

# Método para calcular la fuerza mecánica en la especialidad de braza

DR. MITSUMASA MIYASHITA.

El trabajo desarrollado al nadar braza fue calculado por medio de fórmulas especialmente derivadas y por medio de la fotografía. Cuatro sujetos distintos nadaron 25 metros con el máximo esfuerzo. Los movimientos se filmaron con una cámara de 16 mm. de alta velocidad y se analizó la velocidad progresiva. Los nadadores entrenados fueron muy superiores en velocidad a los no-entrenados. La duración del ciclo de la brazada era mucho menor en aquéllos que en los no entrenados. El trabajo mecánico realizado se estimó a partir de los datos obtenidos de las variaciones de velocidad y de la resistencia del agua. La máxima fuerza (0.12 - 0.47 hp.) se produce durante la fase de la patada. Cuando la patada se ha completado, no se realiza trabajo durante un corto período (0.13 - 0.23 seg.) en los entrenados y en un largo período (0.38 - 0.47 seg.) en los no-entrenados. De nuevo, la máxima potencia (0.38 - 0.47 hp.) es obtenida por los entrenados y una más baja (0.11 - 0.14 hp.) por los no-entrenados durante la fase de tirada. La fuerza mínima se produce en todos los sujetos en la fase de recuperación.

La fuerza física ha sido examinada en muchos tipos de ejercicios. HENDERSON y HAGGARD (4) determinaron el trabajo mecánico desarrollado al remar en una piragüa de 8 hombres. FENN calculó el trabajo externo de la carrera por medio de mediciones realizadas en películas de Sprinters. FLATCHE y al. esti-

maron el trabajo externo de salida por medio de fotografías. Luego, WILKIE dedujo de la literatura publicada que la fuerza útil externa de salida del cuerpo estaba limitada en (1) movimientos simples a menos de 6 hp., en ejercicios breves repetidos a 2 - 0,5 hp. (3), en el trabajo en «Steady State» a 1,5 - 1,4 hp. y (4) en trabajo a largo plazo a 0,2 hp.

En cuanto a los movimientos en el agua KARPOVICH y PESTRECOV (6) definieron el trabajo mecánico realizado al nadar los estilos de crawl y espalda como el producto de la fuerza de propulsión (resistencia del agua) y la distancia cubierta suponiendo que en un estilo de crawl rápido, las variaciones de velocidad eran inapreciables.

MIYASHITA (10) calculó el trabajo mecánico realizado al nadar 100 metros en estilo crawl teniendo en cuenta las variaciones de velocidad. La mecánica de los diversos estilos puede ser muy diferente. Por ejemplo, la mayor diferencia entre los estilos se da entre la braza y el crawl.

KARPOVICH (5) mostró que la variación de velocidad era mayor en la braza que en el crawl. Por otra parte, MOSTERD y JONGBLOED (11) y MAGEL (8) señalaron que los valores más altos de la fuerza de propulsión se encontraban

en la braza bajo la condición de nado a velocidad cero.

El presente estudio se emprendió para estimar el trabajo desarrollado en un ciclo simple de nado de braza por medio de fórmulas especialmente deducidas y, además, de la fotografía y comparar el trabajo mecánico en nadadores entrenados y no-entrenados.

## METODO

En el presente estudio, se usaron cuatro adultos como sujetos. El sujeto A fue especialmente entrenado y condicionado para la braza, B no fue entrenado especialmente para la braza pero sí bien condicionado para la natación, C fue post-entrenado para la natación pero no condicionado y D no fue entrenado para nadar

ni condicionado. Las características físicas de cada sujeto son presentadas en la tabla 1.

El sujeto nadaba en una piscina cubierta climatizada (25 x 15 x 1,6 m.) provista de ventana bajo el agua (200 x 75 mm.). Se pidió a cada uno de los sujetos que nadan 25 metros tan rápido como le fuera posible.

Los movimientos del nadador se filmaron a través de la ventana con una cámara de 16 mm. «Milliken» Mod. DBM 55. Para calibrar la velocidad de la cámara, se colocaron en el borde de la cinta (film) señales de cronometraje (una centésima de segundo) de un generador de señales.

El film de 16 mm. fue analizado cada 50 mseg. con ayuda del «NAC Film Motion Analyzer» que aumentaba 15 veces la imagen y la proyectaba en una pantalla coordinada X-Y. Las mediciones se hicieron sobre el desplazamiento horizontal del traje de baño del nadador.

