

V. El desarrollo y perfeccionamiento de la resistencia)

Cuanto más intenso es el esfuerzo, más elevada es la cantidad de oxígeno para las necesarias combustiones, pero el abastecimiento de éste por el torrente sanguíneo es limitado al igual que su absorción por los tejidos. Cuando el esfuerzo se sostiene cómodamente, o inclusive con algunas molestias respiratorias y apenas imperceptibles «agujetas», se considera aeróbico; es decir, un esfuerzo que utiliza el sistema energético aeróbico (con oxígeno), pero cuando es tan intenso que obliga a «aflojar» o a detenerse para recobrar «aliento», se considera anaeróbico; es decir, un esfuerzo que utiliza el sistema energético anaeróbico donde el oxígeno es menor a la demanda y hay gran presencia de productos químicos de desecho del metabolismo.

Cuando finalices este capítulo podrás:

- Distinguir entre la resistencia aeróbica y la anaeróbica.
- Adaptar y acomodar los principios del entrenamiento general al de resistencia.
- Conocer los factores endógenos y exógenos de realización de resistencia para que los tengas en cuenta en el entrenamiento de la resistencia.
- Distinguir los efectos beneficiosos y negativos del entrenamiento de resistencia para buscar los primeros y evitar los segundos.

- Tener valores referenciales para el entrenamiento de la resistencia: el consumo máximo de oxígeno, las demandas de oxígeno de la posición o prueba, el déficit y la deuda de oxígeno, las intensidades de las sobrecargas progresivas del entrenamiento y la prescripción y control de la resistencia.
- Discriminar los distintos métodos para entrenar la resistencia y cuál es la específica a la posición o prueba.
- Confeccionar planes de entrenamiento de la resistencia.

En este capítulo:

1. Resistencia
 - Resistencia aeróbica
 - Resistencia anaeróbica
2. Principios generales del entrenamiento de la resistencia
 - Principio 1. Tipo de entrenamiento: total y específico
 - Principio 2. Continuidad del entrenamiento
 - Principio 3. Sobrecargas progresivas del entrenamiento
3. Factores endógenos y exógenos de realización de resistencia
 - Factores endógenos de realización de resistencia: La capacidad para consumir oxígeno. La respiración y la relajación. La técnica de carrera. Longitud de las palancas óseas
 - Factores exógenos de realización de resistencia: El tipo de entrenamiento. El calentamiento. Las condiciones climatológicas
4. Efectos del entrenamiento de la resistencia
 - Efectos beneficiosos
 - Efectos negativos
5. Clases de resistencia: aeróbica, anaeróbica y mixta: aeróbica-anaeróbica

Consideraciones generales:

 - a) Un valor referencial de un buen consumo de oxígeno (V_{O2})
 - b) El consumo máximo de oxígeno del deportista que se entrena
 - c) La demanda de oxígeno de la posición o prueba
 - d) El déficit y la deuda de oxígeno y sus efectos
 - e) Las intensidades de las sobrecargas progresivas
 - f) La prescripción y el control del entrenamiento de la resistencia por la frecuencia cardiaca
6. El entrenamiento de la resistencia
 - Principales características del método de la carrera continua en el entrenamiento de la resistencia aeróbica
 - Características del método a intervalos en el entrenamiento de la resistencia aeróbica

El entrenamiento de la resistencia anaeróbica

 - Los factores de trabajo DIRTSA
 - Otras características del método a intervalos en el entrenamiento de la resistencia anaeróbica (y en la mixta)

Un dato histórico interesante sobre el método a intervalos

 - El entrenamiento de la resistencia por el método Fartlek
7. Evaluación de la resistencia
 - Evaluación de la resistencia aeróbica
 - Evaluación de la resistencia anaeróbica
 - Evaluación del rendimiento para las carreras de fondo en atletismo, natación, ciclismo y otras pruebas similares de deportes individuales

Resumen del capítulo

Cuestionario de repaso

Bibliografía

1. Resistencia

La resistencia es un componente básico para cualquier práctica deportiva y se considera, por regla general, el factor más importante en la preparación fisiológica e indispensable en cualquier deporte.

Cuando la resistencia falla como resultado de un esfuerzo muscular fuerte y sostenido, disminuyen las otras cualidades que hacen posible los mejores rendimientos deportivos: fuerza, velocidad o tiempo de reacción, coordinación y vigilia, sencillamente porque el suministro de oxígeno y otras fuentes de combustibles al músculo no es suficiente para sostener el esfuerzo. Por tanto, los principales objetivos de un entrenamiento de resistencia son: lograr un incremento de la cantidad de sangre a los músculos que hacen el principal trabajo, y mejorar los sistemas energéticos. En otras palabras, la resistencia tiene un vínculo muy fuerte con los aparatos circulatorio y respiratorio, y con el metabolismo, especialmente, el celular. Fisiológicamente hablando hay dos resistencias: la aeróbica y la anaeróbica.

Resistencia aeróbica

Es la capacidad de sostener un esfuerzo cíclico, rítmico y relativamente fuerte más allá de seis minutos¹. Es, según Toni Nett, «Una capacidad de oposición al cansancio por un equilibrio (*steady state*) entre las necesidades de oxígeno y su aprovisionamiento».

En las pruebas de fondo de atletismo, natación, ciclismo, piragüismo y remo se expresa en concordancia con el factor tiempo. En los deportes de asociación como el baloncesto, balonmano, fútbol y hockey, por la movilidad sostenida durante mucho tiempo. En todas estas actividades la resistencia aeróbica no está limitada tanto por la resistencia local de un número de músculos, sino más bien por la capacidad del sistema circulatorio (corazón, vasos sanguíneos y sangre) y el sistema respiratorio (pulmones) para llevar oxígeno a los músculos que trabajan y acarrear los productos químicos de desecho del metabolismo (2).

La resistencia aeróbica también es conocida o nombrada vulgarmente como resistencia «cardiovascular», «cardiorrespiratoria», «orgánica» y «general».

Resistencia anaeróbica

Es la capacidad de sostener un esfuerzo muy fuerte durante el mayor tiempo posible en presencia de una deuda de oxígeno producida por

¹ Debido a que existen diferencias individuales de resistencia entre los individuos, el autor ha establecido los seis minutos como la barrera que desmarca un esfuerzo como de predominio aeróbico. Es decir, que aunque el esfuerzo sea aeróbico, si es de alta intensidad como una prueba atlética de 3000 metros, también hay un significativo aporte energético anaeróbico.

el fuerte esfuerzo y que será pagada una vez que finalice o aminore suficientemente. David R. Lamb (2) la define como: «La habilidad de persistir en el mantenimiento o repetición de contracciones extenuantes que descansan, principalmente, en el suministro de energía del mecanismo anaeróbico».

Son esfuerzos deportivos típicos de resistencia anaeróbica:

- Las pruebas de velocidad en atletismo, natación, ciclismo, piragüismo y remo
- Los combates en boxeo, judo y lucha
- Los *sprints* repetidos (uno tras otro) y el *pressing* sostenido en los deportes de asociación como el baloncesto, balonmano, fútbol y hockey

Todas estas actividades están caracterizadas por contracciones musculares fuertes que demandan mayores tasas de energía (ATP) que las que pueden ser provistas por el metabolismo aeróbico sólo.

La resistencia anaeróbica también es conocida, o nombrada vulgarmente, por resistencia «muscular», «local» y «específica».

2. Principios generales del entrenamiento de la resistencia

Lógicamente, los principios generales del entrenamiento de la resistencia son los mismos expuestos en el capítulo I, tema 5 del primer tomo de esta obra:

- Tipo de entrenamiento: total y específico
- Continuidad del entrenamiento
- Sobrecargas progresivas del entrenamiento

Por supuesto que estos principios generales del entrenamiento deportivo tienen que ser matizados y acomodados a este entrenamiento. Es lo que voy a intentar hacer.

Principio 1. Tipo de entrenamiento: total y específico

En el tema anterior se han visto los distintos nombres que vulgarmente se les asignan a las resistencias aeróbica y anaeróbica, entre ellos el de «general» (total) para la primera y «específica» para la segunda. Estos sabios nombres populares deben bastar para aceptar este principio, pero voy a más.

Los deportistas con un consumo alto de oxígeno (V_{O2}) suelen manifestar una buena resistencia.

Demasiados entrenadores/preparadores físicos cometen ciertos errores evitables y que se pagan muy caro en el ciclo anual, especialmente con los resultados del campeonato o de la competición. Parten de estos razonamientos simplistas e incorrectos:

- «¿Para qué perder tiempo en un entrenamiento aeróbico cuando los resultados de mi deporte se fundamentan en la resistencia anaeróbica? Mejor voy directamente al entrenamiento anaeróbico.»
- «Aunque sé que la resistencia anaeróbica tiene un cierto papel en mi deporte, no la entreno porque las situaciones presionantes de los partidos (o de las pruebas) bastan para mejorarla.»

A estos tengo que recordarles las palabras de Paul Ward referidas al entrenamiento de fuerza y que acomodo al de resistencia: «No es aconsejable distorsionar el equilibrio metabólico concentrando los esfuerzos en un solo sistema energético porque aumentan las posibilidades de que el rendimiento específico disminuya». ¿Por qué?

Desde un punto de vista simplista se puede alegar lo siguiente: un edificio siempre tiene una base y un remate. La base de la resistencia anaeróbica o específica es la aeróbica o general y el remate es la propia específica. Pero fisiológicamente o por las implicaciones «internas» hay que pensar así:

- No hay esfuerzo deportivo aeróbico o anaeróbico puros, con excepción de los que duran menos de diez segundos y que se clasifican como de potencia. Además en esfuerzos hasta seis segundos se denomina potencia anaeróbica fosfagenolítica (Naclerio Ayllón, F. y col 2010).
- Cuanto mejor sea el aporte de oxígeno (resistencia aeróbica) al metabolismo energético anaeróbico, más eficaces serán estos esfuerzos porque se demora la aparición de la deuda de oxígeno y de la fatiga y se aminoran una vez surgidas. Sistema energético anaeróbico no quiere realmente decir «sin oxígeno», sino que este es insuficiente para satisfacer las demandas que plantea la intensidad proveniente del esfuerzo y el organismo tiene que echar mano de otros combustibles para producir la gran cantidad de ATP (la principal fuente de energía) que se demanda.

