

*Este informe recoge la opinión colectiva de un grupo internacional de especialistas y no representa necesariamente el criterio ni la política de la Organización Mundial de la Salud.*

ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD  
SERIE DE INFORMES TECNICOS

Nº 436

**CAPACIDAD OPTIMA  
DE RENDIMIENTO FISICO  
EN EL ADULTO**

**Informe de un Grupo Científico  
de la OMS**

ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD

GINEBRA

1969

© Organización Mundial de la Salud 1969

Las publicaciones de la Organización Mundial de la Salud están acogidas a la protección prevista por las disposiciones sobre reproducción de originales del Protocolo 2 de la Convención Universal sobre Derecho de Autor. Ello no obstante, los organismos gubernamentales, las sociedades culturales y científicas y las asociaciones profesionales pueden reproducir ilustraciones, datos o extractos de esas publicaciones sin necesidad de pedir autorización a la Organización Mundial de la Salud.

Las entidades interesadas en reproducir o traducir íntegramente alguna publicación de la OMS deberán solicitar la oportuna autorización de la Oficina de Publicaciones y Traducción, Organización Mundial de la Salud, Ginebra, Suiza. La Organización Mundial de la Salud dará a esas solicitudes consideración muy favorable.

Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que se presentan los datos que contiene no implican, por parte del Director General de la Organización Mundial de la Salud, juicio alguno sobre la condición jurídica de ninguno de los países o territorios citados o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras.

La mención de determinadas sociedades mercantiles o del nombre comercial de ciertos productos no implica que la OMS los apruebe o recomiende con preferencia a otros análogos. Salvo error u omisión, las marcas registradas de artículos o productos de esta naturaleza se distinguen en las publicaciones de la OMS por una letra inicial mayúscula.

PRINTED IN FRANCE

## INDICE

	Página
Introducción . . . . .	5
Salud y actividad física . . . . .	6
Potencia aerobia máxima . . . . .	13
Fuerza muscular . . . . .	17
Relaciones entre la composición del cuerpo y su tamaño y la capacidad de rendimiento físico . . . . .	21
Variables antropométricas y hemodinámicas . . . . .	23
Entrenamiento . . . . .	24
Actividades recreativas y ejercicios compensadores durante las horas de trabajo . . . . .	29
Recomendaciones . . . . .	30
Bibliografía . . . . .	33

GRUPO CIENTIFICO DE LA OMS SOBRE CAPACIDAD OPTIMA  
DE RENDIMIENTO FISICO EN EL ADULTO

Ginebra, 22-28 de octubre de 1968

*Miembros:*

- Dr. K. L. Andersen, Profesor de Fisiología, Escuela Nacional de Fisioterapia, Oslo, Noruega (*Vicepresidente*)
- Profesor E. Asmussen, Director del Gymnastik Theoretisk Laboratorium, Universidad de Copenhague, Dinamarca
- Dr. A. Henschel, Jefe del Laboratorio de Fisiología, Programa de Higiene del Trabajo, Centro Nacional de Higiene Urbana e Industrial, Cincinnati, Ohio, Estados Unidos de América (*Presidente*)
- Dr. A. Holmgren, Director y Profesor Adjunto, Departamento de Fisiología Clínica, Clínica de Enfermedades del Tórax, Hospital Karolinska, Estocolmo, Suecia (*Relator*)
- Dr. M. Ikai, Profesor de Fisiología, Facultad de Educación, Universidad de Tokio, Japón
- Dr. J. R. Lacour, Jefe de Prácticas, Laboratorio de Fisiología, Facultad Mixta de Medicina y Farmacia, Universidad de Lyon, Francia
- Dr. I. V. Muravov, Profesor y Director, Laboratorio de Fisiología del Sistema Locomotor, Instituto de Gerontología, Academia de Ciencias Médicas de la URSS, Kiev, URSS (*Vicepresidente*)
- Dr. R. Ola Ojikutu, Escuela de Estudios Africanos y Asiáticos, Universidad de Lagos, Nigeria
- Dr. J. Rutenfranz, Privatdozent, Instituto Max Planck de Fisiología del Trabajo, Dortmund, República Federal de Alemania

*Representantes de otras organizaciones:*

*Consejo Internacional de Uniones Científicas:*

- Dr. F. H. Bonjer, Director, Departamento de Medicina del Trabajo, Instituto Holandés de Medicina Preventiva, Leiden, Países Bajos
- Dr. C. T. M. Davies, Servicio de Investigaciones de Fisiología del Medio, Escuela de Higiene y Medicina Tropical de Londres, Inglaterra
- Dr. V. Seliger, Director, Instituto de Fisiología, Facultad de Educación Física, Universidad Carolingia, Praga, Checoslovaquia

*Federación Internacional de Medicina del Deporte:*

- Dr. J. Král, Profesor de Medicina, Universidad Carolingia, Praga, Checoslovaquia

*Organización Internacional del Trabajo:*

- Dr. A. Annoni, División de Seguridad e Higiene del Trabajo, OIT

*Sociedad Internacional de Biometeorología:*

- Dr. W. H. Weihe, Instituto de Zootecnia, Universidad de Zurich, Suiza

*Sociedad Internacional de Cardiología:*

- Dr. K. König, Dozent, Clínica Médica Universitaria, Friburgo, República Federal de Alemania

*Secretaría:*

- Dr. F. N. Dukes-Dobos, Médico, Higiene del Trabajo (*Secretario*)
- Dr. M. J. Karvonen, Profesor de Fisiología y Director de Investigaciones, Instituto de Higiene del Trabajo, Helsinki, Finlandia (*Asesor temporero*)
- Dra. Marcelle Peillon, Especialista en Medicina Física, París, Francia (*Asesora temporera*)

## CAPACIDAD OPTIMA DE RENDIMIENTO FISICO EN EL ADULTO

Informe de un Grupo Científico de la OMS

### INTRODUCCION

Del 22 al 28 de octubre de 1968 se reunió en Ginebra un Grupo Científico de la OMS sobre la Capacidad Optima de Rendimiento Físico en el Adulto. Abrió la reunión, en nombre del Director General, el Dr. Karefa-Smart, Director General Adjunto.

Hasta hace muy poco tiempo, la salud ha venido mejorando en todo el mundo y hay motivo para pensar que esa tendencia va a mantenerse en los países en desarrollo. Por desgracia, hay indicios que no permiten afirmar lo mismo de la población masculina de edad madura de muchos países de Europa: las tasas de mortalidad aumentan a la vez que se eleva la incidencia de enfermedades cardiovasculares y baja el nivel de la aptitud física.

Se ha tratado repetidas veces de encontrar las razones que explican la deterioración del estado general de salud de esos grupos de población y una de las hipótesis que se han formulado es que la disminución de la actividad física cotidiana contribuye a la aparición de ese fenómeno. Es este aspecto el que se examinará en el presente informe, aunque se reconoce que pueden intervenir otros muchos factores.

La relación entre la salud y la actividad física ha sido estudiada por muchos investigadores y se ha comprobado que la hipoquinesia entraña una disfunción de los sistemas locomotor y cardiopulmonar. Hay asimismo motivos para pensar que la inactividad física hace aumentar el riesgo de cardiopatía isquémica. Sin embargo, ha resultado muy difícil establecer una correlación entre la actividad física y el estado general de salud.

Para describir los efectos de las variaciones de la actividad física, es necesario hacer intervenir la noción de capacidad de rendimiento físico (CRF). La CRF de un individuo se compone de diferentes elementos que se pueden presentar como sigue :

1. Tolerancia subjetiva al ejercicio.
2. Potencia aerobia máxima —  $(\dot{V}_{O_2})_{max}$  y — resistencia aerobia máxima. Por resistencia aerobia máxima se suele entender el máximo

de tiempo durante el cual el individuo puede ejercer una fracción dada de la potencia aerobia máxima.

3. Potencia y capacidad anaerobias máximas.
4. Fuerza y resistencia musculares máximas.
5. Coordinación neuromuscular.

Existen distintos métodos para medir esos elementos, especialmente la potencia aerobia máxima, y la fuerza y resistencia musculares máximas. Sólo se tratarán con detalle estas dos variables.

Aunque se poseen muy pocos datos comparables sobre la CRF de poblaciones de distintos países, ciertas observaciones indican una reducción sensible en los países más adelantados. Cabe preguntarse, por lo tanto, si esos grupos de población se encontrarían mejor con una CRF más elevada, y en ese caso, cuál sería el nivel deseable y, por último, cómo se podría alcanzar. El Grupo ha llegado a la conclusión de que por ahora no se pueden formular recomendaciones sobre una CRF óptima, pero que pueden establecerse ciertas normas a partir de las cifras encontradas en los grupos de población que todavía no parecen afectados por la deterioración que se observa en los países adelantados.

La opinión unánime del Grupo fue que la elevación de una CRF anormalmente baja es beneficiosa para la salud y, por ello, ha prestado gran atención a la posibilidad de mejorar mediante el entrenamiento físico los distintos componentes de esa capacidad. Esta solución sería la más conveniente ya que es dudoso que la actividad física cotidiana del hombre, tanto en sus horas de trabajo como en sus horas de asueto, aun en el caso de que sea relativamente elevada, pueda garantizar una CRF suficientemente alta.

Es necesario proceder a nuevas investigaciones a fin de definir la intensidad, la frecuencia, la duración y las formas de la actividad física necesaria para conseguir y conservar la CRF correspondiente a un estado de salud óptimo.

Es conveniente que los jóvenes participen en actividades que permitan el desarrollo equilibrado de la velocidad, la fuerza, la resistencia y la coordinación muscular. En el adulto, el objetivo de la actividad física debe ser mantener o aumentar las aptitudes adquiridas. En la vejez, el objetivo será mantener la capacidad motora y funcional y prolongar el periodo activo y productivo de la vida.

### **SALUD Y ACTIVIDAD FISICA**

La actividad física guarda relación con los tres aspectos de la salud : el físico, el mental y el social. Nadie duda de la influencia que puede tener la actividad física sobre la salud mental y el bienestar social, y es

necesario proseguir activamente las investigaciones en estas esfera. Ahora bien, el estudio detenido de estas relaciones rebasaría el mandato del presente Grupo.

En la evaluación de la salud física, los criterios más frecuentemente utilizados son la mortalidad y la morbilidad. Un Grupo de Estudio de la OMS (1) ha examinado la posibilidad de utilizar otros criterios para la medición de los niveles de salud.