TABLA 1  
CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS SUJETOS

Sujeto	Edad	Talla (cm.)	Peso (kg.)
A *	20	172	68
B	18	168	69
C	34	165	65
D	29	178	65

\* Mejor tiempo en 100 m. braza: 1,04 : 9

## RESULTADOS

Una serie típica de fotografías se muestran en la figura 1.

*Variaciones de velocidad.* — Las variaciones de velocidad de cada sujeto se presentan referidas al tiempo transcurrido en las figuras 2 y 3. El tiempo cero empieza con la fase propulsiva de la patada en ambas figuras. Se encontraron los siguientes rasgos comunes en los cuatro sujetos. La velocidad del nado aumenta rápidamente durante la fase de patada y alcanza el primer tope, luego la velocidad desciende durante la fase de deslizamiento hasta el inicio de la fase de tracción y desciende durante la fase de recuperación al nivel de salida. El valor máximo de la variación de velocidad fue aproximadamente de 1,2 m/seg. a 1,5 m/seg.

Había algunas diferencias entre los sujetos entrenados (A y B) y los no-entrenados (C y D). La velocidad media durante un ciclo simple de estilo - brazada fue de 1,4 m/seg. para el sujeto A, 1,26 m/seg. para B, 0,87 m/seg. para C

y 78 m/seg. para D, respectivamente. Además también los sujetos entrenados mostraron velocidades superiores máximas y mínimas que los no-entrenados.

El tiempo total de un ciclo de nado era menor en los entrenados que en los no-entrenados. La diferencia era de unos 0,5 seg. Esta diferencia dependía sobre todo de la diferencia en la fase de deslizamiento (figuras 1 y 2).

## DETERMINACION DE LA FUERZA

El trabajo mecánico realizado fue estimado sobre la base de los datos de las variaciones de velocidad y la resistencia del agua. Un ciclo simple de nado puede dividirse en las siguientes cuatro fases: fase de patada (ver fig. 1, 1-4), fase de deslizamiento (fig. 1, 4-5) fase de tracción (fig. 1, 5-9), fase de recuperación (figura 1, 9-14). Según esta división del ciclo de nado, puede deducirse que la velocidad de natación viene dada por una función lineal del tiempo en cada fase tal como se muestra en la

