

Otras aplicaciones de la Biomecánica. Biomecánica y arte: «La fuerza de Rosa Serra»

X. BALIUS MATAS

Departamento de Biomecánica. Centre d'Alt Rendiment (CAR)

Nota

Este artículo, con el título 'La Fuerza de Rosa Serra' ha sido previamente publicado en la revista Apunts – Educació Física i Esports, nº 84, p.88-91 editada por la Generalitat de Catalunya.

Resumen

Existen teorías que describen la relación de un movimiento deportivo correctamente realizado con una expresión matemática, utilizando el número ϕ , canon de belleza, como el resultado de una fórmula que responde a una serie de parámetros que describen el movimiento estéticamente bello o bonito, según el criterio de quien lo contempla.

La biomecánica del deporte tiene como objetivo describir y explicar la técnica deportiva desde el punto de vista de la física mecánica. La biomecánica por lo tanto tiene como punto de mira objetivar, cuantificar, cómo es de correcto un gesto deportivo para poder conseguir la mejor ejecución posible.

Introducción

En algunos deportes, por ejemplo en la gimnasia rítmica o en la natación sincronizada, se apela con frecuencia a la estética del gesto. Des del punto de vista del reglamento de estos deportes la ligereza, la amplitud, y porque no decirlo la «gracia» con la que el gesto se realiza pueden llegar a ser parte de la llave del éxito en una competición, pero también podrían ser parte del éxito en una representación de danza, una de las bellas artes.

En otro nivel encontramos parámetros de evaluación del movimiento que, aún siendo elementos puros de la física mecánica, son con frecuencia utilizados desde un punto de vista subjetivo: Es el caso de la fuerza. A diferencia de los parámetros que mencionábamos más arriba, la valoración subjetiva se realiza desde la propia

experiencia: Cuando un movimiento nos parece que se ha realizado con fuerza es porque interiormente buscamos en nuestra experiencia referencias que lo justifiquen. La percepción de la estética es relativa al «sentimiento de belleza», que se obtiene de la ligereza i la «gracia», pero es diferente a la percepción de «carga» en el sentido de fuerza. Tal como sucedía en el párrafo anterior, la fuerza, que se evalúa en un/una gimnasta para determinar su éxito, puede ser válida también para evaluar el éxito de un arte gráfico como la fotografía, o de una arte plástica como la escultura.

La escultura de Rosa Serra, fotografiada en nuestra portada (figura 1), y esbozada en el dibujo de la figura 2, nos sugiere fuerza. Por un lado, porque los segmentos del cuerpo del atleta representado, cuadrados y redondeados, son del volumen de una persona con fuerza física. Por otro lado, porque únicamente la fuerza puede doblegar la pértiga. Pero, también, porque el momento elegido para representar el saltador de pértiga es mecánicamente hablando uno de los momentos en que la fuerza es más fundamental para tener éxito en el salto.

Correspondencia:

Xavier Balius

Dpto. de Biomecánica. Centre d'Alt Rendiment (CAR). Av. Alcalde Barnils s/n. Sant Cugat del Vallès.

