

ANÁLISIS BIOMECÁNICO DEL DOBLE MORTAL CARPADO

DE SALIDA EN PARALELAS DE JESÚS CARBALLO

*Miralles, F.
García, M.
Ramírez, H.
Mundilla, V.
Navarro, E.*

*Instituto Nacional de Educación Física de Madrid.
Universidad Politécnica de Madrid*

RESUMEN

El comunicado que a continuación se presenta es un caso práctico de análisis de la técnica de un gimnasta en la ejecución de un doble mortal carpado de salida de paralelas, elemento que utiliza en el ejercicio que preparaba para el Campeonato del Mundo de Gimnasia de Tianjin (China) 99. Se realizó un estudio biomecánica por medio de la filmación del elemento con dos cámaras, a partir de las cuales se hizo una reproducción en 3D, utilizando el modelo anatómico de Clauser para la obtención de las variables a tratar. Se establecieron los criterios de eficacia y se comprobó que la ejecución del elemento no era correcta debido a que el gimnasta se anticipaba en la ejecución y no efectuaba correctamente la acción que se había determinado como fundamental. Teniendo en cuenta que este estudio se hizo 4 meses antes de la competición no se consiguió un cambio radical en la ejecución, pero se pudo constatar, por parte del entrenador que el porcentaje de efectividad mejoró enormemente.

PALABRAS CLAVE.

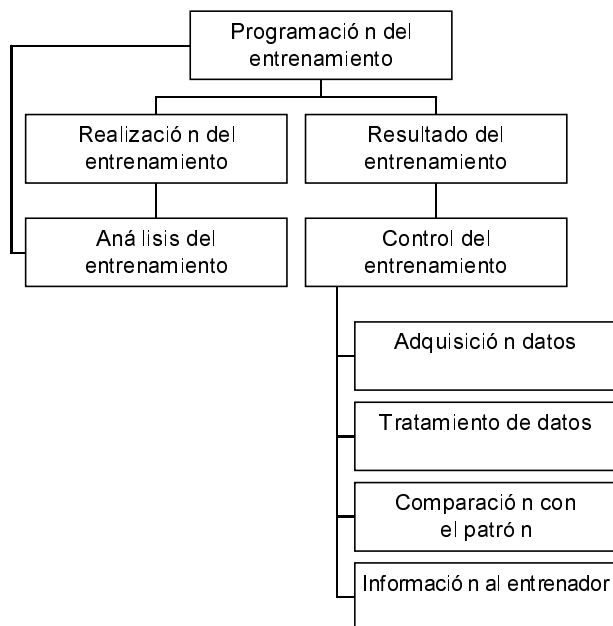
Biomecánica deportiva, Gimnasia Artística, Entrenamiento de la técnica.

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Este trabajo se enmarca dentro del campo de la biomecánica deportiva aplicada al entrenamiento de la técnica y en concreto quiere presentar uno de los estudios que se vienen realizando en el laboratorio de Biomecánica del INEF de Madrid como resultado del proyecto de investigación subvencionado para el año 1999 por el CARICD denominado “ Estudio y seguimiento mediante análisis biomecánico de la técnica de los gimnastas del equipo nacional”.

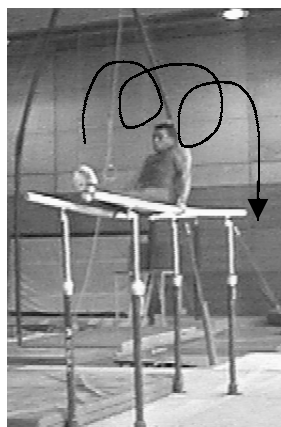
El control del entrenamiento deportivo se basa en la realización periódica de test de los que se obtiene información sobre el estado técnico del deportista. Junto con los resultados de las

competiciones y la información recogida en los controles, el entrenador analiza el proceso de entrenamiento lo que le permite replanificar las sesiones. Gracias a la utilización de las técnicas experimentales empleadas en el Análisis Biomecánico la cantidad de información recogida durante la sesión de control y la fiabilidad de la misma aumenta considerablemente si se compara con los resultados obtenidos en controles convencionales basados principalmente en la observación. Se pretende por tanto mostrar un caso real de Análisis Biomecánico Aplicado al Entrenamiento realizado durante uno de los controles llevados a cabo durante el año 1999.

