

INSTITUTO DE MEDICINA DEL RENDIMIENTO — BERLIN

Regulación y acciones del entrenamiento corporal

PROF. H. MELLEROWICZ.

La aplicación de estímulos funcionales en forma progresiva, es decir el entrenamiento, desencadena acciones sobre el organismo que conducen a un aumento de rendimientos específicos. Para ello existe una regulación general biológica, sin la cual no habría ninguna aclimatación a las exigencias cambiantes y crecientes del medio ambiente. La misma se refiere a las íntimas relaciones biológicas entre forma y función orgánica. Por otra parte la función posee una influencia cambiante y constructora de la forma orgánica (por ejemplo el desarrollo del corazón).

También en el entrenamiento, cada organismo tiende siempre al mantenimiento de la «homeostasis», al equilibrio dinámico de los tejidos y de las funciones en su relación con las exigencias del medio ambiente. Todas las acciones del entrenamientos sobre el organismo posibilitan, en cierta medida, una aclimatación a las exigencias del rendimiento aumentadas, un equilibrio dinámico del individuo y de las exigencias del medio ambiente.

Con toda seguridad existen relaciones biológicas entre la cantidad, es decir, la suma de esfuerzos del entrenamiento en determinado tiempo de entrenamiento y el rendimiento total del entrenamiento; una expresión valorable de la acción del entrenamiento lo constituye los cambios morfológicos de los órganos, en general aumento del tamaño del diámetro, del volumen

y del peso, así como el aumento del rendimiento general y específico del organismo. No raras veces se aceptan relaciones de proporción lineal entre cantidad de entrenamiento y aumento del rendimiento. La valoración de experiencias y los resultados de pruebas experimentales (MAIDORN y MALLEROWICZ) muestran sin embargo que con el aumento de la cantidad de entrenamiento el rendimiento no aumenta en absoluto en igual medida.

Con la suma progresiva de esfuerzos por encima del umbral de excitación durante el entrenamiento, el aumento del rendimiento es proporcionalmente cada vez más pequeño. Es decir, el grado de acción del entrenamiento o sea la relación entre aumento del rendimiento y cantidad de entrenamiento, disminuye constantemente. Representado en un sistema de coordenadas resulta una curva de trayectoria aproximadamente parabólica. Es parecido a lo que ocurre con todas las funciones de rendimiento a lo largo de un desarrollo que también toman un desarrollo aproximadamente parabólico.

El aumento de rendimiento está determinado en forma proporcional por la cantidad total de la suma de esfuerzos del entrenamiento por encima del umbral de excitación. Las relaciones aproximadamente parabólicas entre cantidad de

entrenamiento y aumento del rendimiento explican algunas experiencias del entrenamiento que en principio son aparentemente incomprensibles. Con una pequeña intensidad del entrenamiento por encima del umbral y de corta duración se puede (especialmente en no entrenados) alcanzar un aumento del rendimiento relativamente grande. Con una cantidad de entrenamiento grande se consigue por el contrario relativamente menos. Es parecido a la subida a una montaña. Al principio se puede alcanzar una altura relativamente grande con poco esfuerzo. A medida que aumenta la pendiente de la montaña se alcanza con el mismo esfuerzo una altura relativamente cada vez menor. Para subir una altura igual se precisa cada vez un mayor esfuerzo.

El aumento del rendimiento es también dependiente en forma proporcional del estado de *entrenamiento*. Con un estado de entrenamiento cada vez mayor y a igual cantidad de entrenamiento, el aumento de rendimiento, tal como demuestra la experiencia, es cada vez menor, hasta el momento en que con dicha cantidad de entrenamiento ya no es posible alcanzar ningún aumento del rendimiento. Por ello el entrenado necesita cada vez más entrenamiento para poder alcanzar aún un aumento del rendimiento. Hasta que finalmente el individuo excepcionalmente entrenado (aunque no excesivamente) ya no alcanza ningún aumento del rendimiento ni aún con la máxima cantidad de entrenamiento. Un principio cuantitativo fundamental de la acción del entrenamiento es la racionalización, la *economía* de las funciones del rendimiento. Mediante la economía de los procesos del movimiento aumentan las reservas potenciales del rendimiento y sube la capacidad de rendimiento máximo. Este principio tiene vigencia tanto para las organizaciones industriales como para el organismo humano. La utilización de oxígeno más pequeña en el entrenado para un mismo rendimiento, por ejemplo en carreras de fondo y medio fondo, es una expresión medible de la economía de las funciones del rendimiento.

La economía del trabajo cardíaco mediante el entrenamiento fue demostrada por nosotros mediante cálculos comparativos. STOBOY, FRIEDEMANN y MÜSSGEN demostraron la acción ahorradora del entrenamiento en lo que se refiere a la actividad eléctrica de la musculatura esquelética.

