

ANÁLISIS BIOMECÁNICO DE LA TÉCNICA DE SALIDA EN LA CARRERA DE BMX.

Kostas Gianikellis, Alonso Bote, Juan J. Pantrigo, Jose A. Tena.

**Laboratorio de Biomecánica del Movimiento Humano y de Ergonomía
Facultad de Ciencias del Deporte – Universidad de Extremadura, Cáceres - España.**

RESUMEN: Aunque el BMX será deporte Olímpico a partir de los JJ.OO de Pekín y a pesar del interés económico que puede tener su desarrollo al tratarse de un deporte profesionalizado es sorprendente la carencia de estudios científicos orientados a analizar la técnica de los deportistas con objetivo de apoyar la planificación de su entrenamiento. Parece ser que la calidad técnica y el potencial neuromuscular de los deportistas son aspectos fundamentales para los entrenadores y la optimización del rendimiento deportivo. Concretamente, la técnica de salida parece ser determinante para la carrera. El objetivo de este trabajo consiste en analizar la técnica de salida de tres deportistas de elite extremeños y poner a la disposición de su entrenador, por primera vez, información relevante válida, precisa y fiable respecto a la técnica de salida.

Palabras Clave: <Análisis Biomecánico>, <Técnica Deportiva>, <BMX>.

INTRODUCCIÓN: Aunque hasta el momento el BMX puede considerarse como un deporte minoritario, será incluido en el programa de los Juegos Olímpicos de Pekín 2008, a decisión del Comité Olímpico Internacional. Junto con el potencial neuromuscular del deportista para el rendimiento es fundamental la optimización de la técnica deportiva. Concretamente, la técnica de salida, según la opinión de los técnicos, es muy crítica para la carrera, pues además de permitir emplear menor tiempo en la realización del circuito, estratégicamente posibilita a los corredores colocarse en posiciones de ventaja respecto a sus adversarios y de esta manera controlar su evolución. En este sentido, los objetivos de este trabajo han sido evaluar el nivel de calidad técnica que poseen tres de los mejores deportistas extremeños de BMX, encontrando la mejor solución biomecánica y teniendo en cuenta las características y principios biológicos que rigen el comportamiento del aparato locomotor humano, las condiciones de entorno y reglamento.

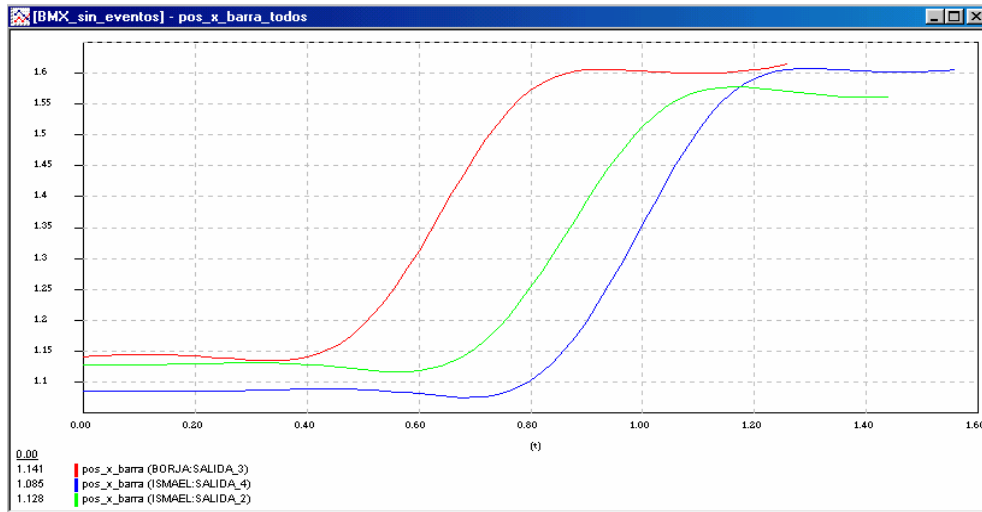
METODOLOGÍA: Para cubrir los objetivos del proyecto, se ha utilizado un sistema de fotogrametría video tridimensional a 50 Hz basado en técnicas de visión artificial que ha permitido analizar cinemáticamente la técnica de salida en la pista de entrenamiento simulando condiciones de competición (Fig. 1). Las coordenadas tridimensionales de los marcadores que definen el sistema corredor-bici se han obtenido con la DLT. Para la interpolación y el “suavizado” de los datos posición-tiempo se ha recurrido al algoritmo GCVQS basado en el criterio “true predicted mean-squared error” (Woltring, 1986). La inclinación de la rampa de salida ha sido 20° y cada salida se efectuaba simulando las condiciones de competición.



