

ENTRENAMIENTO BASICO DE LA CAPACIDAD DE TRABAJO AEROBIO EN LA EDUCACION FISICA

DR. MICHIO IKAI.

La aptitud física puede entenderse según dos acepciones: una, aptitud para la protección y otra, aptitud para la acción. La aptitud para la protección incluye la resistencia contra los azares del medio ambiente y la adaptabilidad a las circunstancias cambiantes para lograr la supervivencia: Podemos decir que es la aptitud para sobrevivir el hombre. La aptitud para la acción se refiere a la capacidad de producción de energía y de controlar la conducta en orden a las actividades físicas, mentales y sociales.

Dentro de este concepto de aptitud física hablaré sobre la capacidad de producción de energía dentro de una parte limitada de la resistencia muscular. La producción de energía en el músculo se entiende como la transformación de una fuente de energía química en mecánica. La fuerza muscular será la potencia muscular expresada en velocidad de contracción muscular. La fuerza muscular hará trabajar al músculo contra una carga durante un tiempo dado. El trabajo muscular ejercitado durante determinado tiempo, es llamado resistencia muscular en fisiología del trabajo. La resistencia muscular será uno de los factores básicos en la resistencia general y ésta será la capacidad más fundamental para la actividad humana en el joven y en el anciano.

En el mundo moderno la gente se vuelve cada vez menos activa físicamente y sólo en caso

de emergencia se sienten requeridos a utilizar cierta fuerza o potencia muscular. Se familiarizan fácilmente con un estado orgánico de baja producción de energía. En mi país, Japón, tenemos diversos datos que muestran cómo los residentes en ciudades tienen menos resistencia que los del campo. Por otra parte, tenemos conciencia de una mayor fuerza y potencia muscular en la ciudad que en zonas rurales. De cualquier modo, hay un signo alarmante de deteriorización de la capacidad de resistencia en la gente moderna.

Durante estos años, en muchas partes del globo, se ha fijado la atención en este problema y lo primero que se ha estudiado ha sido la capacidad humana de trabajo aerobio. El Programa Biológico Internacional (I.B.P.) y el Comité Internacional de Standardización de Tests de Aptitud Física (I.C.S.P.F.T.), han venido tratando el mismo problema. En 1960 la Organización Mundial de la Salud (O.M.S.) estudió por un grupo de sus científicos el tema: *Capacidad óptima de la actividad física en los adultos*. Estos la describieron así: La resistencia aeróbica máxima se define normalmente como el máximo tiempo que se puede prolongar una fracción dada de la potencia aeróbica máxima.

La potencia aeróbica máxima se valora midiendo el máximo consumo de oxígeno obtenido en el ejercicio muscular. Será suficiente ahora advertir que existe un esfuerzo convergente para mantener y desarrollar la capacidad física básica de los pueblos, ya que han de sobrevivir y realizar su función activa en la sociedad moderna.

En este sentido, el máximo consumo de oxígeno se considera que es uno de los mejores índices de la resistencia general del organismo. Además, muy a menudo, a la resistencia general se la denomina capacidad de trabajo aerobio. De todas maneras, el máximo consumo de oxígeno es la suma del consumo de oxígeno por los diferentes tejidos y órganos del cuerpo en el ejercicio máximo. En particular, la parte más importante del máximo consumo de oxígeno ha de ser la del músculo en la máxima actividad. Esto significa que la resistencia muscular será uno de los factores que limiten la resistencia general. En el laboratorio de Fisiología de la Escuela de Educación de la Universidad de Tokio, junto con otro colega hemos venido dirigiendo una serie de estudios en este sentido. Mencionaré algunos hallazgos sobre la resistencia muscular.

EJERCICIO Y ACCION

Utilizando un ergómetro manual, se realizó un entrenamiento apretando la manopla del ergómetro para levantar 2 cm., por medio de flexiones digitales, un peso de 1/3 de la potencia máxima. El ejercicio se continuó hasta el agotamiento local con un ritmo de una vez por segundo. Se halló, a raíz de los resultados, que hay una estrecha relación entre el número de contracciones efectuadas sobre el ergómetro y el consumo de oxígeno muscular. El coeficiente de correlación fue: $r = 0.816$, con un significativo nivel $P < 0.001$. Por consiguiente, la resistencia muscular de este tipo depende, en gran manera, del metabolismo aeróbico del músculo y el mejoramiento de la capacidad de trabajo aeróbico está basado en el aumento del lecho vascular en el músculo en actividad.