Como resultado de las investigaciones efectuadas en estos últimos años acerca de la epidemiología de las enfermedades crónicas, ha surgido la noción de factores de riesgo que se ha adoptado como criterio útil de la salud física. Los factores de riesgo son características observables o mensurables en el individuo clínicamente sano y que permiten prever la incidencia o el pronóstico de las enfermedades, traumatismos o invalideces.

Los factores de riesgo se pueden expresar en términos cuantitativos en función del tipo de población en el que se han obtenido. Sería asimismo posible emplear la expresión «factor de salud» para designar lo contrario de un factor de riesgo, es decir, una característica que permite prever una incidencia de enfermedades, traumatismos o invalideces inferior a la media.

#### *Falta de actividad física - hipoquinesia*

La falta de actividad física provoca alteraciones del metabolismo celular, del aparato locomotor y de los sistemas cardiovascular y nervioso.

Las modificaciones del metabolismo celular se manifiestan, por ejemplo, en la alteración de la actividad enzimática.

En el aparato locomotor, se observa descalcificación ósea, sustitución del tejido muscular por tejido conjuntivo y adiposo, y pérdida de nitrógeno.

Entre las modificaciones del sistema cardiovascular, se puede observar taquicardia en reposo y durante los ejercicios con el individuo tendido o de pie, modificaciones electrocardiográficas, alteraciones en la contractilidad del miocardio e inestabilidad de la regulación cardiovascular.

En el sistema nervioso se observan alteraciones de la regulación autónoma y, a veces, manifestaciones psiconeuróticas.

#### *Entrenamiento físico*

Un entrenamiento físico regular y adecuado mejora los caracteres morfológicos y aumenta la capacidad funcional del organismo humano.

La adaptación morfológica se traduce en modificaciones de la forma del cuerpo, del esqueleto y del sistema muscular, así como de los pulmones, el corazón y otros órganos.

La adaptación funcional modifica, por ejemplo, la relación entre la potencia aerobia máxima y las variables antropométricas y hemodinámicas (página 23).

#### *Nocividad de una actividad física mal adaptada*

A veces la actividad física es demasiado intensa o demasiado prolongada, asimétrica o ejecutada en una posición anormal o en un medio ambiente desfavorable.

En ese caso, la actividad puede exigir un esfuerzo excesivo de una parte o de la totalidad del organismo y provocar lesiones locales o generales. Uno de los objetivos de la medicina del trabajo y de la medicina física es descubrir con fines preventivos y curativos lo que provoca ese esfuerzo excesivo y las lesiones que de él resulten. Una de las medidas preventivas y terapéuticas que se emplean con este fin, es la actividad física controlada.

#### *Acción preventiva y terapéutica de la actividad física*

Los ejercicios físicos están indicados en el tratamiento de diversas enfermedades y trastornos, y desempeñan un importante papel en la rehabilitación médica y profesional.

En el curso de los últimos años, la actividad física profesional ha disminuido en numerosos países. Al mismo tiempo, el cuadro general de la morbilidad se ha modificado sensiblemente, lo cual ha estimulado el estudio del valor profiláctico y terapéutico de la actividad física.

*Cardiopatías isquémicas.* Desde hace algún tiempo, el interés por la actividad física en tanto que factor beneficioso para la salud guarda relación sobre todo con el problema de la cardiopatía isquémica. Los estudios epidemiológicos realizados sobre las variaciones de la mortalidad y la morbilidad entre las distintas profesiones han revelado que, en ciertas poblaciones, los hombres cuyo oficio exige una actividad física padecen menos cardiopatías isquémicas que los que tienen un trabajo sedentario (2, 3, 4). En cambio, en otras poblaciones no parece existir esa diferencia (5). Además, las variaciones de la morbilidad observadas entre distintos grupos profesionales tal vez no sean concluyentes; en efecto, no es posible atribuir las únicamente a la actividad física, pues tanto la elección de la profesión como las diferentes condiciones sociales y económicas pueden ejercer múltiples influencias sobre las características de esos grupos.

Los estudios epidemiológicos hechos con antiguos atletas son menos numerosos que los que se refieren a los grupos profesionales y la mayoría de ellos se han realizado con muestras más reducidas. Se ha

comprobado que la longevidad de los atletas es igual o superior a la de la población general. Ahora bien, es posible que la comparación no sea válida ya que los atletas constituyen con frecuencia un grupo privilegiado desde el punto de vista económico y social. Entre los estudiantes, la participación en los deportes universitarios no ha entrañado grandes diferencias de longevidad (6, 7, 8).

En antiguos atletas especializados en pruebas de fondo se han observado varias características favorables que persisten incluso a una edad avanzada: presión arterial más baja, mayor volumen cardíaco, potencia aerobia más elevada y menor consumo de tabaco que los testigos equiparables (9).

En los estudios longitudinales sobre la cardiopatía isquémica se han encontrado ciertos índices de actividad física habitual y de capacidad de rendimiento físico que permiten prever de manera significativa la mortalidad por esa enfermedad. En el curso del estudio catamnésico de Framingham (10), de doce años de duración, se observó que una vida activa, una fuerza de presión elevada, una capacidad vital alta y un ritmo cardíaco lento en reposo correspondían a una mortalidad inferior a la media.

En otro estudio longitudinal hecho en los Estados Unidos de América se ha comprobado que la actividad física durante las horas de asueto iba asociada a una disminución del riesgo de cardiopatía isquémica, mientras que la actividad física profesional no tenía ningún efecto (11).

En numerosas encuestas se ha comprobado que la alta colesterolemia, la hipertensión arterial y el hábito de fumar cigarrillos son factores importantes de la cardiopatía isquémica, pero los resultados acerca del papel de la actividad física y de la obesidad son más variables.

Por las evidentes repercusiones que tendría sobre la salud pública, la posibilidad de prevenir las cardiopatías isquémicas mediante la actividad física durante las horas de asueto merece un estudio detenido. En Finlandia y en los Estados Unidos de América se está estudiando actualmente la posibilidad de iniciar un estudio «condicionado» en gran escala, consistente en convencer a un grupo de hombres de edad madura para que participen en alguna actividad regular en sus horas de asueto. En los Estados Unidos la falta de cooperación de los interesados ha obligado a retrasar el comienzo del estudio de prevención primaria, pero, en cambio, la experiencia finlandesa está resultando hasta ahora mucho más positiva. Ahora bien, como los individuos que se han recuperado de un infarto de miocardio tienen por lo general motivos mucho más poderosos para participar en los ejercicios prescritos, los estudios de prevención secundaria deberían ser más fáciles de realizar.

De igual modo, los grupos con una actividad física particularmente reducida, como los ciegos y los individuos que padecen invalideces del sistema locomotor, pueden asimismo ser útiles para el estudio de las relaciones entre la actividad física y la cardiopatía isquémica.

*Arteriopatías periféricas.* En el tratamiento médico de las arteriopatías periféricas, el ejercicio físico ha resultado un poderoso agente terapéutico que permite aumentar sensiblemente la distancia que el individuo puede andar sin llegar a sentir dolor (12). Cabe, pues, concluir que el ejercicio físico desempeña un papel importante en la prevención de las enfermedades de las arterias periféricas, tal vez porque estimula el crecimiento de los vasos colaterales. Es posible que para la mejoría clínica no sea indispensable una acción directa sobre el proceso patológico propiamente dicho.

*Presión arterial.* En el individuo normal, un esfuerzo físico de corta duración provoca un aumento transitorio de la presión sistólica pero no modifica sensiblemente la presión diastólica. Si se trata de un ejercicio prolongado, la presión sistólica empieza por aumentar pero luego disminuye (13).

En los casos de hipertensión en las fases I y II (14), un esfuerzo breve provoca una disminución, a veces considerable, de la presión sistólica y diastólica durante un corto periodo después del ejercicio (15).

Se ha observado que en los casos de hipotensión ortostática el entrenamiento físico normaliza la presión cuando el paciente está de pie.

En ciertos estudios longitudinales de entrenamiento prolongado, (resistencia) se ha observado un efecto hipotensor sobre la presión sistólica y diastólica (16). Este mismo fenómeno se ha podido encontrar en deportistas en activo y retirados (9, 17).

*Regulación vasomotora.* La influencia del entrenamiento físico sobre la regulación vasomotora se pone de manifiesto por los resultados obtenidos en casos de astenia de vasorregulación o neurocirculatoria (18), trastorno vasomotor caracterizado por psicastenia, CRF baja y una frecuencia cardíaca ortostática elevada, resultantes, estos dos últimos signos, de una circulación hipercinética: el transporte del oxígeno inspirado exige un gasto cardíaco superior al normal. La astenia neurocirculatoria va acompañada de modificaciones típicas en el ECG (depresión del segmento ST-T y onda de repolarización positiva). La función cardíaca es normal. Este síndrome desaparece totalmente con la administración de agentes que bloquean el ritmo B. Se ha tratado con éxito a sujetos con astenia neurocirculatoria mediante un entrenamiento físico que interese a grupos musculares importantes (19).

*Aparato locomotor.* Con gran frecuencia, la sensación de malestar general, los dolores y los trastornos funcionales de diversos órganos se pueden atribuir a una actividad muscular reducida. Existen datos suficientes para poder afirmar que la debilidad muscular provoca con frecuencia una sobrecarga y, por consiguiente, una tensión de las estructuras más pasivas del organismo, como las articulaciones, los ligamentos y

el tejido conjuntivo. Los reflejos que normalmente protegen estas estructuras presuponen la existencia de una musculatura bastante fuerte para ser eficaz.

La nutrición del tejido óseo y cartilaginoso depende en gran medida de los esfuerzos y de las tensiones a que esas estructuras se ven sometidas. La circulación de la linfa y de los líquidos intercelulares es estimulada por las tensiones y distensiones intermitentes de los tejidos cartilaginosos al nivel de las articulaciones y de los discos intervertebrales, y las tracciones musculares constituyen la fuente principal de los necesarios cambios de presión. La actividad física ejerce a la vez efectos inmediatos y a largo plazo sobre el cartilago y, por consiguiente, es muy importante para estas estructuras pasivas (20). No se conoce por completo la correlación entre ciertos trastornos de las articulaciones y los huesos y la insuficiencia muscular, pero se ha comprobado que un entrenamiento muscular vigilado da resultados espectaculares en un gran número de casos.

