

CALCULO BIOENERGETICO DE CARRERA DE VELOCIDAD EN FUTBOLISTAS

*Alfredo Rosas Martínez**
*Rafael Urrutia Zamudio**
*Ramiro Vázquez Zetina**
*Rodolfo Limón Lason***

INTRODUCCION

Los modelos naturales del desplazamiento humano, son la marcha y la carrera.¹ La postura bípeda que lo caracteriza, hace que presente menor superficie de contacto, reduce al mínimo la pérdida de energía por fricción en el sistema, a la vez que favorece mantener una posición estable.^{2, 3}

Sin embargo, la locomoción en el hombre puede plantearse como un proceso secuencial entre fases de estabilidad y desequilibrio;^{2, 4} esta última dada por el cambio de posición del centro de masa del cuerpo.^{2, 4} (Figs. 1 y 2).

Con base en estudios electromiográficos y cinematografía de alta velocidad,^{5, 7} se han reconocido cuatro componentes en el ciclo de la carrera:

a) Fase de apoyo; comprende el tiempo que dura el contacto del pie en el suelo.

b) Fuerza ejercida por el pie durante la fase de apoyo; estrechamente ligada a la velocidad del movimiento de la articulación del tobillo.

c) Fase de flotación; definida como el tiempo comprendido entre dos fases de apoyo del mismo pie.

d) Tamaño y frecuencia de la zancada; rela-

cionada con la estructura antropométrica y la velocidad de la carrera.

El cambio del estado de reposo al de movimiento implica fenómenos de aceleración, cuyo modelo matemático muestra su relación directa con la velocidad.⁹

$$a = \frac{dv}{dt}$$

donde

a = aceleración;

dv = diferencial de velocidad;

dt = diferencial de tiempo.

Sabemos lo importante que resulta para el buen desempeño deportivo alcanzar un balón, despejar una pelota, arrancar en el menor tiempo posible, acelerar más los segmentos de un miembro durante un lanzamiento o el interceptar un pase, pues de ello depende en gran medida el éxito o fracaso deportivo.^{6, 8}

METODO

Por esta razón se procedió a estudiar un grupo de 20 futbolistas profesionales, con edad entre 20 y 30 años, a los que se midió su velocidad cada 10 metros durante 60 y se calcularon los valores de aceleración. De estos valores se obtuvieron datos de fuerza, trabajo, potencia, gasto calórico y consumo de substrato.

* Depto. Medicina del Deporte del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), México.

** Jefe del Proyecto de Biología del Desempeño Humano. Escuela Nacional de Estudios Profesionales (ENEP) Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

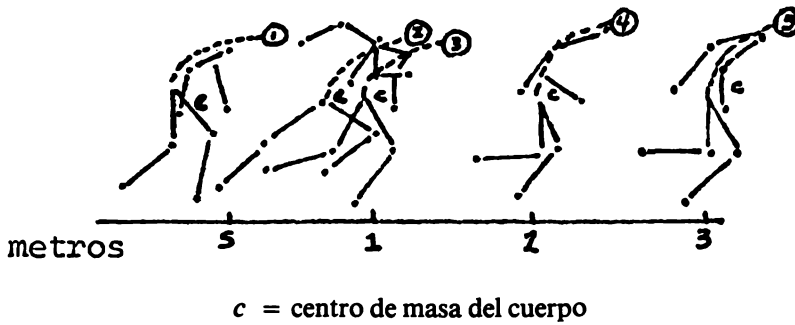


Fig. 1. Esquema donde se aprecia el desplazamiento del centro de masa del cuerpo, durante la carrera.

RESULTADO

En la tabla I se presenta el resultado de los cálculos de velocidad y aceleración de dos sujetos de estudio, uno rápido (R) y el otro lento (L).

En la tabla II se presenta el resultado de los cálculos bioenergéticos de los mismos sujetos, que nos permiten observar tanto el trabajo como el costo energético requerido durante la carrera, así como la cantidad de glucosa utilizada, si ésta fuera considerada como el único sustrato de consumo.

A continuación se presenta un ejemplo para demostrar los cálculos realizados para obtener los parámetros ergométricos.

Ejemplo:

Consideremos al individuo rápido de la tabla I cuyo peso es de 69 kg. Utilicemos para los cálculos el tramo entre 10 y 20 metros.