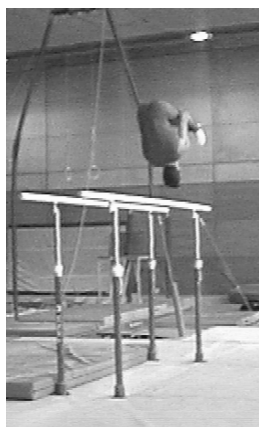


Descripción gráfica del elemento.

1

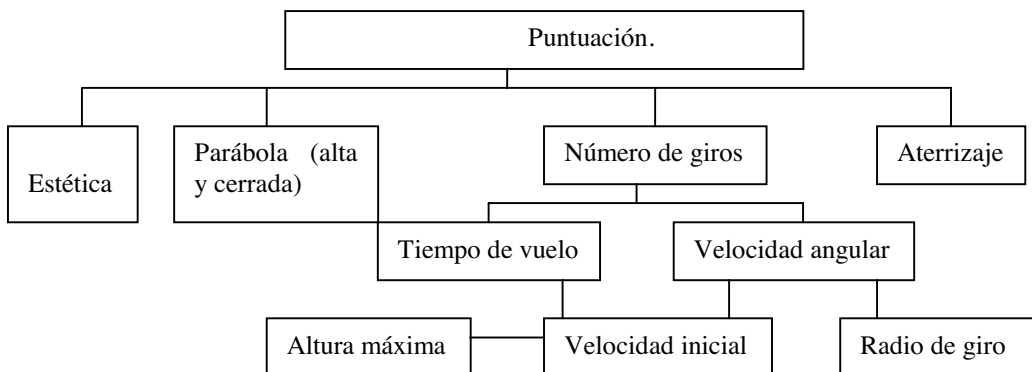


2



3





Análisis Mecánico del Gesto.

En gimnasia artística el juez valora (además de la ejecución correcta –estética – del gesto) que el ejercicio se ejecute en su totalidad (en este caso dos giros en posición carpado respecto al eje transversal) y que el aterrizaje se realice sin dar ningún paso. El número de grados de girados dependerá del Momento de Inercia del sujeto que debe ser lo menor posible –máxima flexión de cadera- y de la velocidad angular del sujeto, en definitiva se pretende que el momento angular en el despegue sea máximo. Otro factor clave es el tiempo de vuelo, que debe ser evidentemente lo mayor posible. El tiempo de vuelo viene condicionado por la velocidad de despegue. En este caso se desea que la velocidad z se al máxima la velocidad x (eje x : perpendicular a las paralelas) sea la suficiente como para que el sujeto pueda volar por encima de las paralelas y caer con espacio suficiente al otro lado. En cuanto a la velocidad y (dirección paralela a las barras) se desea que sea lo mínimo posible –el juez puntuará que la caía del gimnasta se produzca sin desplazamientos adelante o atrás en relación al lugar donde despegó. Los movimientos realizados anteriormente al despegue serán vitales ya que serán los que permitan al gimnasta despegar con la velocidad y el momento angular apropiados.

En relación al aterrizaje hay que decir que va avenir condicionado por el factor anterior, es decir, se pretende que el gimnasta llegue al suelo con una posición del cuerpo que le permita absorber la energía mecánica del vuelo (hacer cero la velocidad lineal y angular). La posición del centro del gravedad en relación al apoyo y el ángulo entre el tronco y la vertical serán las variables a tener en cuenta.

Los objetivos de este trabajo son:

- Obtener las variables mecánica determinantes de la eficacia del gesto mediante un análisis biomecánico en tres dimensiones
- Detectar los errores de la técnica empleada por el gimnasta con el fin de informar al entrenador de cara a su planificación del entrenamiento.