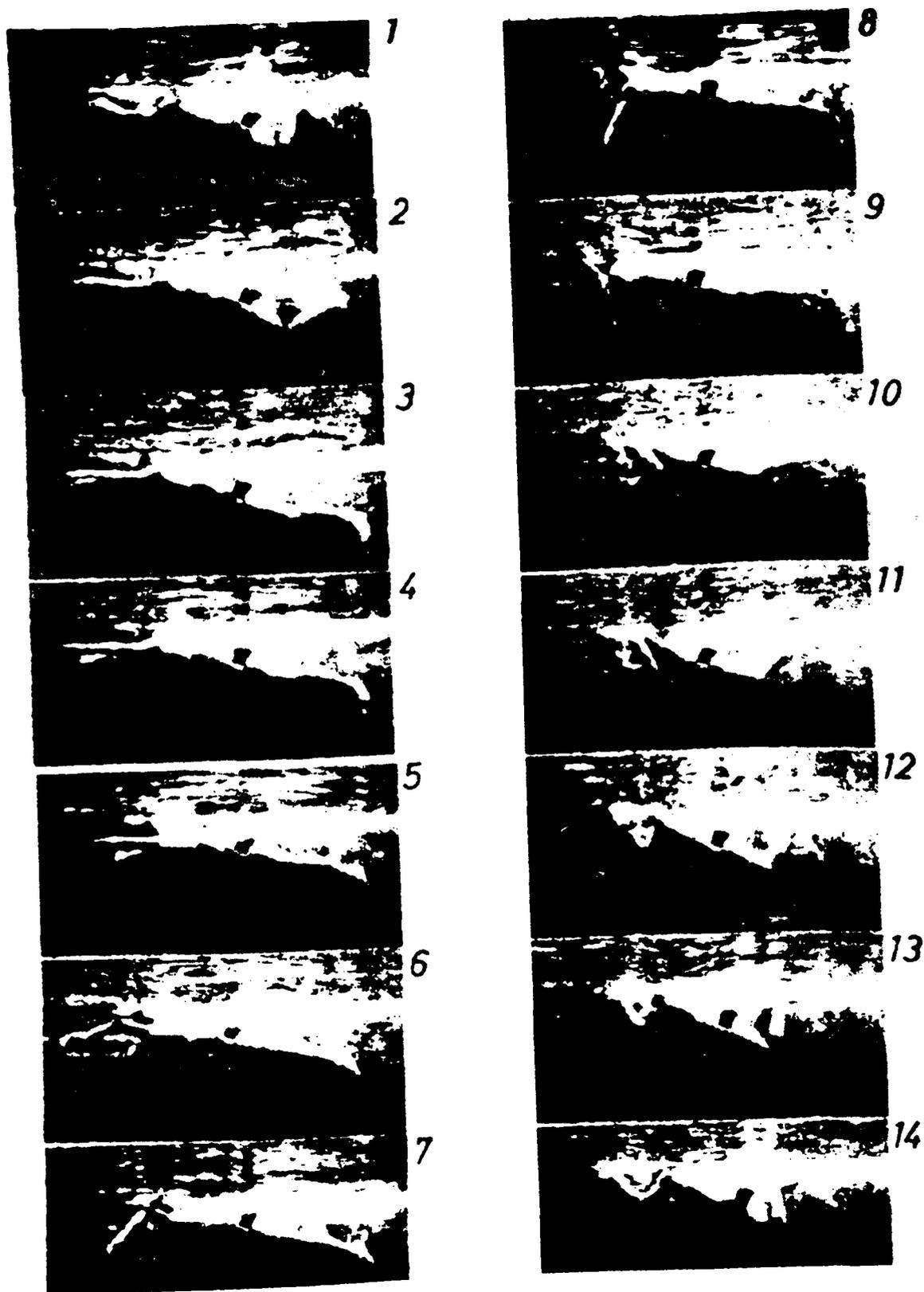


Fig. 1 — Una serie típica de fotografías (Sujeto A).

figura 4, es decir, la aceleración (a) se supone que es constante en cada fase. Luego se obtiene la siguiente ecuación:

$$V = at + C$$

donde C es constante (tabla 2). La resistencia del agua (R) se determinó con la siguiente fórmula que fue presentada experimentalmente por MIYASHITA (9) como se muestra a continuación:

$$R = 2,5 V^2$$

donde V es la velocidad de nado.

Luego los valores medios de resistencia del agua (R) durante cada fase fueron calculados como sigue:

$$R = \frac{2,5}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} V^2 dt \quad (3)$$

donde T es el tiempo.

Además, el valor medio de la fuerza de propulsión se obtiene por la siguiente ecuación:

TABLA 2

RELACION ENTRE LA VELOCIDAD DE NADO Y EL TIEMPO EN CADA FASE

Sujeto	t (seg.)	Δt (seg.)	V = at + c	
			a	c
A	0.20	0.20	4.50	0.6 a
	0.33	0.13	— 0.25	1.55 b
	0.75	0.42	1.25	1.10 c
	1.15	0.40	— 3.50	4.63 d
B	0.38	0.38	3.18	0.47 a
	0.61	0.23	— 0.31	1.80 b
	0.70	0.09	2.06	0.37 c
	1.08	0.38	— 3.50	4.24 d
C	0.36	0.36	1.86	0.35 a
	0.74	0.38	— 0.31	1.13 b
	1.11	0.37	0.80	0.30 c
	1.55	0.44	— 1.95	3.33 d
D	0.24	0.24	4.00	0.05 a
	0.71	0.47	— 0.43	1.12 b
	1.10	0.39	1.07	0.07 c
	1.65	0.55	— 2.20	3.66 d

A = patada.

B = deslizamiento.

C = tracción.

D = recuperación.

Nota. t = tiempo transcurrido; Δt = período de cada fase; a = aceleración; V = velocidad natatoria; c = constante.

$$F = Ma + \frac{2 \times 5}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} V^2 dt$$

donde M es la masa del cuerpo del sujeto y a es la aceleración.

