	1:03:24	0:02:21	0:00:20	0:00:02	0:34:18	0:01:52	1:56:20	0:03:42
W.Champ. 2006	0:17:51	0:00:25	0:00:51	0:00:03	1:04:13	0:02:12	0:00:35	0:00:03	0:33:32	0:01:38	1:57:00	0:03:33
W.Champ. 2007	0:17:39	0:00:14	0:00:41	0:00:04	0:55:38	0:01:11	0:00:21	0:00:03	0:32:19	0:01:36	1:46:39	0:02:22
W.Champ. 2008	0:19:01	0:00:13	0:00:46	0:00:04	0:59:19	0:01:49	0:00:24	0:00:03	0:34:13	0:01:35	1:53:43	0:02:59
JJ.OO Beijing 2008	0:18:23	0:00:15	0:00:28	0:00:02	0:58:52	0:00:21	0:00:30	0:00:02	0:33:49	0:02:05	1:52:01	0:02:08
Average Time	0:18:19	0:00:25	0:00:42	0:00:16	0:59:09	0:03:41	0:00:28	0:00:07	0:33:30	0:00:44	1:52:05	0:04:00

Table 2. Comparación del tiempo, en horas:minutos:segundos, de duración de cada segmento y transición de la media de todos los participantes con la media de los ganadores de las competiciones analizadas (Word Championchips 2000, 2001, 2004, 2006, 2007 y 2008. Olympic Games 2000, 2004 y 2008). ²Campeonato del mundo 1997, con un total de 116 triatletas (Landers, 2002) #Diferencia muy significativa ($p < 0,001$). *Diferencia significativa ($p < 0,05$).

Time	Swim	T1	Bike	T2	Run	Total Time
Average Men	18:19±00:25	00:42±00:16	59:09±3:41	00:19±00:07	33:30±00:44#	1:52:05±04:00*
	18:09±00:25	00:39±00:15	57:56±03:20	00:26±00:09	31:03±00:51#	1:48:13±03:44*
	19:18±00:26#		59:15±00:59		32:02 ± 01:36	1:52:26±02:25

En la table 3 encontramos la distribución temporal de manera relativa (%) de los diferentes segmentos y transiciones de la prueba. La duración del segmento de ciclismo transcurre durante más de la mitad de la duración total de la prueba. Prácticamente el 30% corresponde al segmento de carrera a pie, un 16,3% al segmento de natación, y las transiciones únicamente representan el 1% de la duración total de la competición.

Los porcentajes de distribución temporal de los ganadores de las competiciones son muy similares a los de la media de todos los competidores y unicamente presentan diferencias significativas ($p < 0,05$) en el segmento de carrera a pie. Presentan un porcentaje de tiempo empleado en la carrera a pie, menor que la media de todos los

participantes (28,7% Vs. 29,9%) y un porcentaje del segmento de ciclismo mayor (53,5% Vs. 52,8%).

Para saber si esta distribución temporal tiene alguna relación con la clasificación final obtenida; calculamos la correlación del tiempo empleado en cada segmento, transición y tiempo perdido en las transiciones con la clasificación final. Los resultados se muestran en la figura 1.

Table 3. Distribución en porcentaje (%) del tiempo de competición de los Campeonatos del Mundo masculinos de los años 2000, 2001, 2004, 2006, 2007, 2008 y JJ.OO del 2000, 2004 y 2008. ¹6 pruebas elite nacional masculinas distancia sprint (Cejuela et al, 2007). ²Triatlón simulado en laboratorio (Bailey et al, 2007). *Diferencia significativa (p<0,05).