Figura 1. Sistema de fotogrametría video tridimensional. En el sistema de referencia se indican las direcciones X-anteposterior en la dirección de la salida; Y- mediolateral y Z-perpendicular a las otras dos.

RESULTADOS: En la figura 2 se representa gráficamente, la posición en (X) de la parte superior de la barrera de salida, y la posición en (X) del eje de la rueda delantera de la bicicleta, respectivamente. De esta forma, podemos conocer la distancia a la que se encuentra el eje delantero de la bicicleta de la parte alta de la barrera de salida en el momento de caída de la misma, así como conocer cuanta distancia y tiempo existe entre los tres corredores en dicho momento. Lógicamente, el criterio de eficacia en este caso es que en el momento de caída de la barrera, los corredores se encuentren lo más adelantados posible, lo que supone coger posiciones más ventajosas respecto a los adversarios.

A.



B.

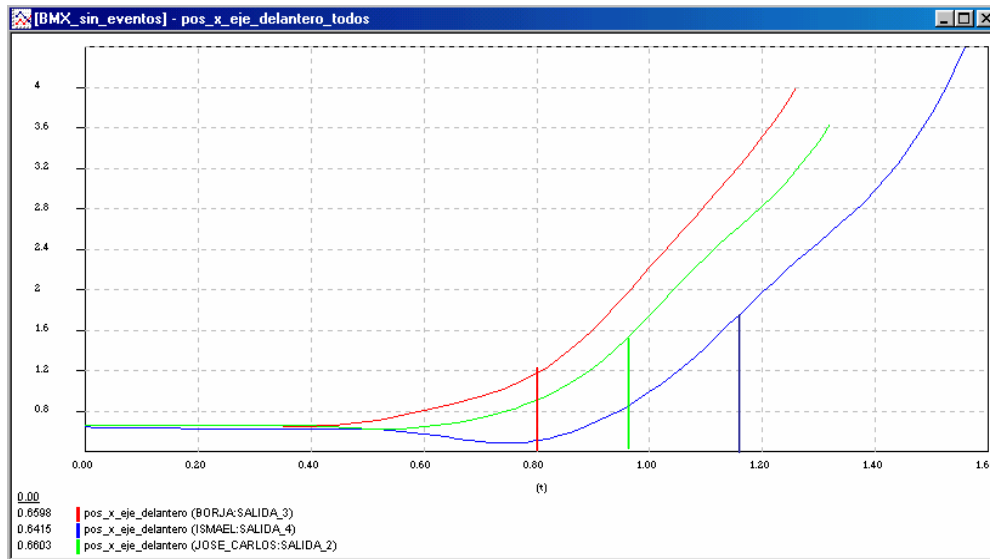


Figura 2. Representación gráfica de la posición en (X) de la parte superior de la barrera de salida (A), y de la posición en (X) del eje de la rueda delantera de la bicicleta (B), de la mejor salida de las cinco realizadas por cada corredor.

En la gráfica inferior, se observa la posición en (X) de cada corredor, en la mejor ejecución de cada uno, en el momento de caída de la barrera de salida, que se encuentra señalado por una marca para cada corredor. En este sentido, el deportista A se encuentra 0.398 m por detrás de la barrera de salida en el momento en que ésta cae, el deportista B a 0.099 m, mientras que el deportista C se encuentra a 0.190 m por delante de la misma. Esto supone que si los tres hubieran salido juntos, al mismo tiempo, el C estaría por delante del B en 0.289 m y del A en 0.588 m, mientras que entre B y A existiría una distancia de 0.299 m. En términos de tiempo, supondría que C habría sacado 0.120 s a A y 0.060 s a B, mientras que B habría sacado 0.060 s a A. Como se puede observar las diferencias son considerables para la salida de la carrera.