Una de las virtudes del entrenamiento aeróbico es la de ampliar todos los medios orgánicos para llevar más oxígeno a las mitocondrias celulares: aumenta la cavidad cardiaca con lo cual el corazón puede expulsar más sangre en cada sístole; aumenta el total de litros de sangre, y los glóbulos rojos y la hemoglobina de ésta con lo cual se transporta más oxígeno desde los pulmones hasta las mitocondrias; hace más elásticos y flexibles los vasos sanguíneos, especialmente los capilares, con lo que mejora su permeabilidad para ceder más oxígeno a las mitocondrias y retirar productos químicos de desecho; mejora el funcionamiento de los alvéolos pulmonares y pone a actuar los latentes, con lo que mejora la hematosis (la sangre toma oxígeno

y entrega anhídrido carbónico a los pulmones). En otras palabras, la resistencia anaeróbica se mejora más sobre la base amplia de la aeróbica que le aumenta los canales de suministro de oxígeno. Entrenar la resistencia anaeróbica sin pasar antes por la aeróbica es frenar y disminuir el suministro de oxígeno. Tampoco se olvide que durante las contracciones fuertes se cierra el flujo de sangre a las células.

Ciertamente las situaciones presionantes de los partidos y pruebas mejoran la resistencia anaeróbica, pero ¿es suficiente en volumen e intensidad? Me parece que no y que con otros estímulos se puede llegar a situaciones de mayores sobrecargas.

No olvido que en el primer y segundo tomo defendí la ausencia de entrenamiento de resistencia, tanto aeróbica como anaeróbica dentro de la preparación física, en los jóvenes pre y puberales, pero lo hice por razones de maduración y para evitar excesos que en esos estadios puede comprometer, sino su salud, sí su mejor desarrollo orgánico. Prefiero que en estos estadios su inocencia e incomprensión para someterse a entrenamientos extremos sea un regulador a los excesos del entrenamiento técnico que ciertamente puede traer un desequilibrio entre el desarrollo y perfeccionamiento de las dos resistencias. En esta situación es mejor pecar por defecto que por exceso y no llover sobre mojado con la preparación física. Pero a partir de la pubertad la cosa es diferente y hay que apremiar el mejoramiento de la resistencia aeróbica como la base sobre la cual construir la específica a la especialidad y posición o prueba deportiva. Esquemáticamente se puede ver así:

Resistencia aeróbica (general) + resistencia anaeróbica (específica)
= MEJOR RESISTENCIA ANAERÓBICA

Principio 2. Continuidad del entrenamiento

«Si un deportista entrenado aeróbicamente deja de entrenar puede esperar la pérdida de la mayor parte de los beneficios del entrenamiento en un plazo comprendido entre dos semanas y tres meses.» David R. Lamb, basándose en las investigaciones de Bryntenson y E. Sinning, Drinkwater, B. L. y Horvath, S. M., Tringer, M. N. y Stull, G. A.; Michael, E.; Evert, J. y Jeffers, K., y Roskamm E. Los valores del consumo de oxígeno máximo, respuesta de frecuencia cardiaca después del ejercicio y la frecuencia cardiaca en reposo, generalmente se invierten y vuelven a los niveles anteriores al entrenamiento, más rápido a como se mejoraron. Esto demuestra la necesidad de la regularidad en el entrenamiento aeróbico (capacidad física limitante).

Es cierto que lo anterior tipifica el caso de un deportista que entrenó específicamente la resistencia aeróbica y luego la abandonó porque

como sigue en el entrenamiento de alguna forma la entrena. La cuestión es determinar si el abandono de este entrenamiento en un momento del ciclo anual perjudica el rendimiento deportivo.

Al igual que con el entrenamiento de la resistencia aeróbica o el de otras cualidades, las mejoras obtenidas por un entrenamiento anaeróbico comienzan a perderse después de aproximadamente un mes de inactividad. Según Lamb (2): «Mucha de la ganancia, hasta el 80 %, en muchos casos, se retiene como seis meses. Parece como si la mayoría de la retención es a causa de la retención de la mejora de la fuerza».

Principio 3. Sobrecargas progresivas del entrenamiento

Al igual que con el entrenamiento de otras cualidades, los planes/ programas para el entrenamiento de cualesquiera de las resistencias deben proporcionar sobrecargas progresivas a las partes del cuerpo involucradas con ellas (de no ser así, la mejora se estancaría).

Tal y como sucede con el entrenamiento de la fuerza, este principio se apuntala en el criterio general de que los ejercicios que mejoran la resistencia son los que constituyen estímulos máximos, pero en la praxis deportiva se sabe que antes de llegar a estos hay que recorrer un largo camino para evitar ganancias relámpagos seguidas por un detenimiento que siempre resulta nocivo psicológicamente para su rendimiento. De aquí la conveniencia de:

- Comenzar siempre trabajando la resistencia aeróbica, siendo el primer plan del ciclo anual uno de acondicionamiento básico e incrementarse lenta y progresivamente.
- Utilizar, tanto en el entrenamiento aeróbico como en el anaeróbico las tres intensidades del entrenamiento, y que aquí son las mismas del entrenamiento de fuerza: baja (60-70 % de la máxima capacidad), media (70-80 %) y alta (80-90 %), y dejar la máxima para los controles y para ser utilizada en los partidos y pruebas. Esto se verá más adelante. Esa máxima se denomina Vam/Pam (velocidad aeróbica máxima o potencia aeróbica máxima), y se corresponde con el 100 % del VO_2 máximo.
- El entrenamiento debe ser individualizado, lo que demuestra que hay grandes diferencias en la capacidad de resistencia entre los individuos tanto aeróbica como anaeróbicamente.
- Imponer, con el entrenamiento, demandas desacostumbradas sobre el potencial de reposición de ATP, una vez pasada la etapa de acondicionamiento básico del ciclo anual. Esto se relaciona estrechamente con los factores de trabajo recogidos

en las siglas DIRTSA², además de con la frecuencia semanal del entrenamiento. En atletismo estas siglas pueden verse así:

Siglas y equivalencia más próxima	Descripción	Ejemplo para un chico de 15 años que se inicia en el medio fondo:
D = distancia a correr	A más distancia más intervalo, a menos repeticiones y series, como es lógico, más tiempo.	200 m
I = intervalo de recuperación	A mayor intervalo más velocidad (menor tiempo).	Caída del pulso a 110-120
R = repeticiones de la distancia	A más repeticiones menor distancia e intervalo y, por supuesto, menor tiempo.	4-5 por serie
T = tiempo en que se debe correr la distancia	A mayor tiempo mayor distancia e intervalos y menos repeticiones-series.	35". Se considera un corredor de 2' en 800 m
S = veces que se hacen las repeticiones si van por bloques	Variable y a gusto del entrenador/preparador físico.	
A = acción durante el intervalo	Al principio caminar, luego caminar y trotar y, cuanto antes, sólo trotar.	

En resumen: volumen bajo e intensidad alta.
Este ejemplo es para un deportista que se encuentra bien dentro del periodo específico.

2 En otros deportes las siglas DIRTSA deben ser acomodadas, especialmente en los de asociación.

3. Factores endógenos y exógenos de realización de resistencia

Son factores de realización de resistencia:

- Endógenos: capacidad para consumir oxígeno, la respiración, la relajación, la técnica de carrera y la longitud de las palancas óseas.
- Exógenos: tipo de entrenamiento, calentamiento y las condiciones climatológicas.

Según el peso de estos factores en cada deportista, será su rendimiento en resistencia.

Un criterio aceptado unánimemente por los entrenadores/preparadores físicos es que la «resistencia es diferente entre los individuos». Y en efecto, así es y se puede demostrar fácilmente de dos formas: una en el laboratorio midiendo la capacidad individual de consumir oxígeno durante un esfuerzo³, y la otra en el campo deportivo mediante una prueba motriz de resistencia o una de aptitud cardiovascular respiratoria. Ciertamente, existen diferencias entre ellos y es lo que voy a intentar demostrar enfrentando tres pruebas, una de laboratorio y dos de campo, y partiendo del esquema que aparece en la siguiente página.

Por los resultados del esquema se puede deducir que:

- El deportista «B» está genéticamente mejor dotado para consumir oxígeno, pero debido a otros factores —también de realización de resistencia— asociados a la prueba de la carrera de 1500 metros se vio superado por «A».
- El deportista «A» asoció a su inferior capacidad de consumir oxígeno algunos otros factores de realización de resistencia como el nivel de motivación, la longitud de palancas (especialmente de las piernas), una buena técnica que ahorra energía, el sufrimiento a las molestias y dolores del esfuerzo, que le permitieron vencer en la realidad deportiva y ser el mejor a pesar de ser inferior en el factor de realización de resistencia que se considera más importante: la capacidad para consumir oxígeno.

En efecto, todo parece indicar que la capacidad de consumir oxígeno es el factor de realización de resistencia de más peso. Si todos los que en ella intervienen son sopesados minuciosamente esta conclusión aflora

³ El consumo de oxígeno se puede medir en litros de oxígeno por minuto y en mililitros de oxígeno por kilogramos de peso corporal. Como el oxígeno es utilizado por todos los tejidos del cuerpo, teóricamente y muchas veces en la realidad, un individuo con más peso tiene un consumo mayor que uno de menor peso, tanto en reposo como en esfuerzo. Por tanto, es mejor, con propósito comparativo, recoger los valores de consumo de oxígeno en base al peso corporal y en mililitros.

limpiamente. He aquí la razón por la cual existen varios métodos directos e indirectos de laboratorio para medir el consumo máximo de oxígeno y por qué los investigadores consideran este factor como el principal, al juzgar la capacidad física de trabajo y la resistencia. Por tanto, comienzo a analizar los factores de realización de resistencia por el que se considera más importante, aunque con los restantes no utilizo un orden de prelación.

Factores endógenos de realización de resistencia

La capacidad para consumir oxígeno

No todos los individuos del mismo medio social, económico y bagaje intelectual tienen la misma —muchas veces ni siquiera parecida— capacidad para consumir oxígeno o para mejorarla. Hay factores genéticos que determinan esta capacidad: la constitución y eficacia de funcionamiento de los sistemas circulatorio y respiratorio, la cantidad de fibras musculares (masa muscular) y, sobre todo, el predominio de un tipo de fibra muscular parecen ser los factores genéticos que mayormente determinan la capacidad para consumir oxígeno.

A lo largo de los tres tomos de esta obra y varias veces me he referido —las más de las veces dando citas de otros autores— a la relación entre el predominio de un tipo de fibra muscular y el rendimiento deportivo. El peso del predominio de un tipo de fibra muscular es incuestionable en determinados rendimientos deportivos, pero muy poco he dicho sobre otros factores genéticos que hacen posible la eficacia de un tipo de fibra muscular. Me refiero a la constitución (anatomía) y eficacia (fisiología) de los sistemas circulatorio y respiratorio.