El desarrollo muscular parece igualmente necesario para el buen funcionamiento del sistema vascular periférico. La circulación de retorno, especialmente a partir de puntos del organismo situados por debajo del nivel del corazón, por ejemplo las extremidades inferiores cuando el individuo está de pie, está influida en gran medida por la acción de bombeo que ejercen los músculos de las piernas. El entrenamiento muscular ejerce un efecto claramente benéfico en el síndrome ortostático (21).

El papel de la musculatura en la protección de los órganos internos, sobre todo en la parte inferior del abdomen, en sin duda alguna muy importante pero convendría investigar más a fondo la relación entre la fuerza de los músculos abdominales y las enfermedades de los órganos internos. Es preciso señalar además la acción favorable del entrenamiento de los músculos abdominales y pélvicos sobre la salud de la embarazada.

Muchas de las afecciones dolorosas de los propios músculos proceden de su empleo incorrecto; las tensiones innecesarias en los músculos de los hombros, la espalda y las piernas pueden provocar la aparición de mialgias más o menos crónicas, en las que el dolor se sitúa probablemente en el tejido conjuntivo del músculo. No se conoce con seguridad la patogenia de estas afecciones, pero parecen deberse casi siempre a una sobrecarga permanente de pequeñas partes aisladas del músculo. Tampoco se sabe si el dolor, el edema y la hiperemia local subsiguientes están provocados por metabolitos anaerobios o se deben a una reacción del tejido conjuntivo. Esta última hipótesis parece la más probable dada la analogía existente entre estos síntomas y las agujetas que aparecen de 24 a 48 horas después de que los músculos han sido sometidos a un esfuerzo local excesivo en individuos no entrenados o en animales de experimentación (22, 23).

Para que el entrenamiento sea correcto debe reforzar también el tejido conjuntivo muscular, y de esa forma, puede tener una acción preventiva. A este respecto, es muy importante saber relajar los músculos. Hoy en día se practican con frecuencia ejercicios especiales de relajación.

Los dolores dorsales son una de las causas más frecuentes de incapacidad entre los adultos, especialmente en los grupos de edad avanzada. En muchos casos, esos dolores pueden tener su origen en la debilidad de los músculos dorsales.

*Obesidad.* La relación entre la actividad física y la obesidad, ha sido objeto de extensos estudios tanto en el hombre como en los animales de experimentación. La obesidad no es un síndrome uniforme. El desequilibrio entre la ingestión y el gasto de calorías puede en muchos casos deberse a una falta de actividad y a una mala adaptación del apetito a las necesidades calóricas. Hay motivos fundados para pensar que la obesidad se puede prevenir con una actividad habitual suficiente, sea profesional o recreativa (24, 25).

*Diabetes.* En la diabetes ligera y en la de los ancianos, una actividad física regular mejora el metabolismo y, en algunos casos, facilita la acción de los medicamentos. Los niños diabéticos necesitan una actividad física cotidiana. Si no se les excluye de los deportes escolares y de otras posibilidades de entrenamiento, pueden llegar a adquirir la misma potencia aerobia que los niños sanos de constitución física semejante (26, 27, 28).

*Otros sistemas orgánicos.* Las variables funcionales del sistema respiratorio están íntimamente ligadas a la constitución física. No obstante, es posible mejoradas con el entrenamiento, como lo demuestra el aumento de la ventilación voluntaria máxima, de la capacidad vital y de la capacidad de difusión en los atletas (29).

La función pulmonar se va deteriorando con la edad y se ha observado que la actividad física puede retrasar ese proceso (30).

La frecuencia de ciertas enfermedades pulmonares es más baja en los deportistas que en el conjunto de la población (31). La actividad física no tiene ninguna acción preventiva sobre la tuberculosis pulmonar pero, en cambio, los ejercicios terapéuticos están indicados desde hace tiempo en el tratamiento de numerosas enfermedades de los pulmones.

El entrenamiento provoca un aumento del volumen sanguíneo y de la hemoglobina total. En cambio, la concentración de hemoglobina se mantiene invariable o disminuye ligeramente. Durante el ejercicio aumentan la coagulabilidad de la sangre y la fibrinólisis (32), pero, con una carga de trabajo igual, las variaciones de la coagulabilidad son menos marcadas en sujetos físicamente entrenados.

Se han hecho varios estudios acerca de la influencia de la actividad física sobre la función reproductora de la mujer. En los casos de dismenorrea se ha observado que la práctica habitual de ejercicios físicos nor-

maliza el ciclo menstrual y alivia los dolores. Ahora bien, un ejercicio o un entrenamiento excesivos pueden provocar irregularidades menstruales e incluso una amenorrea transitoria.

La actividad física no tiene efectos nocivos sobre el curso del embarazo ni sobre el parto. En realidad se ha observado que las mujeres deportistas sufren menos complicaciones (33).

Los esfuerzos penosos durante el embarazo, sobre todo en los últimos meses, imponen una sobrecarga al aparato cardiovascular y pueden restringir la circulación uterina. Este fenómeno puede llegar a ser peligroso sobre todo en mujeres con escaso volumen sanguíneo total y con baja potencia aerobia. En ciertos grupos demográficos se ha comprobado que la incidencia de partos prematuros alcanza el máximo en mujeres cuyo escaso volumen cardiaco se había observado radiográficamente al comienzo de la gestación. Al aconsejar a estas mujeres que evitaran los esfuerzos físicos penosos durante los tres últimos meses de su embarazo disminuyó sensiblemente la incidencia de partos prematuros (34, 35).

## POTENCIA AEROBIA MAXIMA

### *Métodos de medición*

La potencia aerobia máxima se calcula midiendo el consumo máximo de oxígeno alcanzado durante la ejecución de ejercicio muscular dinámico. Esta medición se puede hacer directa o indirectamente. El método directo consiste en la ejecución de cierto número de ejercicios musculares de intensidad creciente y en la determinación del nivel a partir del cual el consumo de oxígeno deja de aumentar aunque siga aumentando el esfuerzo. El nivel que alcanza el consumo de oxígeno se utiliza como criterio del valor máximo. El método indirecto consiste en establecer una relación lineal entre el número de pulsaciones y el consumo de oxígeno medido en el momento en que el metabolismo, la circulación y la respiración se estabilizan con un trabajo submáximo y después, en extrapolar hasta la frecuencia cardíaca máxima. Para el cálculo aproximado de la frecuencia cardíaca máxima suelen utilizarse valores máximos medios establecidos empíricamente para una población dada y que varían en función de la edad.

El método indirecto se puede simplificar estableciendo la relación lineal entre el gasto de energía (por ejemplo, sobre una bicicleta ergométrica) y el ritmo cardiaco, y extrapolar después hasta la frecuencia cardíaca máxima. De esta forma se puede calcular el gasto de energía correspondiente al consumo máximo de oxígeno.

Los valores del consumo máximo de oxígeno dependen del tipo de ejercicio elegido para la prueba. La masa muscular crítica que es preciso

estimular para obtener el «verdadero» valor máximo no puede precisarse por ahora. Los ejercicios más corrientemente empleados son el pedaleo en la bicicleta ergométrica, la subida de escalones, la marcha o la carrera. Dentro de ciertos límites, todos estos métodos dan resultados comparables. En las publicaciones especializadas se pueden encontrar más detalles acerca de la metodología de estas pruebas.

#### *Factores que modifican la potencia aerobia máxima*

La potencia aerobia máxima de un individuo está determinada sobre todo por su constitución hereditaria, pero es sabido que existen factores ambientales que pueden modificarla. El consumo máximo de oxígeno se suele expresar, sea en valores absolutos (litros/min), sea en relación con la estatura o el peso (en ml/min por kg de peso o en ml/min por cm de estatura), sea como un múltiplo del metabolismo basal o del metabolismo en reposo. En la página 23 se trata el problema del consumo máximo de oxígeno en relación con el tamaño del cuerpo.

*Influencia de la edad.* Las observaciones realizadas en cierto número de grupos demográficos revelan que la edad ejerce una influencia considerable sobre la potencia aerobia máxima. En valores absolutos, aumenta durante la infancia y la adolescencia al mismo ritmo aproximadamente que el peso y la estatura. Se alcanza el valor máximo al llegar a la edad adulta. En el hombre se observa una disminución regular progresiva a partir de los 25 o 30 años y a los 70 años la potencia aerobia máxima no es más que un 50 % aproximadamente de lo que era a los 20 años. En la mujer, el valor máximo se alcanza poco tiempo después de la pubertad. En valores absolutos sigue siendo bastante constante durante toda la edad fecunda y disminuye después al mismo ritmo aproximadamente que en el hombre.

*Influencia del sexo.* En la niñez no se observan diferencias según el sexo, pero a partir de la adolescencia los hombres progresan más deprisa que las mujeres. Al final de la adolescencia la potencia aerobia máxima por kg de peso en la mujer equivale sólo a un 70 % aproximadamente de la del hombre.

*Diferencias étnicas.* Son pocos los estudios en los que los individuos se han seleccionado según su origen étnico y se han utilizado métodos comparables. Según los conocimientos actuales, existe a este respecto una gran semejanza entre los diversos grupos étnicos. No sólo el promedio es prácticamente igual, sino que además la variabilidad medida por la desviación típica es asimismo bastante semejante: el coeficiente de variabilidad de la potencia aerobia máxima por kg de peso es de un 10 % aproximadamente.

Se han advertido, sin embargo, diferencias ligeras pero significativas entre grupos de patrimonios genéticos distintos. Por ahora no se puede precisar en qué medida esas diferencias están determinadas genéticamente o provienen del medio ambiente.

*Influencia del clima.* Una exposición poco prolongada al calor o al frío no parece influir sobre la potencia aerobia máxima. Sin embargo, se han observado diferencias entre las poblaciones de las regiones árticas y las de las regiones tropicales : las primeras presentan cifras más elevadas a todas las edades y en ambos sexos (36).

*Influencia de la nutrición.* En varios estudios experimentales efectuados sobre el hombre se ha comprobado que la desnutrición y la malnutrición reducen la potencia aerobia máxima que, sin embargo, vuelve rápidamente al valor normal con una alimentación suficiente.

