

La naturaleza de la respuesta al entrenamiento; adaptaciones centrales y periféricas al ejercicio con una pierna

B. Saltin, Kristina Nazar, D.L. Costill, E. Stein, Eva Jansson, Birgitta Essen y P.D. Gollnick. (*)

RESUMEN

Se estudiaron 13 sujetos de sexo masculino que fueron distribuidos en tres grupos. Cada grupo realizó un entrenamiento con una pierna de velocidad (S) o de resistencia (E) y con la otra, lo contrario o ningún tipo de entrenamiento (NT). Se calculó el consumo de O_2 (VO_2), la frecuencia cardíaca y la concentración de lactato en sangre para cada pierna separadamente y para ambas conjuntamente durante un trabajo en bicicleta submáximo y máximo, antes y después de 4 semanas de entrenamiento con 4-5 sesiones por semana. Se tomaron muestras del músculo cuádriceps para analizar la actividad de la SDH (succinato deshidrogenasa), que posteriormente se tiñeron para detectar la ATPasa miofibrilar. Además, ocho de los sujetos realizaron después del entrenamiento un ejercicio con las dos piernas al 70% de su VO_2 máx. durante una hora. Se incluyen los cálculos de las concentraciones de glicógeno muscular y de ácido láctico de las dos piernas, así como el flujo sanguíneo y la dif(A-V) O_2 de la glucosa y del lactato.

La mejora en el VO_2 máx., la disminución de la frecuencia cardíaca y de la respuesta del lactato en sangre durante los niveles de trabajo

submáximo, se encontraron sólo cuando se ejercía la pierna entrenada (S o E). Parte de las variables estudiadas sufrieron cambios más notables con el entrenamiento de resistencia (E) que con el entrenamiento de velocidad (S).

Aunque la composición de la fibra muscular no varió, se produjo una pronunciada adaptación del músculo al entrenamiento con una intensificación de la actividad de la SDH en las piernas entrenadas en S y E, mientras que en las no entrenadas (NT) no se observaron cambios. El flujo sanguíneo y el consumo de O_2 fueron similares en las piernas NT y S-E, sin embargo, el contenido de O_2 en la vena femoral fue ligeramente menor en la pierna entrenada comparado con el de la pierna no entrenada. La utilización del glicógeno fue menor en la pierna entrenada, mientras que el consumo de glucosa fue similar en ambas piernas, indiferentemente del grado de entrenamiento. Por otra parte, el lactato solo fue continuamente liberado por la pierna no entrenada (NT). Se concluyó que el entrenamiento produce notables adaptaciones locales que no afectan sólo a la respuesta metabólica al ejercicio, sino que también son im-

portantes en la consecución de mejoras de la función cardiovascular.

El grado en que los factores locales y otros factores más generales participan en las adaptaciones al entrenamiento físico sigue siendo una pregunta sin solucionar. Los trabajos que estudian la respuesta al ejercicio con miembros entrenados y no entrenados (Clausen et. al., 1973, 1974, 1975; Gleser, 1973; Davies and Sargeant, 1975) sugieren que la respuesta circulatoria central al entrenamiento y la capacidad de trabajo están en función, al menos parcialmente, de si los músculos de los miembros que realizan el ejercicio están entrenados. Desde el instante en que el "factor local" se presenta como crucial, creemos de interés el estudio simultáneo de la adaptación del músculo esquelético al entrenamiento y la adaptación de las funciones circulatorias centrales. Intentaremos hacer una distinción entre los efectos locales y otros efectos más generales del entrenamiento mediante diferentes métodos de entrenamiento, así como entre las diferencias individuales, utilizando el ejercicio en bicicleta con una pierna durante un periodo de 4 semanas de entrenamiento.

(*) Nota: Traducido de *Acta Physiol. Scand.*, 1976, 96, 289-305 por Natalia Balagué.

SUJETOS

Participaron en el estudio trece sujetos sanos del sexo masculino, estudiantes de medicina o de bellas artes. El promedio de edad fue de 21.7 (19-25) años, el de estatura 1.81 cm. (1.72-1.94) y el de peso 71.1 Kg (59-94). La media de peso corporal no varió durante el estudio, y en ningún caso se produjo una variación individual superior a los 2 Kg. Las dimensiones corporales y el pliegue cutáneo (Hermansen and Von Döbeln, 1971) no variaron, indicando que no se produjeron cambios aparentes en la composición corporal durante el periodo de entrenamiento.

Anteriormente, ninguno de los sujetos entrenó jamás para una competición, y ninguno de ellos siguió un entrenamiento regular o una actividad deportiva durante los meses que precedieron al estudio. El promedio de consumo máx. de O_2 (VO_2 máx.) durante el ejercicio con 2 piernas fue

de 3.3 (2.9-3.9) l/min o 46 (37-54) ml/Kg. min al principio del estudio. Estos valores están dentro del 5% de los valores normales para este grupo de edad en Suecia (Saltin and Sjögård, unpublished data). Todos los sujetos fueron sometidos a un examen físico antes de participar en el estudio. El mismo día se informó a cada sujeto de los procedimientos que se iban a utilizar, y de las incomodidades y riesgos —tanto agudos como crónicos— de dichos procedimientos. Se obtuvo el consentimiento oral de cada uno de los participantes en el estudio y se les informó de que eran libres de dejar un test o todo el estudio cuando quisieran.

En vista de que los sujetos formaban un grupo razonablemente homogéneo respecto a su actividad física previa y a su VO_2 máx., se les permitió que indicaran sus preferencias

para seguir uno de los siguientes tipos de entrenamiento: A) Entrenamiento de resistencia en una pierna (E) (ejercicio continuo en bicicleta durante 30-50 min) y de velocidad en la otra (S) (esfuerzos repetidos de 30-40 seg. con 1 1/2 min de reposo entre cada serie); B) Entrenamiento de una pierna con el programa S mientras que la otra permanece sin entrenar; y C) Entrenamiento E de una pierna y la otra sin entrenar.

Inicialmente, 5 sujetos formaron cada grupo sin que ninguno de ellos fuese forzado a pertenecer a un grupo que no hubiese elegido. Desafortunadamente, 2 sujetos del grupo C no completaron el entrenamiento o los estudios posteriores al mismo. Uno de los sujetos enfermó durante la primera semana y no pudo completar el entrenamiento. El otro sujeto completó el entrenamiento pero prefirió no completar los test finales.

MÉTODOS, PROTOCOLO Y ENTRENAMIENTO

Capacidad de trabajo

Se determinó el consumo de O_2 con la técnica de los sacos de Douglas. Los volúmenes de gases se midieron en un espirómetro Tissot y las fracciones de O_2 y CO_2 se determinaron con las técnicas de Haldane o Scholander. La recogida de gases del ejercicio submáximo se realizó después de 5 min de ejercicio y la del ejercicio máximo durante el último 1/2 a 2 min de ejercicio. El aire se recogió en cada saco durante 30 seg como mínimo. La frecuencia cardíaca se computó mediante los registros de ECG que se realizaron a intervalos frecuentes durante cada carga.

La bicicleta ergométrica se utilizó tanto para los test (Krogh o Elema) como para el entrenamiento (Monark). Se permitió a los sujetos que se familiarizaran con los niveles de trabajo submáximos y máximos de una y dos piernas en la bicicleta, antes de que se realizara la toma de datos referida en el presente estudio. El único arreglo especial para el ejercicio con una pierna, fue asegurar el pie

en el pedal con una funda para los dedos del pie y una goma elástica alrededor del talón. El pie de la pierna que no trabajaba permaneció sobre una pequeña silla junto a la bicicleta.

Se utilizó la relación entre frecuencia cardíaca y consumo de O_2 para establecer la carga antes de que comenzase el entrenamiento, realizando cada sujeto un trabajo en 3-4 ocasiones en días diferentes. Cada día se escogieron diferentes combinaciones de cargas submáxima y máxima con una y dos piernas. De esta manera pudo establecerse el nivel de VO_2 máx. para cada pierna separadamente así como para el ejercicio con las dos piernas. Fue fácil obtener resultados reproducibles después del periodo de entrenamiento ya que sólo se utilizaron tipos de trabajo submáximo y máximo seleccionados. No obstante, después del entrenamiento cada sujeto realizó pruebas al menos tres días diferentes para establecer su nivel de VO_2 máx.

Tanto Gleser (1973) como Davies y Sargeant (1974 y 1975) han señala-

lado las dificultades para establecer el nivel de consumo máx de O_2 en el ejercicio con una pierna. Ello está relacionado con el descenso gradual de la eficiencia mecánica aparente a intensidades de trabajo altas. Nosotros no experimentamos estas dificultades. Por otro lado, nuestros sujetos tenían un alto consumo de O_2 a todos los niveles de ejercicio submáximo durante el trabajo con una pierna.

Todos los test de cada sujeto se completaron en una semana, tanto antes como después del entrenamiento. Ello se llevó a cabo permitiendo sólo a 1/3 de los sujetos empezar su entrenamiento cada semana.