Parece ser que el predominio de un tipo de fibra muscular condiciona los sistemas circulatorio y respiratorio. Así, cuando el predominio de fibras de contracción lenta —precisamente las mejores para la resistencia— es grande, el deportista también presenta sistemas circulatorio y respiratorio muy evolucionados. Por ejemplo, en estos deportistas los referidos sistemas presentan valores como los siguientes:

El sistema circulatorio. Muchos fisiólogos creen que la resistencia depende casi íntegramente de la capacidad de funcionamiento del corazón debido a que es el órgano encargado de mantener la circulación y, por tanto, todas las funciones orgánicas. De aquí que los métodos de entrenamiento de la resistencia se centran en el corazón y, en especial, en su frecuencia cardíaca. Sin embargo, otros factores también son importantes como se verá más adelante, pero primero véanse los valores cardíacos.

Volumen cardíaco en descanso y durante el ejercicio. En reposo el corazón de un chico universitario saludable bombea unos cinco o seis litros de sangre a las arterias cada minuto. Esta media de bombeo se conoce por

volumen cardiaco. Este puede ser aumentado cerca de cuatro veces hasta aproximadamente veintidós litros por minuto en hombres jóvenes, o tanto como seis veces, unos treinta litros o más en atletas altamente entrenados durante una sesión máxima de resistencia. Con una frecuencia cardiaca de sesenta y cinco veces por minuto se puede alcanzar un volumen cardiaco en reposo de cinco litros, y ante un esfuerzo vigoroso elevarla el triple, a 195 latidos y el volumen a treinta litros, considerando el volumen sistólico a 154 mililitros ($195 \times 154 = 30,030$ litros).

Si se mide la frecuencia cardiaca en reposo y justamente antes, durante y varios minutos después de una vigorosa carrera pedestre o de natación, se observa:

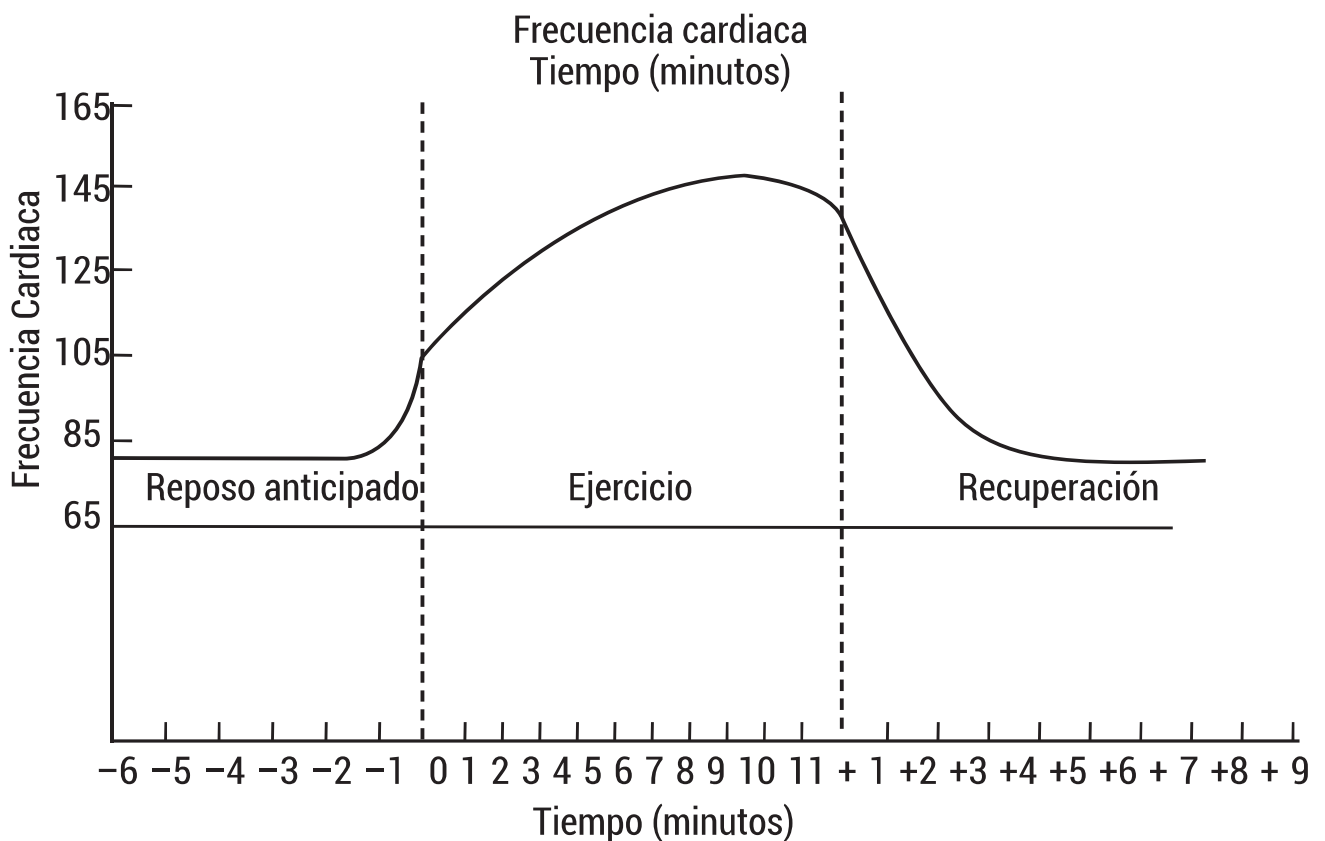
- Una elevación anticipada de la frecuencia cardiaca antes del esfuerzo, tal vez debida a una activación de los centros nerviosos aceleradores cardiacos por los estímulos que llegan desde los sistemas límbicos del cerebro (hipotálamo y lóbulo límbico de la corteza) donde la anticipación presfuerzo ha generado los impulsos. Esta elevación anticipada de la frecuencia cardiaca también puede ser causada, en parte, por la adrenalina y la noradrenalina aumentadas en la circulación por las glándulas adrenales, y es mayor durante una situación altamente competitiva que durante, por ejemplo, una sesión de práctica.
- Una elevación gradual durante el esfuerzo si este no llega al máximo. El corazón late más rápido y casi instantáneamente cuando comienza el esfuerzo. El primer latido es más rápido que los que le han precedido. La velocidad con la cual ocurre esta respuesta parece que está causada por un reflejo nervioso probablemente originado en los preceptores (husos) de los músculos que trabajan y/o en los de las articulaciones que inmediatamente pasan a la médula espinal y al centro cardiorregulador del cerebro.

«Una lenta declinación hacia los valores en reposo al finalizar el esfuerzo. El corazón reduce rápidamente su velocidad de contracción al cesar el esfuerzo porque cesan los estímulos aceleradores del sistema límbico y desde los receptores musculares y articulares. El remanente de aceleración de la frecuencia cardiaca más allá de la de reposo es porque la adrenalina y la noradrenalina siguen operando la aceleración hasta que el cuerpo se refresca y las hormonas son metabolizadas. También

Si se quiere desarrollar y perfeccionar la resistencia al máximo es necesario no sólo conocer los factores de realización de fuerza, sino asociarlos al entrenamiento de resistencia.

parece que algunas sustancias químicas tales como el ácido láctico, el potasio y el dióxido de carbono producidos en los músculos que trabajan afectan los centros cardiorreguladores de la médula para que mantengan la frecuencia cardiaca alta hasta que los niveles de esas sustancias contenidas en los fluidos del cuerpo retornen a sus valores en reposo.» David R. Lamb (2). El gráfico que sigue recoge el comportamiento de la frecuencia cardiaca.

Gráfico 11. Respuesta de la frecuencia cardiaca, antes, durante y después de un ejercicio no máximo. Extraído del libro *Fisiología del ejercicio. Respuestas y adaptaciones* (2).



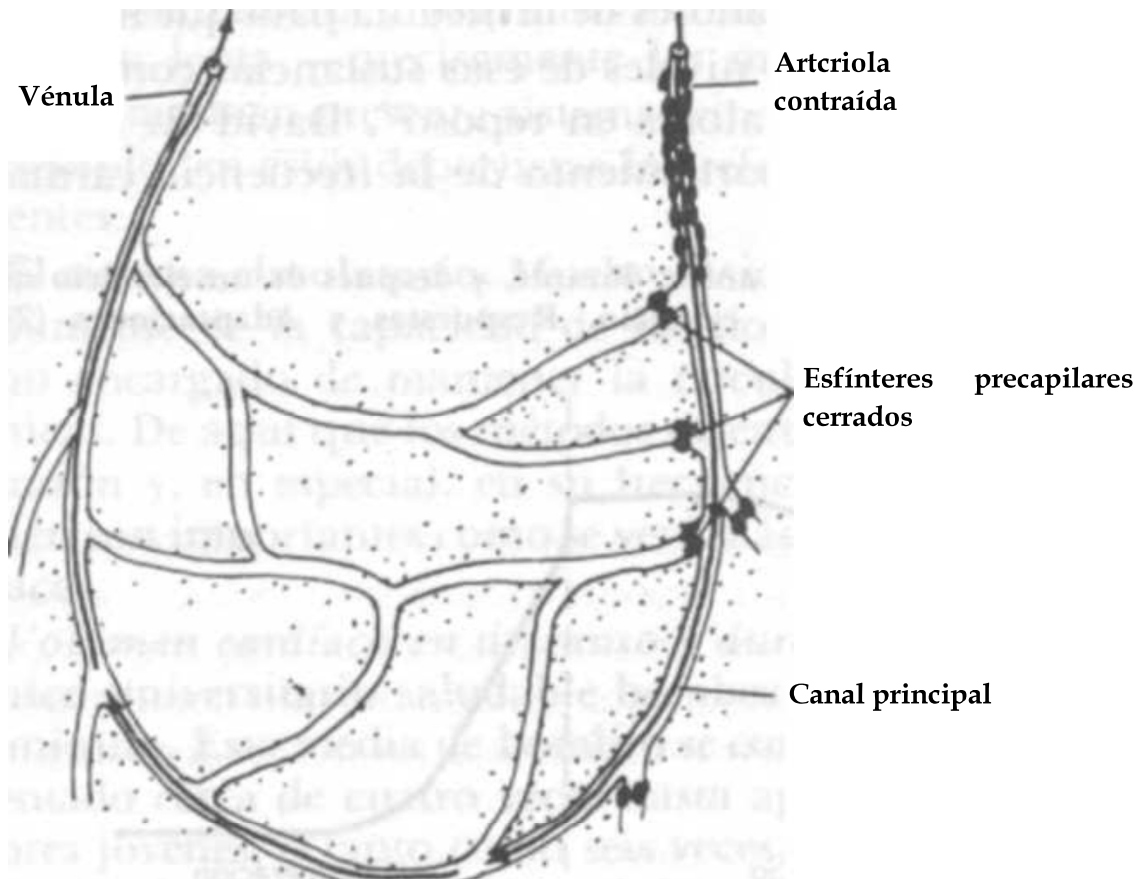
La habilidad del cuerpo de utilizar oxígeno es un indicador fiable del funcionamiento de los sistemas circulatorio y respiratorio, pero sobre todo, del metabolismo celular