E-mail: xbalius@car.edu



Figura 1. Fotografía de la escultura de Rosa Serra

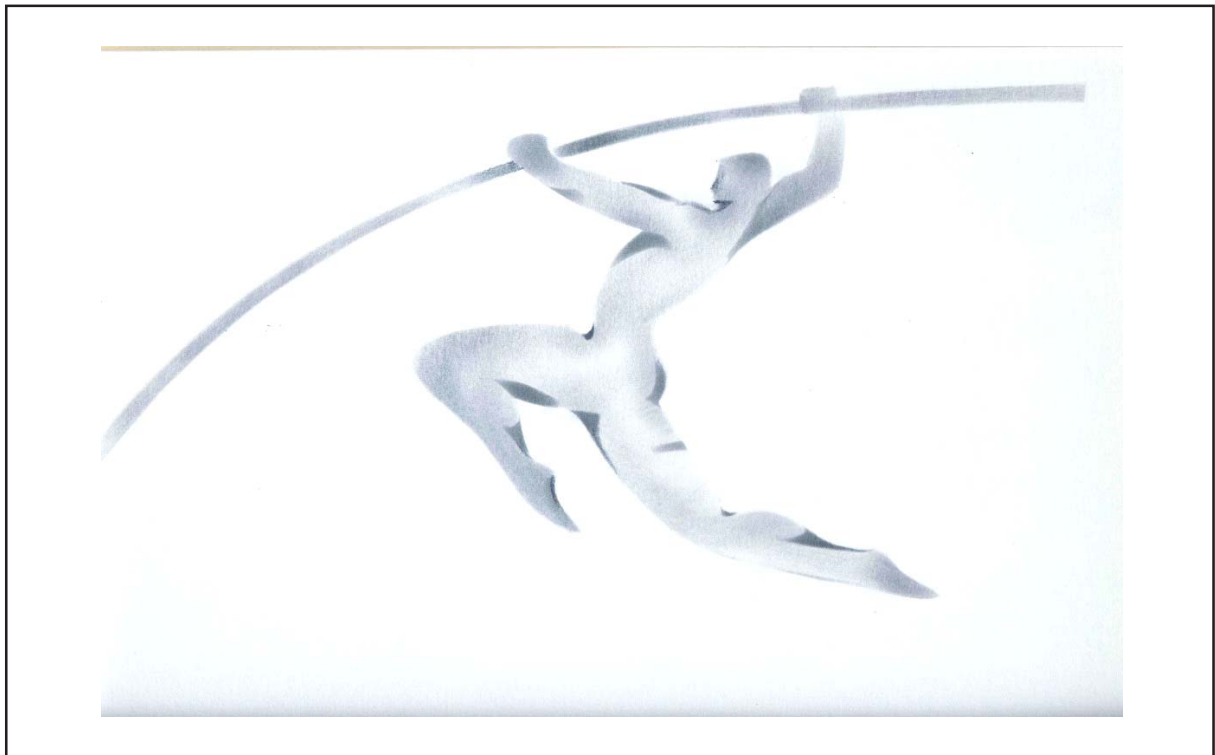


Figura 2. Esbozo de la escultura de Rosa Serra

Métodos

Desde el punto de vista de la biomecánica del deporte el objetivo del saltador de pértiga es situar su centro de masas (CM) a la máxima altura con la ayuda de la pértiga, a la vez que realiza una rotación, que le permite superar el listón de manera segura con todas las partes de su cuerpo. La pértiga, fabricada en fibra de vidrio en la realidad, es necesario doblarla, plantándola en un cajón situado más o menos por debajo del listón, después de una carrera a mucha velocidad. Después de esta acción, y gracias a la capacidad de restitución de la pértiga, esta se desdoblará permitiendo al saltador situar su cuerpo con la cabeza hacia abajo en el momento de máximo empuje de la pértiga, preparándolo para sobrepasar el listón con una cierta rotación de la totalidad del cuerpo.

En la seriación de la figura 3 podemos observar algunos de los instantes considerados clave y que separan las diferentes fases en que puede dividirse el salto de pértiga. Es evidente que en diferentes momentos de estas fases se producen situaciones en las que la aplicación de fuerza es importante.

En todos estos casos la habilidad del saltador, en combinación con esta fuerza, determinará el éxito del salto.

Pero, puestos a analizar la técnica deportiva y la mecánica del saltador de Rosa Serra, podemos constatar que como buena observadora la escultora aprovecha de la realidad del salto aquello que le da fuerza a la obra. Sin embargo le añade, desde su punto de vista estético, aquello que le da la ligereza y la amplitud que normalmente no encontramos en un salto. La ligereza la consigue la escultora con la curvatura de la espalda, no muy típica en los saltadores, que en este caso le aporta velocidad, y la amplitud la obtiene exagerando la posición de los segmentos y también de las puntas de los pies, colaborando también a parte del efecto de amplitud en el efecto de velocidad. Además el saltador agarra la pértiga a un nivel más inferior del que sería normal y esto permite la aparición de un elemento más, el extremo superior de la pértiga, que colabora a la mencionada amplitud del gesto de la escultura.