En la siguiente fase del estudio, se observó durante doce semanas, el efecto del entrenamiento de resistencia sobre el número de contracciones y el flujo sanguíneo al músculo. El ejercicio consistió en un trabajo dinámico sobre el ergómetro manual, levantando 2 cms., hasta el agotamiento, un peso que representaba 1/3 de la potencia máxima. Los resultados observados en cinco varones mostraron que el número de contracciones se multiplicó por tres, el

flujo sanguíneo aumento en un 56 % y el consumo muscular de oxígeno en un 63 %, sin ningún cambio significativo de la diferencia arteriovenosa de oxígeno después de las doce semanas. De este resultado se deduce que el aumento del consumo muscular de oxígeno después del ejercicio se debería al aumento del aporte sanguíneo al músculo. Reconsideramos ahora la conducta del flujo sanguíneo en relación con la capacidad de resistencia: Si el aumento de aporte sanguíneo al músculo es originado por el mejoramiento de la vascularización y de la capilarización, debido a la actividad muscular, ¿cuál es el desarrollo óptimo de la matriz circulatoria local? ¿Cómo les facilitaremos a los jóvenes que consigan su aptitud física ideal en el futuro? Si han de hacer algo ellos mismos, ¿qué época es la mejor de su período de crecimiento? ¿Por qué habría de tenerse en cuenta la diferencia de sexos en el ejercicio físico? ¿Hay algunas premisas científicas sobre estas materias? Al llegar aquí necesitamos una real cooperación entre la investigación científica y la enseñanza práctica de la educación física en los colegios.

Lo que sigue son algunos de los nuevos hallazgos encontrados en mi laboratorio.

ACCION Y FLUJO SANGUINEO

Como el aporte sanguíneo al músculo está íntimamente relacionado con la resistencia muscular, es importante conocer el volumen del lecho vascular que contribuirá a la actividad aerobia del músculo antes de su crecimiento físico. A tal propósito, se midió en varones sanos de 10 a 20 años el flujo de sangre al antebrazo inmediatamente después de realizado el trabajo sobre el ergómetro manual. El trabajo fue dinámico, con el peso de 1/3 de la máxima potencia al ritmo de una vez por segundo. El resultado mostró que no hay diferencias significativas de flujo sanguíneo por unidad de antebrazo, entre las diversas edades, con un promedio de 6,78 ml/100 ml/min. en reposo y 27,85 ml/100 ml/min. después del ejercicio. El volumen del antebrazo se incrementa progresivamente de 820 ml. a la edad de 10 años hasta 1.350 ml. una vez pasados los 15-16, hasta los 20 años. Según estas medidas, el volumen total de sangre del antebrazo se calculó que sería alrededor de 220 ml/min. en la edad de 10 años y sobre los 380 ml/min. después de los 15-16 años. Por consiguiente, el rendimiento total de la acción muscular se incrementa con el volumen total de los músculos en activo. Sin embargo, la acción del músculo contra un peso que represente una

fracción dada de la potencia muscular máxima es prácticamente la misma en cualquier edad y sexo. Esto significa que la capacidad de resistencia al trabajo por unidad de volumen de músculo es casi la misma en el varón y la hembra, sin consideración de edad. Es interesante referir el hecho de que la potencia por unidad de área transversal de músculo es casi la misma en el varón y la hembra en cualquier edad, y equivale a 6.3 kg/cm^2 .

La potencia por unidad de área de músculo se calculó por medio de afinadas mediciones y de fotografía ultrasónica. Fácilmente se comprende que la potencia total aumenta progresivamente con la edad, si a ésta le sigue un aumento de volumen de la musculatura activa.

Ahora debemos confirmar lo que aumenta en nuestros sujetos el flujo sanguíneo al músculo activo por un entrenamiento regular en el ergómetro, aunque el incremento real del flujo sanguíneo haya sido observado ya por diversos autores, entre ellos a E. R. VANDERHOOF (1961), R. W. ELSNER (1962), F. D. ROHTER (1963) y otros. En mi laboratorio hemos encontrado una estrecha relación entre el aumento del número de contracciones y el aumento del flujo sanguíneo al realizar un entrenamiento regular durante seis semanas. El coeficiente de correlación fue de 0.869, con un nivel significativo $P < 0.001$. A partir de estos resultados se puede deducir que el número de contracciones aumenta en 22 veces, seguido de un incremento de 10 ml/100 ml/min. del flujo sanguíneo, debido al entrenamiento.