Percentage %	Swim	T1	Bike	T2	Run
Average Men	16,35±0,62	0,62±0,23	52,73±1,47	0,41±0,10	29,90±0,72*
Average Winners	16,79±0,70	0,60±0,23	53,50±1,38	0,40±0,13	28,70±0,58*
Sprint Triathlon ¹	16,5±1,5	0,8±0,3	51,1±3,1	0,65±0,2	28,4±3,4
Triatlón Olímpico Triathlon ²	16,5		52,4		31,3*

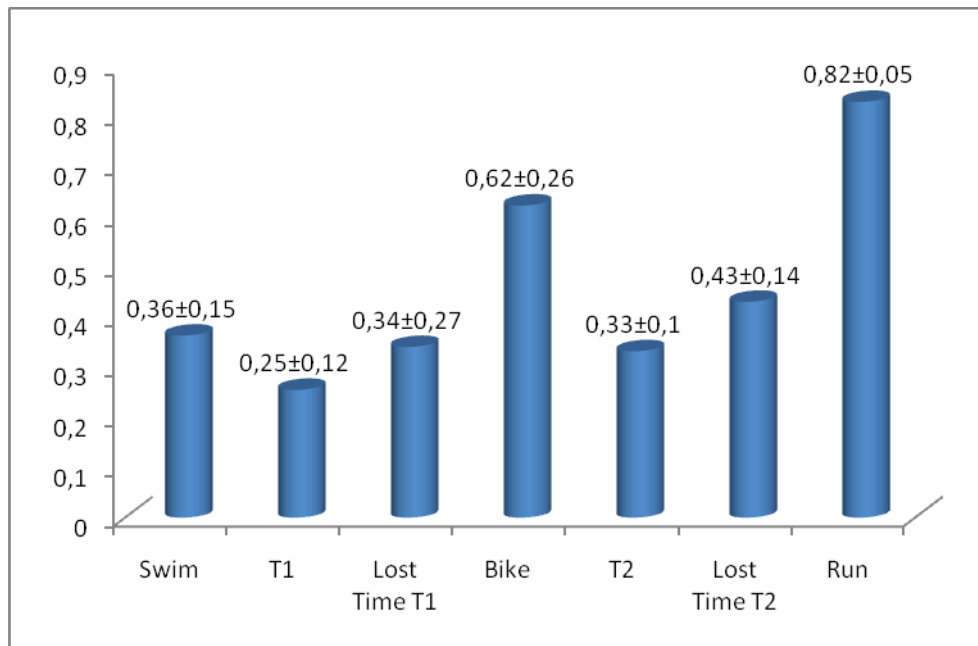


Figure 1. Correlación media (p<0,001) del tiempo empleado en cada segmento, transición y el tiempo perdido en las transiciones, con la clasificación final obtenida. Competiciones masculinas analizadas: World Championchips 2000, 2001, 2004, 2006, 2007 y 2008. Olympic Games 2000, 2004 y 2008.

Discussion

El tiempo medio de competición invertido en el Triatlón Olímpico Elite masculino es semejante a los datos publicados en la literatura científica, tabla 2. Existen diferencias muy significativas (p<0,001) en el segmento de natación, siendo inferior el tiempo empleado en nuestras competiciones estudiadas, lo cual indica un mayor rendimiento en la actualidad en este segmento. El tiempo en el segmento de ciclismo es similar, pero teniendo en cuenta que las referencias de la literatura, son de pruebas disputadas bajo el formato de drafting no permitido en el segmento de ciclismo, anteriores a el debut del

International Association of Computer Science in Sport 7th International Symposium

22nd to 25th September, 2009

Australian Institute of Sport Canberra, Australia

deporte en los Juegos Olímpicos (Sydney, 2000), este segmento provocará una fatiga precedente para el segmento de carrera a pie mayor (Paton y Hopkins, 2005). En el tiempo de carrera a pie no se presentan diferencias significativas, aunque la media de tiempo es inferior en el campeonato del mundo 1997 analizado por Landers, 2002.

