

## PUNTERIA Y ENCESTE EN BASQUETBOL

Ramiro Vázquez Zetina \*  
Rafael Urrutia Zamudio \*\*  
Jorge Avendaño Reyes \*\*  
Rodolfo Limón Lason \*\*\*

### INTRODUCCION

El baquetbol competitivo actual es un deporte rápido y preciso que demanda a los jugadores una gran capacidad aunada a aptitudes especiales tales como velocidad, fuerza, resistencia, agilidad, destreza y factores psicomotores especiales; todo esto combinado con estatura superior a los dos metros y masa corporal por arriba de 90 kg.<sup>4, 5, 6, 9</sup>

El tiro a la canasta es uno de los elementos más importante en este deporte, ya que es la forma de conseguir anotaciones.

### DESCRIPCION DEL TIRO PARABOLICO

Cuando se lanza un balón, el vector dirección forma un ángulo con el plano horizontal, diferente de 90°, y su trayectoria describirá una parábola más o menos abierta que, según sean sus parámetros iniciales, permitirá el en-

ceste. La causa de este comportamiento parabólico se debe a la fuerza de gravedad que actúa constantemente sobre el balón. En dirección horizontal la velocidad se conserva;<sup>8, 11, 12</sup> pero el que dicha trayectoria sea una parábola no significa que sea única, sino que existe una familia de parábolas incluidas en una superficie (Fig. 1). Esto se representa con la ecuación:

$$y = (\tan \varphi) x - \frac{g}{2 (V \cos \varphi)^2} x^2 \quad (1)$$

Donde  $V$  es la magnitud de la velocidad,  $\varphi$  el ángulo que el vector velocidad inicial forma con la horizontal, y  $g$  la aceleración de la gravedad. Se considera que el origen de las coordenadas se encuentra localizado en el punto de lanzamiento, y se supone que dicha trayectoria debe pasar por un punto conocido  $(x', y')$  que son las coordenadas del centro del aro. Despejando  $V$  de la ecuación de la trayectoria observamos que  $V$  está en función de  $\varphi$  por la ecuación.

$$V = \frac{\frac{g x'^2}{2 (\tan \varphi) x' - y'}}{\cos \varphi} \quad (2)$$

Lo que nos muestra que existen múltiples valores de  $\varphi$  y  $V$  que permiten que el balón pase por los puntos  $(x', y')$  marcados como enceste en la canasta.

Si se dan valores a  $(x', y')$  se pueden calcular algunos resultados de  $V$  una vez escogido  $\varphi$ :  $x' = 3 \text{ m}$ ,  $y' = 1 \text{ m}$ .

\*Departamento de Medicina del Deporte del Instituto Mexicano del Seguro Social y Programa de Biología del Desempeño Humano, Escuela Nacional de Estudios Profesionales-(ENEP) Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

\*\*Departamento de Medicina del Deporte del Instituto Mexicano del Seguro Social e Investigador del Programa de Biología del Desempeño Humano, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México.

\*\*\*Jefe del Programa de Biología del Desempeño Humano, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México.

En la tabla de la Fig. 1, se observa cómo la velocidad que se tiene que imprimir al balón es progresivamente mayor conforme se acerca al ángulo de noventa grados y por tanto al crecer se exige del tirador un esfuerzo mayor. Esto en realidad constituye una barrera física debido a la imposibilidad de lanzar el balón con la fuerza necesaria para que se produzca el enceste al utilizar un ángulo pronunciado. En este sentido, el ángulo máximo permitido para cada tirador dependerá de la fuerza que pueda imprimir, y que en general se acerca a los  $75^\circ$ ; pero si el máximo ángulo permitido se acerca a los  $75^\circ$ , ¿cuál será el ángulo mínimo del enceste?

El ángulo mínimo de enceste está representado en la Fig. 1 por la trayectoria 1. En la Fig. 2 se aprecia que para un diámetro,  $Db$ , de balón de 25 cm y un diámetro  $Da$ , de aro de 35 cm,

$$\text{sen } \varphi = \frac{Db}{Da} \quad (3)$$

Sustituyendo,

$$\text{sen } \varphi = \frac{25 \text{ cm}}{35 \text{ cm}} = 0.7143 \quad (4)$$

$$\varphi = \text{arccos} 0.7143 = 45^\circ 35' \quad (5)$$

Esto define el ángulo mínimo que debe presentar la trayectoria en el momento en que el balón incide sobre la canasta con objeto de evitar que rebote en el aro.

Finalmente, conviene preguntar si a partir de un origen determinado de lanzamiento, el plano donde se encuentran las parábolas de enceste es único.

Para simplificar esta deducción vamos a considerar que el tablero no interacciona, es decir, que no está presente. Ahora, si en uno de los costados del aro colocamos un balón que apenas pueda entrar rozando, observaremos que el centro del balón se encuentra alejado del centro del aro una distancia que es la diferencia entre los radios del balón y del aro,  $17.5 - 12.5 = 5 \text{ cm}$ , esto implica que en un radio de 5 cm alrededor del centro del aro la entrada del balón está permitida.

