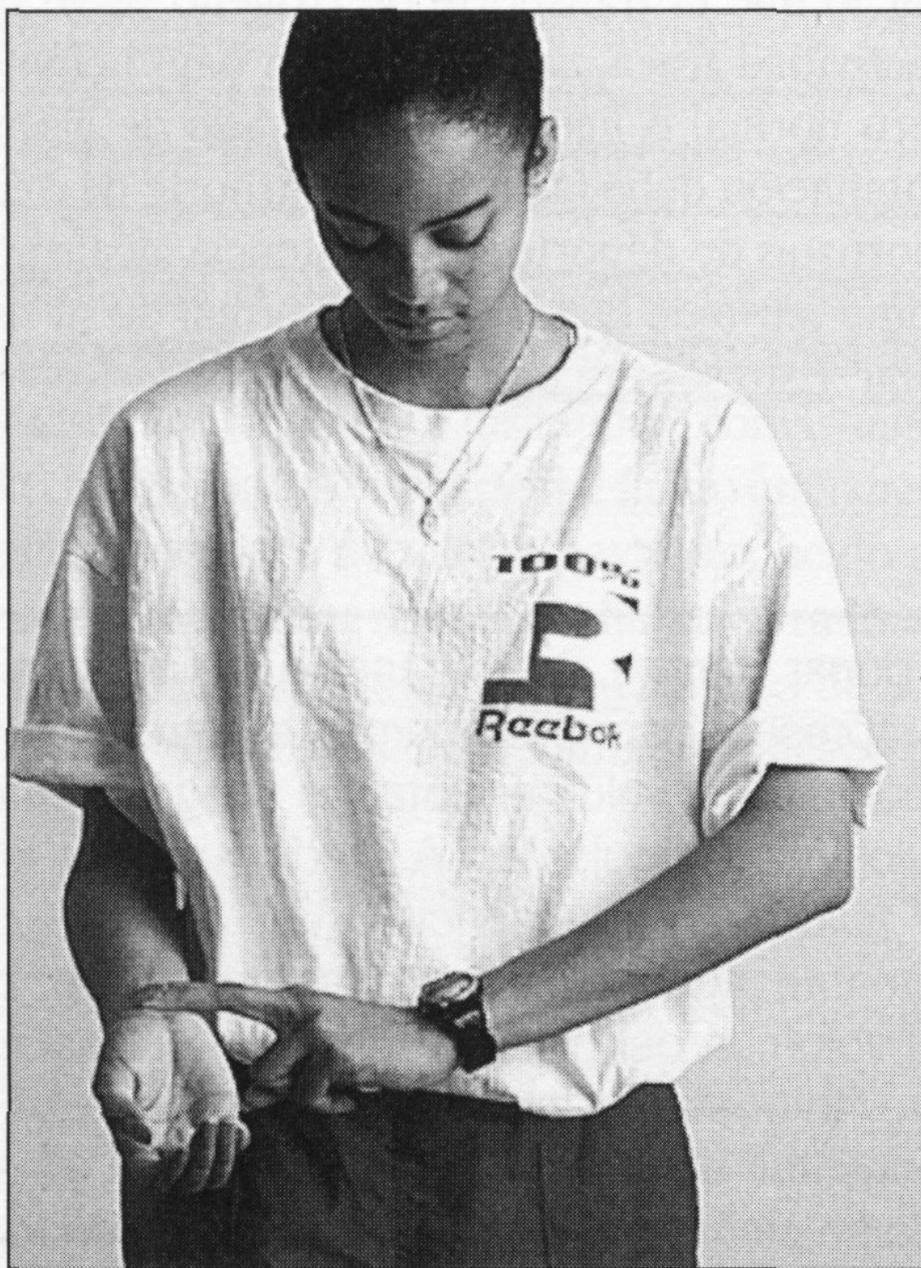


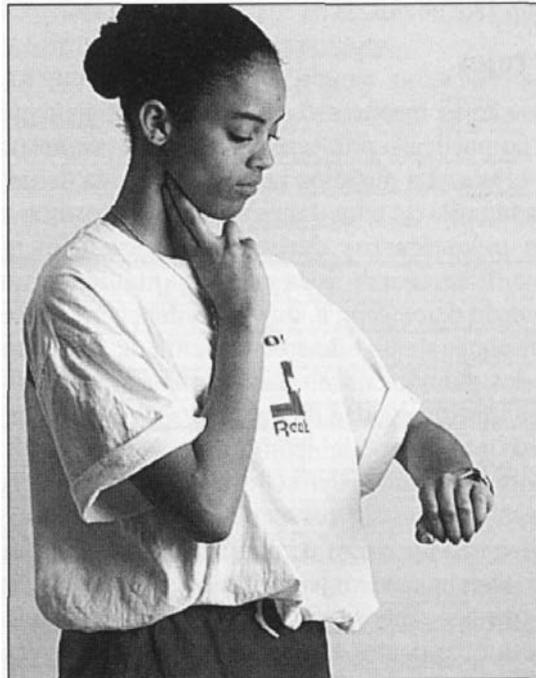
RESPUESTAS CARDIOVASCULARES AL EJERCICIO

5.1. FRECUENCIA CARDIACA (FC):

- **MEDICIÓN:** Colocar las yemas de los dedos corazón e índice (nunca el pulgar) sobre la superficie de la piel bajo la que se encuentra la arteria radial (**PULSO RADIAL**) y realizar una ligera presión. Posteriormente, se cuentan los latidos que se producen en un periodo de tiempo determinado (**Normalmente 6, 10, 15 ó 60 s**).



EVITAR LA MEDICIÓN DEL PULSO CAROTÍDEO ya que la presión de los dedos puede excitar los barorreceptores de la arteria carótida. De este modo, se desencadena un sistema de retroalimentación negativo que produce un descenso de la tensión arterial, mediado entre otras cosas por un descenso de la FC → **MENOR FIABILIDAD** que la medición del pulso radial.



➤ **FRECUENCIA CARDIACA EN REPOSO:**

- Suele oscilar entre **60 y 80 latidos/min.** Deportistas que participan en deportes de resistencia llegan a alcanzar 28-40 latidos/min.

➤ **FRECUENCIA CARDIACA Y EJERCICIO FÍSICO:**

- **La FC previa al ejercicio** suele aumentar muy por encima de los valores normales de reposo → **Respuesta anticipatoria preejercicio** regulada a nivel nervioso (Corteza cerebral → Centro vasomotor → ↑ Actividad del sistema nervioso simpático y ↓ actividad del sistema nervioso parasimpático).