Además, en la figura 3 se observa y de los datos numéricos se obtiene que C es el corredor que mayor distancia desplaza la bicicleta hacia atrás previo al comienzo de la caída de la barrera de salida, de manera que el eje de la rueda delantera se desplaza 0.160 m en la dirección contraria a la del movimiento, seguido de B con 0.036 m y A con 0.011 m (prácticamente no existe el movimiento en la dirección contraria para estos dos últimos). La figura 3 representa la velocidad en la dirección del movimiento de la bicicleta. Se observa que el corredor que mayor velocidad final alcanza es el C, con una velocidad máxima al final del recorrido analizado de 12.12 m/s, seguido por 9.05 m/s de A y por 8.34 m/s de B. Si analizamos por fases, encontramos que en el momento en el que comienza la barrera de salida a caer, la mayor velocidad la alcanza C con 0.55 m/s, mientras que A y B se encuentran moviéndose aún en el sentido contrario (velocidad negativa) con una velocidad de 0.17 m/s y 0.55 m/s respectivamente, lo que indica una clara ventaja a favor del C. Hay que considerar que la mayor velocidad en el sentido contrario al del movimiento la alcanza C con 1.95 m/s, mientras que 0.80 m/s y 0.32 m/s corresponden a B y A respectivamente. Lo que ocurre es que C alcanza estos valores negativos previo al inicio de la caída de la barrera, de manera que este movimiento hacia atrás le posibilita alcanzar valores más altos de velocidad en el sentido del movimiento en el momento en el que comienza la caída de la misma, lo que lo coloca en una situación de ventaja como consecuencia de su mejor técnica que se basa en el "principio biomecánico de la Fuerza Inicial" establecido por Hochmuth según el cual "en los movimientos flexión- extensión donde tiene lugar un cambio en la

dirección del movimiento, se desarrolla una fuerza inicial positiva como consecuencia del desarrollo del “impulso de frenaje” al principio del movimiento de extensión, de modo que se pueda incrementar el impulso de aceleración en la extensión.

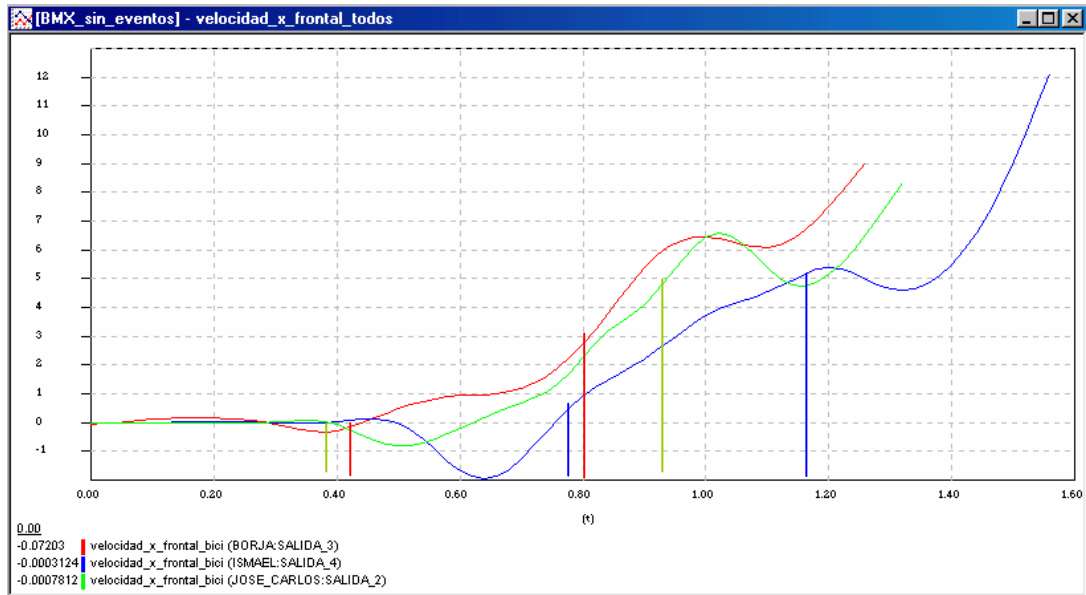


Figura 3. Representación gráfica de la velocidad en la dirección del movimiento (X) de un punto delantero del cuadro de la bicicleta de la mejor salida de cada corredor.