Cálculos metabólicos

Las muestras musculares se obtuvieron del músculo cuádriceps con la ayuda de la técnica de biopsia percutánea (Bergström, 1962). Las mues-

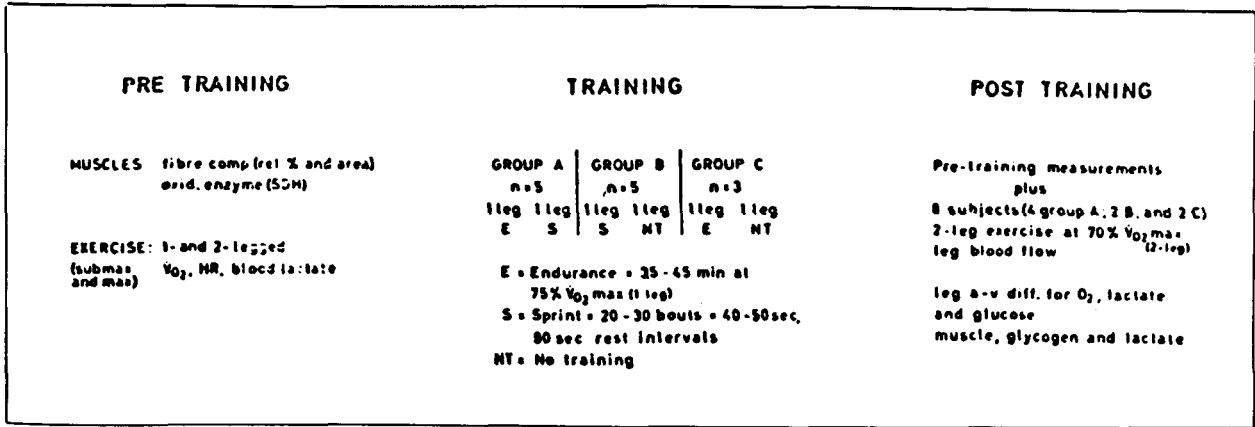


Fig. 1. Ilustración esquemática del protocolo experimental y de los grupos de entrenamiento.

tras usadas para determinar la composición de la fibra y de la actividad enzimática antes y después del entrenamiento se tomaron en reposo durante la mañana. Una parte de estas muestras fueron inmediatamente pesadas, homogeneizadas y usadas para la determinación del succinato deshidrogenasa (SDH) (Coopers et al., 1950). Otra parte se congeló por secciones y se tiñó para determinar el adenosin-tri-fosfato miofibrilar (ATPasa) (Padykula and Herman, 1955), reducido a NADH-diaforasa (Novikoff et al. 1961), y a alfa-glicerofosfato deshidrogenasa (Wattenberg and Leon, 1960). La clasificación del tipo de fibra se basó en el tinte de la ATPasa miofibrilar. Por razones discutidas en otros trabajos (Gollnick et al., 1974); Taylor, Essen and Saltin, 1974), hemos usa-

do los términos de fibras de contracción lenta y contracción rápida en lugar de la clasificación de fibras de tipo I (rojas) y II (blancas) respectivamente, propuesta por Engel (1962). Se calculó el área ocupada por las fibras integrando la superficie de 20 fibras de cada tipo en una sección transversal de la muestra suficientemente grande.

En vistas a evaluar cuándo se produjeron los cambios metabólicos locales, 8 de los 13 sujetos realizaron un ejercicio submáximo con las dos piernas sobre la bicicleta al 70% de su $\dot{V}O_2$ máx. (con 2 piernas) después del período de entrenamiento (ver fig.1). Los cateter se colocaron en las dos arterias y venas femorales, de modo que el flujo sanguíneo de cada pierna pudo ser medido en reposo y después de 10-15 y 50-55 min de ejercicio (Wahren and Jorfeldt,

1973). Las diferencias arteriovenosas del lactato y la glucosa se determinaron enzimáticamente al mismo tiempo que los flujos sanguíneos, y también después de 3 y 30 min de trabajo. Las biopsias se hicieron antes, después de 3 min y al final (60 min) del ejercicio y se usaron para las determinaciones del glicógeno y del lactato (Karlsson, Diamant and Saltin, 1971). Una pieza de muestra muscular obtenida antes y después del ejercicio se usó para la identificación histoquímica de los tipos de fibra y del glicógeno (ver Gollnick, Piehl and Saltin, 1974).

Se utilizó para el ejercicio una bicicleta ergométrica Krogh, en la que se acoplaron los pedales a medidas de tensión para que la fuerza de cada pedal empujado pudiera ser evaluada (Hoes et al., 1968).

Tabla 1. Valores de la media \pm DE y rango de las variables seleccionadas en los estudios previos al entrenamiento. Las mediciones se realizaron en las piernas izquierda y derecha de los sujetos. El ejercicio submáximo fue de 100 W.

Leg	Muscle fibers		SDH mmoles/ kg \times min						
	%ST	%ST area							
Right n=13	40 \pm 2.5 28-60	35.5 \pm 2.7 18-54	3.9 \pm 0.2 2.4-5.5						
Left n=13	39 \pm 2.9 26-59	34.2 \pm 3.3 21-57	3.8 \pm 0.2 2.4-5.2						
<i>Submaximal and maximal work</i>									
Leg	Oxygen uptake (STPD), l/min		Pulm. vent. (BTPS), l/min		Heart rate beats/min		Blood lactate, mmol/l		Leg isometric strength Kp
	Subm	Max	Subm	Max	Subm	Max	Subm	Max	
Right	1.80 \pm 0.05 1.65-2.10	2.74 \pm 0.07 2.24-3.07	45.3 \pm 3.01 33.2-71.6	92.9 \pm 5.4 69.5-135.6	158.8 \pm 4.4 130-182	186.6 \pm 2.2 174-202	6.6 \pm 0.6 2.2-9.9	10.3 \pm 0.7 6.8-15.5	103.4 \pm 7.6 72-158
Left	1.84 \pm 0.07 1.50-2.22	2.71 \pm 0.07 2.19-3.17	46.1 \pm 2.1 36.3-61.2	92.7 \pm 5.7 60.8-142.6	159.5 \pm 5.3 130-181	187.5 \pm 2.1 176-201	6.7 \pm 0.5 3.3-10.0	10.6 \pm 0.5 7.6-15.5	96.0 \pm 5 37-146

Trabajo de la pierna derecha versus trabajo de la pierna izquierda

Se evaluó la respuesta al ejercicio con una pierna, comparando las piernas izquierda y derecha, en cada sujeto. En las pruebas anteriores al entrenamiento se encontraron resultados similares para las dos piernas en todas las variables estudiadas (Tabla I). Por ello, se permitió a los sujetos entrenar con cualquiera de ellas. La pierna derecha fue escogida para entrenar resistencia y velocidad por 3 y 5 sujetos respectivamente, quedando 5 piernas derechas sin entrenamiento. El número de piernas derechas e izquierdas entrenadas estuvo casi igualmente distribuido en los grupos A, B y C.

Un solo sujeto constituyó la excepción del grupo, presentando sólo la mitad de fuerza máxima isométrica (Karlssoon and Ollander, 1971) en su pierna izquierda comparada con la de su pierna derecha. Esta diferencia no influyó en los otros tipos de mediciones. Por ello, siguió participando en el estudio (grupo C). Entrenó su pierna "débil" y presentó mejoras similares a las obtenidas por los otros dos sujetos del grupo C. El sujeto mejoró un 25% la fuerza de su pierna izquierda con el entrenamiento.

PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO

El periodo de entrenamiento duró 4 semanas con un promedio de 5 pruebas por pierna cada semana (Tabla II). Todo el entrenamiento se realizó en una bicicleta ergométrica y fue supervisado por un profesor de educación física, que controló las frecuencias cardíacas durante las sesiones de entrenamiento y ajustó las cargas de acuerdo con estas tomas. Las cargas escogidas representaron aproximadamente el 75% (E) y el 150% (S) del VO_2 máx. de una pierna. Durante la tercera semana se repitieron las mediciones de consumo de O_2 , frecuencia cardíaca y concentración de ácido láctico en sangre, así como del VO_2 máx. de cada pierna en cada sujeto. Los resultados confirmaron la carga fisiológica derivada de los diferentes regímenes de entrenamiento.

Se escogió la carga y duración de cada tipo de entrenamiento para realizar una cantidad de trabajo total similar en cada sesión de entrenamiento. En el grupo A, en el que el

entrenamiento de resistencia de una pierna continuaba con el entrenamiento de velocidad de la otra, se utilizaron periodos de entrenamiento de un 5% a un 10% más cortos para cada pierna.

La cantidad de trabajo realizado por semana por cada pierna entrenada fue de aproximadamente 3000 J, estando todos los grupos dentro del 5-10% de este valor. Debe señalarse sin embargo que el grupo A realizó alrededor de un 90-95% más trabajo que el grupo B, ya que en aquél se entrenaron las dos piernas. Hay que añadir que se precisaron 90 min por día para completar el entrenamiento de velocidad ya que se dejaron de 60 a 90 seg de reposo entre cada sprint.

En la fig. 1 se presenta un resumen esquemático de las características básicas del protocolo.

Se aplicaron los métodos estadísticos convencionales. Las diferencias intra-individuales se evaluaron utilizando la t de Student (Fischer, 1946).