VARON Y HEMBRA

Como establecimos arriba, hay diferentes trabajos publicados acerca del efecto del entrenamiento para conseguir resistencia y sobre la capacidad aeróbica de vascularización y oxidación en el tejido muscular en los varones. Sin embargo, esto no es suficiente para sacar conclusiones precisas acerca de lo que se supone ser la cuantía del efecto del entrenamiento en las hembras. En mi laboratorio, mis colegas y yo planeamos una serie de experimentos sobre entrenamientos de resistencia en la joven y la mujer adulta. Referente al efecto del entrenamiento sobre la fuerza muscular encontramos, como estableció Mr. Hetlinger, que las hembras conseguían un 50 % menos de aumento de fuerza que los varones. Esto es comprensible porque la potencia está directamente relacionada con el volumen del músculo. En este caso, podemos sacar alguna conclusión más de nuestros entrenamientos de resistencia.

Se sometieron a un entrenamiento sobre el ergómetro manual ocho chicas sanas de 13 años durante seis semanas. A lo largo del entrenamiento se les midió el número de contracciones y el aporte sanguíneo al antebrazo. El resultado mostró que el número de contracciones aumentó después del entrenamiento de 52 a 93, como término medio, es decir un 80 %, y el flujo sanguíneo pasó de 23 ml. a 37 ml/100 ml/min., también promediando, es decir un 62 %. Podemos ver aquí mejoras muy significativas tanto en las hembras como en los varones. Es más, hicimos el mismo experimento en cinco mujeres adultas, comprendidas entre 22 y 28 años. El resultado mostró que el número de contracciones aumentó de 51 a 71, 28 %, como término medio, y el flujo sanguíneo ascendió desde 27.5 ml. a 32 ml/100 ml/min. ed., un 15 %. Se puede concluir que el entrenamiento regular condiciona un significativo mejoramiento de la resistencia muscular, así como también de los recursos físicos, lo mismo en el varón que en la mujer adulta. Estos resultados nos indican que ambos sexos deben continuar los entrenamientos no solamente en la juventud, sino también en la madurez y después.

EDAD Y DOSIS DE EJERCICIO

Para conseguir el máximo efecto del entrenamiento, ¿hasta qué punto se prolongará cada ejercicio? ¿Es necesario llegar hasta el agotamiento? ¿Es suficiente si se interrumpe antes de quedar agotado? A este respecto hemos hecho una serie de experimentos en tres grupos de hombres. El trabajo del entrenamiento consistió en contracciones dinámicas sobre el ergómetro manual levantando un peso de 1/3 de la máxima potencia de cada sujeto una vez por segundo. La duración del ejercicio fue diferente en los tres grupos. El primer grupo ejecutó el ejercicio todas las veces hasta el completo agotamiento: Este grupo se llamó 1/1 máx. El segundo grupo realizó el ejercicio un número de veces igual a las 2/3 partes del máximo número de contracciones: A este grupo se le denominó 2/3 máx. El tercer grupo hizo su esfuerzo con la mitad de contracciones de su capacidad: Este grupo fue denominado 1/2 máx. El número de sujetos de cada grupo fue de 4, 4 y 6, respectivamente. El ejercicio se mantuvo durante doce semanas (fig. 1).

El resultado mostró que el primer grupo, los del total esfuerzo, introdujo una muy significativa mejora de la resistencia desde 40 a 150 contracciones, como término medio, es decir un

