

---

**Gian Nicola Bisciotti**, Dipartimento Allenamento e prestazione, Facoltà di Scienze dello sport, Università Claude Bernard, Lione; Scuola Universitaria Interfacoltà in Scienze motorie, Torino; Consulente Scientifico Internazionale FC;  
**Jean Marcel Sagnol**, Dipartimento Allenamento e prestazione, Facoltà di Scienze dello sport, Università Claude Bernard, Lione;  
**Edith Filare**, Dipartimento Allenamento e prestazione, Facoltà di Scienze dello sport, Università Claude Bernard, Lione.

---

**Fuente Original:** *“Aspetti bioenergetici della corsa frazionata nel calcio”*, SdS-Scuola dello Sport, Rivista di Cultura Sportiva, anno XIX N° 50, 21-27, ottobre-dicembre 2000.

---

# Aspectos Bioenergéticos de la Carrera Fraccionada en el Fútbol

*La diversidad de las características biomecánicas y bioenergéticas de la carrera fraccionada en el fútbol respecto a la carrera en línea y metódica de su entrenamiento.*

La carrera fraccionada, típica de los deportes de equipos como el fútbol, presenta características bioenergéticas y biomecánicas diversas respecto a la carrera en línea. Esta diversidad justifica un método de entrenamiento específico en la actualidad, como precisamente el fútbol, donde la carrera es caracterizada por continuas fases aceleradoras y desaceleradoras, que comportan un mayor gasto energético en comparación con la carrera efectuada a velocidad constante. Más allá del gasto energético, vamos a afrontar algunos aspectos específicos de la carrera fraccionada como la FC, la producción de lactato y de amonio, siempre con relación a los mismos parámetros relativos durante la carrera continua efectuada a la misma intensidad de trabajo. Por último, vamos analizar los datos relativos a una competición de alto nivel reportando los valores sobre la base de la Velocidad Aeróbica Máxima (VAM) media del fútbol, con el fin de poder cuantificar, sobre parámetros, las más corregidas posible, las variadas intensidades de carrera propuestas durante el plan de entrenamiento.

## Introducción

El costo energético de la carrera en el hombre es cuantificable en casi 0,9 kcal por cada kg de peso corporal y por cada km recorrido; este valor de gasto energético medio resulta relativamente independiente de la velocidad de la carrera adoptada, sino a valores de cerca  $6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  (di Prampero, 1985).

Todavía este tipo de cálculo del gasto energético de la carrera resulta suficientemente atendible sólo en el caso en que sean respetados algunos parámetros: en primer lugar la velocidad de recorrido debe ser constante y, en segundo lugar, la frecuencia y la longitud de los pasos deben ser aquellas espontáneamente elegidas del atleta. Estos parámetros no están presentes en la carrera de una actividad de tipo intermitente como el fútbol, en el que la carrera es caracterizada de fases de aceleraciones y desaceleraciones continuas, unidas a otros tantos continuos cambios de frecuencia del paso dictados por la exigencia de correr manteniendo el control de la pelota y/o del adversario.

## Rendimiento y costo energético de la carrera

El rendimiento muscular en situaciones de la actividad natural resulta ser de casi el 25% (Cavagna et al. 1964) todavía en la carrera el rendimiento alcanza porcentajes de casi 40-50%, mientras en otra actividad muscular como el ciclismo este porcentaje alcanza solamente cerca del 20% (Gaesser y Brooks, 1975).

Este aumentado rendimiento muscular en el caso de la carrera es atribuible a la restitución de energía elástica que deviene durante la biomecánica de la carrera misma. En la fase excéntrica, en efecto, viene acumulada energía elástica en el componente elástico serial (esencialmente el tendón y la parte S2 de la miosina) de la musculatura que viene sometido al alargamiento, energía que viene después restituida bajo forma de trabajo mecánico potenciando la sucesiva fase concéntrica.

La recuperación de la energía elástica depositada en la fase excéntrica permitiría por ese motivo una disminución del gasto energético (Cavagna et al. 1964, Cavagna et al. 1968, Shorten 1987), además el rol desarrollado por la recuperación de energía elástica podría ser más relevante en la velocidad de carrera elevada (Bosco, Rusko 1983).

El fenómeno de “estocada” y restitución de la energía elástica ha sido confirmado experimentalmente en mediciones efectuadas con el auxilio de la plataforma de fuerza, donde es comparable con la fuerza de reacción al suelo sea una función lineal del apartamiento del cuerpo (Cavagna et al. 1988) y es propia esta linealidad que sugiere con el comportamiento del pie de apoyo sea similar a aquella de una banda elástica, concepto ya descrito en el *Spring Mass Model* (Alexander 1988).

El costo energético de la carrera ( $C_r$ ), se obtiene dividiendo el  $\dot{V}O_2$  neto, correspondiente a una velocidad submáxima determinada, por la velocidad misma (Margaria, 1938; Margaria et al., 1963):

$$C_r = (\dot{V}O_2 - \dot{V}O_{2 \text{ de reposo}}) \cdot V^{-1}$$

donde  $\dot{V}O_2$  está expresado en  $\text{ml} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$ , y  $V$  es la velocidad de carrera expresada en  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ : de tal modo  $C_r$  resulta ser expresión en  $\text{ml}$  de  $O_2$  o bien en Joules por  $\text{kg}$  de masa corporal y por metro recorrido.