La duración total de la prueba, cada segmento y transición, se ve totalmente condicionada por las circunstancias de competición y organizativas que tiene cada prueba en particular. Las condiciones climatológicas han sido demostradas como una fuente de variabilidad en el tiempo de prueba en el Triatlón Olímpico por Paton & Hopkins (2005), siendo mayor en condiciones calurosas. Debido a estas variables, los tiempos absolutos que se obtienen en cada competición no son totalmente comparables de manera absoluta y objetiva con los tiempos de otra competición de similar nivel o con las marcas realizadas por separado en pruebas de los deportes que componen el triatlón.

Si comparamos la media de duración de la competición entre los ganadores masculinos y todos los participantes, encontramos diferencias muy significativas ($p < 0,001$) en el tiempo del segmento de carrera a pie ($31:03 \pm 00:51$ vs $33:30 \pm 00:44$), y significativas ($p < 0,05$) en la duración total ($1:48:13 \pm 03:44$ vs $1:52:05 \pm 04:00$) (Table 2).

Si analizamos la distribución de forma relativa (%) del tiempo de prueba (table 3), al igual que en los tiempos absolutos, estos datos indican que el segmento donde se producen más diferencias entre los ganadores y la media de participantes es en la carrera a pie, siendo indicador que el rendimiento en este segmento tiene mayor importancia en el resultado final de la competición. Si tenemos en cuenta que el segmento de natación y de ciclismo se disputan con la posibilidad de nadar o pedalear en grupo, y que el nivel de los participantes es elite internacional, el rendimiento en todos los segmentos es muy alto, pero las diferencias temporales, en gran medida, se dan en el último segmento, donde el correr en grupo tiene menor repercusión biomecánica y fisiológica que en los otros dos segmentos, y la fatiga precedente tiene una influencia muy alta.

Estos datos representan una diferencia importante respecto al formato de triatlón sin drafting permitido en el segmento de ciclismo (por ejemplo el Ironman), provocando que el análisis de la competición y los factores de rendimiento final sean diferentes a la competición de Triatlón Olímpico (Paton & Hopkins, 2005; Bentley et al, 2007).

Existen varios estudios que han analizado la competición de triatlón, diferenciando la competición únicamente en los tres segmentos que la componen (Landers, 2002; Millet et al, 2002). En estos estudios, el tiempo de las transiciones (T1 y T2) se incluía en el segmento de ciclismo. A medida que el Triatlón Olímpico ha ido desarrollándose, varios autores se han ido dando cuenta de la importancia de las transiciones en el rendimiento final (Paton & Hopkins, 2005; Vleck et al, 2006; Vleck et al, 2007).

El Triatlón Olímpico es un deporte complejo, no sólo por la realización de tres deportes diferentes de forma consecutiva y sin parar el cronómetro, sino también por la rapidez y precisión en la realización de las transiciones que posibilitan el paso de un segmento al siguiente (Millet & Vleck, 2000). Las transiciones son una parte fundamental de la competición en Triatlón Olímpico. Tienen una importancia determinante en el resultado final de muchas competiciones. En este estudio, damos un paso más en el análisis del rendimiento en el Triatlón Olímpico, y dividimos la competición en: segmento de natación, transición natación-ciclismo (T1), tiempo perdido en la T1, segmento de ciclismo, transición ciclismo-carrera a pie (T2), tiempo perdido en la T2 y segmento de carrera a pie.

Hemos correlacionado el tiempo invertido de media de todos los participantes en cada una de las competiciones y el resultado final obtenido en la competición, en cada una de estas fases, figura 1.

El tiempo invertido en el segmento de natación se correlaciona en un valor bajo (0,36) con el puesto final ocupado. Este dato es significativamente diferente ($p < 0,05$) al encontrado por Landers (2002) en su análisis de 10 competiciones internacionales ITU, en 1999. La correlación del segmento de natación era significativamente mayor ($p < 0,05$) (0,49 vs. 0,36), en las competiciones de 1999. Esto puede deberse al aumento de nivel en el segmento de natación de los triatletas masculinos, siendo las diferencias en este segmento, antes, más amplias y más decisivas que en la competición actual.