También entre la *cualidad* de los estímulos del entrenamiento y la eficacia del entrenamiento existen relaciones proporcionales. Las células, los tejidos, los órganos y todo el organismo se adaptan a las cualitativamente distintas

exigencias de rendimiento en forma muy especial, mediante cambios especiales de las finas estructuras histológicas y químicas. Así por ejemplo el entrenamiento en potencia, de tensión, produce sobre la musculatura esquelética cambios completamente distintos que el entrenamiento en resistencia, de duración. Así, según datos de KRESTOWNIKOW en experimentación animal, encontró después de un entrenamiento de velocidad más creatina y carnosina en la musculatura esquelética, en cambio después de un entrenamiento de duración halló más colesterol, glutatión y ácido ascórbico. La especial adaptación estructural y el cambio funcional unido a ella posibilitan el aumento de rendimientos especiales. El entrenamiento de potencia-tensión y el de velocidad, tal como lo llevan a cabo nuestros corredores de distancias cortas, determina un crecimiento del grosor, la llamada *hipertrofia* del músculo. Cada fibra muscular de que se compone el músculo se hace más gruesa. De este modo aumenta el diámetro total y el volumen total del músculo. En cambio un aumento de la cantidad de fibras musculares no se produce. En el músculo entrenado e hipertrofico aumentan las moléculas de actomiosina.

El aumento del diámetro y de volumen, así como el aumento de las moléculas de actomiosina puede alcanzar más del cien por cien. En igual medida y proporcionalmente al aumento del grosor crece también la fuerza del músculo.

En el entrenamiento de medias distancias, es decir, carreras de ochocientos (800) y 1.500 esta hipertrofia muscular es menos significativa, y en el caso de entrenamiento para distancias largas, es decir, distancias de 5.000 hasta 42,2 kilómetros de la marathón, no se observa en absoluto.

En músculos entrenados aparece un aumento de determinadas sustancias de gran significación para el metabolismo muscular y el rendimiento muscular. Así por ejemplo aumenta el glicógeno. El músculo entrenado es también más rico en potasio y fosfatos, que tienen un papel muy importante en el metabolismo muscular. La falta de potasio y fosfatos en la alimentación del individuo conduce rápidamente a una disminución del rendimiento. En el músculo entrenado también se encuentran aumentadas determinadas vitaminas y fermentos, que actúan como catalizadores biológicos en el metabolismo muscular. En el músculo entrenado aumentan el número y la superficie interna de los *capilares* tal como se ha demostrado en la experimentación animal (PETIEN, SJOSTRAND, SYLVEN —1936— y otros).

Cuanto más grande es el número y la super-

ficie interna de los capilares en el músculo, tanto más favorables son las condiciones de aporte de oxígeno al músculo y existen mejores condiciones para una capacidad mayor de rendimiento muscular prolongado y para una menor fatigabilidad.

En el entrenamiento para esfuerzos prolongados aumenta la cantidad total de sangre en especial en número total de eritrocitos, así como la cantidad total de *hemoglobina* (KJELLBERS, RÜDHE, SPÖSTRAND, 1949, y otros). Cuanto mayor es la cantidad de hemoglobina de la sangre tanto más oxígeno puede ser transportado, (capacidad de transporte de oxígeno aumentado) y tanto mayor puede ser el rendimiento de duración del organismo.

También el aumento de la *reserva alcalina* en la sangre entrenada es fundamental para el aumento de la capacidad de rendimiento prolongado. Ello sirve para la neutralización y para la acción del sistema TAMPON frente a los productos ácidos del metabolismo: ácido láctico que se produce durante el rendimiento muscular.

En el entrenamiento aparecen también desviaciones de la clase y número de leucocitos (linfocitosis relativa y eosinofilia). No deben confundirse con los cambios del cuadro leucocitario que se observan en los procesos inflamatorios y enfermedades alérgicas.

El corazón crece bajo el influjo del entrenamiento. Los ventrículos y aurículas se ensanchan proporcionalmente conservando sus relaciones fisiológicas de tamaño. Este crecimiento armónico del corazón, entrenado, se apoya en el crecimiento de cada una de las fibras miocárdicas (LINZBACH) que se hacen más gruesas y largas. Como consecuencia de ello las paredes de los ventrículos y de las aurículas son más gruesas y su volumen es mayor.

Mientras que los corazones pequeños de los individuos de oficina pesan aproximadamente 250-300 gramos, en las necropsias de deportistas se han encontrado corazones que pesaban 400-500 gramos. El volumen cardíaco medido mediante método radiológico es de 700-800 centímetros cúbicos, en el individuo no entrenado de edad media, mientras que en el entrenado se encuentran volúmenes cardíacos de 1.000-1.400 centímetros cúbicos.