La condición para que esto ocurra es que la relación entre el impulso de “frenaje” y el impulso de aceleración sea óptima” (Hochmuth, 1981). La explicación de este fenómeno biomecánico de las unidades biocinemáticas de muchos seres vivos tiene que ver con la pretensión de los músculos responsables de la extensión del movimiento, y el incremento de la distancia de aceleración del movimiento y por lo tanto de la capacidad del sistema de aumentar el trabajo mecánico que puede realizar. En este sentido, el corredor C, previo al inicio de la caída de la barrera, realiza un movimiento en la dirección contraria que le permite, por un lado, crear pretensión principalmente en los músculos extensores del tren inferior al tener que frenar la bicicleta en este sentido contrario, lo que lo predispone para poder desarrollar más fuerza en menos tiempo, y por otro, disponer de una mayor distancia en la que acelerar para que el momento en el que comienza a caer la barrera la velocidad sea la mayor posible en el sentido del movimiento. Por último, destacar los valores de velocidad de 2.71 m/s, 4.98 m/s, y 5.08 m/s, para A, C y B, respectivamente en el momento en el que la barrera de salida ha caído por completo. Teniendo en cuenta los valores de la velocidad en el momento en que comienza la caída de la barrera de salida y la velocidad en el momento que la barrera ha caído, indicar que es B el que mayor aceleración media experimenta desde el comienzo de la caída hasta este momento, lo que nos lleva a pensar en que posee un importante potencial neuromuscular, hecho que han corroborado los datos de las pruebas físicas realizadas en el laboratorio. En este punto sería interesante destacar la importancia que tiene para el apoyo del entrenamiento de los deportista la evaluación simultanea de la técnica y del nivel de su condición física, especialmente de su potencial neuromuscular.

La figura 4, representa la aceleración en la dirección del movimiento de la bicicleta. El nivel de la aceleración media para las fases determinadas por la barrera de salida, tenemos que desde el inicio de caída de la barrera hasta la finalización de la misma, la aceleración media es 7.59 m/s², 11.64 m/s², y 14.82 m/s², correspondientes a A, C y B, respectivamente.

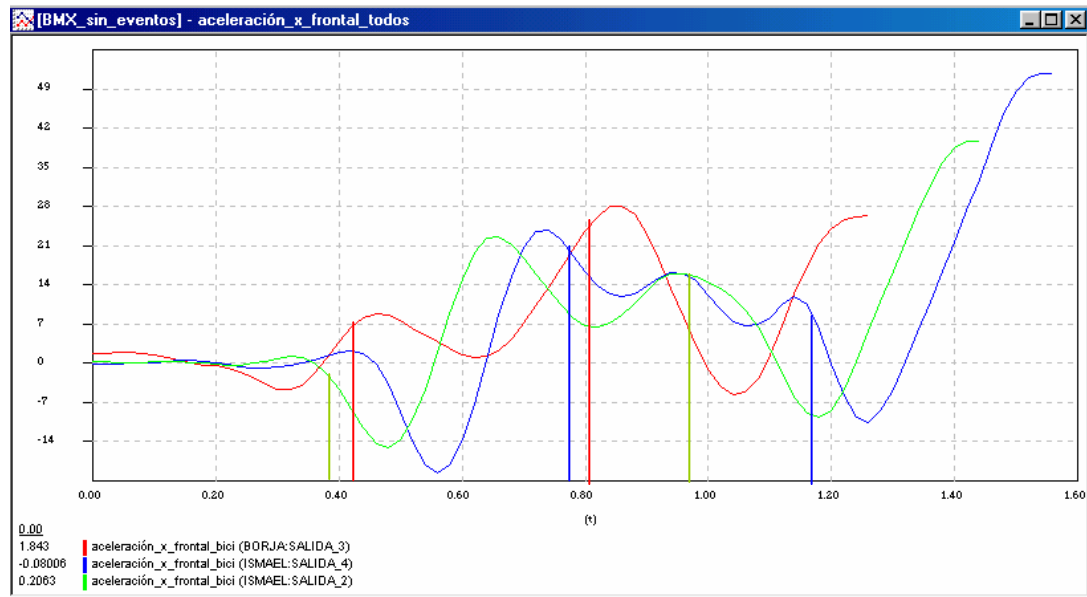


Figura 4. Representación gráfica de la aceleración en la dirección del movimiento (X) de un punto delantero del cuadro de la bicicleta.