*Influencia de la hipoxia (altitud).* Cuando las personas que normalmente viven al nivel del mar han de trasladarse a un lugar de altitud, su consumo máximo de oxígeno no empieza a disminuir hasta los 1200-1800 metros. A partir de este nivel el consumo disminuye con la altura y a los 3000 m la reducción es de alrededor del 20 %.

Se observa a veces una aclimatación en la que intervienen mecanismos compensadores, de forma que la capacidad física mejora cuando el individuo ha pasado algunas semanas a gran altitud. Se sabe que la aclimatación se prosigue durante un año por lo menos, pero es poco probable que una compensación total pueda conseguirse en el curso de la vida, incluso a una altitud moderada (de 2000 a 2500 m).

Los grupos de población que, en el curso de generaciones, se han adaptado a condiciones de hipoxia presentan características orgánicas que los hacen particularmente aptos para el trabajo a grandes altitudes. La comparación entre dos grupos de población genéticamente semejantes, uno de los cuales vivía en el llano y el otro a 3 000 m de altitud, ha revelado que ambos poseían la misma potencia aerobia máxima, cuando ésta se medía en sus respectivos medios.

*Actividad física habitual.* En el hombre bien nutrido y clínicamente sano, el nivel de la actividad física habitual es sin duda alguna el factor externo que más influye sobre la potencia aerobia máxima. En la página 24 se examina la influencia del entrenamiento, pero el nivel del consumo máximo de oxígeno en grupos de población con una actividad física habitual diferente merece una atención particular.

Las necesidades energéticas difieren considerablemente según las profesiones. Sin embargo, los resultados de estudios sobre la relación entre el consumo máximo de oxígeno de los trabajadores y sus gastos energéticos profesionales revelan la existencia de grandes semejanzas

entre personas que ejercen profesiones que exigen muy distintos gastos energéticos. El consumo medio de los leñadores, por ejemplo, sólo sobrepasa en un 10-15 % al de los empleados de oficina. Esta diferencia puede atribuirse, al menos en parte, a un fenómeno de selección.

Se dispone de una gran cantidad de informaciones acerca de la potencia aerobia máxima de los atletas. En los que participan en pruebas de fondo, esa potencia sobrepasa en un 80 % a la media de los sujetos sedentarios. Los atletas constituyen sin duda un grupo altamente seleccionado y poseen probablemente características genéticas particulares.

Ciertos grupos de población de las sociedades industrializadas pueden desarrollar una actividad intensa durante sus horas de asueto. Se han comparado, desde este punto de vista, grupos de hombres de edad madura con una profesión que exige escasos gastos energéticos. Uno de los grupos desarrollaba una intensa actividad física durante sus horas de asueto, mientras que el otro era más sedentario. La potencia aerobia máxima del primer grupo fue superior en un 30 % a la del segundo, pero también es posible que en este caso haya intervenido un factor de selección.

*Estados patológicos.* Numerosas observaciones demuestran que las enfermedades agudas o crónicas reducen el consumo máximo de oxígeno. Esta disminución puede ser consecuencia directa del estado patológico pero puede asimismo deberse a la inactividad física forzosa (cuando el enfermo ha de guardar cama).

Se ha comprobado que, cuando una enfermedad aguda o un traumatismo reducen el consumo máximo de oxígeno, éste puede volver rápidamente a su valor normal con un programa de rehabilitación que comprenda ejercicios físicos.

#### *Normas para el consumo máximo de oxígeno*

Es imposible por el momento determinar el nivel de potencia aerobia máxima más favorable para la salud. Naturalmente, se trata de un problema que presenta numerosos aspectos, el más importante de los cuales es la correlación entre la potencia aerobia, de una parte, y las enfermedades cardiovasculares y la longevidad, de otra.

Una de las soluciones consistiría en relacionar la potencia aerobia máxima con las necesidades profesionales. Por supuesto, las profesiones que exigen un importante gasto energético deben reservarse para los individuos dotados de una potencia aerobia suficiente. De una forma empírica, los especialistas en fisiología del trabajo han llegado a la conclusión de que las actividades profesionales no deberían movilizar más de un 30 a un 50 % de la potencia aerobia máxima. Ahora bien, en la industria moderna son pocas las funciones que incluso en los momentos de actividad máxima exigen un gasto energético superior al 15-25 % de

la potencia aerobia máxima. Por consiguiente, este enfoque no parece ser muy interesante para el establecimiento de normas de potencia aerobia máxima.

Un método más eficaz podría ser la utilización de los resultados de las encuestas demográficas. En diversas ocasiones se ha comprobado que, en una población sana, la potencia aerobia máxima, como otras muchas características funcionales del organismo, presenta una distribución normal (37). El valor medio para una población o un grupo demográfico determinados puede por lo tanto utilizarse como norma de referencia para valorar el resultado de las pruebas individuales. El coeficiente de variación de la potencia aerobia máxima por kg de peso es de un 10 % aproximadamente.

No hay que olvidar que será necesario establecer normas diferentes para los distintos grupos étnicos y demográficos. Es de esperar que los resultados de las encuestas que se llevan a cabo en el marco del Programa Biológico Internacional sirvan para facilitar estos trabajos.

### FUERZA MUSCULAR

Se entiende por fuerza muscular la fuerza máxima que un individuo puede desarrollar con un grupo de músculos voluntarios en determinadas condiciones. Estas condiciones dependen en parte del individuo, por ejemplo, de su voluntad o de su aptitud para esforzarse al máximo. Hay factores, como la falta de motivación, o los dolores musculares o articulares, que pueden limitar esos esfuerzos y, por consiguiente, la fuerza muscular movilizable.

Los resultados obtenidos dependen también de las técnicas que se utilicen para medir la fuerza muscular. Se pueden medir en efecto distintos tipos de actividad muscular y determinar la fuerza dinámica o la fuerza estática o isométrica. La fuerza dinámica se caracteriza por el acortamiento de los músculos durante la contracción (contracción concéntrica) o por su alargamiento bajo la acción de una fuerza exterior como la gravedad, la intervención del investigador o un instrumento específico. En este último caso, los músculos oponen una resistencia a esa fuerza exterior y su contracción es excéntrica. En las determinaciones isométricas no entra en juego ningún movimiento o éste es insignificante. Es esencial normalizar la posición de las diversas palancas anatómicas que transmiten al aparato de medición la fuerza ejercida por los músculos, pues de lo contrario, se puede dar una falsa impresión de fuerza con errores que ascienden a veces a más del 50 %. Se preferirán las posiciones fáciles de reproducir aunque haya otras que permitan desarrollar una fuerza mayor.

Ciertas experiencias han demostrado que existe una estrecha correlación entre las diversas formas de contracción (concéntrica, excéntrica o isométrica) cuando se miden en las condiciones antes descritas. Se ha observado asimismo una diferencia sistemática: en posiciones idénticas, una contracción isométrica produce más fuerza que una contracción concéntrica, pero menos que una contracción excéntrica. Estas variaciones que caracterizan a las dos situaciones dinámicas dependen de la velocidad del movimiento y, cuando ésta es grande, la variación respecto de la contracción isométrica puede ser de más de  $\pm 40\%$ . Esta razón es bastante para preferir las determinaciones isométricas. Además, cuando se utilizan dinamómetros, el equipo necesario para una determinación isométrica es sencillo y muy manejable. La Asociación Nacional Danesa para la Parálisis Infantil, Hellerup (Dinamarca) (38), ha perfeccionado un juego de dinamómetros normalizados provistos de tensímetros electrónicos, pero existen también otros tipos de aparatos.

La fuerza muscular se mide en  $\text{kgf}^1$  o, en ciertos casos especiales, en  $\text{kgf} \times \text{cm}$ , es decir, en momentos de torsión. En el adulto, la fuerza muscular depende de diversos factores, como las dimensiones corporales, el sexo, la edad, el entrenamiento y los factores congénitos. Estos dos últimos explican probablemente las importantes variaciones que se observan en grupos de personas equiparables en lo que respecta a todos los demás factores: los resultados de la medición de la fuerza muscular de individuos normales presentan desviaciones típicas de  $\pm 15 - 20\%$ .

La influencia de las dimensiones corporales sobre la fuerza muscular se explica sobre todo por las variaciones en el área de sección de los músculos. Se ha observado en diversas ocasiones que la fuerza de un grupo muscular expresada por  $\text{cm}^2$  del área de sección es casi constante (39). Así pues, la fuerza muscular sería proporcional al cuadrado de la estatura si todos los individuos tuviesen la misma constitución. Por ejemplo, el aumento de la estatura de 160 cm a 176 cm, es decir, un 110% de la talla original, dará un aumento de la fuerza muscular del 121%. También es importante a este respecto la constitución física. En el adulto aún no se han hecho estudios detenidos, pero en los niños se ha observado que los que tienen una constitución róbusta son sensiblemente más fuertes que los más delgados.

La influencia del sexo sobre la fuerza muscular se debe en parte a la diferencia de la estatura media y en parte a diferencias cualitativas. Por término medio, la fuerza muscular de la mujer adulta equivale a un 65% de la del hombre. A estatura igual, sin embargo, la fuerza de la mujer equivale al 80% de la del hombre de la misma edad.

---

<sup>1</sup> 1  $\text{kgf} = 1$  kilogramo-fuerza, es decir, la fuerza que ejerce la gravedad sobre una masa de 1 kg.

La edad desempeña también un papel importante. Al parecer la fuerza muscular alcanza su máximo hacia los 30 años de edad y, a partir de ese momento, va disminuyendo, más sensiblemente en el tronco y extremidades inferiores que en las manos y los brazos. A los 65 años, equivale en el mejor de los casos al 80-90 % de la de los 25 años en el hombre y al 70-80 % en la mujer (40).

El entrenamiento influye sobre la fuerza muscular y los periodos prolongados de inactividad la reducen considerablemente. Los grandes grupos musculares del tronco y de las extremidades inferiores son los que más se resienten de la inactividad, de forma que se pueden observar valores extremadamente bajos en los individuos que inician una readaptación médica y profesional.

#### *Valores normales*

Es difícil encontrar en las publicaciones especializadas valores comparables de fuerza muscular, sobre todo por las dificultades que presenta la comparación de resultados obtenidos con distintos procedimientos y métodos. La Asociación Nacional Danesa para la Parálisis Infantil ha publicado en 1961 (41) una serie de valores normales para 25 grupos musculares, basados en las mediciones efectuadas en 360 hombres y 250 mujeres de 15 a 65 años de edad.