En este segmento es muy importante conseguir una buena posición en el final del mismo, de cara a poder integrarse en el grupo más delantero posible en el segmento de ciclismo (Millet & Veck, 2000). En la disputa de este segmento, cobra mucha importancia el nadar a estela de otros triatletas (drafting), para conseguir ahorrar la mayor energía posible, de cara al resto de la competición (Chatard et al, 1998; Millet, et al, 2002).

Pese a que la correlación entre el tiempo empleado en el segmento de natación y la clasificación final sea baja o media, no quiere decir que nadar en un tiempo mayor al del grupo principal te permita, posteriormente, disputar la prueba, sino que el nivel en el segmento de natación es muy elevado en el Triatlón Olímpico elite internacional. Se forma un grupo principal muy numeroso en cabeza que nada más o menos en rangos de tiempo similares. Esto provoca que los triatletas que no entren en ese grupo tengan muy difícil disputar posteriormente la victoria.

Existe una baja correlación (0,25) entre el tiempo de la primera transición (T1) con la clasificación final obtenida. Esta circunstancia puede deberse a que durante el segmento de ciclismo es posible recuperar el tiempo perdido en la T1 al alcanzar el pelotón principal, ya que la orografía de la mayoría de los campeonatos no presentaba dificultades montañosas (repechos o puertos de montaña), exceptuando los JJ.OO de 2004, aunque sí ciertas dificultades técnicas (curvas cerradas, pasos estrechos...). Por ello, según señala Bentley et al, 2007, el drafting en natación y ciclismo puede resultar la táctica más beneficiosa para incrementar el rendimiento en triatlón Olímpico elite.

Vleck et al, 2007, analizaron la Copa del mundo de Lausanne 2002 utilizando un GPS en cada triatleta y diferentes videocámaras. Fraccionaron el segmento de natación en dos partes, el de ciclismo en 6, al igual que el de carrera a pie. Con ello intentaban determinar la importancia de los cambios de ritmo en los momentos decisivos de la competición y la mejor táctica, pero el problema de este análisis es que el formato de com-

International Association of Computer Science in Sport 7th International Symposium

22nd to 25th September, 2009

Australian Institute of Sport Canberra, Australia

petición del Triatlón Olímpico es abierto y el medio donde se disputa la prueba condiciona las acciones tácticas de los participantes.

Encontraron correlaciones altas, asociando la velocidad de desplazamiento con la posición en el comienzo del segmento de natación ($r = -0,88$ en hombres, $r = -0,97$ en mujeres), de ciclismo ($r = 0,81$ en hombres, $r = 0,93$ en mujeres) y de carrera a pie ($r = -0,94$ en hombres, $r = -0,71$ en mujeres). Los cambios de ritmo en los comienzos y finales de los segmentos, junto con las transiciones, son momentos determinantes en la competición. Estos cambios de ritmo, al comienzo y final de las transiciones, pueden provocar el tiempo perdido en las mismas.

El tiempo perdido, en la T1, es diferente para cada grupo de natación. Se han identificado dos grupos en nuestro análisis, 1^{er}. y 2^o grupo de natación en la salida hacia el segmento de ciclismo. La correlación media del 1er. grupo de natación con su rendimiento final fue medio-baja ($r = 0,34$), al igual que para el 2^o grupo ($r = 0,4$) en categoría masculina.

La razón por la que este tiempo no tenga una elevada correlación con el rendimiento final puede ser debido a que la mayor parte de las competiciones presentan una orografía llana del segmento de ciclismo (a excepción de Juegos Olímpicos 2004). En competiciones donde el segmento de ciclismo presente dificultades montañosas, que provoque la formación de grupos más pequeños y menor importancia del drafting, este dato tendrá mayor relevancia; por ejemplo, en los Juegos Olímpicos de Atenas 2004, siendo esta la única competición, donde la correlación del tiempo empleado en el segmento de ciclismo con la clasificación final obtenida presenta un valor mayor ($r = 0,86$) que la correlación del tiempo empleado en el segmento de carrera a pie, y la clasificación final obtenida ($r = 0,76$).