Como ya hemos indicado para que un deportista pueda desarrollar un alto nivel de aceleración media requiere de un alto potencial neuromuscular, como demuestra B con estos valores, que a pesar de ser el menos aventajado en el momento en el que inicia el descenso de la barrera, consigue adelantar a A en el momento en que la barrera ha caído por completo. Los valores de la aceleración media para la fase que comprende desde la caída total de la barrera hasta el final del análisis, son de 13.76 m/s^2 , 12.31 m/s^2 , y 8.58 m/s^2 , para A, C y B, respectivamente. Como se observa, los valores de la aceleración ahora son mayores para el corredor A que para el B. El valor del A podría explicarse por el bajo nivel de velocidad al finalizar la caída de la barra, y que como se observa al final ha sido capaz de remontar. Con respecto a B, podría explicarse por un mal acople sobre la bicicleta en el momento del descenso de la misma tras superar la barrera, lo que le lleva a no poder aplicar adecuadamente la fuerza en los pedales.

DISCUSIÓN: Respecto al análisis de la técnica individual del corredor A se puede decir que el momento en el que comienza a actuar es demasiado tarde respecto al inicio de la caída de la barrera de salida, de ahí que cuando ésta comienza a caer, él aún se encuentre desplazando la bicicleta en el sentido contrario al del movimiento. Esto implica que el momento en el que comienza su ciclo de pedaleo sea tarde respecto a la caída total de la barrera, de modo, que la velocidad que tiene en este momento es baja. Debería comenzar a actuar antes, y realizar un contramovimiento mas pronunciado. Indicar que eleva en exceso la bicicleta y alcanza el pico máximo de elevación demasiado tarde, pues previo a la caída de la barrera debería ir en sentido descendente, para lo que se propone que acentúe la flexión del tronco.

Respecto a la técnica individual del corredor C se puede sostener que en la mayoría de las salidas realizadas, comienza a actuar en el momento adecuado, pues se anticipa bastante respecto al inicio de la caída de la barrera. No obstante, le falta consistencia respecto al instante en el que comienza, así como en la ejecución de la técnica, que en términos generales es bastante buena y que en ocasiones consigue una buena optimización de la misma. Destacar el importante contramovimiento que realiza de piernas, de rodilla y en

desplazamiento hacia atrás de la bicicleta, que se considera beneficioso para el rendimiento en la salida. Se le propone una mayor y más rápida inclinación del tronco tras la caída completa de la barrera, para que la bicicleta no pase tanto tiempo elevada y vuelva antes al suelo.

Por último respecto a la técnica del corredor B se puede decir que en la mayoría de las salidas realizadas, el momento en el que comienza a actuar es demasiado tarde respecto al inicio de la caída de la barrera de salida. Se le propone que comience a actuar antes, y que realice un contramovimiento de la bicicleta. También se propone que realice contramovimiento de piernas y de brazos, pues en la mejor salida el contramovimiento de codos fue importante. Su elevado potencial neuromuscular suple su retraso en la salida, de manera que si éste consigue mejorar su técnica podrá mejorar de forma importante su rendimiento en la misma. Indicar que eleva en exceso la bicicleta, al tiempo que la bajada de la misma se produce de forma excesivamente violenta, lo que le dificulta mantener el equilibrio en la bicicleta, así como la aplicación de fuerza sobre el pedal en esos instantes.

CONCLUSIONES: El estudio realizado ha permitido por primera vez fundamentar coherentemente la técnica de la salida en esta modalidad deportiva. A la vista de la claridad de los resultados obtenidos es posible recomendar cambios respecto a la técnica individual de los deportistas. Finalmente se recomienda la evaluación conjunta de la técnica y del potencial neuromuscular de los deportistas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA:

- *Bernstein, N.A. (1975). Bewegungsphysiologie. J. A. Barth Leipzig.*
- *Craig, J.J. (1986). Introduction to Robotics: Mechanics and Control. Wokingham: Addison - Wesley.*
- *Hochmuth, G. (1981). Biomechanik sportlicher Bewegungen. Sportverlag, Berlin.*
- *Van Ingen Schenau, G. (1989). From rotation to translation: constraints on multi-joint movements and the unique action of bi-articular muscles. Human Movement Science, 8, 301 – 337.*
- *Rodano, R.; Squadrone, R.; Castegna, F. (1996). Simplified 3 - D modal for the calculation of body segment kinematic asymmetries in cycling. In proceedings of XIVth International Symposium on Biomechanics in Sports. Edited by Abrantes, J. 213 - 216. Madeira. Portugal.*

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido financiado por la Dirección General de Deportes de la Conserjería de Cultura de la Junta de Extremadura.