¿Qué significa esto para el tirador? Si se le observa desde arriba, lo que se vería como trayectoria del balón sería únicamente una serie

de líneas que unen al tirador con la canasta, y que están contenidas en el ángulo  $2\theta$ , como se muestra en la Fig. 3.

Este ángulo, que muestra la variación permitida alrededor del tiro perfecto dirigido al centro del aro, depende, como se ve, de la distancia  $x$  que separa el punto de tiro del centro del aro. Para tener una idea de este ángulo se puede calcular su valor tomando  $x = 3 \text{ m}$ .

$$\theta = \text{arco sen } \frac{.05}{3} \quad (6)$$

$$\theta = \text{arccos} 0.0166 \approx 0.017 \quad (7)$$

$$\theta = 1^\circ$$

Resulta que la variación permitida se encuentra aproximadamente en un ángulo menor de  $2^\circ$  y por tanto todos los planos de parábolas de enceste contenidos en este ángulo son permitidos para el tirador.

Según se señala, la puntería en el enceste en basquetbol puede entenderse gráficamente como un fenómeno de intersección en un plano tridimensional, el cual depende de:

- a) Fuerza impulsora del brazo.
- b) Dos ángulos de dirección.

El hecho anatómico de que en un movimiento participen varias articulaciones, sólo complica el problema pero no lo altera en principio. El cambio de posición, del estado inicial al estado final, implica un proceso en el cual la extremidad es acelerada y desacelerada. La precisión del movimiento depende en mucho de la interacción del par de fuerzas (de impulsión y de resistencia) en cuanto a la cantidad de oscilación y grado de amortiguamiento de las mismas.

Los sistemas utilizados para disminuir la oscilación en la posición final, son esencialmente servomecanismos y funciones de retroalimentación, en este caso ligados no al ángulo de desplazamiento ( $\theta$ ) sino con la velocidad del movimiento ( $d\theta/dt$ ).

La resistencia viscosa del músculo es muy pequeña para ser efectiva en el amortigua-

$\varphi$	V
45°	5.996
70°	7.076
75°	7.919
85°	13.24

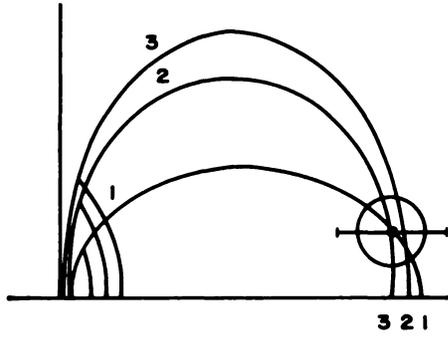


Fig. 1.

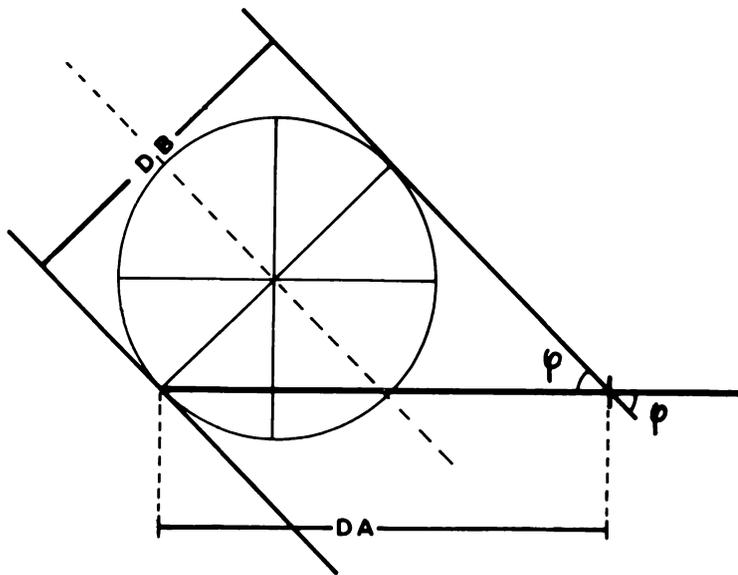


Fig. 2.

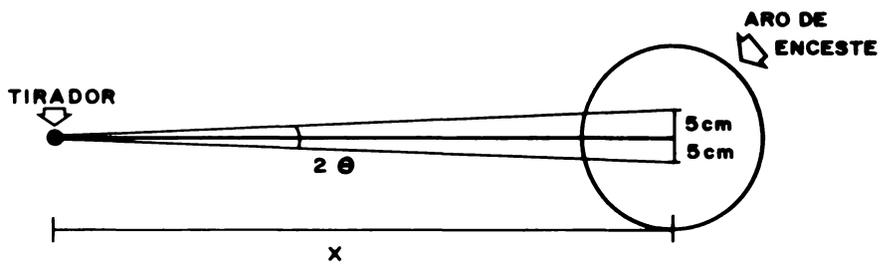


Fig. 3.