Group (n)	Type of training	Work level	Oxygen uptake (STPD), l/min		Pulm. vent. (BTPS), l/min		Heart rate, beats/min		Blood lactate, mmol/l	
			Before	After	Before	After	Before	After	Before	After
A n=5	Sprint	100	1.87 ± 0.11	1.80 ± 0.05	23.2 ± 3.3	25.7 ± 2.1	159.6 ± 8.1	147.8 ± 6.5*	6.2 ± 1.2	5.2 ± 0.9*
		Max	2.86 ± 0.11	3.18 ± 0.17*	95.2 ± 9.3	128.1 ± 6.5*	184.6 ± 3.3	189.0 ± 1.5	11.8 ± 1.3	13.3 ± 1.1
	End	100	1.86 ± 0.05	1.79 ± 0.03	23.4 ± 1.6	24.5 ± 0.9	160.2 ± 6.8	143.1 ± 4.1*	5.9 ± 1.0	4.3 ± 0.8*
		Max	2.79 ± 0.11	3.33 ± 0.17*	92.8 ± 7.8	122.5 ± 7.2*	185.4 ± 3.3	188.2 ± 2.9	11.4 ± 1.1	12.3 ± 1.0
B n=5	Sprint	100	1.76 ± 0.09	1.71 ± 0.06	43.3 ± 4.9	42.1 ± 3.3	158.2 ± 8.5	152.4 ± 8.4	6.8 ± 0.8	4.3 ± 0.7*
		Max	2.75 ± 0.07	3.18 ± 0.11*	96.4 ± 11.6	114.8 ± 8.2*	191.8 ± 3.3	194.2 ± 3.9*	10.1 ± 0.7	12.2 ± 0.6*
	No train	100	1.78 ± 0.08	1.75 ± 0.07	45.2 ± 7.0	48.7 ± 5.6	157.0 ± 8.0	154.8 ± 7.8	6.4 ± 0.7	6.0 ± 1.0
		Max	2.76 ± 0.06	2.80 ± 0.06	96.0 ± 10.2	107.6 ± 5.8	188.8 ± 4.4	190.4 ± 4.2	10.2 ± 0.7	10.1 ± 0.4
C n=3	End	100	1.87 ± 0.16	1.79 ± 0.03	51.4 ± 3.0	45.6 ± 0.5	165.3 ± 8.3	152.2 ± 5.5*	7.5 ± 1.2	4.4 ± 0.4*
		Max	2.43 ± 0.13	3.01 ± 0.12*	83.8 ± 13.7	111.3 ± 6.3*	184.7 ± 4.4	188.3 ± 4.3*	9.2 ± 0.4	9.4 ± 0.9
	No train	100	1.81 ± 0.10	1.82 ± 0.06	52.2 ± 2.3	54.2 ± 3.2	164.3 ± 10.1	157.0 ± 5.6	7.4 ± 1.2	6.7 ± 0.8
		Max	2.47 ± 0.14	2.64 ± 0.13*	87.5 ± 8.9	111.2 ± 10.2	183.0 ± 4.9	187.0 ± 3.5	9.0 ± 1.1	10.6 ± 1.0

Tabla 2. Valores de la media ± DE de algunas respuestas al ejercicio en bicicleta con una pierna a niveles submáximos (100 W) y máximos (Máx.) de trabajo, antes y después del entrenamiento. Los asteriscos señalan diferencias significativas entre antes y después del entrenamiento basadas en la t. de Student (p < 0.05).

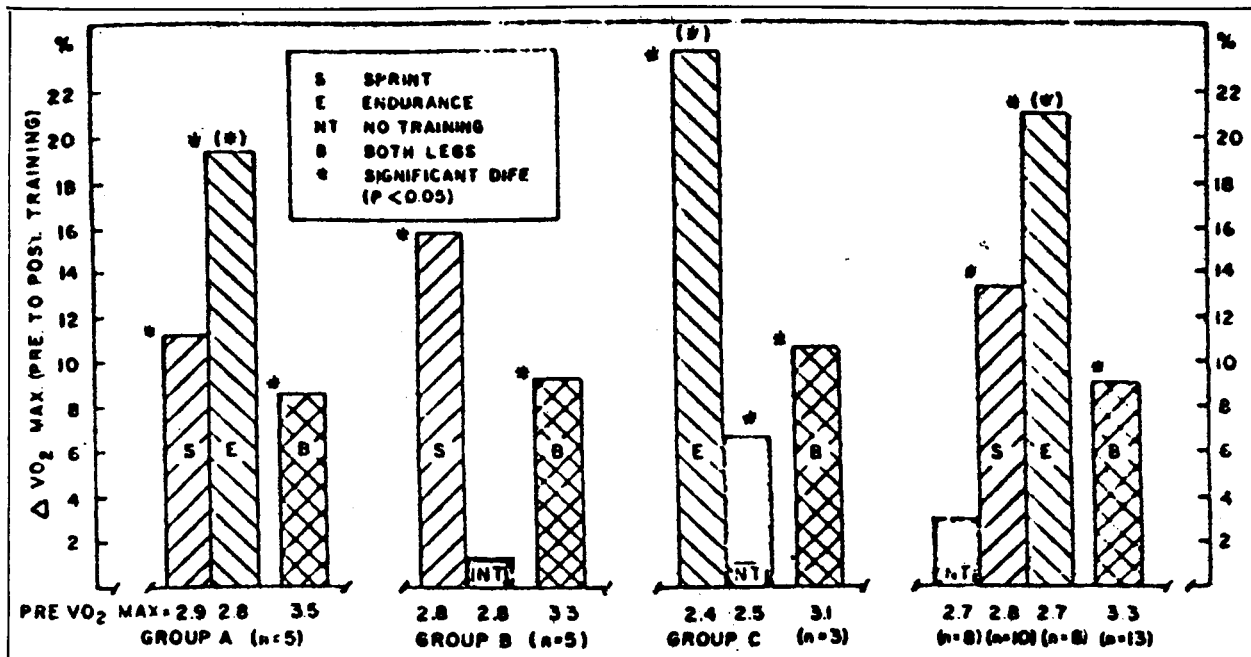


Fig. 2. Valores medios de los cambios sufridos por el consumo máx. de O₂ en tanto por ciento en los grupos A-C. Debajo de cada columna se encuentra el VO₂ máx. antes del entrenamiento en l/mn. Las cuatro columnas de la derecha presentan los valores medios tanto para los miembros no entrenados como para los entrenados en resistencia o velocidad, así como para el ejercicio con dos piernas independientemente del grupo al que corresponde. El asterisco dentro del paréntesis refleja una diferencia significativa entre la pierna entrenada en resistencia y la entrenada en velocidad.

RESULTADOS

Estudios realizados antes del entrenamiento (Tabla I)

En las pruebas de control realizadas antes de empezar el entrenamiento, ninguna de las variables estudiadas presentó diferencias significativas al comparar las piernas izquierda y derecha. El consumo de O₂ correspondiente al ejercicio con una pierna es ligeramente mayor que el VO₂ del ejercicio con dos piernas cuando se trabaja a intensidades submáximas. Por ello, el consumo de O₂ a 100 W con una pierna se aproximó al de 125 W del trabajo con dos piernas (1.8 l/min). La razón entre el consumo máx. de O₂ de los ejercicios con una y dos piernas presentó en nuestros sujetos una media de 0.78-0.84, mientras que en los estudios de Glesen (1973), Davies and Sargeant (1975) el promedio fue sólo de 0.71-0.77. Sólo se observaron pequeñas variaciones entre los grupos. Nuestros valores están íntimamente de acuerdo con los referidos anteriormente, en los que se utilizó un procedimiento similar para el ejercicio con una pierna (Pernow and Saltin, 1971).

Respuesta al entrenamiento

I. Ejercicio con una pierna

A. Análisis por grupos (Fig. 2, Tabla II). El consumo de O₂ para cargas submáximas en el ejercicio con una pierna, fue en varias ocasiones algo menor después del entrenamiento comparado con los valores obtenidos antes del mismo. Las diferencias no fueron significativas en ninguno de los grupos, oscilando sus valores dentro de los límites de 0.1 l/min. Sin embargo, en función de los métodos de entrenamiento aplicados, las mediciones realizadas después del entrenamiento variaron enormemente. En el grupo A, el VO₂ máx. se incrementó en un 11% (4-24) y en un 20% (10-31) en las piernas entrenadas en velocidad y resistencia respectivamente, respecto a un valor de 2.8 l/min obtenido antes del entrenamiento. También en el grupo B, cada pierna presentó antes del entrenamiento un VO₂ máx. de aproximadamente 2.8 l/min. El incremento de la pierna entrenada en velocidad fue de 15% (3-30) mientras que el de la pierna inactiva no fue mayor de un 3% (2-5). En el grupo C, en el que el VO₂ máx. antes del entrenamiento fue de 2.4 y 2.5 l/min para cada pierna respectivamente, la pierna en-

trenada en resistencia mejoró un 24% (21-30) su VO₂ máx. La pierna no entrenada presentó un incremento del 6% (5-8) (p=0.05).

Cuanto mayor fue el incremento del VO₂ máx. con el entrenamiento, más notable fue la reducción de la frecuencia cardíaca durante el ejercicio submáximo con una pierna. Hay que señalar sin embargo, que existieron variaciones menores derivadas de este hallazgo general. A una carga de 100 W, la frecuencia cardíaca fue de 17 y 13 pul/min menor en los grupos A y C respectivamente después del entrenamiento de resistencia, alcanzándose en estos grupos los valores de 143 y 152 pul/min después de dicho periodo (Tabla II). El entrenamiento de velocidad provocó un descenso de la frecuencia cardíaca del 12 pul/min en el grupo A (p 0.05) y de 6 pul/min en el grupo B (p < 0.05). De este modo, tenemos que la frecuencia cardíaca submáxima tuvo una influencia más notable en el grupo A en el que se entrenaron las dos piernas. Hay que señalar también, que en los grupos B y C se obtuvieron reducciones muy pequeñas en la frecuencia cardíaca (2-6 pul/min) con las piernas no entrenadas, lo que fue en detrimento de la reducción significativa obtenida por



Donorest

Fentiazac Wyeth

nuevo agente antiinflamatorio
de extraordinaria actividad

proporciona un
rápido alivio del dolor

bien tolerado por un
mayor número de pacientes

Composición: 1 gragea contiene: Fentiazac, 0.1 g; excipiente, c.s. 1 supositorio contiene: Fentiazac cálcico (equiv. a 200 mg del ácido), 0.212 g; excipiente, c.s. **Indicaciones:** Antiinflamatorio (antiedematoso y antigranulomatoso) en medicina interna, cirugía, ortopedia y ginecología, particularmente cuando se precisa una acción analgésica o antipirética. **Dosis y modo de empleo:** 1-2 grageas, 1 ó 2 veces al día, tomadas preferentemente con las comidas, 1 supositorio, 2 veces al día. Estas dosis pueden ser modificadas a juicio del médico. **Contraindicaciones:** Úlcera gastrointestinal o afecciones cardíacas, hepáticas o renales graves. **Incompatibilidades:** Tratamientos prolongados con anticoagulantes. **Efectos secundarios:** El uso de fármacos antiinflamatorios en gastropacientes puede dar lugar a la aparición de posibles efectos colaterales. **Precauciones:** Es aconsejable no utilizar medicación alguna durante el primer trimestre del embarazo, salvo expresa indicación médica. **Intoxicación y su tratamiento:** Prácticamente es imposible la intoxicación por estar muy alejada la DL₅₀ de las dosis terapéuticas. En caso de sobredosificación accidental (niños, etc.) se procurará aumentar la diuresis y utilizar las medidas adicionales que el cuadro clínico aconseje. **Presentación y P.V.P.:** Envase con 40 grageas, 501 Ptas. (i.i). Envase con 12 supositorios, 322 Ptas. (i.i). Se recomienda guardar los supositorios en lugar fresco.