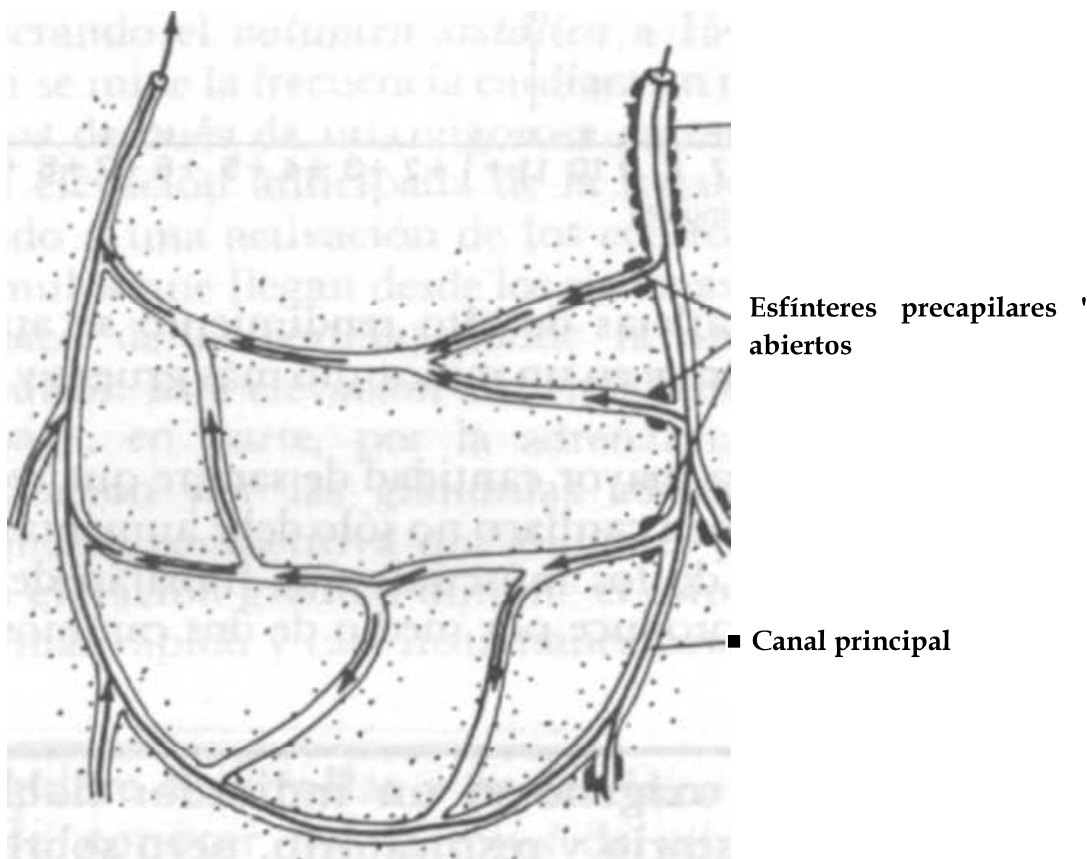
La eficacia de los corazones de los atletas de alto rendimiento depende, generalmente, de poseer una mayor cavidad cardiaca y un miocardio más grueso y fuerte.

Sigo con Lamb: «Para suministrar esa mayor cantidad de sangre que reclama un esfuerzo de resistencia máximo, el volumen cardiaco no sólo debe aumentar, sino que la circulación de la sangre a través de los músculos que trabajan debe ser dramáticamente incrementada, lo que se produce por medio de dos cambios en el sistema vascular: 1) dilatación de los vasos sanguíneos en los músculos que trabajan, y 2) constricción de los vasos sanguíneos en muchos tejidos aparte de los de los músculos que trabajan.

El elevado flujo sanguíneo en los músculos que trabajan está causado por: 1) la presión de la sangre aumentada, que es el resultado de un mayor volumen cardiaco, 2) la acción de masaje de la contracción muscular sobre las venas que ayuda a bombear la sangre a través de los músculos, y 3) una relajación de las suaves células musculares en las paredes de las arteriolas y los esfínteres de las válvulas que regulan el flujo de la sangre a los capilares como se demuestra en el dibujo. Pero el factor principal es la dilatación de los vasos causada por la hipoxia y las sales químicas, como el potasio, el ácido láctico y el fosfato, que son producidas por los músculos que trabajan; sustancias que se liberan al utilizarse el oxígeno.

Dibujo 3. Flujo local de sangre a través del músculo esquelético. Extraído de *Fisiología del ejercicio. Respuesta y adaptaciones* (2).





(b) Red de capilares en un músculo que trabaja

El flujo sanguíneo retorna a la normalidad durante la recuperación del ejercicio porque la circulación elimina las sustancias vasodilatadoras y lleva oxígeno a los músculos. La razón de hacer trote o *jogging* después del esfuerzo es para permitir a la circulación eliminar las sustancias que posteriormente pueden contribuir a la rigidez y al dolor del músculo como el ácido láctico. Y una razón más importante aún es prevenir la acumulación de sangre en las piernas que puede causar un retorno venoso insuficiente y por ende un inadecuado volumen cardiaco.

Por último está la propia constitución de la sangre. Para comprender que un buen consumo de oxígeno necesita de una buena colaboración de la sangre basta con observar algunas diferencias medias entre un individuo desentrenado y otro entrenado, para ir a los extremos y apreciar los valores con más claridad.

Valor	Desentrenado		Entrenado	
	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer
Volumen total (litros)	5,7	4,3	6,4	4,8
Glóbulos rojos (millones x mm ³)	4,7	4,2	5,5	5,0
Concentración de la hemoglobina (gr/100 ml de sangre)	14,0	12,01	17,0	15,0
Hematocritos (%)	45,0	42,0	49,0	45,0

Dado que la hemoglobina que se encuentra en las células rojas de la sangre (hematíes) lleva oxígeno, es obvio que el número de glóbulos rojos y la cantidad de hemoglobina contenidas en esas células son importantes para determinar cuánto oxígeno se puede transportar al músculo que trabaja. Esto ha sido demostrado por la resistencia misma que se ha observado en individuos a los que se les ha extraído parte de la sangre. Por otro lado, la sangre también es importante para eliminar los productos químicos de desecho del metabolismo.

El sistema respiratorio. Normalmente los deportistas presentan pulmones más grandes y, en consecuencia, un volumen pulmonar mayor que los no deportistas, pero lo que realmente establece la gran diferencia entre ellos, y que es lo que hace más efectiva la colaboración de los pulmones con el consumo de oxígeno, son la perfusión, la ventilación y la difusión pulmonar.

La mejor perfusión pulmonar se debe a que los millones de diminutos sacos de aire (alveolos) de los pulmones están mejor bañados de sangre por lo que más oxígeno puede entrar a la sangre pulmonar y más dióxido de carbono puede salir de ella.

Durante el reposo los pulmones son ventilados aproximadamente a seis litros por minuto que son, en el deportista, el resultado de unas doce respiraciones (inspiraciones-espирaciones). En una carrera de fondo puede elevarse alrededor de 80-100 litros por minuto y las respiraciones alrededor de las cuarenta, mientras que en los 400 metros pueden alcanzarse los 140-160 y las respiraciones aumentar mucho más, y los valores más altos corresponden a los que tienen un mejor consumo de oxígeno.».

La capacidad de difusión pulmonar para un gas como el oxígeno varía con muchos factores, entre ellos el grosor de los tejidos pulmonares, el grosor de la membrana de los glóbulos rojos, la cantidad de plasma entre los alvéolos y los glóbulos rojos; y lo más importante, el área de superficie de contacto entre los alvéolos y la sangre de los capilares pulmonares. Hay hasta un 30 % de aumento en la capacidad de difusión pulmonar para el oxígeno durante un ejercicio máximo y se cree que se debe casi enteramente a la perfusión aumentada como consecuencia de un número mayor de capilares abiertos propio de los deportistas, pero en especial de los que tienen un buen consumo de oxígeno.

**Son características de una buena resistencia:
baja frecuencia cardiaca en reposo, poca grasa
corporal, chorro sistólico y volumen cardiaco
potentes y gran capacidad respiratoria**

La cantidad de fibras musculares (masa muscular). Una gran cantidad de fibras musculares debe considerarse como negativa para la resistencia y esto lo saben todos los entrenadores/preparadores físicos; los deportistas musculosos y, por tanto, con muchas fibras musculares son menos resistentes que los delgados, sencillamente porque estos distraen menos sangre y oxígeno en otros tejidos que no sean los de los músculos que trabajan, el cerebro y la piel y, por tanto, tienen un consumo de oxígeno más eficaz, aunque puede ser menor en su volumen debido a su reducida masa muscular.

Sexo y edad. «No es difícil que el consumo de oxígeno aumente unas diez veces o más —hasta veinte veces puede ser— cuando se pasa desde la condición de reposo (unos 0,250 l/min) al ejercicio fuerte de resistencia (unos 2,5 a 5,0 l/min). Para las mujeres adultas jóvenes el consumo máximo de oxígeno es de unos 2,3 l/min, mientras que para los hombres puede ser de 3,4 bajo condiciones de ejercicio máximo.

Existe una amplia gama de valores para el consumo máximo de oxígeno que depende, entre otros, del estado de entrenamiento, de la edad y del sexo. Por ejemplo, el consumo máximo de oxígeno de las mujeres universitarias norteamericanas puede estar comprendido entre 1,2 a 3 litros y para los hombres de 2,7 a más de 4,0. Los deportistas destacados, hombres y mujeres, de los países escandinavos en esquí de fondo dieron valores tan altos como 6,0 y 4,0 l/min, respectivamente.», David R. Lamb (2).

«Antes de la pubertad los chicos y chicas no muestran diferencias significativas en el consumo máximo de oxígeno. A partir de aquí el consumo máximo de oxígeno aeróbico de la mujer es, como media, del 70 al 75 % del hombre. En ambos sexos se produce la cima entre los 18-20 años, a la que sigue la declinación gradual hasta la edad de 65 años en que la media es del 70 % de la alcanzada a los 25. El consumo máximo de oxígeno de un hombre de 65 años es el mismo que el de una mujer de 25.» Olof Åstrand (1).

La respiración y la relajación

Un hombre puede vivir varias semanas sin comida, alrededor de once días sin agua, pero apenas doce minutos sin oxígeno y tal vez menos.