La fuerza isométrica máxima de los músculos dorsales, determinada en 600 sujetos normales de ambos sexos, de 15 a 65 años de edad, era de 60 a 100 kgf en los hombres y de 40 a 65 kgf en las mujeres. La fuerza disminuye a partir de los 30 años de edad aproximadamente.

#### *Fuerza muscular óptima*

En el estudio de la fuerza muscular óptima en relación con la salud, merecen especial atención los músculos dorsales. Se pueden calcular los valores mínimos teóricos correspondientes a dos « situaciones » y expresarlos en relación al peso corporal.

*Situación 1.* El mantenimiento de la posición de pie y ligeramente inclinada hacia adelante exige una gran actividad. Las fuerzas que actúan sobre la espalda en esa posición y la fuerza mínima de los músculos dorsales necesaria para conservarla durante un periodo prolongado son las siguientes :

Se supone que  $W$  es el peso del cuerpo y  $0,5 W$  el peso de la parte del cuerpo situada por encima de la articulación sacroiliaca. Si el centro de gravedad de esta parte del cuerpo está situado a los dos tercios de la distancia entre dicha articulación y los hombros, la fuerza de la gravedad en ese punto será de  $0,5 W$ . A la altura de los hombros, será de  $0,5 W \times 2/3$ . Si el cuerpo está inclinado hacia adelante a  $15^\circ$

( $\text{sen. } 15^\circ = 0,25$ ), la fuerza de la gravedad que se ejerce perpendicularmente al eje del cuerpo será de  $0,5 W \times 2/3 \times \text{sen. } 15^\circ$ . Se obtiene así la fuerza a la que deben oponerse los músculos dorsales a la altura de los hombros.

Para que esta resistencia pudiera mantenerse indefinidamente, sería preciso que representara un 12 % aproximadamente de la fuerza máxima que pueden ejercer los músculos dorsales (41, 42). Por consiguiente, su fuerza isométrica máxima debiera ser superior a  $0,5 W \times 2/3 \times \text{sen. } 15^\circ \times 100/12$ , o sea aproximadamente  $2/3$  de  $W$ . Así pues, la fuerza de los músculos dorsales de una persona de 60 kg ha de ser superior a unos 40 kg.

*Situación 2.* Si se trata de levantar cargas con la mano, cabe imaginar la situación siguiente. Se supone que el ejercicio se ejecuta correctamente, es decir con el dorso en posición erecta normal, inclinado hacia adelante a  $45^\circ$  y, para mayor sencillez, que la mitad del peso corporal ( $0,5 W$ ) y el peso de la carga  $a$  actúan conjuntamente en dirección vertical a la altura de los hombros.

La atracción de la gravedad será  $(a + 0,5 W)$  y su componente dirigido hacia adelante y perpendicularmente al eje del cuerpo será de  $(a + 0,5 W) \times \text{sen. } 45^\circ$ . Este componente ha de ser superado por los músculos dorsales que tiran en la dirección opuesta; así pues, la fuerza necesaria es  $[a \times \text{sen. } 45^\circ + 0,5 W \times \text{sen. } 45^\circ]$ . Como el seno de  $45^\circ$  es 0,7, quedará  $[0,7 a + 0,35 W]$ . Si  $P_{\text{max}}$  es la fuerza isométrica máxima de los músculos dorsales, la fuerza disponible para el ejercicio será  $[P_{\text{max}} - 0,35 W]$ , es decir que para levantar la carga la fuerza máxima de los músculos dorsales ha de ser superior en un tercio al peso corporal. El peso levantado será igual a esa diferencia dividida por 0,7 (=  $\text{sen. } 45^\circ$ ), o sea 1,4 veces la diferencia entre la fuerza máxima y el tercio del peso corporal.

Ejemplo 1 : Peso corporal, 60 kg; fuerza isométrica máxima del dorso 50 kgf.

$$1,4 [50 - (1/3 \times 60)] + 42 \text{ kg}$$

es decir, el individuo puede levantar hasta 42 kg.

Ejemplo 2 : Para levantar 30 kg cuando el peso corporal es de 60 kg.

$$30 \text{ kg} = 1,4 [X - (1/3 \times 60)]. \text{ X será igual a 48 kg y la fuerza de los músculos dorsales debe ser superior a 48 kgf.}$$

Este cálculo presenta un enfoque teórico del problema general. Para demostrar su aplicabilidad habrá que proceder a otros trabajos experimentales en el laboratorio.

## RELACIONES ENTRE LA COMPOSICION DEL CUERPO Y SU TAMANO Y LA CAPACIDAD DE RENDIMIENTO FISICO

### *Composición del cuerpo*

Numerosos investigadores han estudiado la relación entre la potencia aerobia máxima y los principales componentes del organismo. En general se ha observado una estrecha correlación entre la potencia aerobia máxima y la masa de tejidos no adiposos, la hemoglobina total, el agua total y el potasio total. La relación entre la masa de tejidos no adiposos y el peso corporal total está sujeta a variaciones en el curso del crecimiento, del desarrollo y del envejecimiento, y presenta asimismo diferencias significativas según el sexo.

Las modificaciones que se producen en la composición del cuerpo sometido a entrenamiento pueden tener lugar sin variación apreciable del peso corporal, por ejemplo, cuando la masa muscular aumenta a expensas del tejido adiposo. En cambio, la interrupción del entrenamiento puede provocar un aumento del peso corporal que resulta únicamente de la acumulación de grasa.

Para evaluar la composición del organismo se utilizan los siguientes métodos (43, 44) :

- a) medición de la densidad del cuerpo;
- b) medición del espesor del pliegue cutáneo;
- c) medición del agua total y del potasio total;
- d) medición ultrasónica;
- e) medición por pesada hidrostática y por determinación del volumen musculoesquelético de la pierna mediante radiografías.

Todos estos métodos han resultado útiles para la determinación de la composición del cuerpo, pero, por razones de orden práctico, sólo la medición del pliegue cutáneo es recomendable para las encuestas sobre el terreno. No obstante, para utilizar el valor del pliegue cutáneo en los estudios demográficos es necesario normalizar el método para cada grupo de población, ya que la localización de la grasa subcutánea puede variar, principalmente por efecto de caracteres individuales congénitos ligados a factores genéticos.

Convendría estudiar más a fondo los mecanismos por los que el entrenamiento modifica la composición del cuerpo a expensas del tejido adiposo, a fin de identificar los factores genéticos o adquiridos responsables de esos cambios (por ejemplo, el efecto de los hábitos profesionales y del modo de vida).

*Dimensiones corporales*

Es evidente que un gran motor puede trabajar más que uno pequeño. De igual modo, un individuo corpulento puede desarrollar más energía, realizar más trabajo y ejercer una fuerza mecánica mayor que una persona más pequeña. Es necesario tener en cuenta este factor cuando se trata de evaluar la CRF.

Cuando la CRF se considera desde el punto de vista de un trabajo físico, por ejemplo en una granja o en una fábrica, el factor más importante es el total de energía y fuerza que el individuo puede producir. En este caso, el tamaño es naturalmente una ventaja. Cuando se considera desde el punto de vista de la salud, lo que cuenta es la CRF relativa, es decir la relación entre la CRF y ciertas medidas antropométricas. Si se quieren determinar teóricamente los índices que han de utilizarse para expresar los valores relativos de la CRF, se puede partir del supuesto de que todos los adultos, cualquiera que sea su estatura, son « semejantes » desde el punto de vista geométrico; en este caso, se puede tomar la estatura como expresión básica del tamaño suponiendo que la composición general del organismo es constante. De estos supuestos se deduce que todas las dimensiones lineales del cuerpo son proporcionales a la estatura ( $e$ ), todas las superficies a  $e^2$  y todos los volúmenes y pesos a  $e^3$ .

Las variables fisiológicas y anatómicas tales como la superficie del cuerpo o las superficies intestinales aumentan con la estatura, en proporción al cuadrado de la misma. Las superficies de sección, como, por ejemplo, las de los músculos, varían de la misma forma, y una función como la fuerza muscular aumentará asimismo con  $e^2$ . Los volúmenes como el volumen pulmonar, el volumen cardíaco y el volumen sanguíneo, y los pesos, como el peso total del cuerpo, el de la masa muscular y el de las extremidades, varían con  $e^3$ . En cuanto a las funciones que se expresan por unidad de tiempo ( $t$ ) como la frecuencia cardíaca, la frecuencia respiratoria y la potencia aerobia,  $t$  es proporcional a  $e$  como se desprende de la ecuación  $f = m \times g$ , expresada en escala dimensional en la que  $f$  (fuerza muscular) es proporcional a  $e^2$ ,  $m$  (masa del corazón, extremidades, etc.) es proporcional a  $e^3$  y  $g$  es proporcional a  $e \times t^{-2}$ .

En la carrera, por ejemplo, la longitud de los saltos es proporcional a  $e$  pero la duración de cada uno de ellos es asimismo proporcional a  $e$ . Por consiguiente, el ritmo de los saltos será proporcional a  $e^{-1}$  y la velocidad de la carrera (= longitud de los saltos  $\times$  frecuencia) es independiente de la estatura.

Todavía no se sabe si una relación simple análoga es válida para la potencia aerobia (ml/segundo). Si así fuera, la potencia aerobia sería proporcional a  $e^2$  ( $e^3/e$ ) y su valor relativo debería expresarse no en relación al peso corporal o a la masa de tejidos no adiposos sino más bien en relación a la superficie corporal o al cuadrado de la estatura.

Con estas consideraciones teóricas se trata de poner de relieve la importancia del efecto de las dimensiones corporales sobre la CRF y la necesidad de elegir los parámetros correctos para expresar los valores relativos de la CRF.

### VARIABLES ANTROPOMETRICAS Y HEMODINAMICAS

Además de la edad y el sexo, las siguientes variables antropométricas presentan una correlación significativa con la potencia aerobia máxima en los individuos sanos : 1) dimensiones corporales (peso, estatura); 2) composición del cuerpo; 3) hemoglobina total, y 4) volumen cardiaco. En las dos últimas están comprendidas las diferencias debidas al sexo, al nivel medio de actividad física y, en cierta medida, a la edad. Gracias a esas variables se pueden prever los valores normales de la potencia aerobia máxima y determinar los límites de la variabilidad normal. De esta forma se han calculado en diversos países los valores normales de la relación entre la potencia aerobia y las dimensiones del cuerpo, el volumen cardiaco y el volumen sanguíneo. Hay que tener presente que estas normas son específicas de la población estudiada (45, 46, 47, 48).