La fuerza media realizada durante cada fase nos es dada por la siguiente ecuación:

$$P = F \times V$$

Donde P es la fuerza media y V la velocidad media en cada fase. Los resultados se ofrecen en la tabla 3, la fuerza durante la fase de patada era de 35,1 kgm/seg. para el sujeto A, 26,0 kgm/seg. para B, 9,3 kgs/seg. para C y 15,8 kgm/seg. para D, respectivamente. La potencia es escasa en la fase de deslizamiento para todos los sujetos. De nuevo en la fase de

tracción la fuerza aumenta a 28,7 kgm/seg. para A, 35,2 kgm/seg. para B, 8,4 kgm/seg para C y 10,4 kgm/seg. para D. Por el contrario, la fuerza durante la fase de recuperación es negativa, lo que significa que los esfuerzos de los nadadores se traducen en frenar su velocidad progresiva, a pesar de que realizan el trabajo externo. La fuerza realizada por los sujetos entrenados es varias veces mayor que la desarrollada por los no-entrenados.

## DISCUSION

Los resultados muestran que la velocidad en la braza durante un ciclo simple varía más que en el crawl. MIYASHITA (10) mostró que las

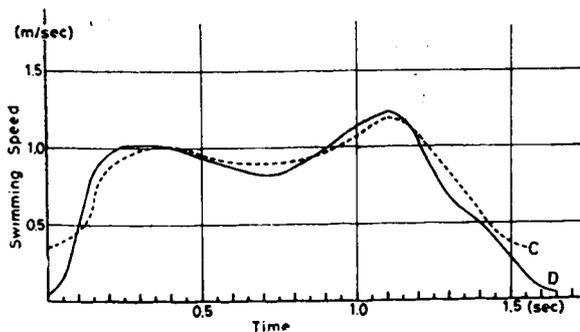


Fig. 2. — Variaciones de velocidad en los sujetos entrenados.

variaciones de velocidad al nadar crawl eran de 0,5 a 0,8 m/seg. En el presente estudio el más altamente cualificado como nadador, el sujeto A, presenta una variación de aproximadamente 1,5 m/seg. Esto se debe a los movimientos de recuperación de braza. KENT (7) inves-

tigó la resistencia del agua en cinco posiciones diferentes en la braza y manifestó que el valor de la resistencia a 1,5 m/seg. era de 23,0 kg. para la posición recuperada comparado con 9,7 kg. la mayor resistencia en la braza se da en la recuperación de los pies. En consecuencia en este período la velocidad descende.

Existe una clara diferencia en la duración de la fase de deslizamiento entre los sujetos entrenados (A y B) y los no-entrenados (C y D). Los sujetos no-entrenados se deslizan con los brazos y las piernas extendidos después que las piernas han completado su patada de impulso. Los tiempos transcurridos son aproximadamente de 0,38 - 0,47 seg. Por el contrario, los entrenados parecen comenzar los movimientos de tracción justo antes de que la patada se haya completado. Por lo tanto, el descenso de velocidad es menor que en los no-entrenados.

COUNSILMAN (1) indicó que muchos grandes bracistas no usan deslizamiento en su estilo.