¡Recuerda!, el factor principal en la realización de resistencia radica en el predominio de fibra de contracción lenta, que a su vez determina, mayormente, un mejor consumo de oxígeno

Un constante surtimiento de oxígeno es esencial para el funcionamiento de todos los tejidos y órganos. La inconsciencia aparece al minuto o a los dos después de privar al cerebro de oxígeno. La resistencia depende, en gran parte, de los sistemas respiratorio y circulatorio, que son los encargados de absorber el oxígeno de la atmósfera y transportarlo a cada célula viva del organismo. Por esta función al conjunto de los dos sistemas se lo ha denominado: sistema porta oxígeno.

La respiración. La respiración puede definirse como la función que asegura los intercambios gaseosos entre la célula y el medio externo. Esta definición elemental se aplica tanto al ser unicelular como a los organismos más diferenciados de la escala animal. Para la célula única la respiración se reduce a un fenómeno de difusión a través de una membrana; el oxígeno penetra en el protoplasma donde es utilizado como fuente de energía en el metabolismo celular, y se libera anhídrido carbónico que se expulsa al medio ambiente. En el hombre este proceso de difusión a través de la membrana celular constituye la última fase o etapa tisular de la respiración. La preceden las etapas pulmonar y sanguínea que aseguran simultáneamente la captación y conducción del oxígeno atmosférico hacia el contacto con la célula y la eliminación de anhídrido carbónico hacia el exterior.

De lo anterior se infiere que debemos distinguir tres fases o etapas en la respiración:

1. Respiración mecánica (inspiración y espiración), más hematosis
2. Circulación. Transporte de oxígeno y anhídrido carbónico
3. Respiración tisular (celular) o verdadera respiración

Mediante la hematosis los glóbulos rojos de la sangre se desprenden —en los alvéolos pulmonares— del anhídrido carbónico y toman oxígeno.

La respiración tisular es la clave de la cuestión y lo importante es llevar allí el oxígeno. Para esto se requieren buenos pulmones y especialmente alvéolos sanos, un poderoso corazón y un excelente sistema de arterias, capilares y venas.

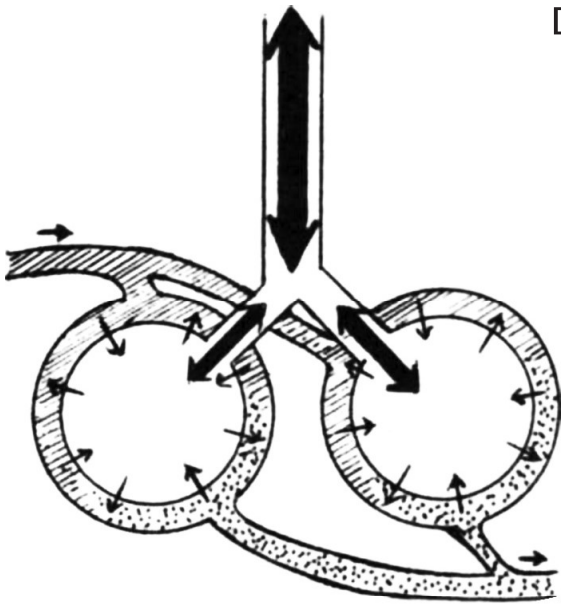
Respiración mecánica (inspiración-espiración). El conjunto tórax-pulmones desempeña un papel esencial en la primera etapa. Bajo el efecto de la contracción de los músculos inspiratorios, la caja torácica aumenta de volumen y reduce así la presión intrapulmonar, que resulta inferior a la presión atmosférica. Como el pulmón comunica con el exterior por las vías respiratorias, se establece una corriente aérea que produce el aumento del volumen pulmonar; es la fase inspiratoria. Sucede a esta la fase espiratoria en la cual, por el relajamiento de la musculatura inspiratoria, entra en juego la fuerza de retracción del pulmón y aumenta

la presión intralveolar que resulta superior a la atmosférica. Se expulsa aire y el pulmón recupera su volumen primitivo; es la espiración pasiva tal y como se observa normalmente en condiciones de reposo. La espiración se denomina activa cuando interviene la musculatura espiratoria para acelerar o completar el vaciado del pulmón o incluso para vencer resistencias aumentadas. Tal es el caso cuando se jadea durante un ejercicio vigoroso o después de finalizado.

Este movimiento de vaivén asegura la renovación del aire alveolar. En cada inspiración el alvéolo recibe cierto volumen de oxígeno y en cada espiración se expulsa un volumen análogo de anhídrido carbónico. De esta forma la ventilación da lugar a un intercambio periódico del aire alveolar por el aire ambiente y modifica la composición de la mezcla gaseosa. Para que sea eficaz la ventilación debe adaptarse, ante todo, a las necesidades metabólicas. Pero importa también que se distribuya uniformemente a las diferentes áreas pulmonares.

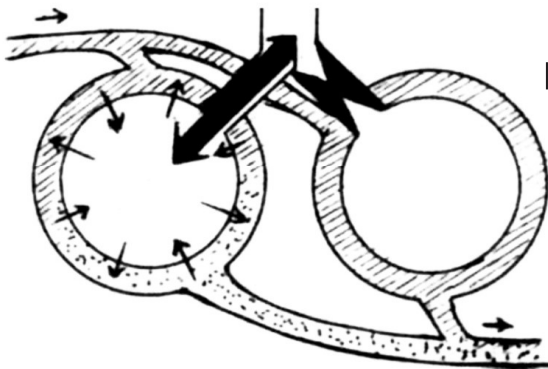
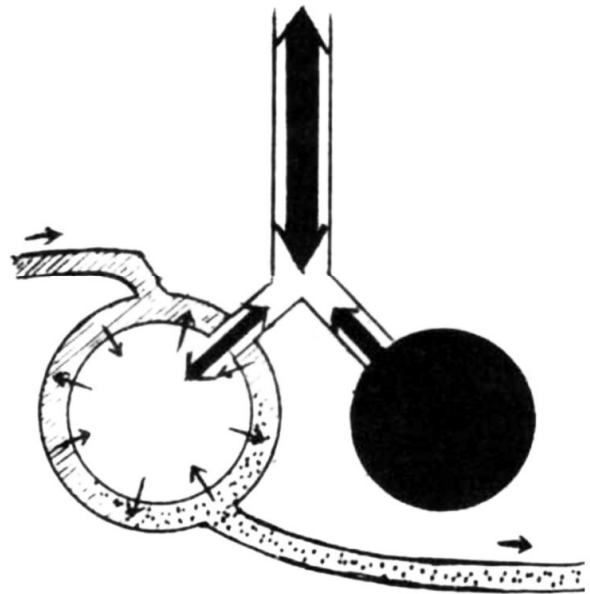
Distribución de la ventilación y de la perfusión. El pulmón humano consta de unos tres cientos millones de alvéolos. En condiciones ideales, cabría esperar que cada unidad funcional recibiera una parte del volumen inspirado proporcional a su propia capacidad. Tal distribución tendría la ventaja de procurar una homogeneidad de la composición gaseosa de cada unidad. De hecho, la distribución de la ventilación no es perfectamente uniforme, ni siquiera en condiciones fisiológicas óptimas. Ciertos alvéolos están hiperventilados y otros, hipoventilados. A esta desigualdad espacial se añade otra en el tiempo: la ventilación de las diversas áreas pulmonares no es simultánea.

Una distribución de la ventilación, por perfecta que fuera, no ofrecería ventaja alguna si la perfusión de los alvéolos no estuviera también correctamente repartida. En condiciones ideales, los alvéolos de las mismas dimensiones y sometidos a la misma ventilación, tendrían una perfusión equivalente; mejor aún, la cantidad de sangre mezclada que llegaría a cada sistema alveolar por unidad de tiempo se adaptaría a su volumen y al débito ventilatorio que le correspondiera (dibujo 4). Las consecuencias funcionales de un desequilibrio entre la ventilación de un sistema alveolar y su perfusión se comprenden fácilmente. Un territorio pulmonar ventilado pero donde no existe perfusión eficiente corresponde a un espacio muerto, es decir, a una zona en la cual los intercambios gaseosos son nulos y la ventilación inútil (dibujo 5). Por el contrario, los alvéolos con buena perfusión pero no ventilados actúan en forma de *shunt*, ya que la sangre que llega a ellos no se modifica al contacto con los mismos y conserva características venosas (dibujo 6).



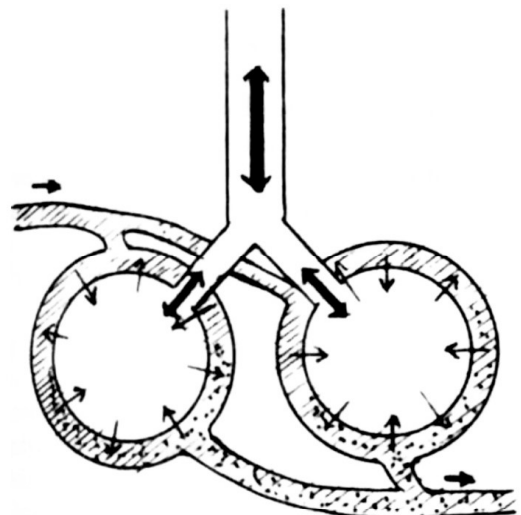
Dibujo 4. Cada círculo representa un alvéolo en un grupo de alveolos. La flecha gruesa representa el aire inspirado repartido (flechas finas) entre los distintos alvéolos. El proceso de difusión se indica por las flechas pequeñas que cruzan la membrana alveolar en dirección alvéolo-sangre para el oxígeno y, en sentido inverso, para el gas carbónico. La sangre venosa sale arterializada.

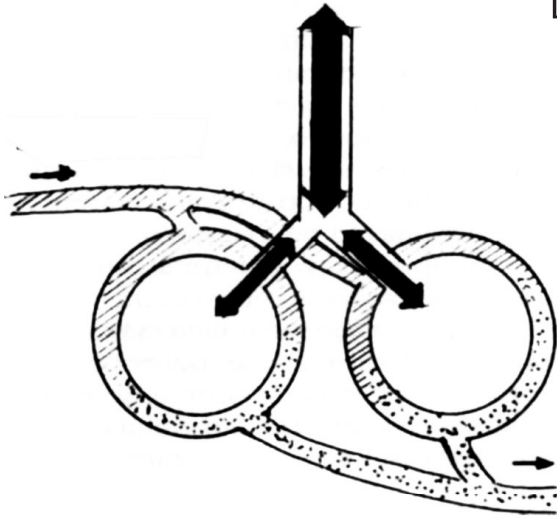
Dibujo 5. A veces no todos los alvéolos reciben sangre venosa en cuyo caso nos encontramos con un espacio muerto donde no existe difusión.



Dibujo 6. Algunas veces nos encontramos con alvéolos que no están ventilados y por tanto la sangre que llega a ellos no se modifica y conserva características venosas.

Dibujo 7. Cuando el aire inspirado no es suficiente nos encontramos con una hipoventilación alveolar y, en consecuencia, la sangre no puede arterializarse completamente, pues conserva gas carbónico.