Tal valor queda de cualquier modo que sea legado cerca de las constantes individuales, muchas de ellas específicas. No obstante, el  $C_r$  se revela independiente respecto a la velocidad de carrera hasta valores de casi  $6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  (Åstrand 1952; Krahenbuehli et al. 1979; Conley e Krahenbuehli 1980); Davies 1980; Brandsford, Howley 1977; di Prampero et al. 1986, 1993) y resulta ser casi de  $0,9 \text{ kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$ ; Por tal motivo es posible comparar el  $C_r$  interindividual a diversas velocidades de recorrido.

## El costo energético suplementario relativo a la fase de aceleración y desaceleración.

Este tipo de cálculo del gasto energético resulta todavía confiable tan sólo en el caso de la velocidad de recorrido constante; en otras palabras, el gasto energético de la carrera resulta ser de este tipo solamente en caso de ausencia de fases relevantes de aceleración y desaceleración.

En efecto, asumiendo que el costo de la aceleración sea igual a  $\frac{1}{2}MV^2$  (donde  $M$  es la masa del atleta y  $V$  la velocidad máxima) (di Prampero 1985) y el rendimiento muscular igual a casi el 25% (Cavagna 1988), es posible calcular indirectamente el costo energético suplementario relativo a las fases de aceleración, eventualmente presente en la carrera misma, a través de la siguiente ecuación:

$$\frac{1}{2} MV^2 / 0.25$$

el costo de la desaceleración por estar, por el contrario, determinado a través de la relación entre la energía cinética y el rendimiento del trabajo excéntrico, efectuado durante la fase de desaceleración misma, igual al 120% (Asmussen, 1953; Bigland-Ritchie, Woods 1976; Kaneko et al. 1984) o sea a través de la siguiente ecuación:

$$\frac{1}{2} MV^2 / 1.2$$

### **La estructura de la carrera en el fútbol de su gasto energético.**

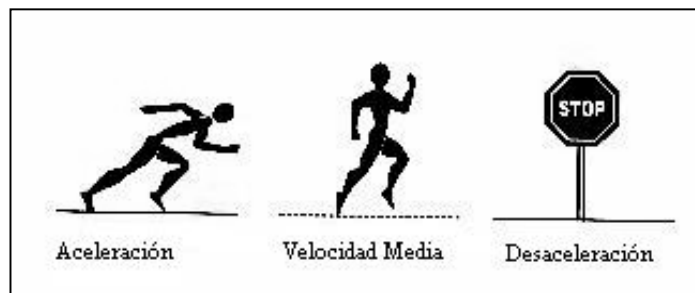
La carrera del futbolista es esquemáticamente reducible a 3 fases principales:

- una primera fase de aceleración;
- una segunda fase en el cual viene manteniendo una velocidad casi constante;
- una tercera fase de desaceleración que por ser seguida, sea por una detención total, que por una ulterior repetición de la carrera misma, con o sin cambio de la dirección de avance.

El gasto energético total será por eso provisto de la siguiente ecuación:

$$C_{TOT} = C_{REC} + C_{ACC} + C_{DEC}$$

En la cual  $C_{TOT}$  es el costo total de la acción de la carrera,  $C_{REC}$ , es el costo energético relativo al recorrido ( $0,9 \text{ Kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$ ),  $C_{ACC}$  el costo aditivo relativo a la fase de aceleración ( $\frac{1}{2}MV^2/0,25$ ) y  $C_{DEC}$ , el costo energético aditivo relativo a la fase de desaceleración ( $\frac{1}{2}MV^2/1,2$ ) (Figura 1).



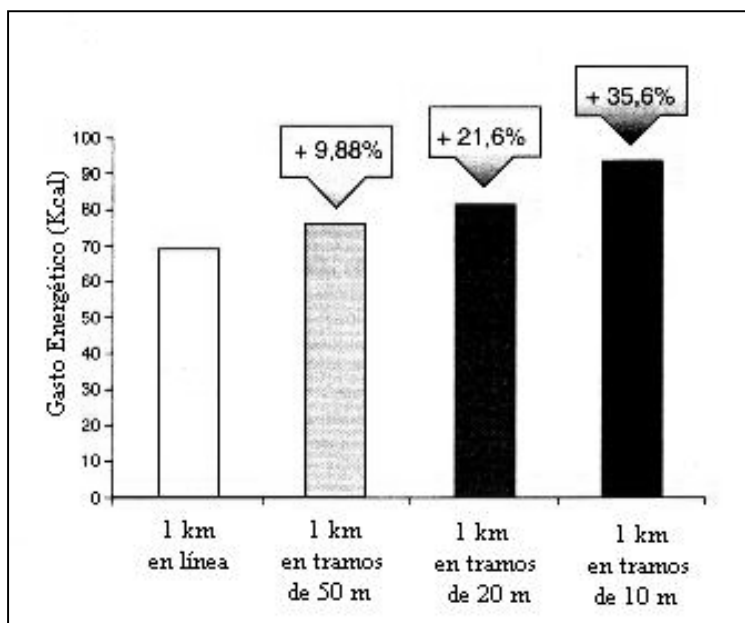
**Figura 1.** El costo total de la acción de correr en el fútbol puede ser deducido de la siguiente ecuación:

$$C_{TOT} = C_{REC} + C_{ACC} + C_{DEC}$$

Introduciendo en la ecuación los valores reales de  $C_{REC}$ ,  $C_{ACC}$ ,  $C_{DEC}$  se obtiene:

$$C_{TOT} = (0.9 \text{ Kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}) + (\frac{1}{2} MV^2 / 0.25) + (\frac{1}{2} MV^2 / 1.2)$$