Durante el segmento de ciclismo, normalmente, en competiciones de elite con perfiles llanos, se forman 1 ó 2 pelotones, ó 3 como mucho. Aquellos que no entren en el primer pelotón no suelen tener opciones a la victoria final. Esto se demuestra con una correlación media-alta ($0,62$) entre el tiempo del segmento de ciclismo y la clasificación final obtenida, reforzando la hipótesis de Bentley et al, 2007, respecto a la importancia de la táctica durante este segmento.

Existen diferencias significativas ($p < 0,05$) en las correlaciones entre el tiempo invertido en el segmento de ciclismo y la clasificación final, entre las diferentes competiciones analizadas. Estas diferencias pueden deberse a dos razones: Primero, las tácticas individuales o colectivas adoptadas por los triatletas durante el segmento, agresiva o conservadora, buscando escaparse del pelotón principal para llegar con tiempo de ventaja al segmento de carrera a pie, o buscando ahorrar la máxima energía posible para llegar al segmento de carrera a pie en las mejores condiciones. Segundo, al perfil orográfico del segmento. Si el perfil representa dificultades montañosas, la correlación es más alta que si el perfil es llano. En los perfiles llanos, realizar drafting en pelotón es más factible y beneficioso que cuando hay que ascender dificultades montañosas, puertos de montaña o repechos (Faria et al, 2005).

La segunda transición (ciclismo-carrera a pie o T2) ha sido descrita como la más importante respecto al resultado final de la competición (Millet & Veck, 2000). Al producirse una llegada masiva en pelotón al área de transición, como norma general, la limpieza y rapidez en la misma se convierte en un factor de rendimiento principal para el resultado final de la competición. Nosotros encontramos una baja correlación ($r=0,33$ hombres, $r=0,36$ mujeres) entre el tiempo empleado en la T2 y la clasificación final obtenida, pero la realización de una buena T2 determina el tiempo perdido en la T2.

La correlación para el pelotón principal del segmento de ciclismo, del tiempo perdido en la T2 es media ($r=0,43$), respecto a la clasificación final obtenida en la competición. Un menor tiempo de pérdida se relaciona con una mejor clasificación final. La determinación de este parámetro aporta una información que si bien era conocida por los entrenadores, no había sido determinada su importancia respecto al rendimiento final en la competición. Es un factor de rendimiento a tener en cuenta al realizar un análisis de la competición de alto nivel en Triatlón Olímpico. Hay que señalar que este tiempo oscila entre 1 y 15 segundos y representa una correlación media con el rendimiento final en una competición de una duración algo menor a 2 horas, que con alta frecuencia en varias competiciones se está decidiendo, en sus primeros puestos en el sprint final por escasos segundos. Por lo tanto, este tiempo puede resultar determinante en la clasificación final en esas competiciones.

El tiempo perdido en la T2 es válido para determinar el rendimiento final a los triatletas que llegan a la T2 dentro del mismo pelotón o grupo de ciclismo. Conseguir un menor tiempo perdido en la T2, depende de dos factores, primero llegar a la T2 en la posición más delantera posible dentro del pelotón, y segundo, realizar las acciones propias de la T2 en el área de transición, en el menor tiempo posible.

El segmento final de carrera a pie, ha sido descrito por la literatura como el segmento más determinante del rendimiento en triatlón (Slevert & Rowlands, 1996; Hue et al, 2002; Bentley et al, 2007). Nuestros datos de correlación media del tiempo invertido en el segmento de carrera a pie con la clasificación final obtenida reafirman los datos de la literatura, obteniendo la correlación más alta de todos los segmentos y transiciones (0,83). Las tácticas adoptadas en el segmento ciclista van a marcar la mayor o menor correlación del tiempo de carrera a pie con clasificación final.