Dibujo 8. La difusión simultánea de O_2 en un sentido y de CO_2 en otro tiende a igualar las presiones parciales de los gases en ambos lados de la membrana alveolar. Al mismo tiempo que el aire alveolar se carga de CO_2 , la sangre le sustrae el O_2 .

Entre ambas situaciones extremas son posibles todos los grados intermedios. Por tanto, más que la ventilación o la perfusión de un territorio, es la relación entre estos parámetros la que determinará la composición del gas que se encuentre en ellos. Según aumente o disminuya la relación ventilación-perfusión, la composición del aire alveolar se acercará a la del aire atmosférico o a la de la sangre venosa mezclada (dibujo 7).

Hematosis y difusión. El equilibrio que se establece entre los gases de ambos lados de la membrana alvéolo-capilar determina la conversión de la sangre venosa en sangre arterial. Este proceso de difusión resulta facilitado por la extensión de superficie de intercambio que es del orden 70-80 m². La sangre venosa mezclada, pobre en O_2 y rica en CO_2 , es expulsada del corazón derecho para expandirse en la red capilar pulmonar, donde se encuentra separada de la mezcla gaseosa alveolar por una membrana permeable de 0,15-0,5 mm de espesor (figura 5). La difusión simultánea de O_2 en un sentido y de CO_2 en otro tiende a igualar las presiones parciales de los gases a ambos lados de la membrana alveolar-capilar. Al mismo tiempo que el aire alveolar se enriquece en CO_2 , la sangre le sustrae el O_2 .

La etapa pulmonar finaliza con el intercambio gaseoso alvéolo-capilar.

Transporte de oxígeno y de anhídrido carbónico en la sangre. Entre la segunda etapa de la respiración o hematosis y la tercera o respiración tisular se produce el transporte de los gases desde los alvéolos a las células y viceversa.

El transporte de O_2 hacia los capilares tisulares y el CO_2 hacia el pulmón constituye la etapa sanguínea de la respiración. El transporte de O_2 está directamente relacionado a la presencia de la hemoglobina, cuya molécula incluye átomos de hierro bivalente, lo que le confiere la peculiar propiedad de captar el O_2 disuelto físicamente por un proceso de oxigenación.

Respiración tisular. El oxígeno liberado por la hemoglobina se difunde en la célula, mientras el CO_2 franquea simultáneamente en sentido contrario la membrana celular y pasa a la sangre capilar donde el contenido es mayor al O_2 . La solubilidad del CO_2 en el plasma ya no es suficiente para asegurar el transporte en la sangre del volumen de anhídrido carbónico formado por el metabolismo celular.

En estado de equilibrio, la captación de O_2 y la eliminación de CO_2 a nivel pulmonar son respectivamente iguales al consumo y a la producción tisulares. Es lo que se llama régimen aeróbico.

Cuando el metabolismo aumenta (fiebre, ejercicio muscular) los intercambios gaseosos se aceleran gracias a un aumento paralelo de la ventilación que incrementa así el aporte de O_2 al alvéolo y favorece la depuración del CO_2 que este contiene.

En la práctica deportiva, el tipo de frecuencia, profundidad y ritmo de la respiración depende de:

- La velocidad y duración del esfuerzo
- El grado de entrenamiento
- El grado de agotamiento
- La técnica al correr

Así, por ejemplo, tenemos que las inspiraciones y espiraciones en reposo —unas quince veces por minuto— pueden verse elevadas hasta cincuenta. Un jugador entrenado respirará menos veces por minuto que otro no entrenado; y por la misma razón respirará más veces el deportista agotado, es decir, al final del partido o de la prueba.

Cuando no se corre con la cintura escapular relajada, se dificulta la respiración y la penetración de oxígeno a los pulmones.

Si se jadea y se respira con dificultad es que se entra en el metabolismo anaeróbico.

En el trabajo intenso no es posible respirar solo por la nariz porque no permite una gran aeración de los pulmones. Hay que respirar por la nariz y la boca a la vez, pero esto produce resfríos que se pueden evitar comiendo helados, haciendo gárgaras con agua fría, así como con movimientos deglutivos, durante los cuales se pasan los dedos por la garganta varias veces seguidas de arriba abajo.

La técnica de carrera

Este es un punto que en los deportes de asociación no se le ha dado la importancia que tiene. Inclusive se puede relacionar con el rendimiento en general.

Un jugador con buena técnica de carrera, con soltura y relajamiento al correr no sólo es más resistente porque consume justamente la energía que su esfuerzo necesita, a la vez que neutraliza, resintetiza y elimina los productos químicos de desecho producidos por éste, sino que su rendimiento es muy superior.

No es lo mismo correr con mala técnica gastando innecesariamente energías y aumentando los productos de desecho del metabolismo, que hacerlo fluida y eficazmente. Tampoco es lo mismo correr con zancadas pequeñas en relación al esfuerzo que con amplias y adecuadas, o colocar mal el centro de gravedad en relación a las fuerzas impulsoras de las piernas.

Debe ser una preocupación constante del entrenador o preparador físico la técnica de carrera de sus jugadores. Para ello se documentará en libros de atletismo, tomará contacto con entrenadores de este deporte, captará y corregirá constantemente defectos, estimulará a sus jugadores hacia la aplicación correcta de la técnica de carrera, etc.

Un aspecto asociado a la técnica de carrera y muy discutido, pero nunca aclarado del todo, es el relacionado con la respiración: ¿cómo debe respirar el deportista mientras se desplaza? En primer lugar, hay que decir que la relajación de todo el cuerpo, sí de todo el cuerpo, tiene un vínculo muy importante con la respiración. No se puede esperar un buen mecanismo respiratorio (inspiración-espирación) corriendo contraído de tronco y brazos como si se fuera a golpear algo, porque el deportista no haría otra cosa que cansarse antes debido a que está obligando a muchos músculos que no son tan determinantes como los de las piernas en la carrera, a demandar más oxígeno; el tronco debe mantenerse relajado para permitir el libre juego de los músculos respiratorios (especialmente los intercostales y el diafragma) y los brazos moverse rítmica y relajadamente al compás (sincronizados) con las piernas. Son recomendaciones que siempre dan resultados para aflojar los músculos tensos del tronco y de los brazos durante la carrera, las siguientes: suelta las manos, relájalas y mantén las mandíbulas sueltas y con la boca entreabierta.

En cuanto a la respiración en sí hay que decir que una breve (que toma muy poco tiempo) en lugar de una profunda y rítmica, no permite que el intercambio de aire se realice de forma eficiente debido a que se inspira demasiado aire, pero no se espira el correspondiente, lo que produce un aumento de presión en el pecho, que a su vez provoca una acumulación de sangre a nivel del corazón que lo lleva a disminuir su rendimiento y aparece lo que se llama «angustia respiratoria». En la práctica esta presión en el pecho se elimina si el deportista logra que sus espiraciones sean mayores que las inspiraciones (hasta un 15 % más que es lo medido científicamente). Un error corriente en los deportistas que no saben respirar está, precisamente, en querer solo inspirar aire, lo que no se puede lograr si los pulmones están ocupados porque no se ha espirado convenientemente. Personalmente creo más importante la espiración que la inspiración; si la atención se presta a la espiración evacuando aire por la boca la respiración no tendrá problemas. Aquí se cumple también la máxima de la respiración artificial: «afuera el aire malo, adentro del aire bueno», es decir, primero sacar aire de los pulmones para crear espacio y que pueda entrar el pleno

de oxígeno. El ritmo de respiración correcto es el que está sincronizado al movimiento rítmico de todo el cuerpo, pero en especial a los de las piernas y de los brazos; si éstas van más rápidas así irá la respiración, y viceversa.

La longitud de las palancas óseas

Un deportista con igual cantidad de fibras de contracción lenta que otro, pero con una longitud superior de las palancas óseas de las piernas, necesitará utilizar menos zancadas en una carrera de medio fondo o fondo y, por tanto, tendrá más posibilidades de conseguir un mejor tiempo. Dos ejemplos aclararán esto.

«A» es un corredor de fondo que mide 1,75 metros de estatura, pesa 60 kilo-gramos, tiene el 75 % de fibras de contracción lenta y una longitud de piernas de 92 centímetros con un tronco de 83. Es lo que vulgarmente se conoce por un «zanquilargo».

«B» es también corredor de fondo, mide y pesa igualmente 1,75 metros y 60 kilogramos y posee exactamente el 75 % de fibra de contracción lenta como el otro, pero su longitud de piernas solo alcanza 83 centímetros, por lo que tiene un tronco de 92 centímetros. Es lo que vulgarmente se conoce por un «paticorto».

Es decir, los dos presentan las medidas tipológicas y la constitución muscular características de los buenos fondistas, aunque menos en el caso de «B», cuyas piernas son cortas. Si además de dichas características tuvieran la misma técnica de carrera y relajación y similar actitud psicológica, el deportista «A» debería alcanzar mejores tiempos que «B» debido a que utiliza menos zancadas por carrera, lo que le hace economizar energía. «B», además, tiene sobre sus piernas la penosa carga de un tronco más pesado.

Una longitud de piernas mayor que el tronco⁴ siempre es deseada en los deportistas de atletismo, voleibol y los deportes de asociación.

Factores exógenos de realización de resistencia

El tipo de entrenamiento

Aquí me veo obligado a decir lo mismo que dije en el capítulo IV «El desarrollo y perfeccionamiento de la fuerza (potencia)». A estas alturas es fácil comprender que todos los factores de realización de resistencia estén concatenados entre sí y que, de acuerdo con ellos y con las demandas del deporte y posición o prueba, habrá que plantear el entrenamiento de resistencia, siempre erigido sobre el trípode de los principios o leyes

4 El autor midió piernas de hasta un 10 % mayores que el tronco en su investigación sobre los 849 deportistas de la Provincia de Madrid.

generales del entrenamiento deportivo. Esto significa que los factores de realización de resistencia se verán potenciados por el tipo de entrenamiento, total o específico, y por los métodos de entrenamiento.

El calentamiento

El calor corporal aumenta la capacidad de realizar resistencia, porque los nervios conducen impulsos con mayor rapidez y los tejidos conectivos, así como los tendones y ligamentos, se hacen más elásticos y permeables a la sangre.

Las condiciones climatológicas

Mientras el calor ambiental no parece afectar mucho, tal vez nada o lo favorezca, a los esfuerzos anaeróbicos-alácticos y a los lácticos más bien breves como las pruebas atléticas de velocidad, sí lo hace con los esfuerzos que exceden de seis minutos, lo que se ha probado repetidamente en la praxis deportiva con los rompimientos de récords de las carreras atléticas de 10 000 metros y de la maratón que, normalmente, se han logrado con temperaturas frescas; en muchos casos alrededor de 10 °C.