Aplicando este tipo de cálculo obtenemos, por ejemplo, que en el caso de un atleta de 77 kg, que corre 1 km a la velocidad media de  $5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , sin que se verifiquen relevantes fases de aceleración, la misma energética es cuantificable aproximadamente en 69.3 kcal; en el caso en que por el contrario, sin embargo manteniendo la velocidad media inalterada se fracciona la misma distancia de 1 km, en 20 tramos de 50 metros (m), el costo adicional, debido a las fases de aceleración y desaceleración, ha subido el gasto energético a casi el 10%; este incremento del gasto energético, sube al 21,6% en el caso en que el mismo km fuese recorrido en 50 tramos de 20 m y al 35,6% si el atleta fracciona el recorrido en 100 tramos de 10 m (Figura 2).

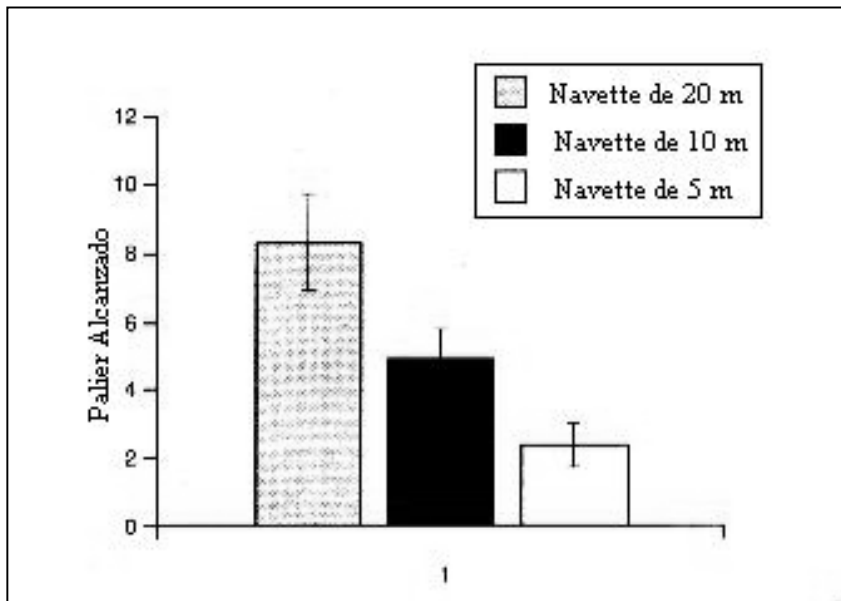


**Figura 2.** Gasto energético total (Kcal) relativo a un atleta de 77 kg que recorre una distancia de 1 km a una velocidad media de  $5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , confrontando al gasto energético relativo al mismo tramo, corriendo a la misma velocidad media, pero fraccionado en 20 tramos de 50 m, 50 tramos de 20 m, y en 100 tramos de 10 m.

El gasto energético de la carrera, una actividad como el fútbol, es por eso fuertemente correlacionado al número de fases de aceleración y a la velocidad media para mantenerse en función de la aceleración misma; a las fases de desaceleración, así como al cambio de frecuencia de paso, en efecto, la necesidad de tener que correr con el control de la pelota, o controlando la acción del adversario del juego, comporta el uso de una frecuencia de paso que se aleja de la frecuencia natural provocando un mayor gasto energético (Höeberg 1952; Cavagnah, Williams 1982; Dalleau et al. 1998, a, b).

Los cálculos teóricos sobre estos reportes tienen que estar pensados suficientemente coherentes a los datos registrados en la carrera de una experimentación en la cual unos 78 jugadores de fútbol de nivel medio de edad igual a  $25 \pm 4$  años llegaban exigidos de efectuar una carrera de “Naveta” hasta el agotamiento sobre tramos de 20, 10 y 5 m a velocidad progresivamente creciente (comprendida entre  $2,5$  y  $3,6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) según el protocolo del test de Léger et al. (Léger et al. 1982<sup>a</sup>; 1982<sup>b</sup>; 1984, 1985).

Los resultados registrados indican una disminución de la duración y de la velocidad máxima de recorrido igual al  $41,01 \pm 6,42\%$  entre el naveta de 20 m y el naveta de 10 m, del  $73,74 \pm 5,31\%$  entre el naveta de 20 m y el naveta de 5 m y del  $54,73 \pm 11,47\%$  en el caso del naveta de 10 m y 5 m (Bisciotti, Belli 1998) (Figura 3). Estos datos concuerdan con la observación que, durante el ejercicio de tipo intermitente, sea el  $\text{V}_{\text{O}_2}$ , que la producción de lactato resultan mayores respecto a todos los hallados durante un ejercicio de tipo continuo desarrollado a la misma carga media de trabajo (Bangsbø 1995); Esto subraya ulteriormente cómo el ejercicio intermitente comporta, a igualdad de carga un mayor gasto energético respecto al ejercicio continuo.