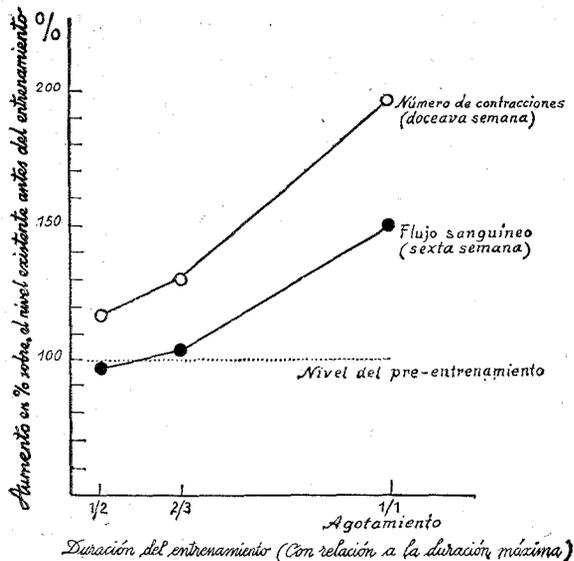


Fig. 1. — Efecto del entrenamiento sobre la resistencia muscular, según la diferente duración del ejercicio. Lo más efectivo para aumentar, tanto el número de contracciones con un peso de 1/3 de la potencia máxima del músculo, como el aporte sanguíneo al músculo en actividad, es entrenar hasta el agotamiento.

270 %, mientras que el 2.º y el 3.º grupo prácticamente no mejoraron después del entrenamiento de doce semanas (fig. 2). Es notable ver

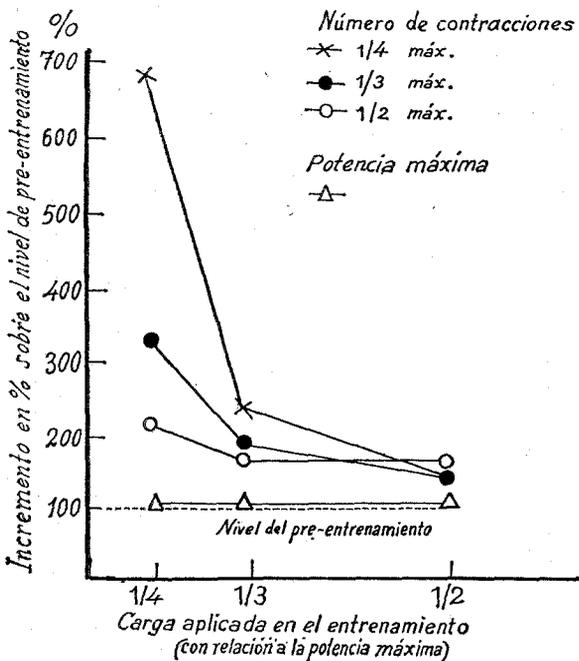


Fig. 2. — Resultado del entrenamiento sobre la resistencia muscular por efecto de pesos diferentes.

cómo el efecto del entrenamiento de resistencia ha de esperarse solamente del trabajo intensivo que ocasiona el agotamiento local. Para confirmar este resultado hemos realizado un estudio ulterior, consistente en medir el flujo sanguíneo y contar el número de contracciones. El ejercicio se prolongó durante seis semanas en los grupos 1/1 máx. y 2/3 máx. Cada grupo estaba compuesto por 4 y 6 varones, respectivamente. Se encontró que el número de contracciones con 1/3 de la máxima potencia se aumentó de 43,8 hasta 91, es decir un 108 % en el grupo 1/1 máx., mientras que en el grupo 2/3 máx. subió de 44,3 hasta 63,3 como promedio, es decir un 43 %. Por otra parte, el flujo sanguíneo al antebrazo aumentó muy significativamente desde 28'5 a 41'5 ml/100 ml/min., como término medio, es decir, un 46 % en el grupo 1/1 máx., pero no de un modo significativo en el grupo 2/3 máx., en el que sólo fue de 29'5 ml. a 30,3 ml/100 ml/min., es decir el 3 % (fig. 3). Estos resultados sugieren que los entrenamientos diarios deberían ser prolongados hasta el agotamiento local del músculo.