TABLA 3  
TIEMPO TRANSCURRIDO, VELOCIDAD, ACELERACION, RESISTENCIA DEL AGUA  
FUERZA, Y POTENCIA DURANTE CUATRO FASES

Sujeto		Fase de patada	Fase de deslizamiento	Fase de tracción	Fase de recuperación
A	Tiempo transcurrido (seg.)	0 ——— 0.20	0.33 ——— 0.75	1.15	
	Velocidad Media (m/seg.)	1.03	1.49	1.73	1.29
	Aceleración Media (m/seg. <sup>2</sup> )	4.50	— 0.25	1.25	— 3.50
	Resistencia del agua (kg.)	2.93	5.33	7.93	4.63
	Fuerza de Propulsión (kg.)	34.1	3.6	16.6	— 19.7
	Potencia (kgm/seg.) (hp.)	35.1 0.47	4.4 0.06	28.7 0.38	— 25.4 — 0.34
B	Tiempo transcurrido (seg.)	0 ——— 0.38	0.61 ——— 0.70	1.08	
	Velocidad Media (m/seg.)	1.08	1.65	1.71	1.14
	Aceleración Media (m/seg. <sup>2</sup> )	3.18	— 0.31	2.06	— 3.50
	Resistencia del agua (kg.)	3.28	7.32	7.29	3.75
	Fuerza de Propulsión (kg.)	24.1	4.7	20.6	— 19.2
	Potencia (kgm/seg.) (hp.)	26.0 0.35	7.8 0.10	35.2 0.47	— 21.9 — 0.29
C	Tiempo transcurrido (seg.)	0 ——— 0.36	0.74 ——— 1.11	1.55	
	Velocidad Media (m/seg.)	0.68	0.95	1.04	0.76
	Aceleración Media (m/seg. <sup>2</sup> )	1.86	— 0.31	0.80	— 1.95
	Resistencia del agua (kg.)	1.30	2.33	2.73	1.53
	Fuerza de Propulsión (kg.)	13.7	0.3	8.1	— 11.4
	Potencia (kgm/seg.) (hp.)	9.3 0.12	0.3 0.04	8.4 0.11	— 8.7 — 0.11
D	Tiempo transcurrido (seg.)	0 ——— 0.24	0.71 ——— 1.10	1.65	
	Velocidad Media (m/seg.)	0.55	0.93	1.02	0.63
	Aceleración Media (m/seg. <sup>2</sup> )	4.00	— 0.43	1.07	— 2.20
	Resistencia del agua (kg.)	0.90	2.20	2.76	1.32
	Fuerza de Propulsión (kg.)	28.7	— 0.8	10.2	— 13.9
	Potencia (kgm/seg.) (hp.)	15.8 0.21	— 0.7 — 0.09	10.4 0.14	— 8.8 — 0.12

Este cronometraje continuo de la braza es ventajoso porque permite disimular el fin de la fase propulsiva por medio de la patada y el comienzo de la fase propulsiva por la tracción.

Los valores medios de la fuerza mecánica para cada fase se calcularon a partir de las variaciones de velocidad y de la resistencia del agua. Los valores de los entrenados fueron 2-3 veces superiores a la de los no-entrenados durante todas las fases excepto como ya hemos dicho, la de deslizamiento. Los entrenados nadaron más rápido que los no-entrenados. Por tanto en general cuenta mayor potencia desarrollada en el agua, más rápido nada el sujeto. Al comparar los sujetos C y D, sin embargo, el su-

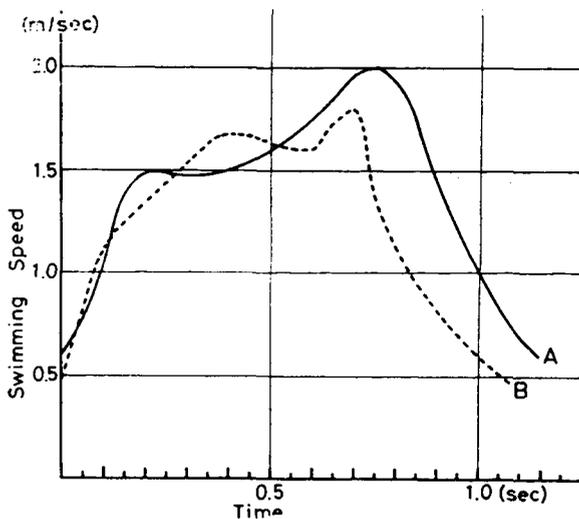


Fig. 3. — Variaciones de velocidad en los sujetos no entrenados.

jeto C nada algo más rápido y D desarrolla una potencia mayor. Debe intervenir un cierto tipo de habilidad en transformar la energía mecánica en velocidad de nado.

El valor superior de fuerza fue de 31.1 kgm/seg. (0,47 hp.) que fue producida por el sujeto A en la fase de patada para el período de 0,2 seg. y por el sujeto D durante la fase de tracción para 0,09 seg. Al pasar este valor a la figura presentada por WILKIE (12) que muestra el máximo trabajo mecánico realizado frente a la duración total del ejercicio, corresponde a un tiempo de entre 1-10 minutos sin embargo, la velocidad de nado no puede mantenerse más allá de 1 minuto. Esto es debido a la diferencia en el tipo de los ejercicios.