**Figura 3.** Palier alcanzado en función del aumento de los cambios de dirección y de las consiguientes fases de aceleración de 3 diferentes modalidades de carrera "Navette" (20, 10 y 5 m). Cada palier corresponde a un minuto de carrera a velocidad progresivamente creciente; cuanto mayor es el palier alcanzado, mayor resulta ser la más alta velocidad media de recorrido registrada durante el test. (Bisciotti, Belli 1998).

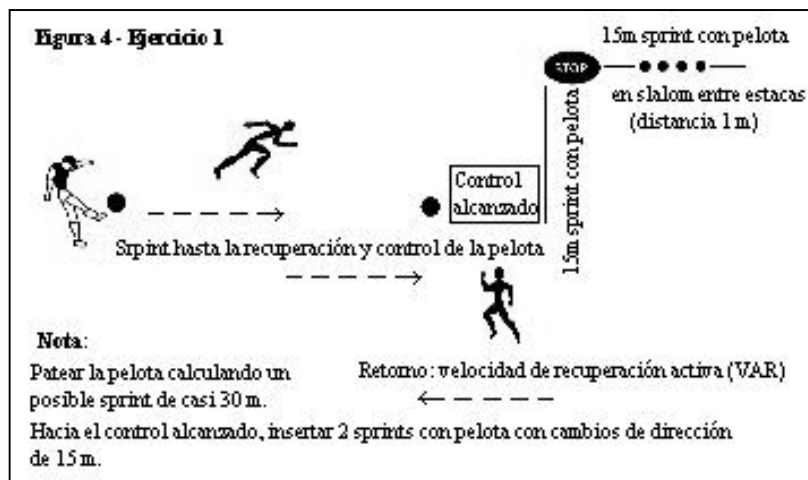
Los resultados surgidos de esta experiencia, también requerirán una ulterior profundidad experimental a través de un protocolo que prevea la medición directa del consumo de  $O_2$  haciendo evidente la dificultad en la cuantificación del gasto energético en algunas actividades como exactamente el fútbol, en la cual la carrera es caracterizada por la alternancia de fases de aceleración y desaceleración, por fases de carrera suave a velocidad casi constante, y a cambios continuos en la frecuencia del paso de la carrera, impuesta por la exigencia de estar en sintonía con la trayectoria y la velocidad de la pelota.

Por cuanto lo dicho, pone en claro de allí, la necesidad de apropiada metodología de entrenamiento que tales actividades requieren, propias en virtud de su especificidad bioenergética. En otras palabras, el incremento del gasto energético que se verifica en la carrera fraccionada, típica de actividades como el fútbol, requieren casi de los medios de entrenamiento que recalquen lo más fielmente posible el gasto energético que se verifica en condiciones de juego.

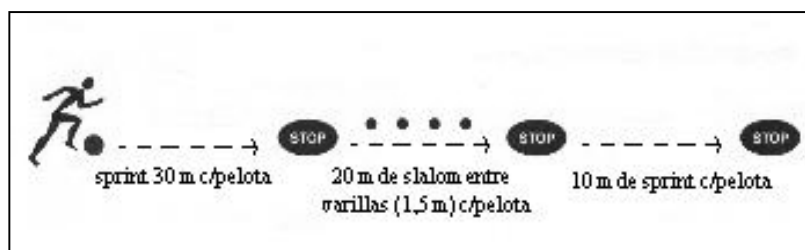
### La aplicación metodológica

Por cuanto lo expuesto pone en claro la importancia de la inserción de toda una gama de ejercitaciones construidos sobre fases de aceleraciones y desaceleraciones, sea en línea que con cambios de direcciones, con y sin control de la pelota, a fin de reproducir en la sesión de entrenamiento el esfuerzo tipo de demanda energética que encontramos en la situación de juego real.

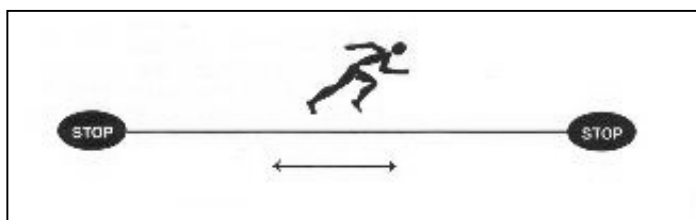
En la figura 4-6 reportamos algunos ejemplos de ejercicios basados sobre este presupuesto y que propiamente en virtud de los conceptos sobreexpuestos crean ellos, una bien clara justificación metodológica (Bisciotti et al., 1999).



**Figura 4.** El esquema representa la unidad estructural que reproduce el esfuerzo de demanda energética individual en competencia: la duración del ejercicio total, así como el número de repeticiones de la unidad estructural propuesta, dependen de la periodización del entrenamiento adoptada, del periodo de estación agonística en la cual se utiliza y del nivel de cualificación singular del atleta.



**Figura 5 - Ejercicio 2:** La utilización de sprint y desaceleración repentina, representa otra tipología de ejercitación útil a la reproducción de la exigencia energética específica de competencia.



**Figura 6.** Correr un naveta al porcentaje de velocidad comprendido entre el 90 y el 100% de la VAM previamente calculada a través de un test específico, sobre tramos "naveta" comprendidos entre los 5 m y 20 m.