* Marca registrada



Apertado, 44 - Barcelona

Fig. 3. Valores de la media \pm DE de la frecuencia cardíaca y de la concentración de lactato en sangre a 600 kpm/min. trabajando con una pierna, antes (B) y después (A) del entrenamiento. El asterisco indica una diferencia significativa entre los resultados obtenidos antes y después del entrenamiento (t. de Student).

la pierna entrenada al mismo nivel de trabajo absoluto. Los cinco sujetos que entrenaron con las dos piernas (una E y la otra S) presentaron la menor frecuencia cardíaca cuando trabajaron con la pierna entrenada en resistencia.

B. Análisis por métodos de entrenamiento (Fig.2, 3, 4, y 4).

Por los resultados presentados anteriormente, parece como si el entrenamiento con una pierna afectase la respuesta al ejercicio de la otra pierna sólo en un grado mínimo. Un acercamiento que facilite un análisis más amplio de las respuestas a los diversos métodos de entrenamiento, tiene que combinar las observaciones de las piernas no entrenadas, las entrenadas en velocidad (S) y las entrenadas en resistencia (E), sin tener en cuenta a qué grupo de entrenamiento pertenece el sujeto.

Se produjeron reducciones significativas en cuanto a la frecuencia cardíaca durante el ejercicio submáximo (100W) de las piernas entrenadas en velocidad de las entrenadas en resistencia, pero no en el de las piernas no entrenadas (Fig.3). La mayor reducción observada en la pierna entrenada en resistencia, comparada con la de la entrenada en velocidad, no fue estadísticamente significativa. En el ejercicio máximo con una pierna (NT, E, S), la frecuencia cardíaca fue 2-4 pul/min. mayor en los test realizados después del periodo de entrenamiento, siendo estadísticamente significativa la diferencia observada en la pierna entrenada en velocidad ($p < 0.01$).

Los valores del VO_2 máx. en relación al método de entrenamiento presentan también una clara gráfica (Fig.2). La mejora de las piernas no entrenadas fue insignificante, mientras que la de las piernas entrenadas en velocidad y resistencia fue estadísticamente significativa.

La concentración de ácido láctico en sangre durante los ejercicios submáximos y máximo también varió de acuerdo con los diferentes regímenes de entrenamiento (Fig.3). De este

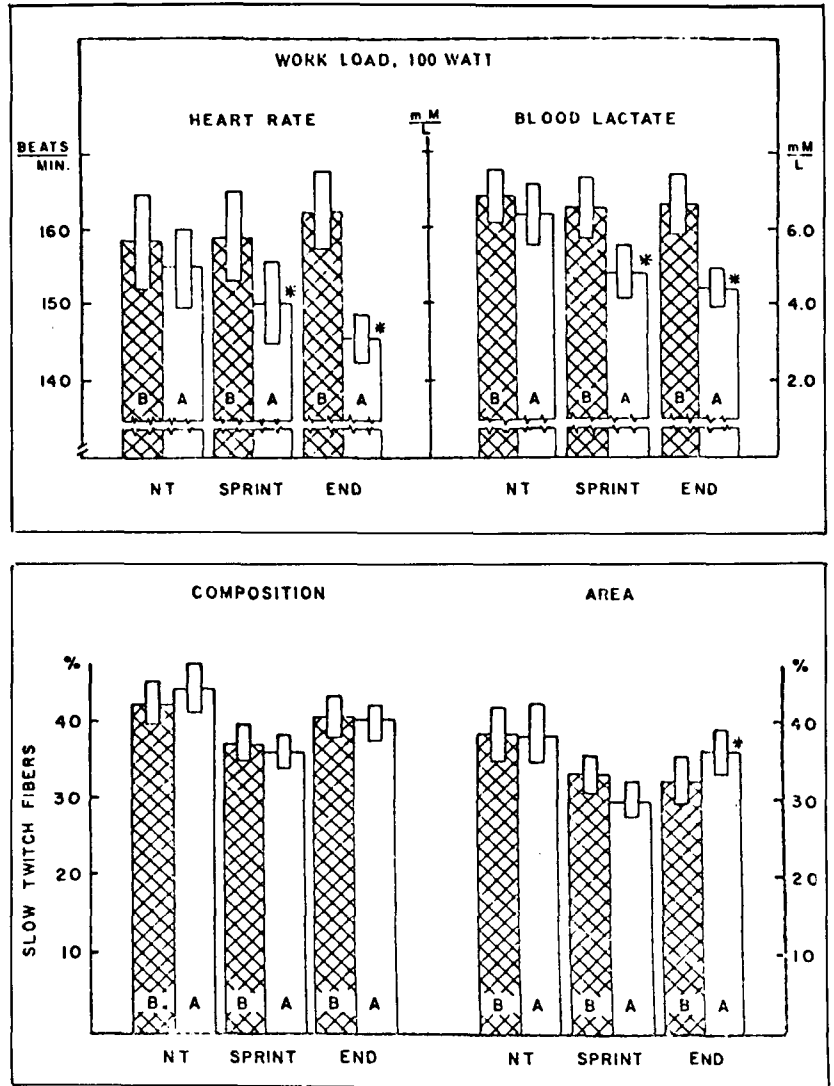


Fig. 4. Media del valor \pm 1. S. D. para el porcentaje de las fibras ST y el área antes y después del periodo de entrenamiento.

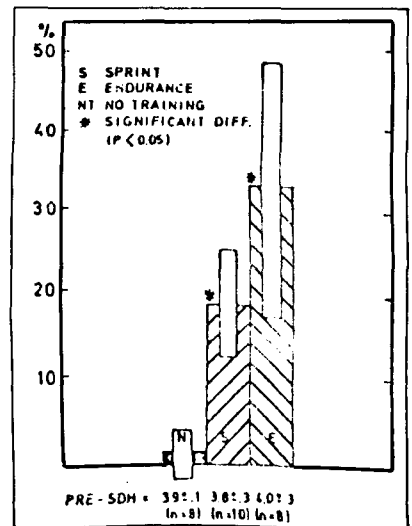


Fig. 5. Media del cambio (en tanto por ciento) de la actividad de la succinato deshidrogenasa (SDH) del vasto lateral producido por los diferentes métodos de entrenamiento. Observar que los valores medios \pm 1 DE de la actividad absoluta de la SDH de cada pierna antes de que empezase el entrenamiento, viene dada bajo cada columna.

modo, el entrenamiento de resistencia provocó las reducciones más notables en la concentración de lactato en sangre a 100 W, en segundo lugar le sigue el entrenamiento en velocidad ($P < 0.001$), mientras que el cambio fue insignificante en las piernas no entrenadas. Hay que señalar que la concentración de ácido láctico después del ejercicio máximo con una pierna sólo se incrementó significativamente con el entrenamiento de velocidad, presentando valores medios de 10.1 Mm y 12.2 Mm., antes y después del entrenamiento respectivamente.

La composición de la fibra muscular del muslo varió ligeramente entre los sujetos, presentando las fibras ST valores medios de 42% (NT), 38% (S) y 40% (E) (Fig.4). Las fibras ST ocuparon un área algo menor que las fibras FT; su área relativa antes del entrenamiento fue del 38 (NT), 34 (S) y 37 (E)% (Fig.4). Aunque el entrenamiento no provocó cambios en el tanto por ciento de las fibras FT, su área relativa varió con el tipo de entrenamiento. En el entrenamiento de resistencia, el área de las fibras ST se incrementó ($P < 0.05$). Con el entrenamiento de velocidad, tanto las fibras FT como las fibras ST incrementaron su tamaño, pero como las fibras FT lo incrementaron más, se observó una tendencia de reducción del área relativa de la ST ($P < 0.05$).

El promedio de la actividad de la SDH en los músculos del muslo fue de 3.9. (NT) 3.8 (S) y 4.0 (E) mmol. (Kg. min.)⁻¹ antes del entrenamiento. No se observaron cambios significati-

vos en la pierna inactiva, pero en las piernas entrenadas en resistencia y en velocidad se produjeron incrementos en la actividad de la SDH de 33% (8-61) y 19% (1-40) respectivamente (Fig. 5). No se encontraron correlaciones significativas entre los correlaciones significativas entre los de actividad de la SDH y el VO₂ máx. cuando se evaluaron para cada método de entrenamiento separadamente. Sin embargo, cuando nos ba-

samos en los tres grupos conjuntamente, la relación llega a ser significativa ($p < 0.05$). Las tinturas de la NDH-diaforasa y de la glicerofosfato deshidrogenasa fueron más intensas después del entrenamiento, pero el criterio de la tintura no fue suficientemente consistente para demostrar claramente las diferencias entre las respuestas a los diferentes regímenes de entrenamiento o entre tipos de fibras.