En referencia a la fuerza. Rosa Serra ha escogido un momento clave para poder mostrar la

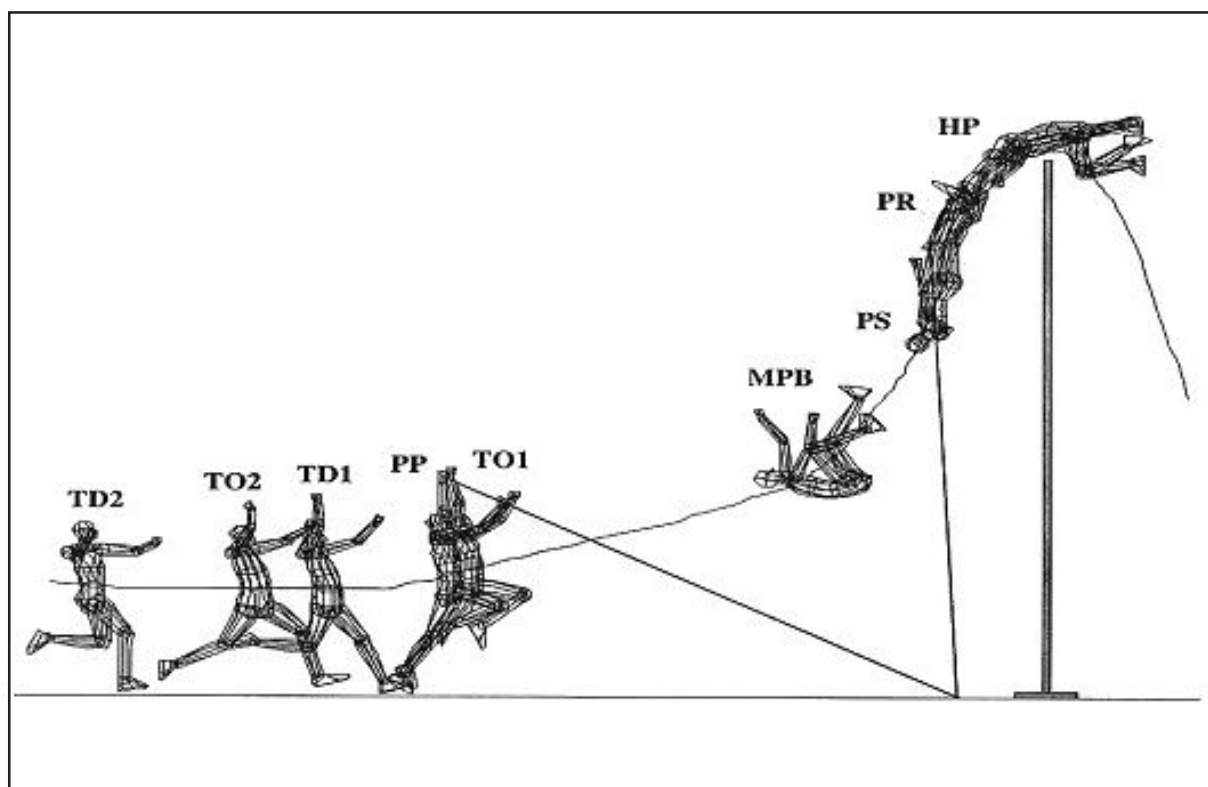


Figura 3. Cinegrama del salto de pértiga. Momentos claves de descripción del gesto: TD2 – impacto (touch down) del pie al penúltimo contacto, TO2 – elevación (take off) del pie al penúltimo contacto, PP – plantada de la pértiga (pole plant), TD1 - impacto (touch down) del pie en el último contacto, TO1 - elevación (take off) del pie en el último contacto, MPB – doblamiento máximo de la pértiga (maximum pole bend), PS – extensión de la pértiga (pole straight), PR – suelta de la pértiga (pole release), HP – altura máxima del CM (peak height of CM) (2)