**Nota:** es posible mantener el 90% de la VAM por palier casi 1' 30", mientras la duración límite de mantenimiento del 100% de la VAM es de casi 50". Los tiempos de recorrido deben ser medidos con una señal sonora. Esta última ejercitación se presenta particularmente interesante ya que permite subdividir a los jugadores en grupos homogéneos sobre la base de sus características aeróbicas y de efectuar por lo tanto un tipo de entrenamiento mucho más individualizado.

## La elección apropiada del parámetro de la intensidad de carrera

Para poder correctamente cuantificar la intensidad de la carrera en los distintos tipos de ejercitaciones propuestos, con relación a la dirección metodológica adoptada en los diversos microciclos de la preparación, es indispensable analizar el tipo de "desarreglo" efectuado por el jugador de campo en el curso de la competición.

Todavía los valores absolutos, deducibles por este tipo de análisis, no son de inmediata utilización. Es necesario, en efecto, parámetros con relación a un índice de referencia que puede hacer contener la intensidad relativa de varios tipos de carrera y/o de "desarreglos" adoptados en el curso del juego.

Por este motivo habíamos utilizados los datos relativos a una competición de alto nivel reportando los valores sobre la base de la Velocidad Aeróbica Máxima media del “futbolista tipo” (recordamos a tal propósito que la Velocidad Aeróbica Máxima (VAM) es la velocidad de recorrido mínima a la cual se alcanza el valor de  $\dot{V}O_{2\text{ máx}}$ ).

En el caso del fútbol, la mayoría de los autores concuerdan en reconocer un  $\dot{V}O_{2\text{ máx}}$  medio de  $60\text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  (Mognoni 1996) correspondiente a una VAM de  $17,3\text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  (Cazorla, Léger 1993); Los datos analizados, que se refieren al partido Italia-Dinamarca del 24/04/92 (D’Ottavio, Tranquilli 1992), reportados a los valores antes mencionados de VAM, han provisto los resultados reportados en la tabla 1-6.

De los análisis de los datos sobre reportes podemos esquemáticamente resumir los siguientes puntos:

- la “baja intensidad del juego” comprende el paso que va de casi el 30% de la VAM hasta el 87%, y considera aproximadamente el 70% del tiempo total de juego y el 64% de la distancia total recorrida.
- la intensidad de juego definida como “media-alta” comprende el paso que del 104% al 121% de la VAM y corresponde a casi el 10% del tiempo de juego y al 24% de la distancia total recorrida.
- el juego de “alta intensidad” comprende el paso que va del 138% a más allá del 156% de la VAM y corresponde respectivamente a cerca del 1,5 y al 2,5% del tiempo y de la distancia total de juego.

Estos datos marcharían atentamente considerados en la “parametrización” de los índices de intensidad y de cantidad de carga a utilizarse en el ámbito de la programación del entrenamiento, a fin de reponer, en sesiones de preparación, el mismo esfuerzo fisiológico exigido después en situación real de competición.

## **El máximo tiempo de trabajo sostenible a diferentes % de la VAM durante la carrera fraccionada**

Otro aspecto interesante, en nuestra opinión, de la Velocidad Aeróbica Máxima es aquel representado de la máxima capacidad de trabajo sostenible durante la carrera efectuada a porcentajes elevados de la VAM misma. Algunos trabajos relativamente recientes (Billat et al. 1994; Billat 1998) sí son interesantes de la problemática inherente al “tiempo límite de trabajo” sostenible durante una carrera en línea ejecutada a porcentajes elevados de la VAM (del 90 al 105%). Sin embargo, acerca de nuestro conocimiento, faltan en la bibliografía estudios que se refieren al “tiempo límite de trabajo” durante la carrera fraccionada efectuada a porcentajes bien definidos de la VAM. Por este motivo habíamos efectuado un estudio realizado sobre una muestra relativamente elevada de jugadores de fútbol de nivel medio (78 sujetos), durante el cual, cada sujeto fue exigido de efectuar una prueba de carrera en modalidad “naveta” sobre la distancia de 20 m, a diferentes velocidades de recorrido, igual al 70, 80, 90 y 100% de la VAM. A cada atleta además se le exigió ejecutar, a los mismos porcentajes de la VAM, una prueba de carrera en línea hasta el agotamiento de la propia capacidad de trabajo. Ambas pruebas de carrera (a naveta y en línea) fueron interrumpidas solamente en el caso en que los sujetos superaban los 7 minutos de carrera continua, tiempo adoptado como índice de la instauración de un tipo de trabajo sustancialmente aeróbico.

Durante los dos tipos de prueba fueron registrados, además del tiempo de trabajo, la frecuencia cardíaca, la producción final de lactato y de amonio.

Los resultados relativos a las dos pruebas efectuadas a los porcentajes de la VAM sobreexpuestos son reportados en la tabla 7 y en la figura 7.