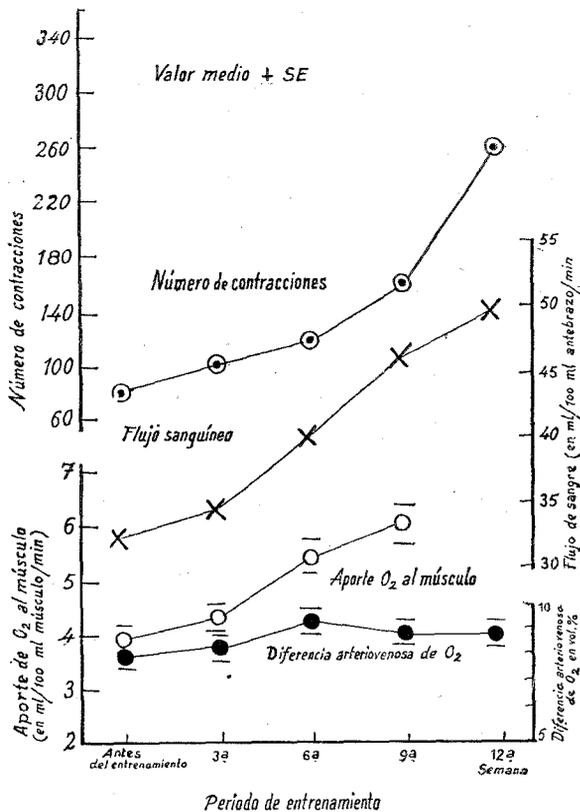


Fig. 3. — Efecto del entrenamiento sobre el número de contracciones, flujo sanguíneo, entrada de oxígeno al músculo y diferencia arteriovenosa de O₂.

El mejoramiento de la acción muscular ha de considerarse que está basado principalmente en el mejoramiento de la oferta de sangre, en otras palabras, de la oferta de oxígeno al músculo en actividad.

En cuanto a la diferencia de edad, hemos observado lo siguiente: El efecto del entrenamiento de resistencia sobre el ergómetro de brazo resultó más favorable en los varones comprendidos entre 10 y 15 años que en los de 16 hasta 20. Además, se observó que el flujo de sangre al músculo aumentaba más significativamente en los adolescentes que en los adultos de 20 años, no sólo varones sino también hembras. En cuanto a la frecuencia del entrenamiento, hemos advertido que era más efectivo, para lograr una buena realización, una vez al día durante una semana que no tres o dos veces semanales.

Puede concluirse, tras estos experimentos y observaciones, que algunos tipos de entrenamiento destinados a favorecer la capacidad básica de trabajo aerobio pueden requerir un comienzo desde los 10 años, más o menos, en ambos sexos, para lograr así el ulterior desarrollo de las características físicas individuales del adulto.

CINCO MINUTOS DE CARRERA

Aunque he tratado aquí principalmente de la resistencia muscular local y su entrenamiento, creo que el último objetivo de nuestro interés debe ser el desarrollo de la resistencia general como integración de las diversas resistencias locales. En esta etapa de la resistencia general o capacidad de trabajo aerobio, se debe prestar la mayor consideración al aflujo de sangre al cerebro y al corazón. En este momento no tenemos aún suficiente información en relación con el efecto del entrenamiento sobre la vascularización del cerebro y del corazón, pero debemos esforzarnos para ver el problema de cerca e intentar comprenderle. Con la colaboración de profesores de educación física de las Escuelas Primarias y de Segunda Enseñanza, hemos dirigido los *Cinco Minutos de Carrera* en una clase de educación física.

Los *Cinco Minutos de Carrera* significa que se les pide a los chicos y chicas que corran durante cinco minutos, a la velocidad que ellos elijan, pero esforzándose suficientemente. Las distancias cubiertas en los *Cinco Minutos de Carrera* les fue medida a cada uno. Nuestro grupo de investigadores midió el máximo consumo de oxígeno, la acción muscular local del extensor de la rodilla, y la distancia cubierta en dichos cinco minutos de carrera por los chicos y chicas

sanos de 9 a 11 años. Para medir la acción muscular local comprobaron en el ergómetro diseñado en el laboratorio el número de contracciones del flexor de la rodilla tras levantar hasta el agotamiento un peso que era 1/3 de la potencia máxima, al ritmo de una vez por segundo. Se halló una estrecha relación entre la distancia cubierta durante los *Cinco Minutos de Carrera* y el número de contracciones del flexor de la rodilla de los chicos y chicas, respectivamente. Otra estrecha relación se encontró entre la distancia recorrida en la carrera de cinco minutos y el máximo consumo de oxígeno (fig. 4).