2 MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño experimental- Características:

1. Mínima interferencia en los gestos analizados. El objetivo principal es contribuir a la mejora del atleta, los procedimientos experimentales no deben interferir en ningún momento el transcurso de los entrenamientos.
2. Máxima exactitud en los resultados. Esto quiere decir que los movimientos analizados serán registrados en condiciones lo más cercanas a la competición.
3. Máxima precisión en los resultados. Todos los procesos experimentales deben ser controlados para evitar al máximo la acumulación de errores.
4. Mínimo tiempo de entrega de resultados. Para que realmente tenga un efecto positivo sobre el rendimiento de los gimnastas.

Características de la muestra:

1. Sujeto. Jesús Carballo componente del equipo nacional de Gimnasia Artística.
2. Movimientos. Se analizó este gesto a petición del entrenador ya que el porcentaje de salidas no penalizables era muy bajo.
3. Repeticiones. Las grabaciones son hechas durante los controles efectuados el año 1999. Sólo realiza una ejecución por grabación. La grabación escogida se realizó a partir de las indicaciones que nos dio el entrenador como ejecución típica.

Modelo mecánico del cuerpo:

Se utilizó el Modelo de Clauser definido por 21 puntos y 14 segmentos. Los parámetros inerciales se tomaron del trabajo de Palo de Leva (1996).

Protocolo experimental:

- Filmación. Se colocan dos cámaras de forma que el ángulo entre sus ejes ópticos sea aproximadamente 90°. Se filmó primeramente el objeto de calibración y después al gimnasta. Las cámaras utilizadas son dos Panasonic NV-MS5EG. El sistema de referencia utilizado es un cubo de 2m de.
- Procesamiento de datos. La digitalización y la obtención de las coordenadas 3D se realizaron a través de un sistema informático desarrollado en el INEF de Madrid. El proceso consta:
 - Digitalización de los puntos del Objeto de Calibración correspondientes a cada cámara. Se toman 8 puntos en cada cámara.
 - Digitalización del cuerpo del gimnasta durante la secuencia seleccionada, utilizando los 21 puntos del modelo de Clauser(1969), de ambas cámaras.
 - Cálculo de las coordenadas 3D de cada punto se obtuvieron mediante la DLT (Abdel- Aziz y Karara, 1971)

Tratamiento de datos:

- Filtrado e interpolación de datos. Las coordenadas 3D se ajustaron mediante funciones Spline de Quinto Orden. Para la obtención del factor de suavizado se utilizó el procedimiento desarrollado por Woltring (1986).

- Obtención de las variables de estudio a través de un programa desarrollado en el INEF de Madrid.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

3.1 Datos en los 4 momentos más importantes del elemento:

T1 (0'49 sg)= Momento en que la Vy es 0, cambia de dirección en la horizontal.

T2 (0'76 sg)= Momento en que la Vz se hace 0, cambia de dirección en la vertical.

T3 (0'94 sg)= Momento en que suelta las bandas.

T4 (1'74 sg)= Momento en que toca el suelo.

- Tabla de las componentes de la velocidad en momentos específicos, siendo:

| | Vx | Vy | Vz |
|----|------------|------------|-------------|
| T1 | 0'249 m/sg | 0 m/sg | -2'652 m/sg |
| T2 | 0'294 m/sg | -1'32 m/sg | 0 m/sg |
| T3 | 1'22 m/sg | 0'6 m/sg | 2'568 m/sg |
| T4 | 1'22 m/sg | 0'6 m/sg | -5'361 m/sg |

- Tabla de los ángulos corporales en esos mismos instantes:

| | Tronco-Brazo | Tonco-Pierna | Brazo-Vertical | Tr-horizontal |
|----|--------------|--------------|----------------|---------------|
| T1 | 84° | 0° | -25° | 19° |
| T2 | 16° | 157° | 5° | -79° |
| T3 | 14° | 103° | 44° | -120° |
| T4 | - | 101° | - | 1° |

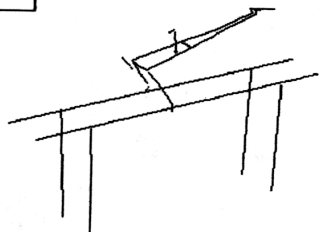
* Ángulo Piernas-Vertical en T4 = 12°

- Otros datos:

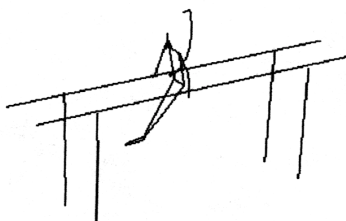
- Distancia del C.D.G. a la base de apoyo (horizontalmente) en T4 = 26'3 cm.
- Altura del C.D.G. en T4 = 85'9 cm.
- Altura máxima alcanzada del C.D.G. = 2'394 m.
- Tiempo de vuelo (T4-T3) = 0'8 sg

Posición y trayectoria del C.D.G. en los 4 momentos mencionados:

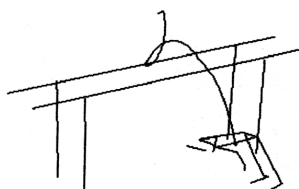
tiempo
8.484



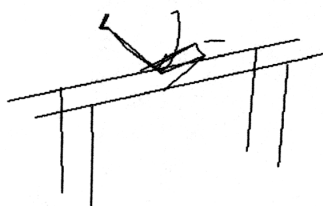
tiempo
8.771



tiempo
1.748

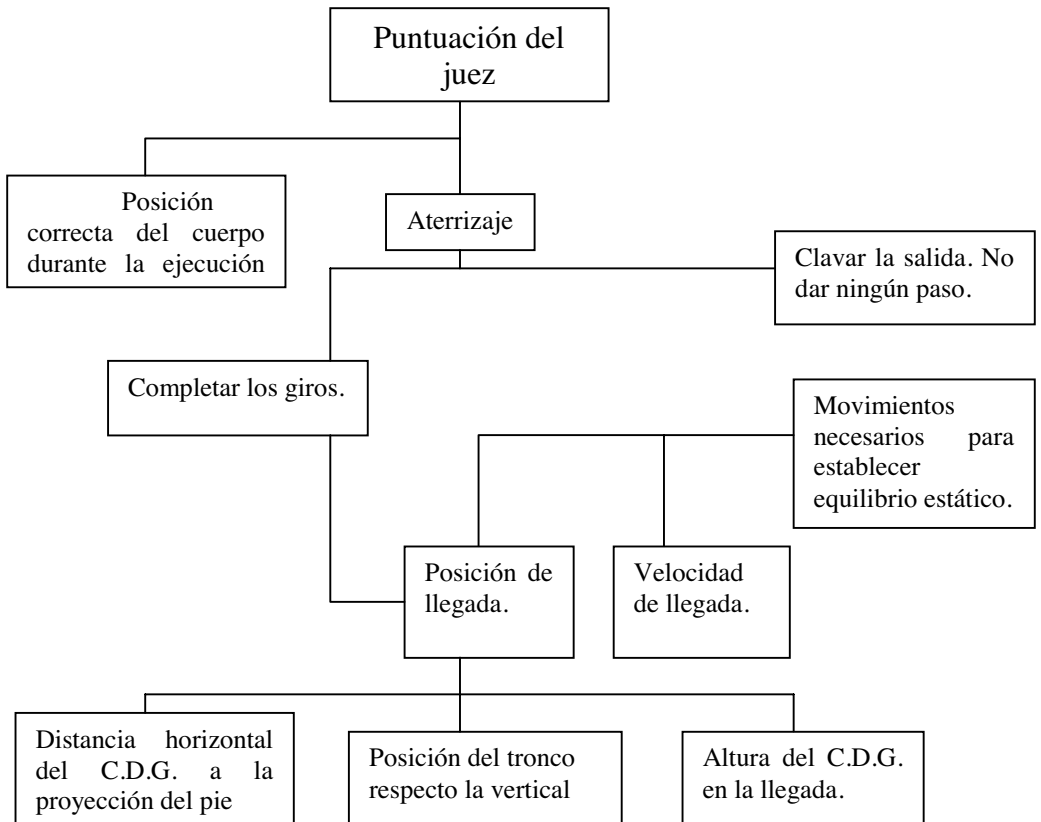


tiempo
8.947



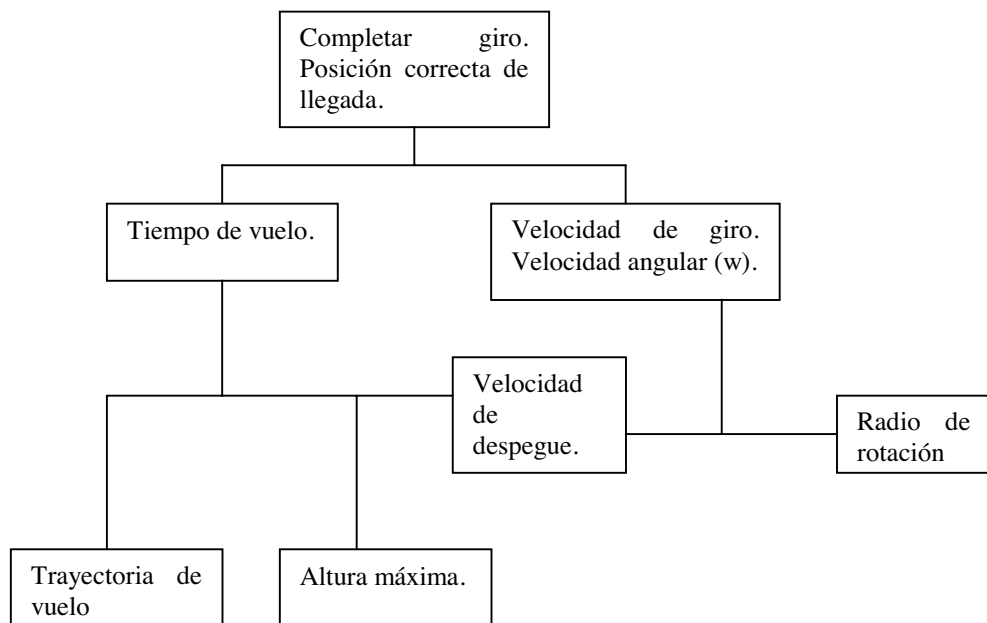
El juez va a ser el que puntuará este elemento. Su criterio de evaluación se basa principalmente en la corrección postural y una buena recepción. En un doble en carpa la posición debe ser piernas estiradas y cuerpo carpado. En el aterrizaje lo principal es que no de ningún paso, es decir que caiga en una posición adecuada para poder amortiguar la caída y la velocidad de rotación sin tener que mover ningún pie y flexionando las piernas lo mínimo.

Para ello es imprescindible que complete los 720° al llegar, sin embargo, a Jesús Carballo (J.C.) le faltan 91° para finalizar el segundo mortal. Para poder caer de pie tiene que flexionar la cadera esos 91° que faltan, por lo que no puede llegar estirado, lo que sería vital para un buen amortiguamiento, además en esta posición el C.D.G. está $26'3$ cm por delante de la base de sustentación, lo que le obliga a dar un paso adelante para no caer.



La velocidad de salida es muy correcta. La V_x debe ser la suficiente para caer separado de las bandas, sale con una V_x de 1'22 m/sg que lo separan 80'4 cm de la banda por la que sale, teniendo en cuenta que su anchura de hombros es de 43 cm, su hombro queda a 58'9 cm de las paralelas. La V_y tiene que estar cercana a 0, para aprovechar el máximo de velocidad en z. La V_y es 0'66 m/sg lo que significa que suelta las bandas en el momento adecuado para tener una trayectoria vertical, sin embargo hay que adelantar que la posición de salida no es la óptima. La V_x y la V_y se mantienen constantes hasta el aterrizaje. La V_z en la llegada es de 5'3 m/sg que debe amortiguar en la llegada. Esta es una velocidad que puede ser amortiguada perfectamente llegando en una postura adecuada, es decir estirado.

Por lo tanto el fallo de este elemento es que no completa los 720° de rotación.



El conseguir una velocidad de despegue máxima es el factor que va a determinar la posibilidad de ejecutar correctamente este elemento.