Ταβλα 1	
Tipo de Andar	Velocidad de Recorrido
Estática	Posición estática
Deambulaci3n A	Hacia delante a 5 km/h
Carrera lenta	Carrera a 11 km/h
Carrera media	Carrera a 15 km/h
Carrera alargada	Carrera a 18 km/h
Carrera veloz	Hasta 21 km/h
Sprint	Hasta 24 km/h
Sprint m3ximo	Hasta 27 km/h
Deambulaci3n I	Hacia atr3s hasta 3 km/h
Carrera reversa	Hacia atr3s entre 3 y 21 km/h
Carrera lateral	Lateral de 0 a 21 km/h

Ταβλα 2	
Tipo de Andar	% tiempo total
Estática	8,32
Deambulaci3n A	18,23
Carrera lenta	39,05
Carrera media	12,36
Carrera alargada	5,73
Carrera veloz	4,46
Sprint	0,69
Sprint m3ximo	0,53
Deambulaci3n I	1,57
Carrera reversa	7,40
Carrera lateral	1,66

*% de la VAM respecto a la velocidad de carrera calculada considerando un  $\dot{V}O_2$  m3x de  $60 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ , correspondiente a una VAM de 17,3 km/h.*

Ταβλα 3	
Tipo de Andar	% distancia total
Estática	0,0
Deambulaci3n A	7,53
Carrera lenta	35,98
Carrera media	20,60
Carrera alargada	12,16
Carrera veloz	11,78
Sprint	2,30
Sprint m3ximo	0,08
Deambulaci3n I	0,39
Carrera reversa	5,47
Carrera lateral	1,77

Ταβλα 6	
% VAM	% distancia total
0,0	0,0
28,9	7,53
63,6	35,98
86,7	20,60
104	12,16
121,4	11,78
138,7	2,30
156,1	0,08
17,3	0,39
de 17.3 a 121,4	5,47

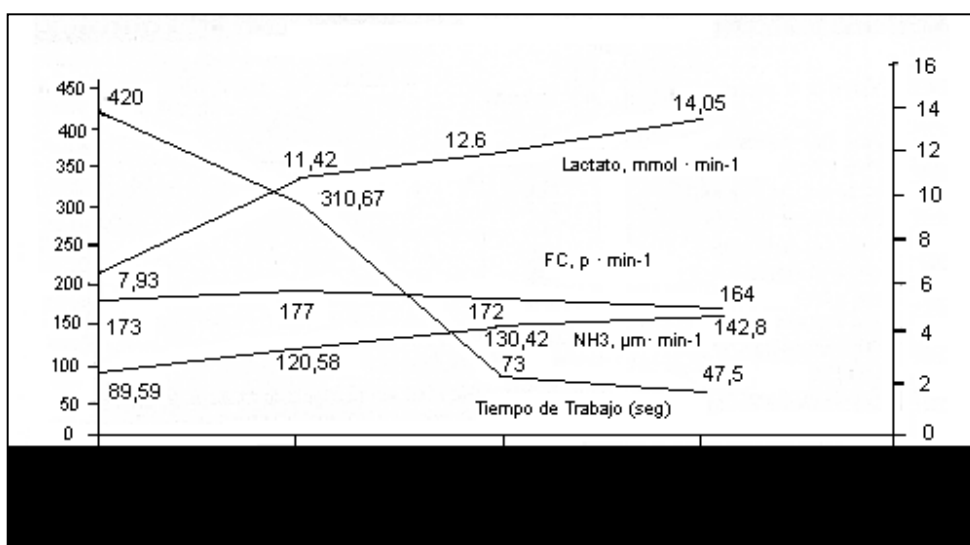
*% de la VAM respecto a la velocidad de carrera calculada considerando un  $\dot{V}O_2$  m3x de  $60 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ , correspondiente a una VAM de 17.3 km/h.*

Ταβλα 4		
Tipo de Andar	Km/h	% VAM
Estática	Posición estática	0,0
Deambulaci3n A	Hacia delante a 5 km/h	28,9
Carrera lenta	Carrera a 11 km/h	63,6
Carrera media	Carrera a 15 km/h	86,7
Carrera alargada	Carrera a 18 km/h	104
Carrera veloz	Hasta 21 km/h	121,4
Sprint	Hasta 24 km/h	138,7
Sprint m3ximo	Hasta 27 km/h	156,1
Deambulaci3n I	Hacia atr3s hasta 3 km/h	17,3
Carrera reversa	Hacia atr3s entre 3 y 21 km/h	de 17,3 a 121,4
Carrera lateral	Lateral de 0 a 21 km/h	de 0 a 121,4

*% de la VAM respecto a la velocidad de carrera calculada considerando un  $\dot{V}O_{2\text{m3x}}$  de  $60 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ , correspondiente a una VAM de 17,3 km/h.*

Ταβλα 5	
% VAM	% tiempo total
0,0	8,32
28,9	18,23
63,6	39,05
86,7	12,36
104	5,73
121,4	4,46
138,7	0,69
156,1	0,53
17,3	1,57
de 17,3 a 121,4	7,40
de 0 a 121,4	1,66

*% de la VAM respecto a la velocidad de carrera calculada considerando un  $\dot{V}O_{2\text{m3x}}$  de  $60 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ , correspondiente a una VAM de 17,3 km/h.*



**Figura 7.** Tiempo de trabajo y parámetros fisiológicos medios registrados en un grupo de 78 jugadores durante la ejecución de una carrera fraccionada, prolongada hasta el tiempo límite, efectuada al 70, 80, 90 y 100% de la Velocidad Máxima Aeróbica.