Se han identificado dos situaciones de carrera que pueden provocar diferencias:

Una, que el perfil del segmento de ciclismo presente dificultades orográficas importantes. De las competiciones analizadas, solamente en los Juegos Olímpicos 2004 presentan una correlación mayor el tiempo del segmento de ciclismo ($r=0,86$) que el de la carrera a pie ($r=0,76$). Este dato se debe a la orografía que presentaba el segmento de ciclismo, un perfil montañoso.

Dos, que se adopten tácticas agresivas durante el segmento de ciclismo, que provoquen escapadas. De las competiciones analizadas, únicamente por esta circunstancia de carrera, en el Campeonato del Mundo 2006, la correlación del tiempo de ciclismo es similar a la del segmento de carrera ($r=0,82$ vs $r=0,83$).

Estos datos pueden indicar que las tácticas adoptadas en general, en categoría masculina, en el segmento de ciclismo, son más conservadoras, o es más difícil provocar circunstancias en las cuales se produzcan escapadas que lleguen con ventaja al segmento de carrera a pie. También, posiblemente el nivel de rendimiento en el segmento de ci-

International Association of Computer Science in Sport 7th International Symposium

22nd to 25th September, 2009

Australian Institute of Sport Canberra, Australia

clismo sea muy elevado e igualado entre los participantes, y la poca colaboración en equipo o entre participantes provoca que se den, en pocas ocasiones, esta circunstancia de carrera. Se necesitan más estudios que sigan analizando la tendencia en el actual formato de competición de Trial Series del Campeonato del Mundo.

Conclusions

La tendencia general actual en el Triatlón Olímpico Elite masculino es a decidirse la competición en el segmento final de carrera a pie, siendo el rendimiento, en los dos segmentos anteriores (natación y ciclismo), muy elevado e igualado.

Es necesario salir del agua en el grupo de cabeza para poder optar a mayores opciones de triunfo. El tiempo perdido en la T1 es recuperable en los primeros kilómetros del segmento de ciclismo, presenta una significación ($p < 0,05$) media-baja en categoría masculina con la clasificación final, pero es importante no perder el grupo cabecero de ciclismo para tener mayores posibilidades de éxito final.

El tiempo empleado en el segmento de ciclismo tiene diferente significación ($p < 0,05$) en cada competición, en función de la orografía del segmento y las circunstancias que se den durante su desarrollo (climatología, escapadas, etc.), siendo alta en todas, respecto al rendimiento final obtenido.

Determinar el tiempo perdido en la T2 aporta una información significativa ($p < 0,05$) media, según competiciones, para el rendimiento en competición elite internacional en Triatlón Olímpico. Es un factor de rendimiento a entrenar, determinado por la colocación en el grupo de ciclismo al entrar en el área de transición y el tiempo empleado en realizar las acciones propias de la T2.

La orografía del segmento de ciclismo y las escapadas pueden provocar diferencias en la importancia del tiempo perdido en la T2. En competiciones con perfil más llano y mayor número de triatletas en el pelotón principal, se suele dar una correlación mayor con el rendimiento final. Mientras que en circuitos con una orografía más complicada (repechos y puertos de montaña) puede tener una menor importancia, puesto que los grupos de triatletas serán menos numerosos y llegarán a la T2 con más diferencias temporales entre grupos.

References

Bailey, D., M., Pearce, M., Etxebarria, N., & Ingham, S. A. (2007). Correlates of performance in triathlon. *12th Annual Congress of European Collegue Sport Science*. Helsinki, Finland.

Bentley, D. J., Cox, G. R., Green, D., & Laursen, P. B. (2007). Maximising performance in triathlon: Applied physiological and nutritional aspects of elite and non-elite competitions. *Journal Sciences Medicine Sport*, 12, 234-242.