II. Ejercicio con dos piernas

A. Capacidad de trabajo (Fig. 2, Tabla III). El VO₂ máx. del ejercicio con dos piernas antes del entrenamiento fue de 3.1, 3.3 y 3.5 l/min. para los grupos C, B y A respectivamente. El incremento medio en estos grupos fue de 10, 9 y 8% o de aproximadamente 0.3 l/min. en cada grupo. En los test realizados antes del entrenamiento, la razón entre el VO₂ máx. con una y dos piernas fue 0.81. Esta razón se incrementó a 0.83 en los valores obtenidos después del entrenamiento ($p < 0.05$). Los cambios en la ventilación pulmonar siguieron generalmente el ejemplo del consumo de O₂ tanto en el ejercicio con una pierna como en el ejercicio con dos piernas. Por ello, no se encontraron variaciones en el equivalente respiratorios del oxígeno (VE/VO₂) en la respuesta al entrenamiento.

La frecuencia cardíaca submáxima durante el ejercicio con dos pier-

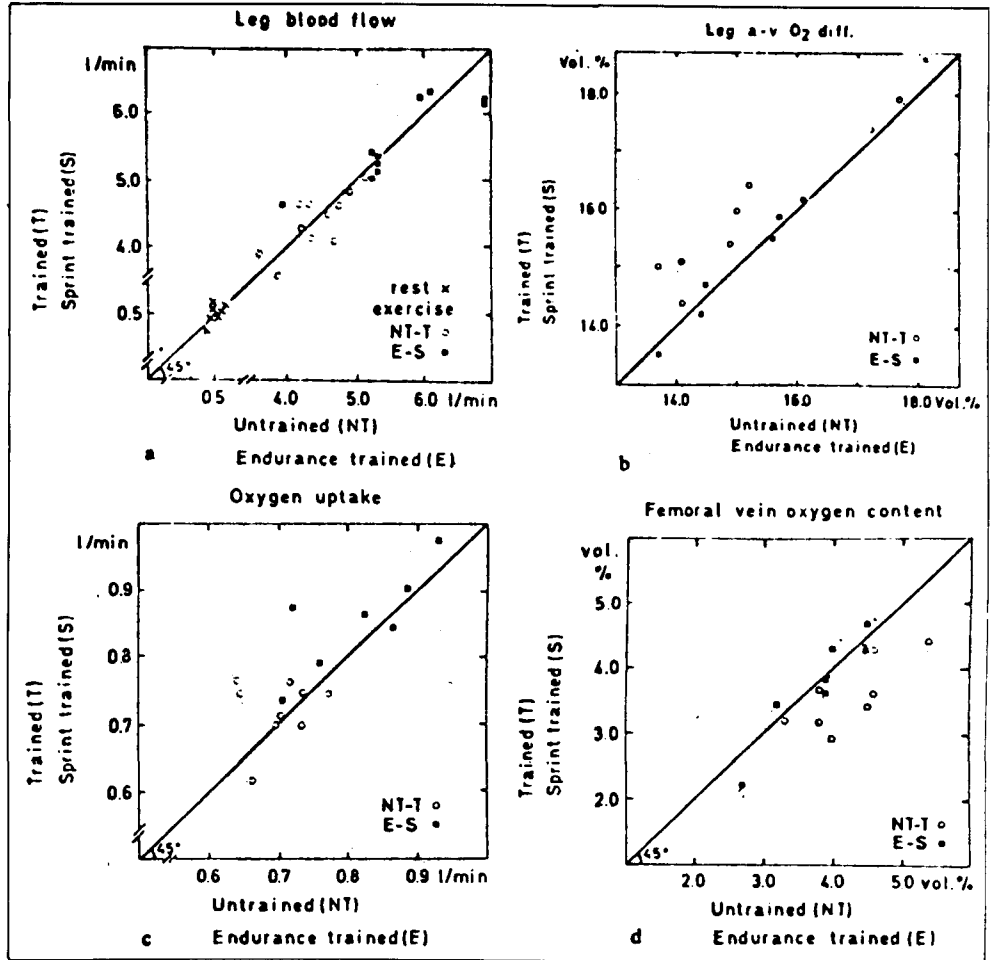
nas (125W), se redujo en 18 (A), 11 (B) y 18 (C) pul/min después del entrenamiento (Tabla III). La frecuencia cardíaca máxima fue 194-201 pul/min tanto en los test de antes como en los de después del entrenamiento.

B. Estudios de flujo sanguíneo (Fig. 6 y 7). Después del periodo de entrenamiento, ocho de los sujetos realizaron un ejercicio "ordinario" con dos piernas de 1 h. al 70% (66-76) de su VO₂ máx. Los valores individuales variaron entre 150-215 watts (media = 180 watts) para los niveles de trabajo absoluto y el consumo de oxígeno, después de 12 min. de ejercicio varió entre 2.1-2.9 l/min. (media = 2.4 l/min.). Se observó un incremento adicional de 0.1 l/min. durante los 60 min. de ejercicio ($p < 0.05$). Con intensidades de trabajo relativo muy similares, las diferencias de frecuencia cardíaca entre sujetos fueron pequeñas, presentando

Groups (N)	Work level Kpm/min	Oxygen uptake (STPD), l/min		Pulm. vent. (BTPS), l/min		Heart rate, beats/min		Blood lactate, mmol/l	
		B	A	B	A	B	A	B	A
A n = 5	125	1.92 ± 0.08	1.81 ± 0.09	41.2 ± 2.3	40.4 ± 0.4	148.6 ± 5.9	130.6 ± 4.9*	6.3 ± 0.4	5.0 ± 0.3*
	Max	3.51 ± 0.14	3.81 ± 0.18*	109.4 ± 8.4	130.4 ± 9.4*	200.8 ± 3.2	199.2 ± 2.6	12.8 ± 0.7	14.0 ± 0.6
B n = 5	125	1.77 ± 0.03	1.74 ± 0.02	47.4 ± 4.4	40.8 ± 1.7	139.8 ± 7.5	129.2 ± 5.8*	5.5 ± 0.6	4.5 ± 0.4*
	Max	3.34 ± 0.15	3.64 ± 0.16*	104.5 ± 5.3	120.7 ± 3.6*	196.1 ± 2.6	200.1 ± 1.4	11.9 ± 0.7	13.2 ± 0.8
C n = 3	125	1.87 ± 0.02	1.81 ± 0.03	42.6 ± 2.4	45.7 ± 3.7	157.7 ± 4.3	140.1 ± 6.7*	6.3 ± 0.6	4.9 ± 0.6*
	Max	3.11 ± 0.16	3.44 ± 0.2*	99.3 ± 6.2	130.3 ± 14.7*	193.7 ± 0.4	193.7 ± 3.3	11.8 ± 1.3	12.6 ± 0.8

Tabla 3. Valores de la media ± DE del ejercicio en bicicleta con dos piernas a niveles de trabajo submáximos (125 W) y máximos, antes (B) y después (A) del entrenamiento. Los asteriscos indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) basadas en la t de Student.

Fig. 6. Las cuatro gráficas (a-d) ilustran el flujo sanguíneo de la pierna (a), la diferencia arterio-venosa de O₂ (b) el consumo de O₂ de la pierna (c) y el contenido de O₂ de la vena femoral (d) comparando la respuesta de las dos piernas de los sujetos que realizaron el ejercicio con dos piernas durante 1 h. al 70% de su VO₂ máx. Se realizaron comparaciones entre las piernas no entrenadas (NT) y entrenadas (T; entrenamiento de resistencia o de velocidad) de cuatro sujetos. Se realizaron también comparaciones entre los cuatro sujetos que entrenaron una pierna en resistencia y la otra en velocidad. Se incluyen en las gráficas resultados obtenidos después de 10-15, 30-35 y 50-55 min. de ejercicio. No se produjo en ninguna de las variables un cambio significativo con el tiempo. Sin embargo, en algunos sujetos el VO₂ y el contenido de O₂ en la vena femoral se incrementaron y la dif. (a-v) de O₂ y el CR descendieron.



valores de 169 y 183 pul/min. después de 10 y 60 min. de ejercicio respectivamente ($p < 0.05$). El cociente respiratorio fue 0.95 al comienzo y 0.93 al final del ejercicio ($p < 0.05$).

La reacción global del organismo observada en el experimento del flujo sanguíneo, de una gráfica compuesta en la que vemos cómo cada sujeto trabajo con las dos piernas; una entrenada y otra no entrenada o una entrenada en resistencia y otra en velocidad, respectivamente. Una comparación que nos daría información suplementaria sería comparar la respuesta de cada pierna en el ejercicio con dos piernas. Esto puede realizarse cuando se establecen el flujo sanguíneo y las diferencias arterio-venosas (O₂, CO₂, lactato y glucosa) de cada pierna durante el ejercicio con las dos piernas.

El flujo sanguíneo fue muy similar en las piernas no entrenadas y entrenadas de los sujetos, así como en las piernas entrenadas en resistencia

comparado con las entrenadas en velocidad (Fig. 6 A) 1. Esto se cumplió durante toda la hora de ejercicio. La dif. (a-v) O₂ de las piernas que trabajaron fue aproximadamente de la misma magnitud si se comparan las piernas entrenadas en velocidad y en resistencia (Fig. 6 B). En los cuatro sujetos que tuvieron una pierna entrenada y una no entrenada, la dif. (a-v) O₂ fue ligeramente mayor en la pierna entrenada, apareciendo un menor contenido de oxígeno en la sangre venosa femoral de la pierna entrenada (Fig. 6 D) ($p < 0.05$). El consumo de cada pierna fue muy similar en las piernas entrenadas en velocidad y en resistencia, pero en algunos sujetos, fue mayor en la pierna entrenada en comparación con la no entrenada (Fig. 6 C) ($p < 0.05$). Esto se cumplió durante el periodo de ejercicio prolongado, en el que el consumo de O₂ de la pierna no cambió significativamente. El trabajo realizado por cada

pierna, calculado como la fuerza desarrollada sobre los pedales, fue en la mayoría de los sujetos casi igual en las dos piernas.