Ταβλα 7				
	Duración Máxima (seg)	FC (p · min <sup>-1</sup> )	Lactato (mmol · min <sup>-1</sup> )	NH <sub>3</sub> (µm · min <sup>-1</sup> )
70% de la VAM en línea	> 420	162±2	5,03±1,02	72,79±17,40
70% de la VAM fraccionada en naveta de 20 m	> 420	172±2*	7,93±3,04*	89,60±6,35*
80% de la VAM en línea	> 420	170±8	7,03±2,52	81,72±16,49
80% de la VAM fraccionada en naveta de 20 m	> 310,67±98	177±8**	11,42±1,47**	120,6±13,12**
** p < 0,01				
90% de la VAM en línea	> 420	175±5	8,75±0,49	96,16±5,66
90% de la VAM fraccionada en naveta de 20 m	> 73±31	172±3**	12,6±1,47**	130,42±13,12**
** p < 0,01				
100% de la VAM en línea	> 420	175±5	10,55±0,77	113,07±6,55
100% de la VAM fraccionada en naveta de 20 m	> 47,5±2,12***	164±17**	14,56±4,17**	142,8±34,9**
* p < 0,05; ** p < 0,01; *** p < 0,001				

El dato mayormente interesante de este estudio tiene relación al hecho de que tales valores indicados, además del mayor gasto energético de la carrera fraccionada, el hecho de que la carrera efectuada con esta modalidad ejecutiva, el mecanismo limitante, devienen siempre más de tipo periférico que central, con relación al aumento de la intensidad de trabajo, tanto que, a porcentajes de recorrido igual al 90 y al 100% de la VAM, la frecuencia cardíaca no resultaba más que un buen

testimonio de la intensidad del esfuerzo, que se hallaba en vez de los testimonios fisiológicos mayormente atendidos en la producción de lactato y de amonio.

Este particular aspecto de la averiguación, subraya ulteriormente la importancia del entrenamiento muscular específico en el ámbito de la capacidad de trabajo de la resistencia del futbolista.

## Conclusiones

La optimización de distintos parámetros que constituyan aquella que para el hombre resulta ser una de las actividades más instintivas y naturales, como la carrera, comporta, en el momento en que la prestación es extrema como en la realidad deportiva de alto nivel, un profundo conocimiento de todos los aspectos biomecánicos y energéticos. Por ese motivo no sólo saber un profundo conocimiento teórico de esto último, todavía aparte del técnico-deportivo, pero aún más resulta fundamentalmente una estrecha colaboración entre el investigado y el “hombre de campo” con el objeto de individualizar, su sólida base científica, la mejor metodología de entrenamiento al mejoramiento de la prestación (rendimiento), donde evitar la aplicación de una línea metodológica de trabajo, basada sobre aquél tanto hasta hoy utilizado por el método de aprendizaje “ensayo y error”, que nace de un sustancial empirismo valorativo y que no tiene mucho más motivo de existir en el ámbito del rendimiento deportivo de alto perfil cualitativo como el actual fútbol profesional.

## Bibliografía

- Alexander R.M., Elastic mechanism in animal movement, Cambridge University Press, Cambridge, 1998.
- Asmussen E., Positive and negative work, Acta Physiol. Scand., 28, 1953, 364-382.
- Åstrand P.O., Experimental studies of physical working capacity in relation to sex and age, Munsksgaard, Copenhagen, 1952.
- Bangsbø J., Fisiologia del calcio, ed. Kells, Ancona, 1995.
- Bigland-Ritchie B., Woods J.J., Integrated electromiogram and oxygen uptake during positive and negative work, J. Physiol., 260, 1976, 267-277.
- Bisciotti et al., Il dispendio energetico della corsa nel gioco del calcio, Teknosport, 1999, in corso di pubblicazione.
- Billat V. Et al., Reproducibility of running time to exhaustion at  $\dot{V}O_{2max}$  in subelite runners, Med. Sci. Sport Exerc., 26, 1994, 2, 254-257.
- Billat V., Physiologie et méthodologie de l'entraînement, Ed. De Boeck Université, Parigi, Bruxelles, 1998.
- Bisciotti G.N., Belli A., 1998, dati non pubblicati.
- Bosco C., Rusko H., The effect of prolonged skeletal muscle stretch-shortening cycle on recoil of elastic energy and on energy expenditure, Acta Physiol. Scand., 119, 1983, 219-224.
- Bransford D.R., Howlev E.T., Oxygen cost of running in trained and untrained men and women, Med. Sci. Sports., 9, 1977, 4144.
- Cavagna G.A., Muscolo e locomozione, Raffaello Cortina Editore, Milano, 1988.
- Cavagna G.A., Franzetti P., Step frequency in walking, IRCS Medical Science, 10, 1982, 281-282.
- Cavagna G.A., Dusman B., Margaria R., Positive work-done by previously stretched muscle, J. Appl. Physiol., 24, 1968, 21-32.
- Cavagna G.A., Franzetti P., Heglund N.C., Willems P., The determinants frequency in running, trotting and hopping in man and other vertebrates, J. Physiol., 399, 1988, 81-92.
- Cavagna G.A., Saibene F.P., Margaria R., Mechanical work in running, J. Appl. Physiol., 19, 1964, 249-256.
- Cavagna G.A., Willems P.A., Franzetti P., Detrembleur C., The two power limits conditioning step frequency in human running, J. Physiol., 437, 1991, 95-108.
- Cavanagh P.R., Williams K.R., The effect of stride length variation on oxygen uptake during distance running, Med. Sci. Sport Exerc., 14, 1982, 30-35.
- Dalleau C., Influence du contrôle de la raideur musculo-tendineuse lors de la locomotion. Apport de nouvelles méthodes de mesure, Tesi di dottorato, Université Claude Bernard Lyon I, 1998<sup>a</sup>.
- Dalleau G., Belli M., Bourdin M., Lacour J.R., The spring-mass model and the energy cost of treadmill running, European Journal of Applied Physiology, 1998b, in corso di pubblicazione.
- Davies C.T.M., Metabolic cost of exercise and physical performance in children with some observation on external loading, Eur. J. Appl. Physiol., 39, 1980, 249-254.
- D'Ottavio S., Tranquilli C., La prestazione del giocatore di calcio, SdS- Scuola dello Sport, XI, 1992, 24, 74-78.
- di Prampero P.E., La locomozione umana su terra, in acqua in aria. Fatti e teorie, Edi. Ermes, Milano, 1985.
- di Prampero P.E., The energy cost of human locomotion on land and in water, Int. J. Sports Med, 7, 1986, 55-72.
- di Prampero P.E., Cappelli C., Pagliaro P., Antonutto G., Girardis M., Zamparo P., Soule R.G., Energetics of best performances in middle-distance running, J. Appl. Physiol. 74, 1993, 2318-2324.
- Farley C.T., Gonzalez O., Leg stiffness and stride frequency in human running, J. Biomechanics, 29, 1996, 181-186.
- Gaesser G.A., Brooks G.A., Muscular efficiency during steady-state exercise: effect of speed and work rate, J. Appl. Physiol., 38, 1975, 1132-1139.