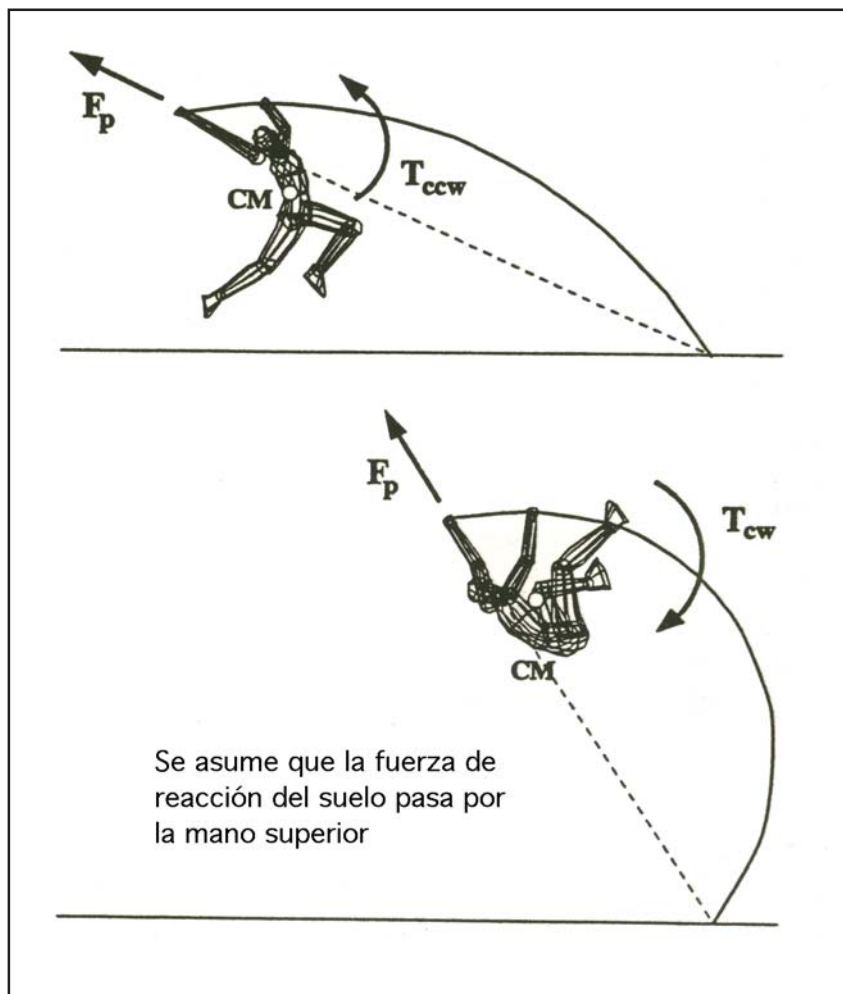


Figura 4. Tomado de Ángulo, y otros. «Torque» (Momento de fuerza) generado por la pértiga sobre el saltador durante la fase de soporte. F_p es la fuerza de reacción del suelo sobre la pértiga; T_{ccw} es el momento de fuerza en contra de las agujas del reloj; T_{cw} es el momento de fuerza a favor de las agujas del reloj (2).

estética de esta fuerza, pero también desde el punto de vista biomecánico este momento es uno de los que más fuerza ha de soportar el saltador: El momento en que el atleta deja de tener contacto con el suelo.

Observando de nuevo la figura 3, podemos ver que entre el instante TO1 (take off – elevación) y el MPB (maximum pole bend – máximo doblamiento de la pértiga) no tenemos representado ningún dibujo. Esta es la primera parte de la fase técnicamente denominada de «vuelo libre», que acaba en el momento PR (pole release – suelta de la pértiga). En esta fase, después de haber conseguido la máxima velocidad en la carrera de aproximación, y después de haber «clavado» súbitamente la pértiga contra el cajón de plantada, el saltador ha de adaptar los movimientos del cuerpo a la reacción de doblamiento y desdoblamiento de la pértiga.