Como máximo la diferencia alcanzó el 12%, pero las diferencias medias observadas de 4% (S vs. E) y de 7% (T vs. NT) no fueron significativas. Además no se encontró aparentemente una relación directa entre el desarrollo desigual de fuerza sobre los pedales y la diferencia de consumo de O₂ entre las dos piernas. El CR de la perfusión de sangre a la

(1) El método usado para determinar el flujo sanguíneo de la pierna está basado en los flujos similares de las dos piernas. Si hay una diferencia en el tiempo de circulación, aparecerán valores erróneos de la última concentración tintada. En el presente estudio, esta circunstancia introduce un error máximo del 1-2% en los valores de flujo presentados.

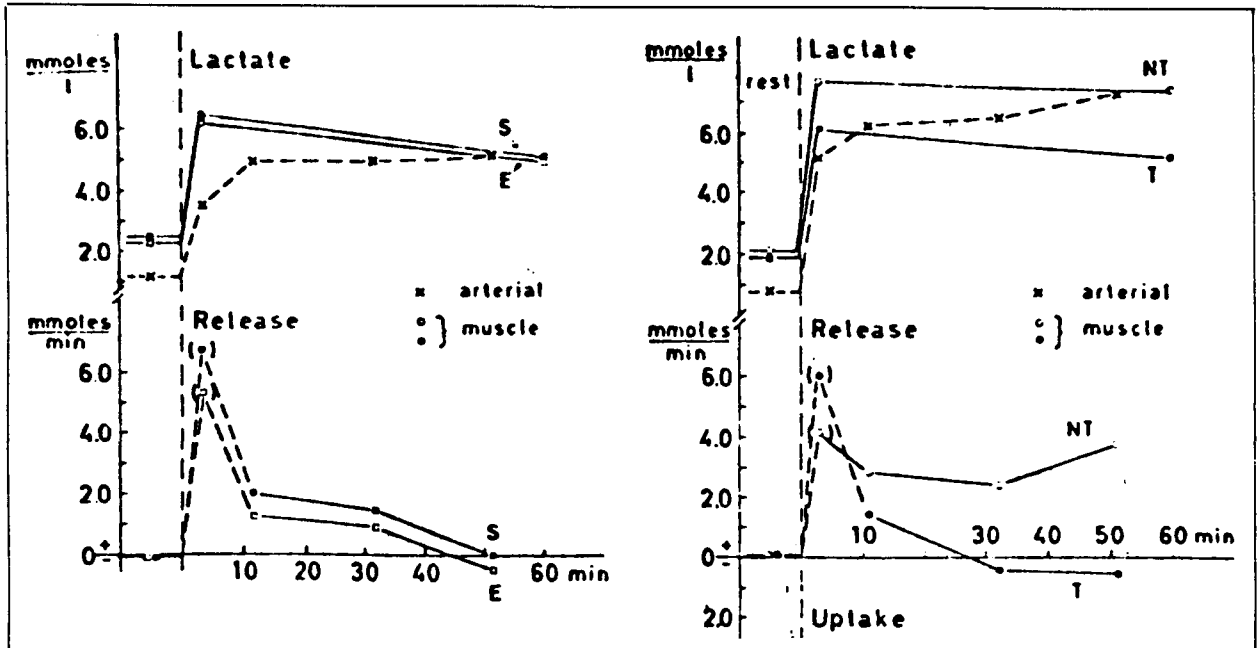


Fig. 7. Valores medios de la concentración de lactato muscular y arterial, así como del consumo o producción (dif a-v de lactato por flujo sanguíneo de la pierna) en las piernas entrenadas y no entrenadas durante el ejercicio máximo prolongado con dos piernas. En la gráfica superior se presentan las comparaciones entre las piernas entrenadas en resistencia y en velocidad de los mismos sujetos. En la gráfica inferior se realizan las mismas comparaciones pero entre las piernas entrenadas (velocidad o resistencia) y las no entrenadas. Observar que ambas gráficas presentan los valores medios obtenidos por cuatro sujetos pertenecientes al grupo A (gráfica superior) y B o C (gráfica inferior). Las diferencias entre piernas entrenadas y no entrenadas en cuanto a concentración de lactato muscular y producción de lactato son significativas (gráfica inferior).

pierna descendió de un valor inicial de 0.96 a 0.92 al final de una hora de ejercicio ($p < 0.05$). Si comparamos las dos piernas, no aparecen diferencias entre las piernas entrenadas y no entrenadas, aunque en tres sujetos la pierna entrenada en velocidad presentó valores de CR claramente inferiores a los de la pierna entrenada en resistencia.

Analizando la respuesta del lactato en el ejercicio con dos piernas, sólo se encontraron pequeñas diferencias entre las piernas entrenadas en resistencia y las entrenadas en velocidad (Fig. 7).

Se detectó una tendencia de la pierna entrenada en velocidad de tener una mayor concentración de lactato muscular, y al final de una hora de ejercicio, esta pierna también, liberó una mayor cantidad de lactato. Esta observación en comparaciones realizadas entre piernas que realizaron la misma carga de trabajo.

En el mismo sentido, aquellos sujetos que entrenaron una pierna y la otra no, presentaron resultados claramente diferentes entre cada una de las piernas (Fig. 7). La pierna no entrenada, no sólo tuvo una mayor

concentración de lactato sino que durante todo el ejercicio su liberación de lactato fue significativamente mayor. Sin embargo, en la pierna entrenada se observó un pequeño consumo de lactato durante la última parte del ejercicio.

Consecuentemente con estas diferencias en la respuesta del lactato, la deplección de glicógeno fue también distinta en la pierna entrenada con relación a la pierna no entrenada. El contenido medio de glicógeno descendió de 101 a 26 mmol/Kg. en la pierna no entrenada y de 127 a 47 y de 116 a 48 mmol/Kg. en las piernas entrenadas en resistencia y velocidad respectivamente. La diferencia observada entre las piernas entrenadas y no entrenadas fue estadísticamente significativa. El consumo de glucosa de una pierna durante una hora de ejercicio fue de 11.9 (NT), 12.7 (S) y 13.2 (E) g. respectivamente (NT vs. S vs. E $p < 0.05$). Las fibras ST tuvieron un tinte PAS menos intenso que las fibras FT después del ejercicio, produciendo una mayor pérdida de tinte en las fibras ST de la pierna no entrenada. No se establecieron diferencias entre los distintos métodos de entrenamiento.

DISCUSION

Muchos de los resultados de este estudio, tales como la disminución de la frecuencia cardíaca y de la concentración de lactato en sangre a niveles submáximos, el incremento del VO_2 máx. y los cambios observados en el área y potencial oxidativo de las fibras musculares, son efectos bien conocidos de la mejora de la condición física. Los principales hallazgos están en relación con la observación de la íntima interrelación entre la respuesta al entrenamiento de los factores locales y centrales.

Adaptación muscular

El ejercicio provoca una pérdida selectiva de glicógeno en las fibras musculares, que varía con la intensidad del ejercicio, indicando un patrón especial para la clasificación de las unidades motoras (Gollnick, Piehl and Saltin, 1974). En terminos generales, los esfuerzos submáximos (+80 VO₂ máx.) pueden comprometer principalmente a las fibras ST, y los trabajos más intensos tanto a las fibras ST como a las FT. El hallazgo de una hipertrofia significativa de las fibras ST con el entrenamiento de resistencia, y de una hipertrofia tanto en las ST como en las FT con el entrenamiento de velocidad es pues una buena confirmación de cómo se lleva a cabo una movilización selectiva de fibras durante el ejercicio (Gollnick et al. 1972, 1973, Edström and Ekblom, 1972).

En el presente estudio, se intensificó el potencial oxidativo de las fibras, pero basándonos en la tinción de la ATPasa miofibrilar (preincubación alcalina PH 10.3), no se produjeron cambios en la composición de la fibra con ningún tipo de entrenamiento. En los estudios humanos en los que se ha observado un cambio en el tipo de fibra con el entrenamiento, los autores han utilizado un tinte oxidativo como base para la clasificación de la fibra (Morgan et al, 1971).

Se sabe poco sobre por qué el aumento de la actividad física intensifica la actividad de los enzimas oxidativos de los músculos esqueléticos. Además, la función de este incremento no se conoce bien. Es posible considerar estos cambios como importantes tanto para la utilización de oxígeno por parte del tejido, como para provocar el efecto de ahorro de glicógeno. En el mejor de los casos, sólo se produce una débil relación entre el incremento del VO₂ máx. y la actividad de la SDH (o algún otro enzima oxidativo) en el músculo esquelético (Gollnick et al 1972, 1973, Holloszy, 1975). De cualquier modo, la propuesta de que estos cambios enzimáticos juegan un papel en la extracción de O₂ viene del hecho de que el contenido de O₂ en la vena femoral fue mayor durante el ejercicio en la pierna no entrenada que en la pierna entrenada (Fig. 6 D).