La potencia aerobia máxima se puede determinar a partir de las variables hemodinámicas siguientes : frecuencia cardiaca, volumen sistólico y diferencia arterio-venosa de oxigenación para el conjunto del organismo. La relación entre la potencia aerobia máxima y esas variables se expresa por la ecuación de Fick para el transporte de oxígeno :

$$\left(\dot{V}_o\right)_2 \max = F.VS.DAV,$$

en la que  $\left(\dot{V}_o\right)_2 \max =$  potencia aerobia máxima

F = frecuencia cardiaca

VS = volumen sistólico

DAV = diferencia arterio-venosa de oxigenación.

$\left(\dot{V}_o\right)_2 \max$  se alcanza cuando la combinación de esas variables es óptima (49, 50).

La variación de la frecuencia cardiaca, del volumen sistólico y de la diferencia arterio-venosa de oxigenación con el consumo de oxígeno depende de factores como la naturaleza y la duración del esfuerzo, la temperatura ambiente, el equilibrio hidroiónico y la capacidad física.

En el curso de un ejercicio regular de corta duración (menos de 10 minutos) se establece una relación lineal entre la frecuencia cardiaca y el consumo de oxígeno, hasta llegar casi a la frecuencia cardiaca máxima a partir de la cual la pendiente tiende a desaparecer. Al pasar del reposo al esfuerzo el volumen sistólico tiende, por lo general, a aumentar en una magnitud determinada sobre todo por la distribución del volumen

sanguíneo en los vasos de capacitancia. Si el esfuerzo es continuo, el volumen sistólico permanece invariable hasta la intensidad máxima de esfuerzo. La mayor parte de los datos disponibles parecen indicar que a partir de ese momento ya no aumenta más el volumen sistólico y que incluso es posible que se registre una ligera disminución (50). La magnitud del volumen sistólico está determinada por el tamaño del corazón (volumen radiográfico del corazón) y por la calidad de su acción de bombeo.

La diferencia arterio-venosa de oxigenación (DAV) varía con el consumo de oxígeno según una curva hiperbólica. La forma de la hipérbola está determinada por factores como el volumen sistólico, la posición del cuerpo, la edad, el entrenamiento y la regulación vasomotora (49).

El producto de la frecuencia cardiaca por el volumen sistólico, es decir, el gasto cardiaco, varía linealmente o de forma ligeramente curvilínea en función del consumo de oxígeno. La pendiente de la línea varía poco entre los distintos individuos siempre que el volumen sistólico sea constante en el curso del ejercicio. El *nivel de interceptación* de la línea está determinado por los mismos factores que determinan la posición de la hipérbola DAV, es decir, la relación entre el volumen sistólico y el tamaño del sistema cardiovascular (volumen sanguíneo), la posición del cuerpo, la edad, la concentración de hemoglobina, el entrenamiento y la regulación vasomotora (50).

En el curso de ejercicios prolongados (por ejemplo, una hora al 50 % de la capacidad máxima) en un clima templado, se mantiene un gasto cardiaco constante. Las demás variables de la ecuación de Fick varían con el tiempo. La frecuencia cardiaca aumenta y el volumen sistólico disminuye, sea por un defecto en la repleción del corazón resultante de una acumulación de sangre venosa, sea por la alteración de la capacidad de vaciamiento cardiaco (50).

Se dispone de pocas informaciones acerca de las respuestas hemodinámicas a diversos tipos de ejercicios intermitentes. Este problema se está estudiando en muchos países y aún serán necesarias muchas investigaciones.

## ENTRENAMIENTO

El entrenamiento físico aumenta la CRF y todos sus componentes. Cada uno de estos componentes exige un programa de entrenamiento especial.

### *Entrenamiento para aumentar la potencia aerobia*

Para el aumento de la potencia aerobia se dispone de dos métodos : el entrenamiento continuo y el entrenamiento intermitente. En estudios transversales (46, 48) se ha comprobado que los atletas dotados de una

potencia aerobia máxima elevada poseen un sistema de transporte de oxígeno de grandes dimensiones (volumen pulmonar, volumen vascular, volumen sanguíneo, hemoglobina total, volumen cardíaco y masa celular) y que los diversos componentes de esos sistemas (capacidad de ventilación, capacidad de difusión, gasto cardíaco y volumen sistólico) tienen una capacidad funcional elevada.

El aumento de la potencia aerobia, inversamente proporcional al grado de entrenamiento inicial, depende de la intensidad y de la duración del entrenamiento.

En estudios longitudinales (51) se ha comprobado que el entrenamiento físico de grupos musculares importantes, con los que se pueda movilizar por lo menos del 70 al 80 % de la potencia máxima del sistema de transporte de oxígeno, da por resultado un aumento de la potencia aerobia máxima. No se sabe cual es el nivel mínimo de entrenamiento capaz de conseguir un aumento de la potencia aerobia máxima ni se conoce bien la duración del entrenamiento necesario con distintos esfuerzos.

#### *Mantenimiento de la capacidad de rendimiento físico*

El entrenamiento necesario para mantener los resultados de un aumento de la CRF depende de la amplitud relativa de dicho aumento. Un entrenamiento cotidiano de treinta minutos al 70 % de la capacidad máxima provoca un aumento de la potencia aerobia que se puede mantener con tres sesiones semanales de treinta minutos al 70 % de la capacidad máxima. Se está investigando este problema y los resultados de esos estudios serán de gran importancia práctica.

Las actividades deportivas y el entrenamiento durante la juventud sólo influyen sobre la CRF mientras duran y luego, durante un breve periodo. No se ha podido demostrar que influyan sobre el crecimiento y el desarrollo y todas las modificaciones que el entrenamiento produce en numerosas funciones fisiológicas y en las dimensiones corporales desaparecen tan pronto como éste cesa. Por lo tanto, las actividades deportivas practicadas en la juventud no tienen ninguna influencia sobre la CRF a una edad más avanzada si se interrumpieron al final de la adolescencia. Sin embargo, el deporte y la educación física modifican, a veces de una forma duradera, los hábitos cotidianos en lo que respecta a la actividad física. Uno de los objetivos de la educación física es señalar a los jóvenes las actividades que podrán proseguir una vez terminados sus estudios e inspirarles el deseo de hacerlo.

El entrenamiento ejerce una doble acción, reguladora y dimensional, sobre el sistema de transporte de oxígeno. Los efectos reguladores se obtienen en pocas semanas y consisten en : 1) una distribución más eficaz de la sangre, de suerte que la misma cantidad de oxígeno es transportada por una menor cantidad de sangre; 2) un mejoramiento de

las condiciones de repleción del corazón por estabilización de los vasos de capacitancia; 3) una posible modificación de la contractilidad del miocardio. Estos efectos reguladores del entrenamiento aparecen y desaparecen rápidamente, lo que explica sin duda las variaciones cotidianas de la condición física.

Los efectos dimensionales del entrenamiento consisten en el agrandamiento de los componentes del sistema de transporte de oxígeno (volumen pulmonar sanguíneo y cardiaco). Los efectos dimensionales se obtienen en dos fases. La primera consiste en aumentos que sobrevienen al mismo tiempo que los efectos reguladores y la segunda en un desarrollo más lento del sistema de transporte de oxígeno. Se pueden medir en función del aumento del volumen cardiaco (observado por rayos X), del volumen pulmonar, del volumen sanguíneo y de la hemoglobina total. Estas modificaciones se producen cuando el entrenamiento se prosigue durante largo tiempo (varios meses o años) y varían con la edad del individuo.

#### *Respuesta circulatoria al ejercicio físico*

El aumento de la potencia aerobia máxima observado durante el entrenamiento obedece a la carga del sistema de transporte de oxígeno y se explica a la vez por un aumento de la diferencia arteriovenosa de oxigenación y por un aumento del volumen sistólico, con el consiguiente incremento del gasto cardiaco máximo (51).

En el curso de un esfuerzo submáximo, el entrenamiento se traduce por una reducción de la frecuencia cardiaca, del gasto cardiaco y de la concentración de lactato en la sangre para un transporte de oxígeno dado. La presión arterial no varía o lo hace muy ligeramente en cualquier sentido. El efecto general es una reducción del esfuerzo que debe hacer el corazón para transportar una cantidad dada de oxígeno (51).

#### *Eficacia del entrenamiento en función de la edad y del sexo*

El mejoramiento de la potencia aerobia máxima por el entrenamiento depende de la edad del individuo. En las personas de edad se observa un aumento más débil, pero significativo, de la potencia aerobia con un entrenamiento de la misma intensidad relativa. Esa intensidad debe alcanzar el 70 % de la potencia aerobia máxima, pues un 50 % tal vez no sea suficiente para las personas de edad. La eficacia del entrenamiento es aproximadamente igual en ambos sexos.

#### *Entrenamiento de musculación*

El entrenamiento de musculación se ha de considerar desde dos puntos de vista : el aumento del área de sección del músculo, y el aumento del número de unidades motrices movilizables y de impulsos nerviosos estimulantes de las fibras musculares (52).

Para aumentar el área de sección del músculo, se recomienda un entrenamiento con un peso submáximo, que exija, por ejemplo, la movilización de los dos tercios de la fuerza máxima. Los resultados aparecen progresivamente al cabo de varias semanas.

Para aumentar el número de impulsos nerviosos que llegan a los músculos es necesario el entrenamiento con peso aplicando la fuerza máxima. Los efectos se dejan sentir al cabo de una semana y se pueden poner de manifiesto midiendo la fuerza por unidad del área de sección del músculo y la fuerza máxima desarrollada por el individuo durante el entrenamiento. El aumento de la fuerza por unidad del área de sección observado al comienzo del entrenamiento va seguido de un aumento de la sección del músculo en etapas posteriores (39). El entrenamiento muscular de los adultos se debe aumentar progresivamente a partir de cargas submáximas.