Las observaciones de WILKIE estaban basadas en ejercicios en tierra, como subir cuevas corriendo, sentarse en el asiento deslizante, pedalear girando un manubrio. La eficacia (traba-

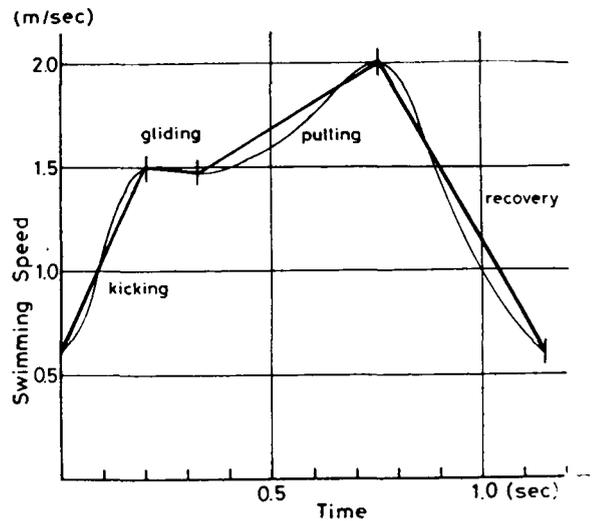


Fig. 4. — Relación lineal entre la velocidad de nado y el tiempo en 4 fases (Sujeto A).

jo realizado/energía química usada) en esos ejercicios fue aproximadamente 20-25 % (12) por el contrario, la eficacia en natación fue de 0.5-2,2 % (6). Además el nadador debe producir más trabajo externo que el estimado a partir de las variaciones de velocidad y de la resistencia del agua. La fuerza propulsiva que impulsa al nadador hacia adelante es producida por los brazos y piernas del nadador cuando lanzan el agua hacia atrás. Esto quiere decir que parte de la energía química puede transformarse en energía cinética del agua.

#### BIBLIOGRAFÍA

- (1) COUNSILMAN, J. E. — "The science of swimming". "Prentice-Hall", 1970.
- (2) FENN, W. O. — "Work against gravity and work due to velocity changes in running". "American Journal of Physiology", 93: 433-62, 1930.
- (3) FLETCHER, J. G.; LEWIS, H. E. and WILKIE, D. R. — "Photographic methods for estimating external lifting work in man". "Ergonomics", 2: 114-15, 1958.
- (4) HENDERSON, Y., and HAGGARD, H. W. — "The maximum of human power and its fuel". "Journal of Physiology", 72: 264-82, 1925.