En el momento que la pértiga es plantada en el cajón la mano superior que la agarra realiza una fuerza hacia el suelo, mientras que la mano inferior realiza una fuerza hacia arriba para facilitar que la pértiga se doble. Justo en el mismo instante el saltador ejecuta un salto vertical intentando mantener la velocidad horizontal de su CM. El saltador se eleva y desde este instante ha de conseguir pasar de una postura con el cuerpo estirado y con tendencia a rotar sobre su CM en contra de las agujas del reloj (T_{ccw}), a una postura muy característica del salto de pértiga, agrupada y con tendencia a rotar a favor de las agujas del reloj (T_{cw}) (figura 4). El/la lector/a podrá entender la dureza de esta fase si se imagina a ell/ella mismo/ma agarrado a la barra de un autobús que arranca y frena de manera súbita.

Esta tendencia del cuerpo a rotar puede explicarse biomecánicamente con el momento

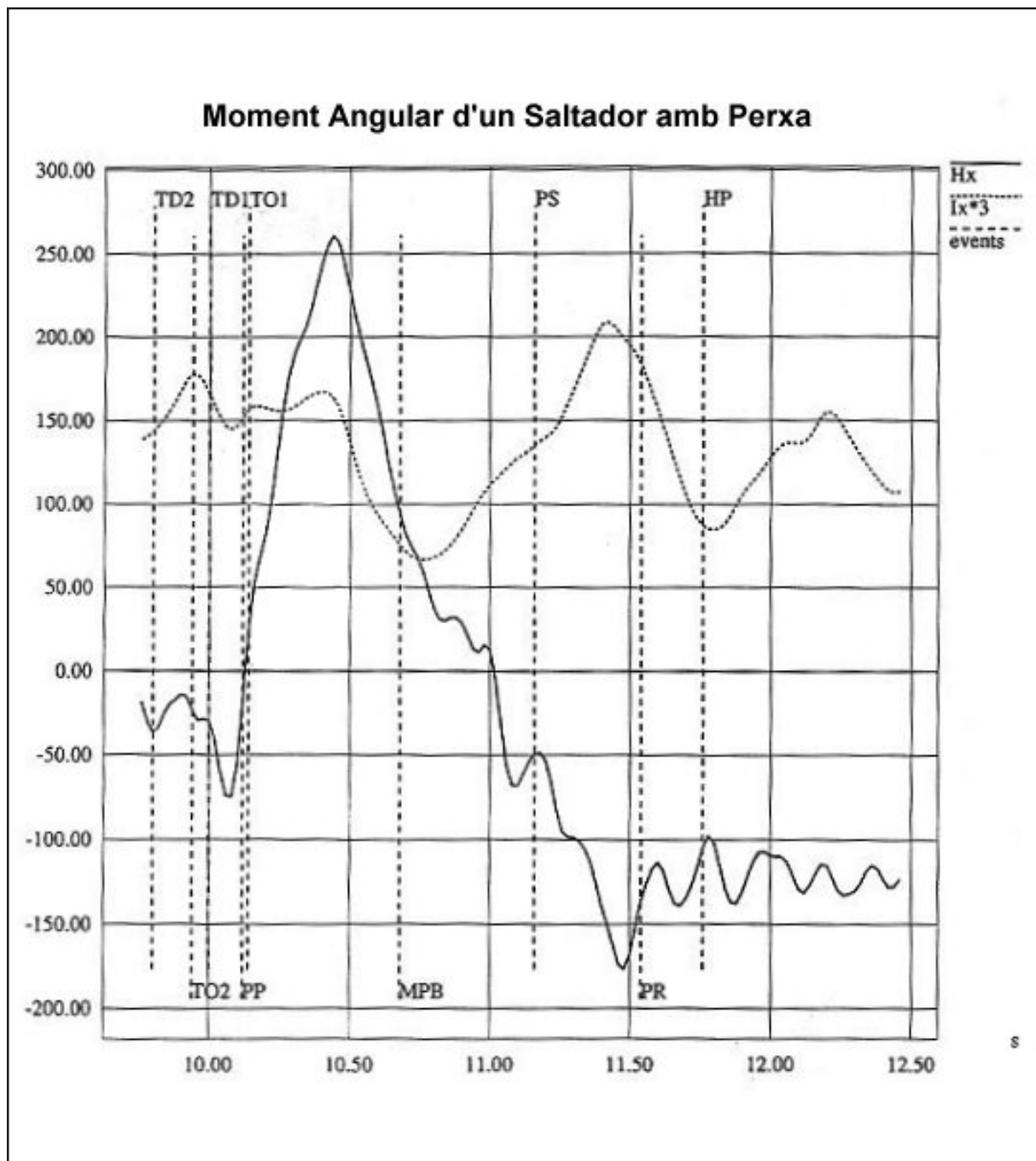


Figura 5. H_x es el momento angular de un salto de pértiga, Ix es el momento de inercia o el producto del radio de rotación del cuerpo y su masa. Los momentos claves (events) indicados por las líneas discontinuas son los mismos que los de la Figura 3.

angular: La energía de rotación de un cuerpo que gira en el aire. El momento angular depende de la masa del cuerpo del saltador, de su radio de rotación (más alto, si está estirado, que si está agrupado) y de la velocidad a la que gira.

Observemos ahora la gráfica de la figura 5. Si nos fijamos en los momentos antes mencionados podemos ver que inmediatamente después de TO1 la curva representada por Hx (el momento angular) incrementa rápidamente su valor. Ahora nos gustaría que el/la lector/a hiciese el ejercicio de imaginarse ell/ella mismo/a realizando un salto mortal. ¿Qué le diría la intuición? ¿Realizaría el salto mortal con el cuerpo totalmente estirado o agrupado? Probablemente la respuesta que nos daría sería que el mortal lo haría agrupado, porque parece que es más fácil realizarlo con el cuerpo en postura agrupada. De hecho, en gimnasia deportiva se puntúa mejor un mortal, o un doble mortal, «planchado» (con el cuerpo completamente estirado) que uno de agrupado, precisamente por premiar esta dificultad.