Hoy día esta generalmente admitido que la fuerza isométrica de un grupo muscular débil pero, por lo demás, normal, sólo puede aumentar lentamente. Incluso con grandes esfuerzos y numerosas repeticiones cotidianas, se piensa que el aumento máximo sólo puede ser del 2 al 3 % por semana (53, 54). Sin embargo, hay que tener en cuenta diversos aspectos del rendimiento muscular : a) la fuerza isométrica; b) la fuerza dinámica o trabajo máximo producido en una contracción, c) la resistencia estática y d) la resistencia dinámica. Estos dos últimos factores representan, respectivamente, el tiempo durante el cual se puede aplicar un cierto porcentaje de la fuerza máxima y el número máximo de contracciones que se pueden ejecutar con un determinado esfuerzo. La experiencia enseña que el entrenamiento actúa de forma distinta sobre esas funciones (55, 56). En general, puede decirse que el entrenamiento isométrico y dinámico con esfuerzos y frecuencias comparables tienen aproximadamente el mismo efecto sobre la fuerza isométrica. Sin embargo, el entrenamiento estático (o isométrico) mejora la resistencia estática sin aumentar de forma apreciable la fuerza o la resistencia dinámicas. En cambio, el entrenamiento dinámico (por ejemplo, el levantamiento de pesos), aumenta la fuerza y la resistencia dinámicas pero no la resistencia estática. Aún no se conocen las razones de esta especificidad, pero, empíricamente, se ha deducido que el entrenamiento dinámico es el más provechoso.

#### *Entrenamiento de coordinación neuromuscular*

En lo que respecta a la coordinación neuromuscular, se ha observado que el entrenamiento con pausas frecuentes es mucho más eficaz que el entrenamiento continuo.

#### *Recomendaciones prácticas para el entrenamiento*

Aunque hasta ahora sólo se ha estudiado parcialmente el problema de la utilización del entrenamiento físico para el mejoramiento de la

salud y la prevención de la enfermedad, las investigaciones realizadas y la experiencia adquirida en cierto número de países permiten formular algunas recomendaciones prácticas.

Hay que distinguir dos formas de utilizar la actividad muscular para estimular las funciones orgánicas: el entrenamiento físico y las actividades recreativas durante las horas de trabajo.

Los fisiólogos están estudiando los métodos de entrenamiento y sus efectos en los animales de experimentación y en el hombre. Por otra parte, los especialistas en medicina deportiva, en medicina física y en rehabilitación, así como los profesores de educación física y los entrenadores han hecho también investigaciones y han aportado un volumen considerable de conocimientos empíricos acerca de los métodos de entrenamiento. Por eso, al planificar un programa de entrenamiento es conveniente tener en cuenta los resultados obtenidos en todas esas disciplinas.

La organización sistemática de un entrenamiento destinado a individuos de edad madura que nunca han hecho ejercicio, o a personas ancianas con diversos trastornos, plantea problemas especiales. Es necesario disponer de un número suficiente de jefes de grupo con experiencia en medicina, educación física, entrenamiento deportivo y ergoterapia. Esos especialistas son igualmente necesarios para las personas que padecen ya enfermedades como una cardiopatía coronaria o una artritis; en esos casos, se precisa un programa a largo plazo cuidadosamente adaptado a las necesidades y posibilidades individuales.

En los programas de educación sanitaria conviene incluir informaciones sobre el entrenamiento físico y sus efectos. Podrían organizarse grupos de entrenamiento, para personas de más de treinta años de edad, en los que sin proponerse realizar proezas atléticas se trataría de mantener el buen estado físico.

Se podrían organizar sesiones de entrenamiento físico colectivas o individuales de gimnasia y ejercicios atléticos, esquí, patinaje, natación, ciclismo, remo y juegos como el balón-bolea, el baloncesto, el tenis y el badminton. Un método particularmente eficaz consiste en combinar ejercicios como la gimnasia, el atletismo, la natación y otros deportes.

Los principios básicos de los ejercicios físicos destinados a las personas de edad madura y, sobre todo, a las personas de edad avanzada son una graduación precisa de la duración, un aumento gradual del esfuerzo y la regularidad de las sesiones. Para dosificar el esfuerzo exigido se tendrán en cuenta tres factores: la intensidad, la duración y la frecuencia de las sesiones de entrenamiento.

La intensidad de los ejercicios debe ser submáxima. Para las personas de edad madura (45-59 años) y de edad avanzada (60-74 años) el esfuerzo no debe ser superior al 60% o el 70% de la capacidad máxima de rendimiento físico. Ese esfuerzo será tanto más moderado cuanto

más pronunciados sean los signos de envejecimiento y los trastornos de la adaptación a la actividad muscular.

Las personas que vayan a iniciar un entrenamiento deberán someterse a un reconocimiento médico completo con pruebas funcionales y motoras. Según los resultados de ese examen se formarán distintos grupos a los que se dará el entrenamiento correspondiente a cada caso.

Para comprobar que se ha elegido la técnica de entrenamiento adecuada, en el curso de las sesiones convendrá practicar pruebas que permitan descubrir cualquier reacción anormal a los distintos ejercicios físicos y practicar inmediatamente las correcciones necesarias.

Las personas de edad madura y avanzada, cuya salud no sea claramente deficiente, pueden practicar la mayor parte de los ejercicios. Graduando las dificultades en el curso de la sesión, es posible introducir progresivamente ejercicios tan fatigosos como la carrera. Sin embargo, se excluirá a las personas de edad de toda forma de competición atlética que exija una fuerte tensión física y psicológica. En cambio, las personas de edad madura pueden participar en competiciones de ese tipo, dentro de su propio grupo de edad, y después de un entrenamiento de cuatro a seis meses.

Los programas de ejercicios deben organizarse de forma atractiva y agradable. A fin de evitar que los participantes piensen demasiado en su estado de salud, no se dará demasiada importancia a los aspectos sanitarios del programa.

#### **ACTIVIDADES RECREATIVAS Y EJERCICIOS COMPENSADORES DURANTE LAS HORAS DE TRABAJO**

En general, las condiciones del trabajo en la sociedad moderna se caracterizan por una eliminación progresiva del esfuerzo físico y un aumento de la tensión mental. Este fenómeno ha de tenerse en cuenta al establecer las normas aplicables al descanso y a la recuperación. Setschenov (57) ha demostrado la influencia favorable que sobre la recuperación de los músculos fatigados tiene el ejercicio de otros grupos musculares. En ciertos países se han obtenido buenos resultados con ciertos tipos de ejercicios realizados en el lugar de trabajo durante las pausas de reposo. Regímenes especiales de ese tipo mejoran muchas funciones orgánicas y hacen aumentar la productividad.

El recreo activo difiere del entrenamiento físico en numerosos aspectos. El objetivo primordial del recreo activo no es aumentar la CRF sino eliminar la fatiga, mejorar la productividad y la salud y prevenir los accidentes de trabajo (58, 59). Su importancia aumenta con la edad (60).

El recreo activo ha permitido obtener buenos resultados en condiciones de trabajo que no se dan en todas las fábricas. Por consiguiente, antes de aplicar esos métodos a otras ramas de la industria, habrá que determinar el mejor método recurriendo al asesoramiento de expertos médicos.

Es necesario estudiar más a fondo los efectos a corto y a largo plazo del recreo activo sobre las funciones orgánicas y sobre el estado general.

### RECOMENDACIONES

1. A fin de determinar la intensidad, la duración, la frecuencia y el tipo de actividad física necesaria para alcanzar y mantener el nivel óptimo de salud y de bienestar y para hacer frente a las exigencias de la actividad profesional y recreativa cotidiana, el Grupo recomienda que se realicen las siguientes investigaciones :

- a) Comparar la eficacia de diversos métodos de entrenamiento destinados a mejorar los diversos componentes de la capacidad de rendimiento físico;
- b) Determinar el valor preventivo y terapéutico del entrenamiento físico en los trastornos del aparato locomotor;
- c) Determinar el valor preventivo y terapéutico del entrenamiento físico en distintas afecciones del aparato digestivo;
- d) Determinar el efecto del entrenamiento físico sobre los mecanismos que intervienen en los cambios de la composición del organismo;
- e) Estudiar los mecanismos bioquímicos, biofísicos y fisiológicos que intervienen en el entrenamiento muscular estático y dinámico;
- f) Evaluar la adecuación de los programas de deportes y de ejercicios físicos para las personas de los distintos grupos de edad en diferentes poblaciones;
- g) Establecer métodos que permitan medir la potencia y la capacidad anaerobias e identificar los factores limitativos;
- h) Identificar los factores que condicionan la resistencia a diferentes niveles de intensidad de esfuerzo y evaluar cuantitativamente la importancia de cada uno de ellos; encontrar métodos que permitan prever la capacidad de resistencia aerobia sin que sea necesario que el individuo realice el ejercicio durante todo el periodo de tiempo exigido;
- i) Establecer relaciones cuantitativas entre las medidas antropométricas (atendiendo principalmente a los somatotipos) y la capacidad de rendimiento físico;

- j)* Establecer las relaciones existentes entre el tipo de personalidad, definido por las características psicológicas, y la capacidad de rendimiento físico;
- k)* Verificar la validez del cálculo teórico de la fuerza muscular óptima que figura en la página 19;
- l)* Determinar la manera correcta de expresar la potencia aerobia máxima para evaluar su relación con la salud (en ml de  $O_2$ /min por kg de peso, por kg de tejido no adiposo, por  $m^2$  de superficie corporal o por relación al cuadrado de la estatura);
- m)* Determinar la respuesta hemodinámica a diversos tipos de ejercicios físicos intermitentes;
- n)* Establecer un método práctico para la medición de la actividad física habitual;
- o)* Definir la relación existente entre la actividad física habitual y la capacidad de rendimiento físico;
- p)* Evaluar la influencia de la composición cualitativa de la dieta sobre la capacidad de rendimiento físico.

2. La determinación de la capacidad de rendimiento físico mediante pruebas normalizadas debiera formar parte de los reconocimientos médicos habituales en los países donde es posible establecer normas basadas en los resultados de encuestas demográficas.

3. Convendría efectuar estudios de población utilizando métodos normalizados de evaluación de la potencia aerobia máxima y de la fuerza muscular, a fin de que esos métodos sirvan para establecer normas de la capacidad de rendimiento físico en cada país.