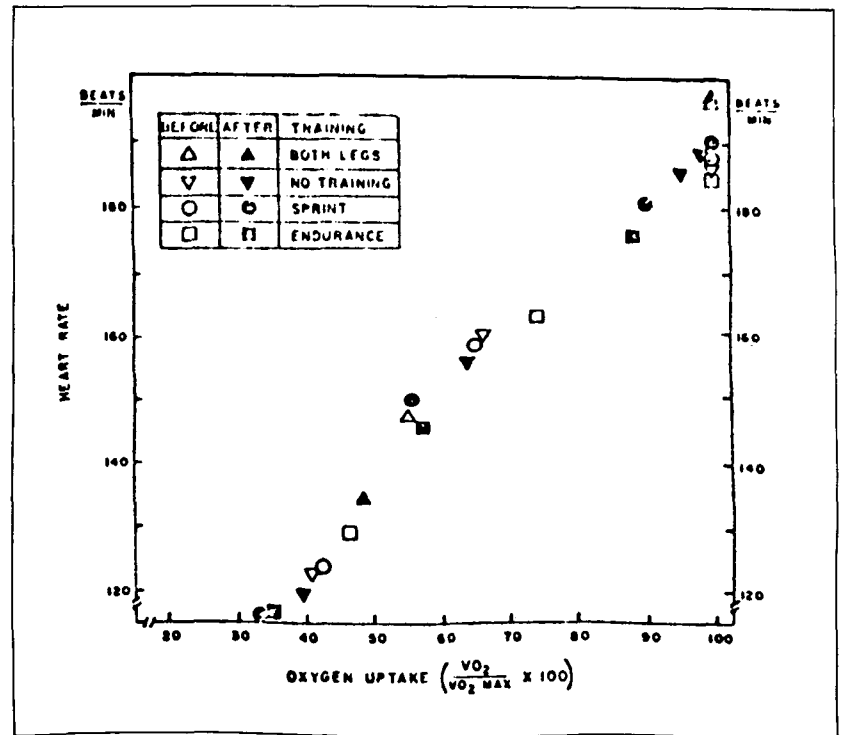
Respuestas de la frecuencia cardíaca submáxima

Uno de los resultados más debatidos del presente estudio es la disminución de la frecuencia cardíaca durante el ejercicio submáximo, lo cual, está relacionado con la adaptación local; p. ej. cuando trabajamos con la pierna entrenada se produce un descenso considerable de la frecuencia cardíaca, pero esto no ocurre con la pierna no entrenada. En el estudio de Clausen et al. (1973), en el que un grupo entrenó sólo sus brazos y otro grupo sólo sus piernas, se encontró una reducción clara en la respuesta de la frecuencia cardíaca a niveles submáximos después del entrenamiento, no sólo cuando se trabajó con los músculos entrenados sino también cuando se trabajó con los no entrenados. Ellos sugieren que exis-

ten diferentes mecanismos que provocan el descenso de la frecuencia cardíaca en cada una de las situaciones.

Cuando se trabajó con los músculos entrenados, los autores antes citados observaron una disminución de la descarga simpática, mientras que explican el descenso de la frecuencia cardíaca después del entrenamiento con el ejercicio de los músculos no entrenados, como un simple descenso paralelo de la relación frecuencia cardíaca-consumo de O₂. En nuestro estudio, la frecuencia cardíaca corresponde a la mejora de la capacidad de trabajo en cada pierna de un modo casi cuantitativo. Por ello, la relación entre la frecuencia cardíaca durante el ejercicio (una y dos piernas, antes y después del entrenamiento) y la intensidad de trabajo relativo, da una regresión lineal con una dispersión muy pequeña (Fig. 8).

Fig. 8. Respuesta de la frecuencia cardíaca durante el ejercicio con una y dos piernas, antes y después del entrenamiento, en relación a la carga relativa a la capacidad de trabajo del miembro (s) que trabaja.



En los animales y quizás también en el hombre, la cardioaceleración puede ser producida tanto por la influencia cortical del centro vaso motor como por un flujo de impulsos aferentes de los músculos que trabajan (Krogh and Lindhard 1913, Hollander and Bouman, 1975). Considerando la marcada influencia local, se puede especular sobre si el cambio en la frecuencia cardíaca submáxima está relacionado con el movimiento periférico menos activo. De cualquier modo, el mismo argumento puede ser usado a favor de la menos marcada activación cortical. Con la hipertrofia más bien selectiva de las fibras musculares observada con el entrenamiento, el número de unidades motoras centrales activadas, reclutadas para realizar un trabajo submáximo dado, debe ser menor. Por ello, a partir de los presentes datos, no se puede sacar una conclusión firme sobre este punto en particular. De todos modos, ello no debe hacernos olvidar el hecho de que existe una íntima interrelación entre la circulación central y la adaptación periférica en la regulación de la respuesta de la frecuencia cardíaca. Un apoyo adicional para tal afirmación lo hallamos al comparar los resultados de los sujetos del grupo A con los de los sujetos de los grupos B y C. Los sujetos del grupo A tuvieron casi el doble entrenamiento "cardíaco" que los sujetos de los grupos B y C. A pesar de ello, el incremento del VO_2 máx. y la respuesta de la frecuencia cardíaca submáxima fueron muy similares en las piernas entrenadas en resistencia de los grupos A y C y en las entrenadas en velocidad de los sujetos de los grupos A y B.

Factores periféricos versus factores centrales limitantes del VO_2 máx.

Tanto Gleser (1973) como Davies y Sargeant (1974 y 1975) llegan a la conclusión de que la periferia (el factor local) limita el consumo máx. de O_2 en el ejercicio con una pierna. Basan esta conclusión en diferentes motivos. Davies y Sargeant (1974) fueron incapaces de demostrar una mejora del consumo máx. de O_2 en el mejora del consumo máx. O_2 en el una mezcla alta en O_2 (45% de O_2 en N_2), mientras que 2 observaron un

incremento de un 10% en el VO_2 máx. en el ejercicio con dos piernas. Sus resultados son sorprendentes, pero no podemos debatirlos ya que no hemos incluido mediciones similares.

Gleser (1973) argumenta que ni antes ni después del entrenamiento con una pierna el gasto cardíaco alcanzó sus valores máximos en el ejercicio con una pierna, comparado con el ejercicio con dos piernas. De todos modos, la diferencia entre el gasto cardíaco del ejercicio con una pierna y del ejercicio con dos piernas después del entrenamiento, fue muy pequeña. En efecto, una pareja de sujetos tuvo el mismo gasto cardíaco o mayor en el ejercicio máximo con una pierna. Además, después del entrenamiento, el volumen sistólico fue el máximo durante el ejercicio con una pierna. De este modo, por los datos presentados por Gleser, es más difícil excluir completamente la circulación central como factor limitante, incluso en el ejercicio con una pierna. La confusa observación de Gleser señala que el VO_2 máx. del ejercicio con dos piernas no está influenciado por el entrenamiento con una pierna. Este fue también el argumento para los sujetos que mostraron algunas mejoras en el VO_2 máx. de la pierna no entrenada.

En el presente estudio, la pierna no entrenada presentó un incremento menor del VO_2 máx. especialmente entre los que realizaron un entrenamiento de resistencia. Además, en nuestro estudio todos los sujetos presentaron una mejora en el VO_2 máx. con las dos piernas, lo que provocó un cambio muy pequeño de la razón existente entre el VO_2 máx. de una y dos piernas de antes y después del entrenamiento. La conclusión que podemos sacar es que el entrenamiento con una pierna provoca alguna mejora en la circulación central que puede ser transferida a los músculos no entrenados. Ello está de acuerdo con los resultados obtenidos por Clausen et al (1973), que con un entrenamiento de piernas obtuvo una mejora de la capacidad de trabajo y del consumo de O_2 de los brazos no entrenados. La mejora obtenida después del entrenamiento está en relación con la capacidad de la circulación central de incrementar la presión sistémica arterial, y en consecuencia, aumentar la presión de perfusión y el flujo sanguíneo de los

brazos. Si sus resultados son tomados como prueba de que los factores cardíacos son también críticos durante el ejercicio que utiliza sólo un pequeño porcentaje de la masa muscular total, difícilmente podemos asegurar que sus datos son aprovechables actualmente. El ejercicio con una pierna puede ser de todos modos un buen modelo para posteriores estudios sobre este punto en particular.

Flujo sanguíneo muscular

Algunos estudios, utilizando el método de Xenon, han indicado que el flujo sanguíneo muscular a una carga submáxima dada se reduce con el entrenamiento (ver Clausen, 1975). Los resultados del presente estudio no parecen confirmar esta proposición. Nuestros sujetos realizaron un ejercicio en bicicleta con las dos piernas, teniendo cada pierna una diferente capacidad de trabajo, y encontramos que el flujo sanguíneo total de la parte baja de las piernas fue idéntico. No se puede afirmar pero aparece como una posibilidad remota, el hecho de que una diferencia suficientemente grande en la distribución de flujo a las piernas puede explicar las diferencias entre nuestros resultados y los obtenidos por la técnica de Xenon.

Puede argumentarse que los sujetos no dividen el trabajo realizado entre las dos piernas por igual, ello debilitaría nuestros resultados. De todos modos, fue la pierna entrenada en velocidad la que realizó "mas trabajo" y el VO_2 máx. de esta pierna no fue tan elevado como el de la pierna entrenada en resistencia. Por ello, si hubiese una manera de relacionar el flujo sanguíneo de una pierna con el consumo de O_2 relativo de cada pierna, los resultados no podrían ser iguales a los obtenidos en los estudios realizados con la técnica de Xenon. Aunque el flujo sanguíneo fue el mismo en las dos piernas, esto no ocurrió siempre así en el caso del consumo de O_2 . La dif. (a-v) de O_2 de la pierna que trabajó fue mayor en la pierna entrenada en varios sujetos. Ello puede ser sólo parcialmente atribuido al hecho de que existió alguna asimetría entre las piernas que realizaron el ejercicio con dos piernas, pero como hemos indicado antes, está también relacionado con el estado (actividad de la SDH) de entrenamiento de la pierna.