4. Efectos del entrenamiento de la resistencia

Si se quiere más resistencia es necesario producir cambios morfofuncionales en el organismo y no hay otro camino. Esta es la razón por la cual a los sistemas modernos de entrenamiento se los llama «fisiológicos».

Para trabajar la resistencia es indispensable conocer el cuerpo humano, anatómica y funcionalmente, y especialmente los efectos que los diversos ejercicios de resistencia producen en él.

Los efectos del entrenamiento de resistencia en el organismo son de todas clases y hacia todas las partes del cuerpo, desde la creación de conductos sanguíneos, modificación de la constitución de la sangre, hasta la alteración del metabolismo.

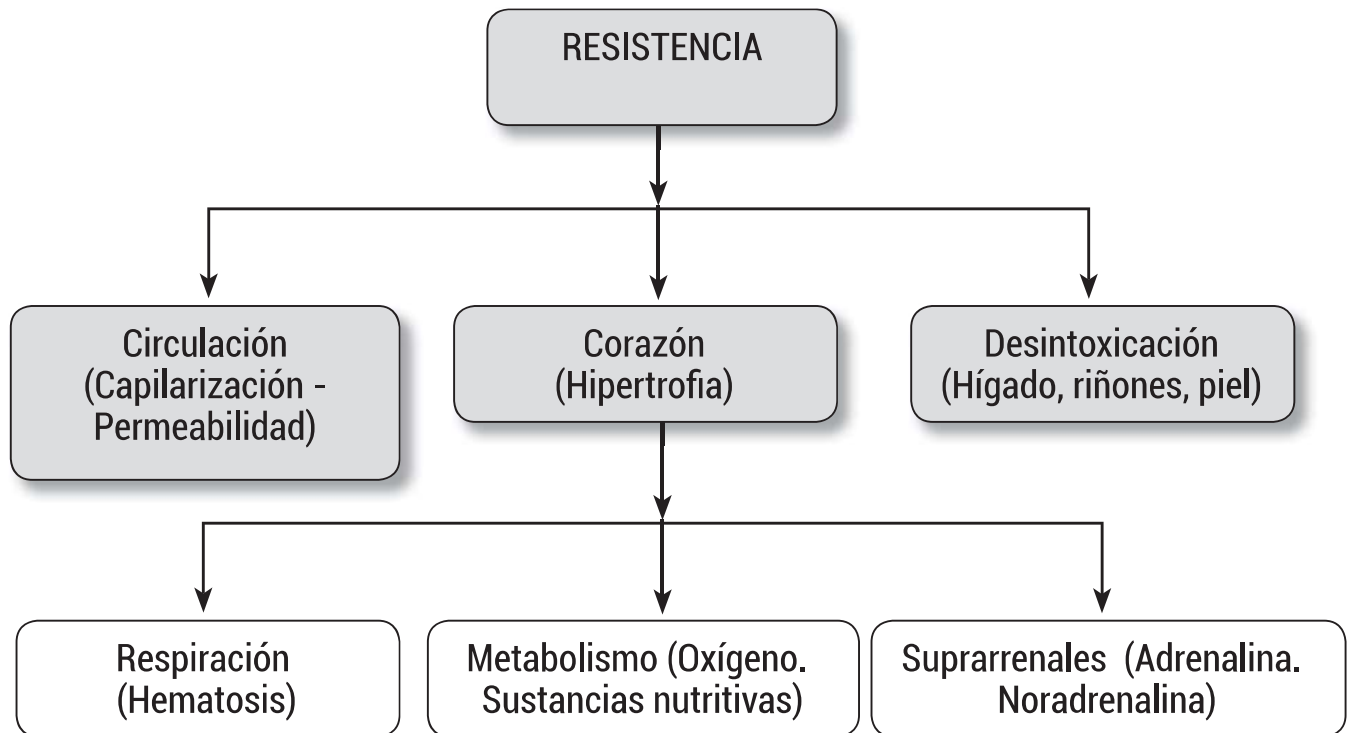
Cuando el entrenamiento de resistencia es racional y adecuado al organismo, los efectos que produce son beneficiosos. Si, por el contrario, son irracionales e inadecuados son perjudiciales.

Efectos beneficiosos

- Aumenta la cavidad cardiaca, lo cual permite al corazón recibir más sangre y también impulsar más con cada sístole.
- Fortalece y engruesa el miocardio, lo cual permite al corazón impulsar más sangre en cada sístole.

- Disminuye la frecuencia cardiaca, lo cual permite al corazón descansar más tiempo entre sístoles, en el día, en el año y en toda su vida.
- Pone en funcionamiento latentes capilares y crea nuevos, lo cual permite una mejor irrigación sanguínea de todo el organismo con la consiguiente mejora en el surtimiento de oxígeno y materias nutritivas, y la neutralización y eliminación de productos químicos de desecho.
- Aumenta la cantidad de sangre en el torrente. La cantidad de glóbulos rojos y hemoglobina también aumentan lo que permite transportar más oxígeno y materias nutritivas a todas las partes del cuerpo y neutralizar y eliminar más materias de desecho.
- Amplía la capacidad pulmonar y pone en funcionamiento latentes alvéolos.
- Hace más eficaz la hematosis y mejora el mecanismo inspiratorio-respiratorio para renovar el aire de los pulmones.
- Activa el funcionamiento de los órganos de desintoxicación (hígado, riñones, etc.), para neutralizar y eliminar las sustancias químicas de desecho.
- Activa el funcionamiento de las glándulas endocrinas, especialmente de las suprarrenales, que ven así aumentada su producción de adrenalina y noradrenalina.
- Provoca un aumento de las capacidades defensivas del organismo que se evidencia en el aumento de los leucocitos y de la linfa.
- Activa el metabolismo en sentido general.
- Fortalece los músculos de las piernas y en especial los más pequeños que son difíciles de entrenar con los ejercicios de fuerza que se valen fundamentalmente de los grandes músculos.
- Produce una baja del peso corporal a lo que acompaña un aumento de la capacidad de absorción de oxígeno. La reducción de peso se efectúa, especialmente, a expensas de la grasa.
- Mejora la efectividad del organismo para mantener el pH de la sangre en sus niveles normales.

Esquema de los efectos del trabajo de resistencia

**Efectos negativos**

Si el entrenamiento es eminentemente aeróbico produce:

- Un corazón grande, blando y al final poco eficaz
- Aumento del peso corporal por hipertrofia muscular que puede ser perjudicial para determinados deportistas
- Disminuye el potencial energético de la célula por entrada de sodio y agua y salida de potasio
- Disminuye la difusión de oxígeno en los tejidos por mayor tensión y espesamiento muscular

El corazón es un órgano clave en el desarrollo y mejoramiento de la resistencia —quizá el más importante de todos— a tal extremo que los sistemas de entrenamiento basados en la carrera se rigen en gran medida por su comportamiento, °es decir, por sus pulsaciones. Los efectos del entrenamiento de resistencia en el corazón son decisivos en el rendimiento por lo que me veo obligado a profundizar un poco más en ellos.

Como el corazón es un músculo hueco los efectos del entrenamiento, según el tipo de trabajo realizado, se manifiestan o bien por un aumento (musculación) de la pared o por un aumento de su volumen (cavidad).

Si un corredor realiza siempre el mismo tipo de esfuerzo, llega a un límite, es decir, alcanza un punto máximo más allá del cual no mejora. Si entrena únicamente en resistencia orgánica, es decir, aeróbica, acabará

teniendo un corazón gordo, blando y poco eficaz. Si, por el contrario, entrena únicamente la anaeróbica, las paredes se engruesan en perjuicio de la cavidad y de la capacidad; se eleva entonces la tensión arterial e incluso se pueden observar pequeños soplos cardiacos. Sobre esto Raymond Chanon de la escuela francesa dice:

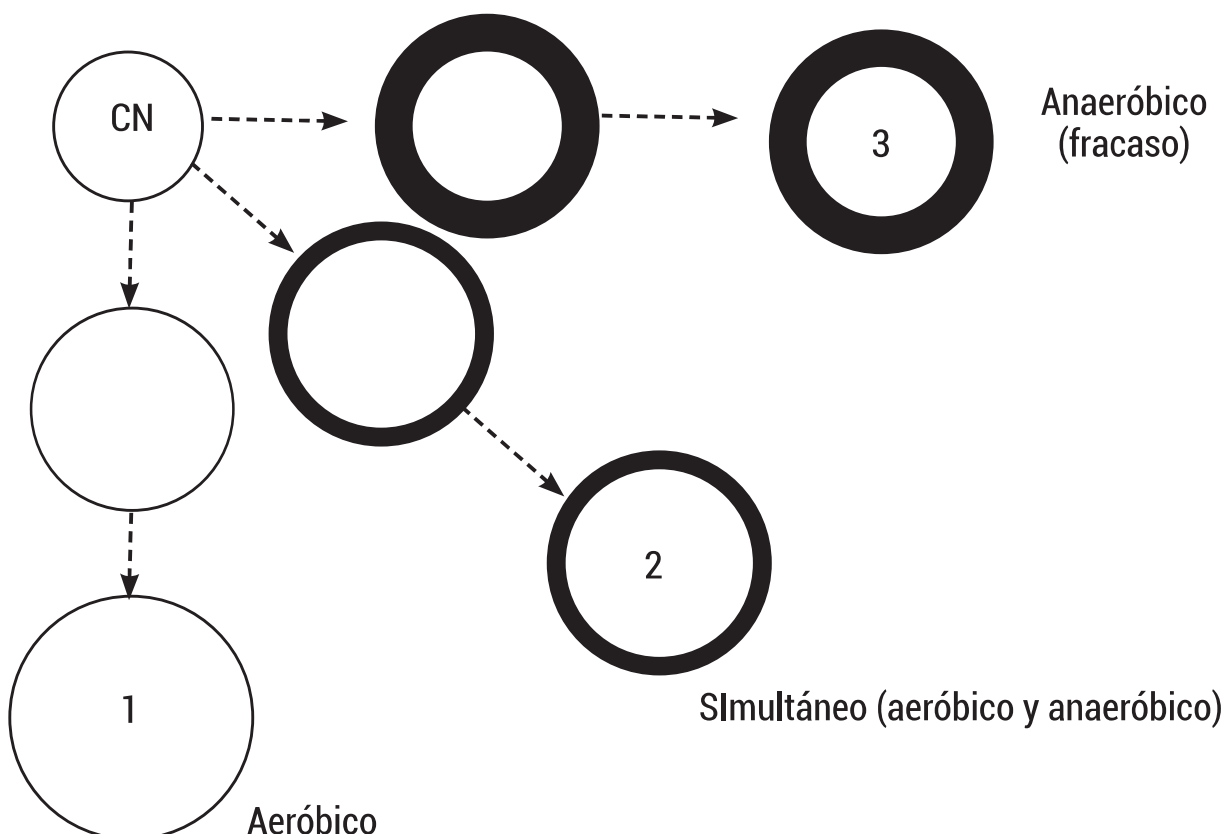
«Existe una relación óptima entre pared (espesor) y cavidad (volumen), según la especialidad de un corredor. Un error en el entrenamiento aeróbico, es decir, una cavidad demasiado importante en relación al grosor de la pared se puede corregir fácilmente. Pero un error en el entrenamiento anaeróbico, esto es, un corazón con pared gruesa y cavidad pequeña no se puede corregir o se corrige mal. Uno y otro pueden afectar la salud a largo plazo. Esto puede suceder con cualquier deportista cuando su entrenamiento no ha sido dirigido convenientemente.»