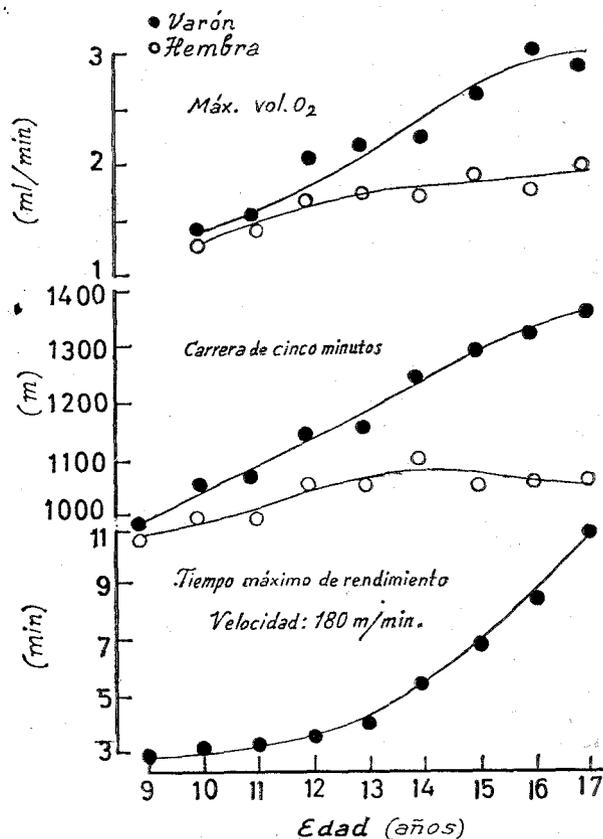


Fig. 4. — Máximo consumo de O₂, distancia cubierta en los cinco minutos de carrera y tiempo de agotamiento corriendo a la velocidad de 180 m/min. en chicos y chicas japoneses.

Basados en estos hallazgos, intentamos introducir los *Cinco Minutos de Carrera* en el plan de estudios de las Escuelas Primarias, y de la Enseñanza Media. Desarrollada la curva de la distancia cubierta en los *Cinco Minutos de Carrera*, se encontró muy semejante a la de la carrera, que puede resultar útil por dos motivos: Primero, porque es un «test» para averiguar la resistencia básica incluyendo los factores generales y locales, y segundo, porque es un méto-

do de entrenamiento de la resistencia básica, eficaz y sin peligro para los adolescentes, así como también para los chicos y chicas algo mayores. Recientemente los doctores COOPER y BALKE introdujeron doce minutos de carrera coom «test» de la capacidad aerobia. Ellos decían que la distancia cubierta en los doce minutos de carrera estaba en más estrecha relación con la máxima admisión de oxígeno en los adultos. La idea puede ser la misma: escoger la distancia cubierta en una carrera de unos cuantos minutos como un índice de resistencia o de capacidad aerobia. Mi idea tuvo como base el experimento sobre el efecto del entrenamiento en la resistencia muscular local, en el ergómetro. Comparados los cinco y los doce minutos de carrera yo explicaría que cinco minutos son la mínima duración del ejercicio con una seguridad relativamente alta como es la resistencia general. No es el tiempo suficiente, sino sólo el necesario. Por otra parte, en una clase de educación física se podrían dedicar fácilmente cinco minutos a correr y ejercitar la resistencia básica.

En cuanto a los «tests» de resistencia, normalmente se han adoptado en todas partes 600, 800, 1.000 ó 1.500 metros de carrera. Este tipo de «test» de medir el tiempo empleado en correr una cierta distancia es también corriente en los colegios de mi país. Sin embargo, han sucedido algunos accidentes fatales en estas pruebas al correr los 800 ó 1.000 metros en el colegio. En la mayoría de los casos no tenemos información decisiva de los cambios patológicos de los órganos del cuerpo. En mi opinión, se debería reemplazar el medir el tiempo que se tarda en correr una distancia dada, como «test» de capacidad de resistencia general, por la medida de la distancia cubierta corriendo durante un tiempo dado.

COOPERACION DEL MUSCULO CORAZON Y CEREBRO

Si escogemos los tres órganos principales de la actividad física y mental, éstos serán el músculo, el corazón y el cerebro, los cuales tienen un importante factor en común, que es su capacidad aerobia. Estos órganos poseen una estructura común de redes capilares que aporta oxígeno a los tejidos. La red capilar puede ser fácilmente activada, pues la vasodilatación debida a la actividad muscular produce un abun-

dante aporte de sangre. Se supone que la actividad del músculo esquelético mejora el flujo sanguíneo de las coronarias a través de la influencia directa de la bomba muscular y de la indirecta procedente de la descarga de los nervios sensitivos del músculo en actividad. Consiguientemente, se supone también que el aumento de actividad del músculo y del corazón facilitarían el aflujo sanguíneo al cerebro.