En los practicantes de distintas *clases de rendimiento* el tamaño cardíaco absoluto y relativo (en relación al peso corporal) se comportan en forma distinta. Los mayores corazones, tanto absoluta como relativamente, se encuentran en los deportes de duración, por ejemplo en los corredores de fondo y los ciclistas. Un aumento del corazón de tipo medio y pequeño se

halla en los corredores de distancias medias y cortas. Por el contrario no se puede demostrar ningún aumento del corazón en aquellos deportes que tan sólo exigen esfuerzo puro, rapidez o habilidad, durante un corto espacio de tiempo. Encontramos, por ejemplo, corazones pequeños en levantadores de peso, gimnastas, saltadores, lanzadores y también jinetes. El aumento del tamaño del corazón en los deportistas fue confundido durante muchas décadas con los aumentos patológicos del corazón por enfermedades del miocardio o de las válvulas cardíacas. Hoy sabemos que en el caso del *corazón de deportista* se trata de una forma fisiológica de un corazón con una capacidad de rendimiento especial. En comparación con ellos, los pequeños *corazones de escritorio* son de rendimiento débil, mórbidos y enfermizos, frente a unos procesos degenerativos del corazón que constituyen en nuestra época el mayor peligro para la salud física. Las mismas proporciones de tamaño cardíaco como en los entrenados y los no entrenados los encontramos en los animales domésticos y los que viven en estado salvaje. Así, por ejemplo, los animales de corral y el cerdo tienen corazones pequeños; por el contrario los conejos salvajes y los jabalíes tienen corazones grandes.

Los corazones entrenados de gran rendimiento se contraen en reposo mucho más lentamente. El número de pulsaciones en reposo es aproximadamente de 70 por minuto y puede reducirse mediante un intenso entrenamiento sistematizado hasta aproximadamente la mitad. Así frecuencias de 32-40/min. no son ninguna rareza en gente muy entrenada, con el mejoramiento progresivo del estado de entrenamiento disminuye también la frecuencia cardíaca en reposo. El sobreentrenamiento o un trastorno de la condición determina un nuevo aumento de la frecuencia cardíaca en reposo. La observación continua de la frecuencia cardíaca (siempre bajo las mismas condiciones y medida a las mismas horas del día) es por tanto de valor práctico para el enjuiciamiento del estado de entrenamiento y de la capacidad de rendimiento, así como de la condición actual. *El volumen minuto en reposo* de circulación, es decir, la cantidad de sangre que exige la circulación durante 1 minuto es más pequeña en el organismo entrenado. Frente a valores normales de cerca de 5 litros se encuentran valores de 3 litros en los deportistas de fondo muy entrenados. El volumen minuto de la circulación puede mantenerse más pequeño en los organismos entrenados, porque debido a la mayor capacitación del músculo y de los órganos entrenados es mayor la utilización del oxígeno de la sangre.

También *la tensión arterial* (la presión sistólica y la amplitud de presión arterial) acostumbra a ser más pequeña en los entrenados. A lo largo de un período de entrenamiento disminuye su medida (bajo condiciones iguales) permite igualmente sacar conclusiones sobre el estado de entrenamiento actual.

Con un número menor de contracciones cardíacas, un trabajo volumétrico menor y un trabajo tensorial más pequeño, *el trabajo diario* en los grandes corazones de deporte es pequeño. En corazones muy entrenados es en reposo por debajo de los 10.000 Kg. por día. Los pequeños corazones de oficina tienen que desarrollar un trabajo diario mayor con una forma de trabajar mucho más ineconómica (10.000-15.000 Kg. por día). El entrenamiento conduce a un funcionalismo cardíaco mucho más económico y racional. Es una condición esencial para sus mayores reservas de rendimiento.

Así en grandes corazones frente a las mayores exigencias de rendimiento pueden bombear más de 30 litros de sangre por minuto a través del aparato circulatorio frente a 20-23 litros en los organismos no entrenados.

Hasta hoy no se han demostrado *daños irreversibles* en los corazones sanos a causa de exigencias corporales externas. El corazón aparece por el contrario más protegido a causa de un mayor número de mecanismos fisiológicos de seguridad. Hay, por cierto, signos de sobreenentrenamiento en el corazón que, sin embargo, regresan aplicando una menor cantidad de entrenamiento. El corazón patológico puede, sin embargo, seguir dañado. El entrenamiento determina el desarrollo de un *pulmón de rendimiento* de gran capacidad vital (cantidad de aire que después de una aspiración profunda puede de nuevo inspirarse). La mayor capacidad vital y los músculos respiratorios reforzados mediante el entrenamiento permiten un volumen minuto respiratorio máximo mayor en los grandes rendimientos corporales. Cuanto mayor es el volumen minuto respiratorio máximo, tanto mejores son las condiciones para una gran captación de oxígeno por el organismo y para una gran capacidad de rendimiento corporal.