4. Es preciso determinar la relación entre la edad y la frecuencia cardíaca máxima en diferentes grupos de población, a fin de poder utilizar las técnicas de esfuerzo submáximo para la determinación de la potencia aerobia máxima.

5. Deben reunirse datos sobre la potencia aerobia máxima y sobre la potencia aerobia máxima por kg de peso en grupos de población comparables de distintos países (convendría asimismo, si fuese posible, comparar los valores obtenidos en años anteriores con los datos recogidos, en caso de que haya razones para pensar que la potencia aerobia máxima en cifras absolutas o por kg de peso pueda haber cambiado bajo la influencia de la vida moderna).

6. Es preciso tratar de :

- a)* establecer la relación entre los índices de capacidad de rendimiento físico y diversos criterios del estado de salud, por medio de

estudios demográficos (longitudinales y transversales) con fin de definir los niveles óptimos de capacidad de rendimiento físico;

b) establecer la relación entre la capacidad de rendimiento físico y la longevidad;

c) establecer la relación entre la capacidad de rendimiento físico y la velocidad a la que se deterioran con la edad otras funciones orgánicas.

7. Conviene realizar estudios epidemiológicos sobre la prevalencia, la incidencia y el pronóstico de las enfermedades cardiovasculares en poblaciones que desarrollan una actividad física durante toda su vida. Estas poblaciones pueden encontrarse bastante dispersas y por ello esos estudios deben realizarse en colaboración.

8. Deben realizarse estudios « condicionados » controlados en hombres de edad madura, a fin de determinar si la actividad física durante las horas de asueto modifica el riesgo de cardiopatías isquémicas y de otras enfermedades. Teniendo en cuenta que estos estudios sólo se pueden llevar a cabo con la participación activa de los interesados, pero que también presentan interés para los países donde no es fácil encontrar a ese tipo de individuos, esos estudios necesitarán un apoyo considerable.

9. Los estudios sobre la salud de los atletas deben proseguir después de que éstos han abandonado la competición. A este respecto se recomienda que la OMS siga cooperando con los Archivos Médicos Olímpicos.

10. Todos los resultados de las encuestas demográficas efectuadas en los distintos países sobre los diversos aspectos de la capacidad de rendimiento físico debieran recogerse y publicarse.

11. Debiera prepararse un manual sobre los métodos de medición de la fuerza muscular y sobre los aspectos de la capacidad de rendimiento físico relacionados con ella.

12. En los programas de las escuelas de medicina y en los de algunos establecimientos donde se forma personal paramédico debiera incluirse el estudio de los aspectos fisiológicos y médicos de la actividad física y el de los problemas relacionados con la capacidad de rendimiento físico.

13. Convendría dotar becas para que médicos e investigadores pudieran estudiar las técnicas aplicables a los diversos aspectos de la capacidad de rendimiento físico y para adiestrar personal capaz de efectuar mediciones antropométricas valiéndose de métodos somatotipológicos normalizados.

## BIBLIOGRAFIA

1. Medición del Nivel de Salud, Informe de un Grupo de Estudio de la OMS (1957) Ginebra (*Org. mund. Salud Ser. Inf. técn.*, N° 137)
2. Morris, J. y col. (1953) *Lancet*, **2**, 1053; 1111
3. Fox, S. M. y Skinner, J. (1964) *Amer. J. Cardiol.*, **14**, 731
4. Keys, A. y col. (1967) *Acta med. scand.*, **180**, Suppl. 460
5. Stamler, J., Kjelsberg, M. y Hall, Y. (1960) *J. chron. Dis.*, **12**, 440
6. Karvonen, M. J. (1959) *Ergonomics*, **2**, 207
7. Hein, F. V. y Ryan, A. J. (1960) *Res. Quart. Amer. Ass. Hlth phys. Educ.* **31**, 263
8. Montoye, H. J., Huss, W. D. van y Nevai, J. W. (1962) *J. Sport Med. (Torino)*, **2**, 133
9. Pyörälä, K. y col. (1967) *Amer. J. Cardiol.*, **20**, 191
10. Kannel, W. B., Castelli, W. B. y McNamara, P. M. (1967) *J. occup. Med.*, **9**, 611
11. Rosenman, R. H. y col. (1966) *J. Amer. med. Ass.*, **195**, 86
12. Larsen, O. A. y Lassen, N. A. (1966) *Lancet*, **2**, 1093
13. Holmgren, A. (1956) *Sand. J. clin. lab. Invest.*, **8**, Suppl. 24
14. Hipertensión Arterial y Cardiopatía Isquémica: problemas de prevención. Informe de un Comité de Expertos de la OMS (1962) Ginebra (*Org. mund. Salud Ser. Inf. técn.*, N° 231, pág. 7)
15. Chrastek, J., Adamirova, J. y Král, J. A. (1964). En: Kato, K., ed., *Proceedings of the International Congress of Sports Sciences*, 1964, Tokyo, The Japanese Union of Sports Sciences, pág. 94
16. Jokl, E. y col. (1968) *Wk-Environ.—Hlth*, **5**, N° 1, 24
17. Mellerowicz, H. (1956) *Arch. Kreisl. — Forsch.*, **24**, 70
18. Holmgren, A. y col. (1957) *Acta med. scand.*, **158**, 413
19. Holmgren, A. y col. (1959) *Acta med. scand.*, **165**, 89
20. Ingelmark, B. E. y Ekholm, R. (1948) *Acta Soc. Med. upsalien*, **53**, 61
21. Asmussen, E. (1956) *Acta rheum. scand.*, **38**
22. Brendstrup, P. (1962) *Arch. phys. Med.*, **43**, 410
23. Johnson, M. L., Burke, B. S. y Mayer, J. (1965) *Amer. J. clin. Nutr.*, **4**, 37
24. Mayer, J. (1960). En: Johnson, W. E., ed., *Science and medicine of exercise and sports*, Nueva York, Harper, pág. 301
25. Sterky, J. (1963) *Acta paediat. (Uppsala)*, Suppl. 114
26. Rutenfranz, J. y col. (1968) *Z. Kinderheilk.*, **10**, 133
27. Larsson, Y. y col. (1963) *Acta paediat. (Uppsala)*, **52**, 530
28. Pyörälä, K., Heinonen, A. O. y Karvonen, M. J. (1968) *Acta med. scand.*, **183**, 263
29. Eiselt, E., Bosák, V. y Bojanovsky, I. (1966) *Z. Altersforsch.*, **19**, 279
30. Král, J. (1956) *Klinika telovychovného lékařství*, Prague Stat zdrav. naklad
31. Wakefield, M. C. (1944) *Res. Quart. Amer. Ass. Hlth phys. Educ.*, **15**, 2
32. Ikkala, E., Myllylä, G. y Sarajas, H. S. S. (1963) *Nature (Lond.)* **100**, 459

33. Klaus, E. J. y Noack, H. (1967) *Frau und Sport*, Stuttgart, Thieme
34. Rähä, C. E. (1958) *Advanc. Pediat.*, XV, 137
35. Kauppinen, M. (1967) *Acta obstet. gynec. scand.*, 46, Suppl. 6
36. Andersen, K. L. (1967) *Canad. med. Ass. J.*, 96, 832
37. Andersen, K. L. (1966). En : Baker, P. T. y Weiner, J. S., ed., *The biology of human adaptability*, Oxford, Clarendon Press
38. Taylor, H. L., Buskirk, E. y Henschel, A. (1955) *J. appl. Physiol.*, 8, 73
39. Asmussen, E., Heebøll-Nielsen, K. y Molbech, S. (1959) *Comm. Test Observ. Inst. Dan. Nat. Ass. Infantile Paralysis*, N° 5
40. Ikai, M. y Fukunaga, T. (1968) *Int. Z. angew. Physiol.*, 26, 26
41. Asmussen, E. y Heebøll-Nielsen, K. (1961) *Comm. Test. Observ. Inst. Dan. Nat. Ass. Infantile Paralysis*, N° 11
42. Monod, H. (1956) *Contribution à l'étude du travail statique*, París, tesis
43. Rohmert, W. (1960) *Int. Z. angew. Physiol.*, 18, 123
44. US Department of Commerce, Office of Technical Services (1961) *Techniques for measuring body composition*, Washington, D. C., National Academy of Sciences, National Research Council (Government Research Report N° AD 286506)
45. Astrand, P. O. (1952) *Experimental studies of physical working capacity in relation to sex and age*, Copenhagen, Munksgaard
46. Holmgren, A. y Astrand, P. O. (1966) *J. appl. Physiol.*, 21, N° 5, 1463
47. Reindell, H., König, K. y Roskamm, H. (1967) *Funktionsdiagnostik des gesunden und kranken Herzens*, Stuttgart, tesis
48. Sjöstrand, T. (1961) *Relationen zwischen Bau und Funktion des Kreislaufsystems und ihre Veränderungen unter pathologischen Bedingungen*. Mannheim-waldhof Schriften-reihe Boehringer (*Forum Cardiologicum*, 3)
49. Holmgren, A. (1967). En : *Proceedings of the International Symposium on Physical Activity and Cardiovascular Health, Toronto, Ontario, October 11-13, 1966*, *Canad. Med. ass. J.*, 96, 697
50. Ekelund, L. G. y Holmgren, A. (1967) *Circulat. Res.*, Suppl. I
51. Ekblom, B. y col. (1968) *J. appl. Physiol.*, 24, 518
52. Ikai, M., Yate, K. y Ishii, K. (1967) *Sportartz und Sportmedizin*, N° 5, 197
53. Petersen, F. B. y col. (1961) *Int. Z. angew. Physiol.*, 18, 468
54. Muller, E. A. y Rohmert, W. (1963) *Int. Z. angew. Physiol.*, 19, 403
55. Hansen, J. W. (1961) *Int. Z. angew. Physiol.*, 18, 474
56. Hansen, J. W. (1967) *Int. Z. angew. Physiol.*, 23, 367
57. Setschenow, L. M. (1903-1904) *Le physiologiste russe*, 3, 41-45
58. Vinogradov, M. I. (1958) *Teorija i praktika fiziceskoj kul'tury*, 10, 770
59. Muravov, I. V. y Sitnikov, A. D. (1962) [*El ejercicio durante el trabajo y la salud de los trabajadores*] (en ucraniano) Kiev, Editorial Médica Estatal de la RSS de Ucrania
60. Muravov, I. V. (1966) *Z. altersforsch.*, 20, 99