Por otro lado, hay algunas diferencias entre los tres órganos principales aquí citados. Una es que el músculo esquelético puede mantener su función dentro de un cierto margen de tiempo sin aporte de sangre, en otras palabras, sin oferta de oxígeno. El músculo tiene capacidad de trabajo anaerobio además de aerobio. En nuestro experimento hemos hallado que la acción de la resistencia muscular aumentó hasta un cierto punto sin oferta de sangre, y se acompañó de acumulación de ácido láctico. Sin embargo, en el corazón y el cerebro la situación es completamente diferente. Estos son solamente aerobios y no podrían mantener su función con la menor interrupción de la oferta de oxígeno. El cerebro y el corazón, aún en el sueño y el descanso, necesitan oxígeno y sangre suficientes. Por tanto, debemos ser cuidadosos para no forzar a correr hasta el agotamiento a jóvenes desentrenados. Basado en una serie de experimentos de nuestro laboratorio, yo recomendaría, como intensidad de entrenamiento para la resistencia general, los 2/3 de la capacidad máxima. Debemos conservar 1/3 de la capacidad máxima como reserva de seguridad. El efecto del entrenamiento de esta manera resultó muy satisfactorio.

En cuanto a la actividad mental, citada por CH. DARWIN, en 1901, como potencia mental, nuestros conocimientos psicológicos son, por el momento, muy limitados. He presentado antes, en tres dimensiones, los factores de la adaptación física, y otro tanto podría hacer con los factores de la adaptación mental. La potencia mental puede consistir en la intensidad y la velocidad de la función mental. Cuando la potencia mental se extiende en la dirección del tiempo, dará origen a la resistencia de la potencia mental. Puede llamársela simplemente resistencia mental. Para conseguir la resistencia mental del cerebro se puede sugerir que lo esencial será pensar concentradamente durante un tiempo suficiente con un aporte favorable de sangre. Nosotros, los profesores de Educación Física, somos en gran manera responsables del futuro del hombre.

BIBLIOGRAFÍA

COOPER, K. H. — «Aerobics». «Bantam Books, Inc.» (1968).

DARWIN, CH. — «The Descent of Man and Selection in Relation to Sex». pp. 148-194. John Murray, Albemarle street (1901).

ELSNER, R. W. and L. D. CARLSON. — «Postexercise hyperemia in trained and untrained subjects». «J. appl. Physiol», 17 (3); 436-440 (1962).

IKAI, M. — «Training for muscular endurance». «Proc. Intern. Congr. of Sport Sciences». «Japanese Union of Sport Sciences». Tokyo, 145-158 (1964).

IKAI, M. — «Trainability of muscular endurance related to age». «F.I.E.P. Bulletin». No. 3-4, 19-27, 1969.

IKAI, M. and S. TAGUCHI. — «A study of muscle

oxygen intake following exhaustive exercise in the human forearm». «Research Journal of Physical Education» (Tokyo), 13 (4), 251-259 (1969).

IKAI, M., K. ISHII and A. NAKAMURA. — «Muscular endurance respected to blood flow». «J. Health, Physical Education and Recreation» (en japonés, Tokyo), I-IV, 15: 201-206, 281-287, 334-340, 401-410 (1965).

ROHTER, F. D., R. H. ROCHELLE, and C. HYMAN. — «Exercise blood flow changes in the human forearm during physical training». «J. appl. Physiol», 18 (4): 789-793 (1963).

VANDERHOOF, E. R., C. J. IMING, and H. M. HINES. — «Effect of muscle strength and endurance development of blood flow». «J. appl. Physiol», 16 (5): 873-877 (1961).

O. M. S. — «Optimum Physical Performance Capacity in adults». Informe de un grupo de científicos de la OMS. Ginebra (1969).

Si precisa
un preparado de
CALCIO PURO

NO

podemos ofrecerle

Osspulvit[®]
Vitaminado

- 2-3 grageas, tres veces al día
- 1-2 cuchtas. de polvo, bien mezcladas con la papilla o verdura

80 grageas, 89,30 ptas.

40 grageas, 46,60 ptas.

50 g polvo, 119,80 ptas.

DEFINITIVO

Minerales + Vitaminas

Ca	
Mg	
Fe	A
Na	B ₁
Mn	B ₂
Co	B ₆
Mo	B ₁₂
Zn	C
Cu	D ₃
P	E
F	
Cl	



MADAUS, S.A.E.

Apartado 9116 Barcelona

Fabricación y venta: Orfi Farma, S. A. Barcelona