La capacidad de rendimiento corporal depende esencialmente de los procesos de regulación vegetativa. Mediante el entrenamiento puede aumentarse la capacidad reguladora del sistema vegetativo. Esto es especialmente demostrable en las funciones circulatorias. El entrenamiento determina un desplazamiento de la situación de equilibrio del sistema vegetativo hacia el tono parasimpático (vago-tonía de los entrenados) economiza los procesos metabólicos.

aumenta las reservas de rendimiento regulador y facilita el reposo del organismo.

Para el aumento del rendimiento es esencial el aumento de la *economía del movimiento* y del grado de acción muscular mediante el entrenamiento. Aquí en relación con todas las otras acciones del entrenamiento se encuentra la disminución de la *fatigabilidad*. A igual rendimiento la utilización de oxígeno en el organismo entrenado es menor que la formación de productos metabólicos ácidos, como el ácido láctico es más pequeño. Los cambios de inhibición de las fibras musculares, de la permeabilidad de las membranas y de los desplazamientos minerales de las fibras musculares durante su rendimiento agotador son menos marcados.

La falta de entrenamiento y de trabajo corporal junto a la sobrealimentación y a las exigencias exageradas del sistema nervioso son en nuestra civilización técnica una causa frecuente, posiblemente la más frecuente, de enfermedad. El entrenamiento corporal y los ejercicios bien indicados y dosificados pertenecen, en dicha situación, a los métodos más eficaces de la medicina preventiva y rehabilitadora. Las nuevas enfermedades carenciales han sido correctamente llamadas por el profesor KRAUS, de rehabilitación en Nueva York, como «Hypokinetic diseases». Vistas desde el punto de vista puramente cuantitativo se han vuelto el mayor problema sanitario de nuestro tiempo. La falta de movimiento puede ser considerada, con fundamento, como el factor patogenético esencial en las siguientes enfermedades: Trastornos de regulación del aparato circulatorio, algunas formas de hipertensión, insuficiencia coronaria, infarto de miocardio, distonía vegetativa, adiposidad por falta de movimiento con sobrealimentación relativa, algunas enfermedades geriátricas y caracterizadas por una debilidad precoz funcional de los órganos.

Frente a dichas enfermedades del entrenamiento corporal constituye el método preventivo y también con una indicación y dosificación correcta el método de rehabilitación para la recuperación del rendimiento.

Muchas de las acciones demostrables del entrenamiento, especialmente los ejercicios de duración, posibilitan un mejor aporte de oxígeno al organismo, a ello contribuye entre otros el aumento de capacidad vital de los pulmones, la subida de su volumen minuto máximo y el aumento de utilización del oxígeno del aire respirado. Estas acciones del entrenamiento son de significación rehabilitadora para la recuperación del rendimiento del aparato respiratorio, después de neumonías y también después de procesos tuberculosos, paquipleuritis y estados

post-operatorios tales como de lobectomías y de toracoplastias.

El hombre de nuestro tiempo necesita el entrenamiento corporal preventivo y rehabilitador para la conservación, estimulación y conservación de su capacidad de rendimiento y de su salud. Las grandes posibilidades que ofrecen el «Plan Dorado» y «el segundo camino» del deporte alemán, deben ser también utilizadas por las organizaciones médico-deportivas con finalidades preventivas y rehabilitadoras.

En los abundantes y bonitos balnearios alemanes se deberían aplicar mucho más las posibilidades activas que ofrece cada uno de ellos. Necesitamos más lugares donde el entrenamiento corporal y los ejercicios dosificados sean aplicables en forma planificada como medio de la medicina preventiva y rehabilitadora. —

BIBLIOGRAFÍA

- KJELLBERG, S. R., U. RUDHE u. T. SJÖSTRAND. — Acta radiol. (Stockh.), 31, 131 (1949).
- KRAUS, H. — Hypokinetic Disease, Springfield, Illinois, 1961.
- KRESTOWNIKOW, A. N. — Physiologie der Körperübungen. Volk und Gesundheit, Berlin 1953.
- LINZBACH, A. J. — Virchows Arch. path. Anat. 314, 534 (1947); Klin. Wschr. 26, 459 (1948); Virchows Arch. path. Anat. 318, 575 (1950).
- MAIDORN, K. u. H. MELLEROWICZ. — Int. Zschr. angew. Physiol. 19, 27 (1961).
- MELLEROWICZ, H. — Arch. Kreislaufforsch. 24, 70 (1956).
- PETREN, T., T. SJÖSTRAND u. SYLVEN. — Arbeitsphysiologie 9, 376 (1936).
- STOBOY, H., G. FRIEDEBOLD u. W. NÜSSGEN. — Zschr. ges. exp. Med. 129, 401 (1957).