miento. La ubicación anatómica y el elevado umbral del órgano tendinoso de Golgi, parecen relacionarse más bien con evitar la sobrecarga al músculo que con el control exacto del movimiento. Los órganos sensoriales articulares que miden directamente el desplazamiento de ( $\theta$ ) se acomodan rápidamente y pueden ser importantes para mantener a la extremidad en una posición fija. Por otro lado, se ha demostrado que la contracción muscular subyacente a movimientos finos, depende de la longitud ( $l$ ) del músculo y del cambio instantáneo de la misma ( $dl/dt$ ). Por su estructura y conexiones, el huso muscular es el receptor más involucrado en la detección del cambio instantáneo de la longitud muscular.<sup>1</sup>

Si todo lo que quisiéramos hacer con nuestros brazos fuera encestar balones, sería recomendable un sistema de amortiguamiento viscoso; sin embargo, en ocasiones se requiere producir un movimiento esencialmente más rápido que preciso, como son los movimientos de ataque o defensa, en este caso el amortiguamiento viscoso implicaría una desventaja. Por otro lado, el lanzamiento de una extremidad con fuerza no hace caer al individuo, sino ocurre un proceso muy controlado de desaceleración amortiguada.

En el caso de las extremidades, el factor principal que tiende a causar exceso y oscilación es la inercia. Gran parte del entrenamiento en actividades atléticas genera, de alguna manera, programas de aprendizaje motor previstos para controlar la inercia.<sup>7</sup>

El hecho de que se enceste un balón, implica que el sistema nervioso realiza cálculos dimensionales muy precisos de carácter no numérico y frecuentemente no concientes.

El sistema se autoinforma momento a momento del estado del músculo en relación a su tensión y longitud; existe además una adecuada utilización de la altamente precisa y discriminativa información sensorial, tanto a nivel espinal como supraespinal.<sup>2</sup>

El procesamiento de esta información sensorial, parece estar relacionado con el arreglo neuroanatómico de convergencia entre los hemisferios del cerebelo y la corteza cerebral, dados a través de dos canales en paralelo: vía núcleo pontino y por medio del núcleo de la oliva

inferior.<sup>9</sup> De esta manera, el cerebelo parece funcionar como un "comparador" de errores detectados.

#### RESUMEN

En basquetbol, encestar una pelota de 25 cm de diámetro en un aro de 35 cm, requiere una serie de factores que en castellano llamamos "buena puntería"; pero cuando se analizan desde el punto de vista fisicomatemáticos y anatomofisiológicos, muestran su importancia las fuerzas que toman parte y los procesos de fijación del cuerpo del sujeto los cuales son posibles a través de una serie de servomecanismos neuromusculares cuyo estudio resulta interesante.

Es también importante el análisis de las resistencias que participan, y este conjunto muestra el papel decisivo de ciertos órganos del sistema nervioso como son la corteza cerebral y el cerebelo.

#### SUMMARY

In basketball the shooting of a 10 inch diameter ball into a 14 inch diameter ring, requires a series of factors which in common language we call "good aim", but when analyzed from a physical-mathematical and anatomical-physiological point of view, they show their importance. The forces which take part and the fixation processes of the subject's body are possible through a series of interesting neuromuscular servomechanisms, when studied.

It is also important the analysis of the resistance which takes part and all this conjoint shows the decisive role of certain nervous system organs such as the cerebral cortex and cerebellum.

#### BIBLIOGRAFIA

1. **Barker, D.:** "The motor innervation of the mammalian muscle spindle". **Eccles, J.:** "Functional organization of the cerebellum in relation to its in motor control". Nobel Symposium I. Muscular afferents and motor control. Ragnar Granit. Nueva York, 1966.

2. **Burke, R.E. y P. Rudomin:** "Spinal neurons and synapses" *Handbook of Physiology*. Sección I. The nervous system. Cap. 24. American Physiological Society. Maryland, 1977.
3. **Calvin, W. y K. Graubard:** "Styles of neuronal computation" *The neurosciences*, pp. 513-524. Editors in chief. Massachusets, 1979.
4. **Córdoba, C.:** *Basquetbol lógico*. Editores Unidos Mexicanos. México, 1981.
5. **Del Olmo, J.:** "Relación forma-función en el deportista mexicano". Tesis recepcional. E.N.A.H. México, 1982.
6. **Forrest, A.:** *Mejore su basquetbol*. Editorial Pax. México, 1970.
7. **Hatze, H.:** "Biomedical aspects of a successfull motion optimization" *Biomechanics V-B*, pp. 5-12. Pavo V. Komi University Park Press. Baltimore, 1976.
8. **Mayward, J.:** *Ideas matemáticas en biología*". C.E.C.S.A., pp. 115-143. México, 1977.
9. **Pellionise, A.:** "Modeling of neurons and neuronal networks". *The Neurosciences*, pp. 525-553. Editor in Chief. Massachusets, 1979.
10. **Rosas, A.:** "Relación velocidad-aceleración en el desempeño deportivo" Tesis recepcional de Maestría en Ciencias, esp. Medicina del Deporte. Esc. Sup. de Med. IPN. México, 1982.
11. **Simon, W.:** *Mathematical Technique for biology an medicine*. pp. 23-109 The Mit Pres EUA, 1977.
12. **Strother, G.K.:** "Física aplicada a las ciencias de la salud". pp. 420-430, McGraw Hill Latinoamérica. Colombia, 1980.