En el T1 la V_y se hace 0, este es el punto en el que la V_z debería ser máxima, sin embargo la V_z se hace máxima 0'04 sg más tarde en el momento en que el tronco está a 5° de la horizontal (punto donde el radio se hace máximo), Esto se debe a que JC se adelanta e inicia la patada un poco antes de tiempo.

Llega al T2 en una posición que no es la óptima ya que ha precipitado las acciones, así en el punto donde la V_z es 0 debería llegar con el hombro encima del apoyo, tronco vertical y las piernas ligeramente atrasadas ya que la patada debe darse en el 3° cuadrante para que su trayectoria sea vertical con una posición del cuerpo adecuada. JC llega a este punto con el hombro 5° retrasado, el tronco 11° antes de la vertical y una flexión de cadera de 157° .

Por último la posición de partida no es la adecuada. El momento de inercia en este punto debe ser máximo para lo cuál el radio debe ser máximo. JC acorta el radio en este momento flexionando aún más el ángulo Tronco-Pierna. Esta acción que para él es imprescindible sería evitable si abriese el ángulo Tronco-Brazo dorsalmente. La acción de los músculos extensores del hombro se hace por tanto vital para la buena realización de este elemento.

JC realiza una separación Tronco-Brazo de tan sólo 14° , por eso debe acortar el ángulo Tronco-Pierna, sin embargo, como se ha dicho antes necesitamos que el radio sea máximo, teniendo en cuenta que unos grados de flexión son inevitables por la acción de la patada.

De esta forma si consiguiere salir con un mayor momento angular, durante el vuelo podría aumentar la velocidad angular disminuyendo el momento de inercia. Así conseguiríamos la altura máxima y la velocidad angular máxima necesarias en la ejecución de este elemento.

4 CONCLUSIONES

- En vista de los datos aportados debemos decir que JC precipita demasiado las acciones. El paso por la vertical es un punto clave en el que, como hemos dicho, el hombro no debe estar retasado, el tronco vertical y las piernas por detrás de la vertical, esto lo consigue si retrasa el inicio de la patada.
- El otro momento clave es la apertura del ángulo tronco-brazo. Esta se debe ampliar y llegar al punto de soltar las bandas con el cuerpo más estirado.

5 BIBLIOGRAFÍA

- Abdel-Aziz, Y.I. Karara, H.M. *Direct linear transformation from comparator coordinates into object space coordinates in close range photogrammetry*. En ASP Symposium on close range photogrammetry (1971), editado por American society of photogrammetry, ASP, Falls Church, 1-18.
- Clauser, C.E., McConville, J.T. y Young, J.W. *Weight, volume, and center of mass of segments of the human body*. NTIS, Springfield, (1969).
- Chandler, R.F., Clauser, C.E. y McConville, H.M. *Investigation of inertial properties of the human body*. NTIS, Springfield, (1975).
- Dapena, J. *A method to determine the angular momentum of a human body about three orthogonal axes passing through its center of gravity*. J.Biomech, (1978), 11(5), 251-256.
- Gervais, P. *Analysis and assessment of the double back salto dismount from the parallel bars as performed by Canadian gymnasts*. Applied sport research program, sport Canada, (1996), 27.
- Gros, H.J., Leikov, H., Heisel, W. *Biomechanical considerations for a new design of the parallel bars*. International Symposium of Biomechanics in Sports, (1994), Budapest, Hungary.
- Takei, Y., Nohara, H., Kamimura, M. *A new outer grip technique used by elite gymnasts in the felge mount on the parallel bars*. In, Abstracts of the International Society of Biomechanics, XIVth Congress Paris, 4-8 July, 1993, vol.II, 1320-1321.

- Tihonov, V.N. *Determination of moments of inertia of the arms and legs on the relative axis of the proximal joint*. Yessis review, (1973), 9(2), 55.
- Yeadon, M.R. *The simulation of aerial movement I. The determination of orientation angles from film data*. Journal of biomechanics (1990), 23(1), 59-66.
- Woltring, H.J. *Afortan package for generalized, cross validatory spline smoothing and diferentation*. (1986) Adv, Eng. Software, 6 104-115.