Combustible utilizado

Se ha demostrado que existe un efecto de "ahorro de glicógeno" con el entrenamiento físico (Karlsson, Nordesjö y Saltin, 1974). El propósito de este estudio ha sido tal que ha hecho posible un análisis más detallado de este fenómeno particular. Encontramos un descenso menos marcado de glicógeno en la pierna entrenada comparado con el de la pierna no entrenada durante el ejercicio submáximo con dos piernas, y demostramos también, que ello no estuvo compensado por un mayor consumo de glucosa del flujo sanguíneo. En efecto, el suministro de glucosa extramuscular no sumó más del 10% del metabolismo de carbohidratos (cf. Wahren et al., 1971) en ninguna de las piernas. Los valores de CR no demostraron la existencia de diferencias significativas entre las piernas que trabajaron. No obstante, el menor CR se observó en la pierna entrenada en velocidad, cuando la comparación se realizó entre los mismos sujetos para un mismo valor de carga. Lo que aumenta la confusión son las diferencias entre los valores de R de los pulmones, que son estables a lo largo de una hora de trabajo, y los valores del CR de las piernas que trabajaron, que estuvieron reducidos significativamente. Actualmente, podemos decir muy poco para clarificar estas observaciones.

Producción de lactato

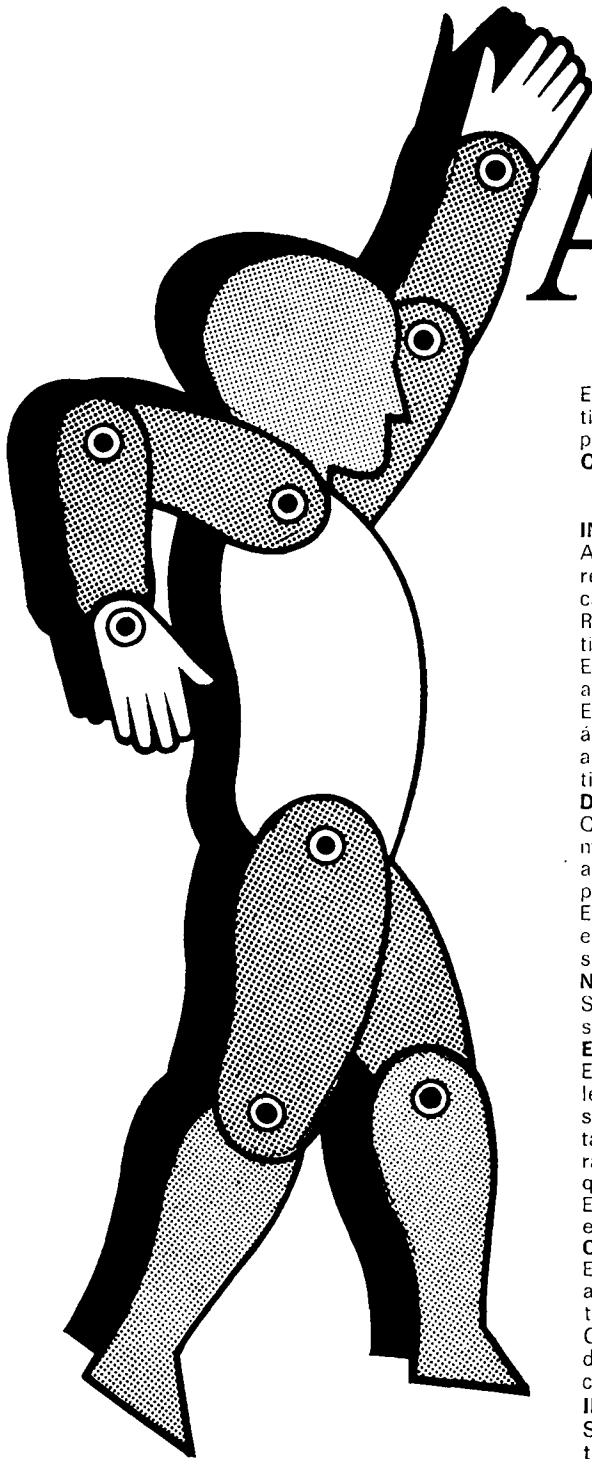
En relación a la respuesta del lactato, hay que señalar que las concentraciones en sangre se redujeron específicamente después de los diferentes regímenes de entrenamiento, que a su vez están íntimamente relacionados con las mejoras en la capacidad de trabajo. Además, el entrenamiento de velocidad que se supone contribuyó a ampliar la capacidad anaeróbica del sujeto, produjo un aumento de la máxima concentración de lactato en sangre. Es cierto que los valores de lactato en sangre no reflejan adecuadamente la producción del mismo, pero bajo las presentes circunstancias, pueden ser

una indicación del aumento de la capacidad anaeróbica de la pierna entrenada en velocidad. Un ejemplo de la poca información que sobre la producción de lactato pueden proporcionar los valores de lactato en el músculo y en la sangre, puede encontrarse en los resultados de la Fig.7.

Cuando se comparan las piernas entrenadas en resistencia y en velocidad y las entrenadas y no entrenadas, se observa que sólo se produjeron pequeños cambios en el lactato muscular y sanguíneo durante la hora de ejercicio. Parece claro que debe haber una producción de lactato continua y bastante importante, especialmente por parte de la pierna no entrenada, por la marcada liberación de lactato llevada a cabo a lo largo del ejercicio. Como de hecho las concentraciones musculares y arteriales de lactato permanecieron casi constantes durante el ejercicio con dos piernas de carga submáxima, la liberación de lactato del músculo que trabajó tuvo que estar compensada por una magnitud similar de resíntesis. De todos modos, no se conoce que el corazón y el hígado absorban tan grandes cantidades de lactato como las producidas (ver Rowell 1971, Keul et al., 1971 Lassers et al., 1971). Esto indica la importancia de los tejidos como el músculo esquelético inactivo para tomar el lactato de la sangre. Además, no debe olvidarse que puede producirse un consumo de lactato por parte del músculo que trabaja (cf. Stainsby y Welch 1966, Jorfeldt, 1970). De hecho, esto fue lo que ocurrió durante la última fase del ejercicio con dos piernas en el caso de las piernas más entrenadas.

En conclusión, puede decirse que este estudio ha demostrado que un régimen de entrenamiento produce un modelo muy específico de adaptación, que es parte local por naturaleza. Es de especial interés el descubrimiento de que esta adaptación local de los músculos esqueléticos entrenados parece esencial para provocar la adaptación más genérica de la circulación central, llevada a cabo también con el entrenamiento. Ello centra la atención en los factores periféricos, considerándolos como mínimo tan esenciales para la "performance" cardiovascular durante el ejercicio como algunos factores centrales. Un hecho señalado por Müller alrededor de 1942.

Este estudio ha sido sufragado por la Delegation for Applied Medical Defence Research y por el Research Council of the Swedish Sport Federation. P.D. Gollnick recibió a un profesor visitante delegado por el Swedish Medical Research Council (14V-4014). La preparación del artículo se realizó durante la estancia de BS's en Ball State university lo que fue posible gracias al aval del distinguido profesor John R. Emens.



ACTOL®

El ACTOL (Acido Niflúmico) tiene unas pronunciadas características antirreumáticas, antiflogísticas y analgésicas. ACTOL no posee acción antiinfecciosa ni tampoco hormonal.

COMPOSICION CUANTITATIVA

Acido Niflúmico	250 mg
Excipiente c.s.p.	1 cápsula

INDICACIONES

Afecciones reumáticas y reumatoides, por ej. poliartritis, artritis reumatoide, osteoartritis, coxartrosis, espondilitis y gota artrítica aguda.

Reumatismo de partes blandas, por ej. bursitis, tendinitis, sinovitis, periartrosis escapulohumeral, ciática, lumbago.

Estados flogísticos y edemas, por ej. distorsiones, contusiones, anexitis, tromboflebitis y postquirúrgico en otorrinolaringología. En Odontología, por ej. en todos los síndromes inflamatorios y álgicos dentarios, tales como: después de extracciones dentarias, alveolitis, abscesos, flemones, gingivitis, estomatitis, periodontitis.

DOSIFICACION

Como dosis normal se considera 1 cápsula 3 veces al día (750 mg), sólo en casos de excepción podrá aumentar esta dosis a 4 cápsulas al día. Después de haberse iniciado la mejoría, se puede, en muchos casos, reducir la dosis a 2 cápsulas al día. El efecto del ACTOL se inicia rápidamente. En estados crónicos existentes desde largo tiempo (por ej. reumatismo articular) se intensifica más el efecto dentro de las 2-3 primeras semanas.

NORMAS NECESARIAS PARA SU CORRECTA ADMINISTRACION

Se aconseja no tomar las cápsulas de ACTOL en ayunas, sino sólo durante las comidas.

EFFECTOS SECUNDARIOS

Excepcionalmente pueden presentarse molestias gastrointestinales, generalmente de tipo ligero y pasajero en pacientes hipersensibles. Dicho efecto sobre el tracto gastrointestinal, puede evitarse perfectamente, mediante la correcta toma de las cápsulas durante las comidas. Pacientes que sean gastrosensibles, es mejor que tomen el ACTOL durante las comidas con un vaso de leche. En pacientes con una anamnesis de úlcera hay que llevar a cabo el tratamiento bajo control médico.

CONTRAINDICACIONES

El ACTOL está contraindicado en pacientes que presentan una alergia conocida al ácido niflúmico, así como en pacientes afectados de úlcera gastroduodenal.

Como actualmente las experiencias en el embarazo son todavía limitadas, conviene no administrar, de momento, el medicamento durante el mismo.

INCOMPATIBILIDADES

Si el ACTOL se administra simultáneamente con un anticoagulante, entonces hay que determinar, al iniciar el tratamiento, los valores Quick y controlarlos con regularidad.

PRESENTACION y P.V.P.

Envase con 30 cápsulas. 431'— ptas.



CHEMISCHE FABRIK VON HEYDEN GmbH - MUNICH (ALEMANIA)

En España: MEDICAMENTOS Y PRODUCTOS QUIMICOS. S. A. - Apartado, 488- Barcelona