Volviendo al salto de pértiga lo que esta sucediendo es que en los primeros instantes de elevarse el saltador ha de realizar un esfuerzo muy grande para poder controlar la energía de rotación y aminorarla agrupando su cuerpo. De hecho si seguimos observando la gráfica, podemos ver como después de este máximo valor del momento angular, ésta desciende hasta $0 \text{ Kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}$, momento de máximo agrupamiento del cuerpo y momento en el cual se transforma de manera definitiva la trayectoria horizontal del cuerpo en vertical, y

cambia a valores negativos, instante en que el cuerpo vuelve a estirarse en un sentido de diferente rotación.

Conclusiones

Para Rosa Serra el instante escogido para representar de la manera más estética el saltador de pértiga, es justo el instante que en que este se eleva del suelo. Es precisamente en este momento cuando las extremidades del saltador abarcan más espacio, y cuando la escultora puede aportar los toques personales que darán fuerza a la obra: Miembros gruesos y fuertes en postura de velocidad y amplitud de movimiento. Lo que la escultora además intuye, y decimos intuye porque nos consta que nunca ha probado de realizar un salto de pértiga, es que en este instante el saltador ha de resistir el impacto de la pértiga contra el cajón de plantada y, sin soltarla ha de conseguir controlar la energía de rotación con todo su cuerpo extendido. La intuición de los artistas de saber encontrar estos instantes que han de aportar fuerza a su obra los convierte en verdaderos analistas del movimiento.

Bibliografía

1. **Angulo, R.; Kinzler, S.; Balius, X.; Turró, C.; Caubet, J.; Escoda, J.; Prat, J.** (1994). Biomechanical Analysis of the Pole Vault Event. *Journal of Applied Biomechanics*, (10), pág. 147-165.
2. **Institut d'Estudis Catalans.** Diccionari de la Llengua Catalana. Primera edició: Barcelona, 1995.