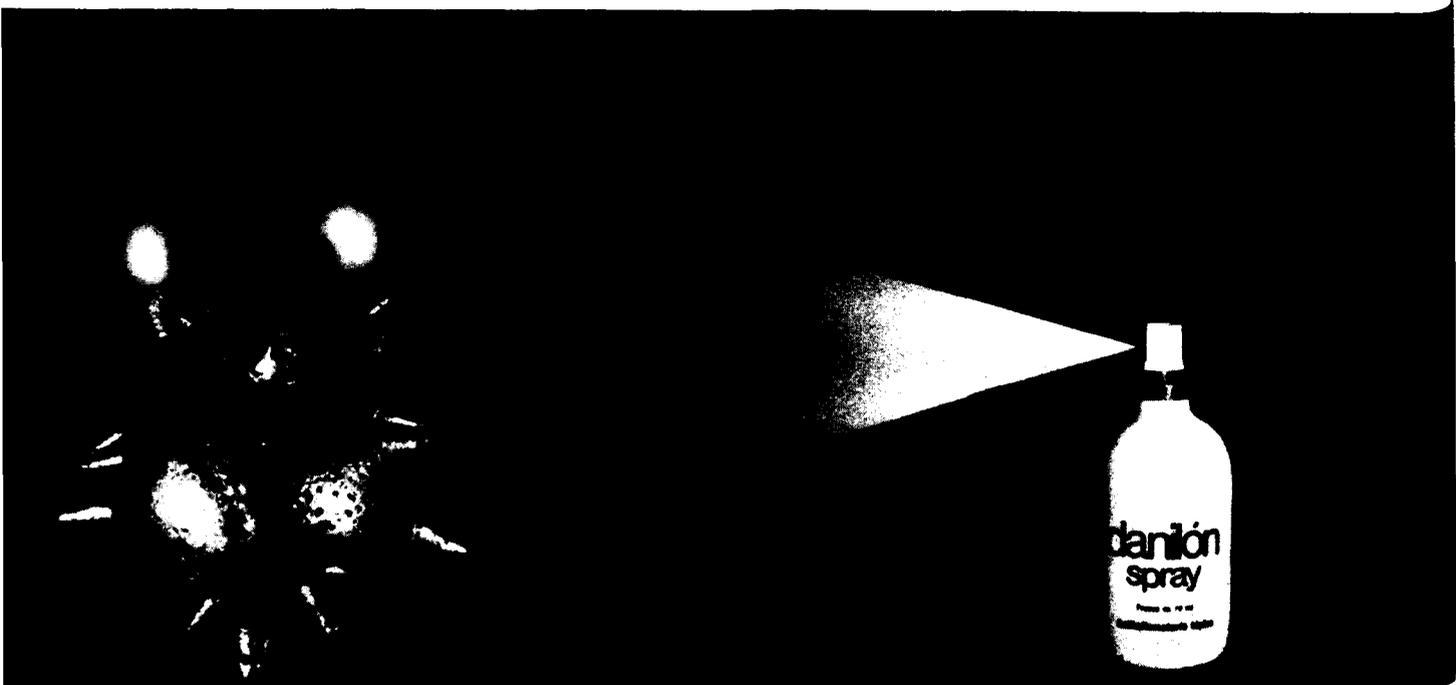
- (5) KARPOVICH, P. V. — "Swimming speed analyzed". "Scientific American", 224-25, March, 1930.
- (6) PESTRECOV, K. — "Mechanical work and efficiency in swimming crawl and back strokes". "Arbeitsphysiologie", 10: 504-14, 1939.
- (7) KENT, M. R. — "Selected critical transient body positions in breast stroke and their influence upon water resistance. Proceeding of 1st international Symposium on Biomechanics in Swimming". "Universite Libre de Bruxelles", 119-25, 1970.
- (8) MAGEL, J. R. — "Propelling force measured during tethered swimming in the four competitive swimming styles". "Research Quarterly" (1-68-74), 1970.
- (9) MIYASHITA, M. — "The science of swimming (in Japanese)". "Kyorin-Shoin, Tokyo.
- (10) ..... — "An analysis of fluctuations of swimming speed. Proceedings of 1st International Symposium on Biomechanics in swimming". "Universite Libre de Bruxelles", 53-58, 1970.
- (11) MOSTERD, W. L., and JONGBLOED, J. — "Analysis of the stroke of highly trained swimmers. International Zeitschrift Angewandte Physiologie Einsch Arbeitsphysiologie", 20: 288-93, 1964.
- (12) WILKIE, D. R. — "Man as a source of mechanical power". "Ergonomics", 3: 1-8, 1960.

# danilón<sup>®</sup>

## spray

ESTEVE

Antiinflamatorio Antiálgico



## MEDICACION TOPICA SIMULTANEA DE LA INFLAMACION Y DEL DOLOR

### INDICACIONES

Procesos inflamatorios y dolorosos en traumatología, medicina del trabajo, medicina deportiva y reumatología.

### DOSIFICACION

Una aplicación 2 ó 3 veces al día sobre la zona afectada.

### COMPOSICION

1,2-difenil-4- (β-carboxipropionil-oximetil)-4-butil 1,2-diazaciclopentano-3,5-diona (Suxibuzona) ..... 7,14 g  
Excipiente y propelente, .....  
c.s.p. .... 100 ml

### PRESENTACION

Frasco spray de 70 ml, 219,70 ptas. (imp. incl.).

### OTRAS PRESENTACIONES

DANILON cápsulas: Envase con 20 cápsulas de 300 mg de Suxibuzona, 202,10 ptas.

DANILON supositorios 500 (para adultos): Envase con 10 y 15 supositorios de 500 mg de Suxibuzona, 160,40 y 203,10 ptas.

DANILON supositorios 250 (para niños): Envase con 10 supositorios de 250 mg de Suxibuzona, 92,40 ptas.  
DANILON crema: Tubo con 60 gr, 159,10 ptas.

A pesar de la excelente tolerancia, se aconseja no aplicar Danilón Spray en los casos de ulcus gastroduodenal activo, en cardiopatías descompensadas e hipertensiones y nefropatías graves. Incompatibilidades propias de los fármacos de aplicación local. No provoca reacciones alérgicas, irritaciones o prurito en la zona tratada.



**LABORATORIOS DEL  
DR. ESTEVE, S.A.**  
Av. Virgen de Montserrat, 221  
BARCELONA-13