La resistencia aeróbica inicial es la base para la anaeróbica e incluso para otras cualidades.

En el entrenamiento anaeróbico único se observa:

- Aumento del ritmo cardiaco. Ejemplo, en reposo de 56 a 64 y al concluir el esfuerzo, de 170 a 180;
- Empeoramiento de la recuperación cardiaca después del esfuerzo;
- Hipertensión. Ejemplo, de 8-13 a 9-14 y más;
- Y, a veces, una reducción en el rendimiento deportivo.

Para un corazón normal el trabajo se puede realizar siguiendo tres direcciones:



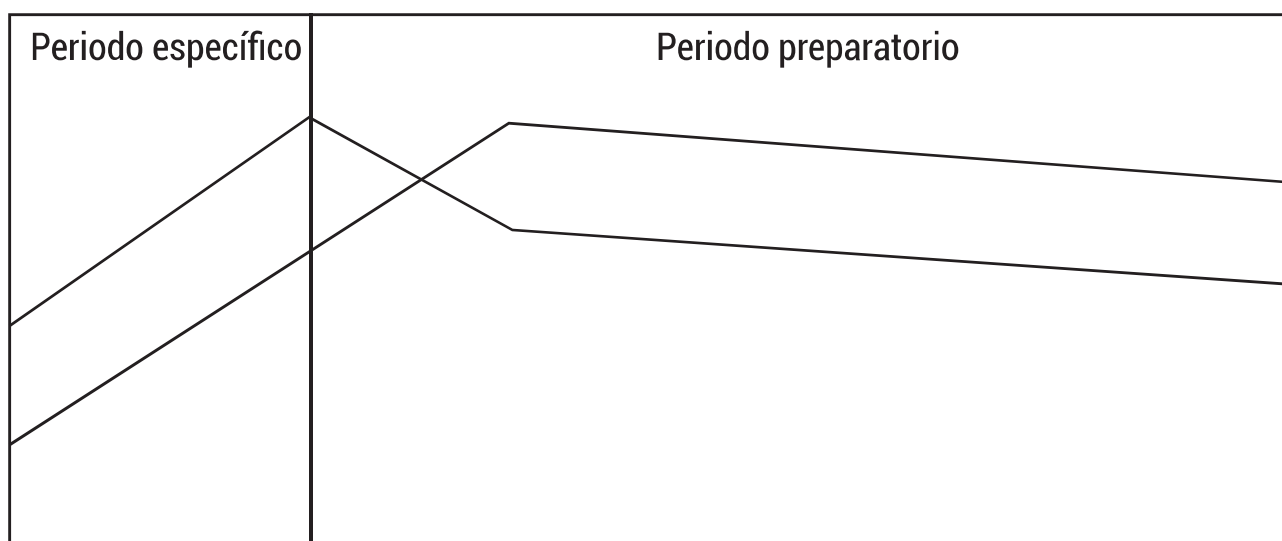
Por todo lo anterior es necesario:

El predominio anual de un trabajo aeróbico, especialmente en los jóvenes.

La necesidad periódica o permanente de un trabajo complementario anaeróbico que permitirá:

- Salir a ritmo superior al de la carrera (o de partido)
- Correr a un ritmo superior al de equilibrio (*steady state*)
- Aguantar los cambios de ritmo
- Acelerar al final de la carrera si no se han agotado las posibilidades anaeróbicas

Resistencia aeróbica es igual a cantidad y resistencia anaeróbica a intensidad-velocidad. Su combinación a lo largo del año se puede esquematizar así:



Así queda explicada la conveniencia de la diversidad del trabajo.

5. Clases de resistencia: aeróbica, anaeróbica y mixta: aeróbica-anaeróbica

¡Atención entrenador/preparador físico! Te recomiendo que antes de adentrarte en este tema vuelvas al primer tomo de esta obra y leas otra vez el tema 4 del capítulo II para refrescar conocimientos y así vincularte mejor a esta cuestión.

En dicho tema expresé: «La necesidad de un trabajo que, sin perder de vista los resultados externos de más fuerza (potencia), resistencia y velocidad, "rete" los sistemas energéticos, y en especial los más demandados por la especialidad deportiva», que es la mejor forma para que el organismo dé las respuestas correspondientes y así se puedan producir las mayores adaptaciones para aumentar su funcionalidad. Asimismo, dije: «Según el esfuerzo a que se

somete, el organismo demanda los combustibles que necesita para los esfuerzos deportivos». Los fisiólogos del ejercicio distinguen tres sistemas energéticos: anaeróbico-aláctico, anaeróbico-láctico y aeróbico. El primero es el sistema energético utilizado por el organismo en todos los esfuerzos explosivos que duran menos de diez segundos; el segundo es el demandado en los esfuerzos fuertes, al máximo de la capacidad personal, que duran entre diez y noventa segundos, y el tercero es reclamado en aquellos esfuerzos que duran más de seis minutos. En ese espacio entre noventa segundos y seis minutos caen los esfuerzos que demandan fuertemente tanto el sistema anaeróbico-láctico como el aeróbico. Respecto a los sistemas energéticos, los fisiólogos del ejercicio sólo distinguen dos resistencias: la aeróbica y la anaeróbica, pero muchos entrenadores/preparadores físicos aceptan una tercera —precisamente para cubrir el espacio entre los noventa segundos y los seis minutos— que denomino mixta: aeróbica-anaeróbica, y que también podría llamarse «específica» a los esfuerzos que caen dentro del susodicho espacio de tiempo como, por ejemplo, los 800 y los 1500 metros en atletismo y los 200 y 400 metros en natación. En la praxis deportiva los entrenadores/preparadores físicos conocen la importancia de la resistencia mixta, la entrenan y distinguen bien las fronteras que la separan de la anaeróbica y de la aeróbica.

Muchos fisiólogos del ejercicio, entre ellos Katch y McArdle, sitúan como esfuerzos aeróbicos todos los que pasan de cuatro minutos. Sin embargo, si se observa el estudio de Münchinger vemos que la deuda de oxígeno para los 1500 metros es del 47,5 % y la absorción de oxígeno del 52,5 % y que en los 5000 alcanza el 20,0 % con una absorción de oxígeno del 80 %, se comprenderá por qué el autor prefiere ser más cauto e indicar como esfuerzos aeróbicos los que pasan de seis minutos. En cuatro minutos la deuda de oxígeno y el metabolismo anaeróbico son muy grandes para considerar esta prueba —cercana a los cuatro minutos— prácticamente aeróbica. Si hay que atenerse a los números no puede haber duda de que los 1500 metros es una prueba mixta; es decir, tanto anaeróbica como aeróbica. Como se ve es difícil precisar la frontera exacta entre los esfuerzos anaeróbicos y aeróbicos, que parece encontrarse entre los 1500 y 3000 metros.

6. El entrenamiento de la resistencia

Hace tan solo tres o cuatro décadas el entrenamiento de la resistencia era puro arte: experiencia e inspiración personal, pero a medida que los récords en los deportes individuales y los resultados en los de asociación se fueron poniendo más caros, los entrenadores/preparadores físicos evolucionaron hacia un terreno desconocido pero fascinante: el de la Fisiología del Ejercicio, sabedores de que en ella encontrarían nuevas

vías hacia el récord inmortal y las hazañas percederas. Por eso hoy se dice «vulgarmente» que los entrenadores/preparadores físicos «entrenan fisiológicamente», lo cual encierra, en parte, una gran verdad. Al entrenamiento de la resistencia se lo califica como el más fisiológico debido a que es donde hay más tela para cortar.

Consideraciones generales

Hasta ahora y a lo largo de los tres tomos he sostenido repetidamente cosas como estas:

- Hay que entrenar a cada deportista según sus características y las demandas de su especialidad y posición o prueba deportiva.
- El entrenamiento y, en consecuencia, la preparación física, debe «retar» el o los sistemas energéticos más demandados por la posición o prueba deportiva.

Tal vez la difícil tarea de entrenar la resistencia comienza por tener claro los factores endógenos y exógenos de realización de resistencia, acabados de tratar en el tema 3 de este capítulo. ¿Recuerdas esta afirmación? «En efecto, todo parece apuntar a que la capacidad de consumir oxígeno es el factor de realización de resistencia de más peso.»; ¿y esta otra? «No todos los individuos del mismo medio social, económico y bagaje intelectual tienen la misma —muchas veces ni siquiera parecida— capacidad para consumir oxígeno o para mejorarla. Hay factores genéticos que determinan esta capacidad: la constitución y eficacia de funcionamiento de los sistemas circulatorio y respiratorio, la cantidad de fibras musculares (masa muscular), y sobre todo el predominio de un tipo de fibra muscular, parecen ser los factores genéticos que mayormente determinan la realización de resistencia.» Ahora te ruego atiendas a esta otra afirmación: Comúnmente se dice que la resistencia aeróbica es la «con oxígeno», lo cual es cierto debido a que el ATP, el principal combustible de la contracción muscular, es producido —en un esfuerzo aeróbico— a expensas y en presencia del oxígeno, y que la anaeróbica es la «sin oxígeno», y esto no es cierto, porque en el metabolismo muscular siempre hay oxígeno. Lo que sucede es que en presencia de un esfuerzo anaeróbico el oxígeno sólo no puede producir todo el ATP que las fuertes contracciones musculares reclaman y se produce también por otros medios metabólicos, como el resultante de la glucólisis (resíntesis del ácido láctico) en un esfuerzo anaeróbico-láctico y la utilización de fosfato de creatina en uno anaeróbico-aláctico. Parece ser que mientras mayor sea la capacidad de consumir oxígeno mejor es la realización de resistencia anaeróbica. De aquí que las frases: «la resistencia aeróbica es la base de la anaeróbica» y «un entrenamiento aeróbico siempre debe preceder —en el ciclo anual— cualquier resistencia específica» no andan desencaminadas.

En resumen, si la capacidad de consumir oxígeno es el principal factor de realización de resistencia será, por tanto, el blanco predilecto y directo de todo entrenamiento de la resistencia.