La expresión matemática para calcular la fuerza *F* es:

$$F = m \times a$$

donde: *m* = masa del corredor (peso)
a = aceleración entre 10 y 20 metros

Si conocemos la masa del individuo, tendremos que calcular la aceleración a partir de la velocidad (*v*):

$$v = \frac{d}{t}$$

donde: *d* = distancia (20 metros)
t = tiempo empleado en recorrer 20 metros (2.89 seg)

$$v = \frac{20}{2.89} = 6.92 \text{ m/seg (al final de los 20 m)}$$

Para calcular la aceleración (*a*) cada 10 metros, utilizamos la siguiente expresión:

$$a = \frac{V_f - V_i}{t}$$

donde: *V_f* = velocidad al final de los 20 m.
V_i = velocidad con que terminó los anteriores 10 metros.
t = tiempo empleado entre 10 y 20 m.

$$a = \frac{6.92 - 5.40}{1.04} = 1.46 \text{ m/seg}^2$$

Ya obtenida la aceleración y conociendo el peso:

$$F = m \times a$$

$$F = 69 \times 1.46 = 100.74 \text{ kgm/seg}^2$$

Para calcular el trabajo (*W*), la expresión matemática es:

$$W = f \times d$$

donde: *f* = fuerza utilizada en recorrer 10 m.
d = distancia recorrida (10 metros).

$$W = 100.74 \times 10 = 1007.4 \text{ joules}$$

TABLA I

Distancia		Tiempo	t c/10 m	Velocidad	Aceleración
10 m	R	1.85 seg	1.85 seg	5.40 m/seg	2.91 m/seg ²
	L	2.06 "	2.06 "	4.85 "	2.35 "
20 m	R	2.89 "	1.04 "	6.92 "	1.46 "
	L	3.58 "	1.52 "	5.58 "	0.48 "
30 m	R	3.80 "	0.91 "	7.89 "	1.06 "
	L	4.40 "	0.82 "	6.81 "	1.50 "
40 m	R	5.03 "	1.23 "	7.95 "	0.04 "
	L	5.20 "	0.86 "	7.69 "	1.10 "
50 m	R	5.90 "	0.87 "	8.47 "	0.56 "
	L	6.30 "	1.10 "	7.93 "	0.21 "
60 m	R	6.92 "	1.02 "	8.67 "	0.19 "
	L	7.70 "	1.40 "	7.79 "	-.10 "

R = 69 kg
L = 74 kg

TABLA II

Distancia		Fuerza	Trabajo	Potencia	Gasto calórico	Consumo substrato
10 m	R	200.7 kgm/seg ²	2007.9 jul.	1085.3 W	480.3 cal. .480 kcl.	106.7 mg/gluc.
	L	191.5 "	1915.2 "	929.7 "	458.1 " .458 "	101.8 "
20 m	R	100.7 "	1007.4 "	968.6 "	241.0 " .241 "	53.5 "
	L	39.1 "	391.2 "	257.3 "	93.5 " .093 "	20.7 "
30 m	R	73.1 "	731.4 "	803.7 "	174.9 " .174 "	38.8 "
	L	122.2 "	1222.5 "	1490.8 "	292.4 " .292 "	64.9 "
40 m	R	3.3 "	33.1 "	26.9 "	7.9 " .007 "	1.7 "
	L	89.6 "	896.5 "	1120.6 "	214.4 " .214 "	47.6 "
50 m	R	38.6 "	386.4 "	444.1 "	92.4 " .092 "	20.5 "
	L	17.1 "	171.1 "	155.5 "	40.9 " .040 "	9.1 "
60 m	R	13.1 "	131.1 "	128.5 "	31.3 " .031 "	6.9 "
	L	8.1 "	81.5 "	58.2 "	19.4 " .019 "	4.3 "
TOTAL		429.7 "	4297.3 "	3457.2 "	1028 " 1.028 "	228.4 "
		467.6 "	4676. "	4012.2 "	1118.7 " 1.118 "	248.5 "

Para la potencia (*P*) se utiliza la siguiente ecuación:

$$P = \frac{W}{t}$$

donde: *W* = trabajo realizado en recorrer 10 m.
t = tiempo utilizado en recorrer 10 m.

$$P = \frac{1007.4}{1.04} = 968.6 \text{ watts}$$

lo que equivaldría a mantener encendidos más de 9 focos de 100 watts durante un minuto.

Si sabemos que un joule es igual a 4.18 cal., el gasto calórico lo obtendremos dividiendo el trabajo entre 4.18:

$$\frac{1007.4}{4.18} = 241 \text{ cal. ó .241 kcal.}$$

Si consideramos a la glucosa como único sustrato de consumo utilizado en el desplazamiento y sabiendo que un gramo de glucosa nos proporciona 4.5 kcal., deducimos que:

$$\begin{array}{l} 4500 \text{ cal} \text{ ----- } 1000 \text{ mg} \\ 241 \text{ cal} \text{ ----- } X \end{array}$$

$$X = 53.5 \text{ mg de glucosa utilizada.}$$

CONCLUSIONES

1. Velocidad y aceleración, así como su relación, pueden ser medidas y analizadas; de tal manera que es posible entender y explicar el desplazamiento de uno, varios o todos los segmentos corporales.
2. Los cálculos matemáticos derivados de estas mediciones, permiten proponer criterios ergonómicos, ergométricos y bioenergéticos que presentan al movimiento humano dentro de un marco referencial y dimensional de uso común.
3. El tipo de mediciones y los resultados numéricos, permiten comparar y contrastar el desempeño de diferentes individuos; tal es el caso de las diferencias presentadas entre el individuo rápido y el lento.
4. El cálculo bioenergético nos permite reconocer la importancia del peso de la masa