Bentley, D. J., Libicz, S., Jouglac, A., Costec, O., Manettac, J., Chamarie, K. & Millet, G.P. (2007). The effects of exercise intensity or drafting during swimming on subsequent cycling performance in triathletes. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 10, 234-243.

Cejuela, R., Perez-Turpín, J. A., Cortell, J. M., & Villa, J. G. (2008). An analysis of transition time in the world championship of triathlon - Hamburg 2007: Determination of the Lost Time T2. *Proceedings of 1^o Joint International Pre-Olympic Conference of Sports Science y Sports Engineering*. Nanjing, P. R. China, August, 5-7. 2: 193-198.

Cejuela, R., Perez-Turpín, J. A., Villa, J. G., Cortell, J. M. & Rodriguez-Marroyo, J. A. (2007). An analysis of performance factors in sprint distance triathlon. *Journal of Human Sport and Exercise*, 2(2) :1-25

Chatard, J. C., Chollet, D., & Millet, G. (1998). Performance and drag during drafting swimming in highly trained Triathletes. *Medicine Science Sports Exercise*, 30:1276-1280

Faria, E.W., Parker, D. L., & Faria, I. E. (2005). The Science of Cycling. Physiology and Training – Part 1. *Sports Medicine*. 35 (4): 285-312

Faria, E.W., Parker, D. L., & Faria, I. E. (2005). The Science of Cycling. Factors Affecting Performance – Part 2. *Sports Medicine*. 35 (4): 313-337.

Hue, O., Le Gallais, D., Chollet, D., Boussana, A. & Prefaut, C. (1998). The influence of prior cycling on biomechanical and cardiorespiratory response profiles during running in triathletes. *European Journal of Applied Physiology*, 77(1-2):98-105.

Hue, O., Valluet, A., Blonc, S., & Hertogh, C. (2002). Effects of multicycle-run training on triathlete performance. *Research Quarterly Exercise Sport*, 73(3), 289-295.

Landers, G. J. (2002). Anatomical, biomechanical and physiological loading during human endurance performance at selected limb cadences via triathlon. Doctoral Thesis. Department of Human Movement and Exercise Science. The University of Western Australia.

Lucía, A., Hoyos, J., Chicharro J.L. (2001) Preferred pedaling cadence in professional cycling. *Medicine Science Sports Exercise*. 33: 1361-1366

McCole, S.D., Claney, K., Conte, J.C. (1990) Energy expenditure during bicycling. *Journal Applied Physiology* 1990; 68: 748-52

Millet, G. P., Candau, R. B., Barbier, B., Busso, T., Rouillon, J. D. & Chatard, J. C. (2002). Modelling the transfers of training effects on performance in elite triathletes. *International Journal Sports Medicine*, 23(1):55-63.

International Association of Computer Science in Sport 7th International Symposium

22nd to 25th September, 2009

Australian Institute of Sport Canberra, Australia

Millet, G. P., y Vleck, V. E. (2000). Physiological and biomechanical adaptations to the cycle to run transition in Olympic triathlon: review and practical recommendations for training. *British Journal Sports Medicine*, 34(5):384-90.

Paton, C. D., & Hopkins. W. G. (2005). Competitive Performance of Elite Olympic-Distance Triathletes: Reliability and Smallest Worthwhile Enhancement. *Sportscience*, 9, 1-5, (sportsoci.org/jour/05/wghtri.htm)

Sleiver, G. G. & Rowlands, D. S. (1996). Physical and physiological factors associated with success in the triathlon. *Sports Medicine*, 22(1):8-18.

Vleck, V. E., Bürgi, A., Bentley, D. J. (2006). The Consequences of Swim, Cycle, and Run Performance on Overall Result in Elite Olympic Distance Triathlon. *International Journal Sports Medicine*, 27: 43–48

Vleck, V. E., Bentley, D. J., Millet, G. P., y Bürgi, A. (2007). Pacing during an elite Olympic distance triathlon: Comparison between male and female competitors. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 10.1016/j.jsams.2007.01.006