- Höeberg P., Length of stride, stride frequency, flight period and maximum distance between the feet during running with different speeds, *Arbeitsphysiologie*, 14, 1952, 431-236.
- Kaneko M., Matsumoto M., Ito A., Fuchimoto T., Optimum step frequency in constant speed running, *Biomechanics X-B*, 803-805, 1987.
- Kaneko M., Komi P.V., Aura O., Mechanical efficiency of concentric and eccentric exercise performed with medium to fast contraction rates, *Scand. J. Sports Sci.*, 6, 1984, 15-20.
- Krahenbuhl G.S., Pangrazi R.P., Chomokos E.A., Aerobic responses of young boys to submaximal running, *Res. Quart.*, 50, 1979, 3, 413-421.
- Lafortune M.A., Henning E.M., Lake M.J., Dominant role of interface over knee angle for cushioning impact loading and regulating initial stiffness, *J. Biomechanics*, 1996, 29, 1523-1529.
- Léger L., Cloutier J., Rowan C., Test progressive de course navette de 20 m avec paliers de une minute, Université de Montreal, 1985.
- Léger L., Lamber J., A maximal multistage 20 m shuttle run test to predict  $\dot{V}O_{2\max}$ , *Eur. J. Appl. Physiol.*, 1982b, 49, 1-12.
- Léger L., Lambert J., Goulet A., Rowan C., Dinelle Y., Capacité aérobie des Québécois de 6 à 17 ans: test navette de vingt mètres avec paliers de une minute, *Can. J. Appl. Sports Sci.*, 1984, 9, 64-69.
- Léger L., Rowan C., Asselin L., Cartier D., Massicotte D., Soulière D., Test progressive de course navette de vingt mètres de Léger, Facicule 136, test d'évaluation de la condition physique de l'adulte (TECPA), Kino-Quebec, 1982.
- Margaria R., Sulla fisiologia, e specialmente sul consumo energetico della marcia a varie velocità ed inclinazioni del terreno, *Atti Acc. Naz. Lincei*, 1938, 7, 299-368.
- Margaria R., Cerretelli P., Aghemo P., Sassi G., Energy cost of running, *J. Appl. Physiol.*, 18, 1963, 367-370.
- Mc Mahon T.A., Valiant G., Frederik E.C., Groucho running, *J. Appl. Physiol.*, 62, 1987, 2 326-337.
- Mc Mahon T.A., Muscles, reflexes and locomotion, Princeton, 1984.
- Mognoni P., Acido lattico, *Il Nuovo Calcio*, 1996, 54, 2-4.
- Morgan D., Martin P., Craib M., Caruso C., Clifton R., Hopwell R., Effect of stride length optimization on aerobic demand of running, *J. Appl. Physiol.*, 1994, 77, 245-251.
- Shorten M.R., Muscle elasticity and human performance, *Med. Sport Sci.*, 1987, 25, A-18.
- Williams K., Biomechanics of running, *Exerc. Sport Sci. Rev.* 13, 1985, 389-441.

---

**Fuente Original:** "Aspetti bioenergetici della corsa frazionata nel calcio", SdS-Scuola dello Sport, Rivista di Cultura Sportiva, anno XIX N° 50, 21-27, ottobre-dicembre 2000.

---

**Traducción:** **Prof. Ricardo Luis Scarfó (Profesor en Ed. Física - Universidad Nacional de la Plata - Argentina)**