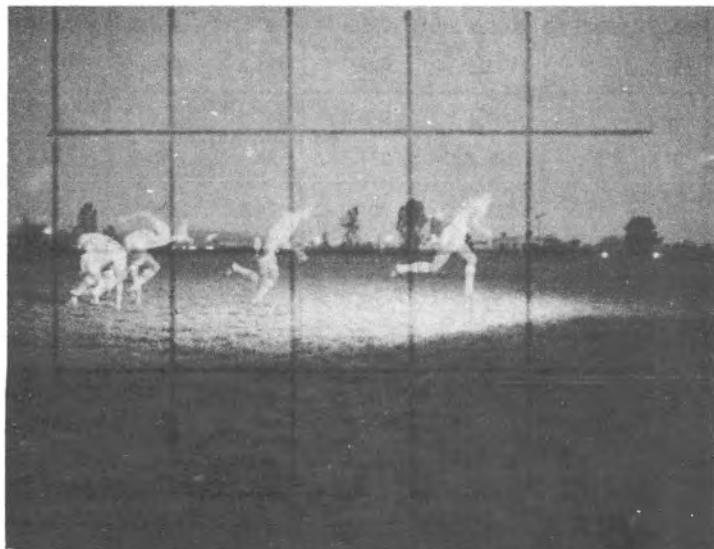


Fig. 2. Fotografía estroboscópica del inicio del desplazamiento de un futbolista. Nótese la rejilla interconstruida en la cámara que permite la medición espacial. La medición temporal está dada por la frecuencia de disparo del estroboscopio.

que se transporta durante el desplazamiento y observar que los instantes de generación de fuerza son más trascendentes que la magnitud de la misma, todo esto debido a las aceleraciones parciales.

RESUMEN

El propósito de este trabajo fue calcular, a partir de los datos de velocidad-aceleración de un grupo de deportistas, los valores de fuerza, trabajo, potencia, gasto calórico y consumo de substrato durante el desarrollo de la carrera de 60 metros planos.

Los sujetos de estudio fueron 20 futbolistas profesionales entre 20 y 30 años, integrantes de la Primera División de fútbol profesional de México. Con los datos de velocidad-aceleración obtenidos en dos carreras de 60 metros, se realizaron cálculos ergonómicos y bioenergéticos.

El análisis de los resultados permite comparar y contrastar el desempeño de diferentes individuos y reconocer la importancia del peso de la masa que se transporta durante el desplazamiento.

Los cálculos matemáticos derivados de estas mediciones, permiten presentar al movimiento humano dentro de un marco referencial y dimensional de uso común.

SUMMARY

The purpose of this study, was to estimate from the data of speed-acceleration of a group of sportmen, the values of strength, work, power, as well as heat and fuel consumption during a 60 meters sprint.

The subjects of study, were 20 professional soccer players of México, between 20 and 30 years of age. Ergonomics and bioenergetics

calculations were obtained from the data of speed-acceleration of two sprint events.

The analysis of the results, allowed to compare the performance of the different persons, as well as to recognize the importance of the body mass, which is carry during the movement.

The mathematical calculations from this measurements, allowed to present the human movement within a dimensional point of view of common use.

BIBLIOGRAFIA

1. **Asmussen, E.:** Movement of man and study of man in motion. En: *Biomechanics V-A*. Komi, P. (ed). University Park Press, Baltimore, 1976, pp. 23-40.
2. **Cavagna, G., L. Komarek y S. Mazzoleni,** "The mechanics of sprint running". *J. Phys.* London. 217: 709-21, 1971.
3. **Cavagna, G., F. Saibene y R. Margaria:** "Mechanical work in running". *J. Appl. Phys.* 17: 249-56, 1964.
4. **Elliot, B., y B. Blanksby:** "The synchronization of muscle activity and body segment movements during a running cycle". En: *Medicine and Science in Sports*, Vol 11, No. 4: 322-27, 1979.
5. **Hoshikawa, T., H. Matsui y M. Miyashita:** "Analysis of running pattern in relation to speed". En: *Biomechanics III*. Cerquigliani, S., Venerando, A., Wartenweiler, J. (eds.). University Park Press, Baltimore, 1973, pp. 342-48.
6. **Margaria, R., P. Aghemo y E. Rovelli:** "Measurements of muscular power (anaerobic) in man". *J. Appl. Phys.* 21: 1662-64, 1964.
7. **Murase T. Hoshikawa y N. Yasuda:** "Analysis of the changes in progressive speed during 100 meter dash". En: *Biomechanics V-B*. Komi, P. (ed.) University Park Press, Baltimore, 1976, pp. 200-07.
8. **Radford, P. y A. Upton:** "Trends in speed of alternated movement during development and among elite sprinters." En: *Biomechanics V-B*. Komi, P. (ed.). University Park Press, Baltimore, 1976, pp. 188-93.
9. **Resnick, R. y D. Halliday:** *Physics*. Edit. John Wiley & Sons, New York, 1972. pp. 355-428.