- **Durante el ejercicio físico submáximo** se produce un **↑ de la FC proporcional a la intensidad del ejercicio.** De este modo, la FC se suele utilizar como indicativo de la intensidad del entrenamiento.

Esta **relación** lineal se respeta fundamentalmente **entre los 100 y los 170 latidos/min** aproximadamente, en personas de edad adulta. **Por encima de esa FC (170 lpm),** este parámetro **pierde su linealidad** descendiendo la velocidad de incremento de la FC. Este comportamiento de la FC en esfuerzos de intensidad creciente fue

utilizado por Conconi (Test de Conconi) para diseñar un método no invasivo de determinación del **umbral anaeróbico** durante el ejercicio.

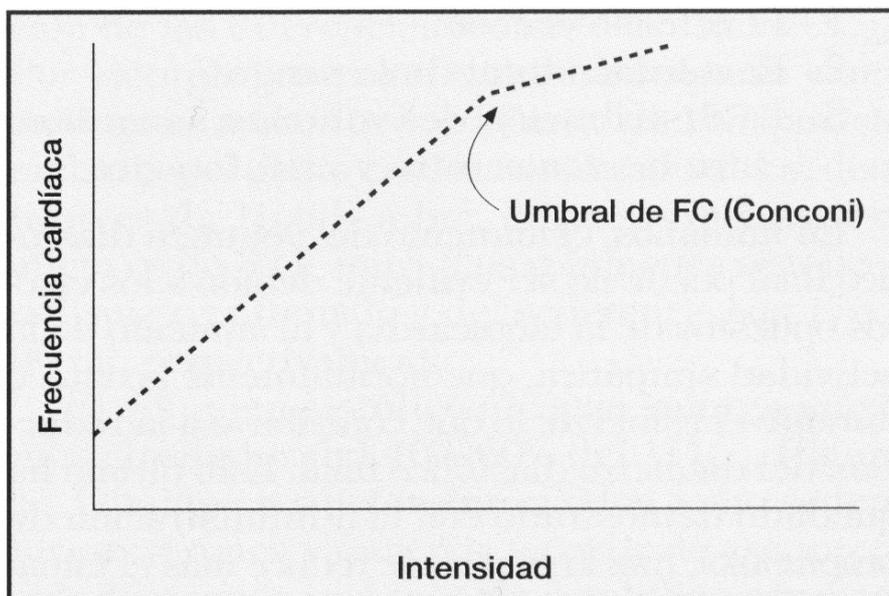


Figura 11.7. Respuesta de la frecuencia cardíaca a un ejercicio incremental. Determinación del umbral anaeróbico por el método de Conconi (Conconi y cols., 1982).

- Existe también una **relación lineal entre la FC y el consumo de oxígeno (VO₂)**. Aunque la relación **no es exacta**, la medición de la FC (en valores relativos a la FC_{máx}) nos permite conocer aproximadamente en que porcentaje del consumo máximo de oxígeno (VO₂_{máx}) estamos trabajando. No obstante, **la valoración indirecta del VO₂_{máx} a partir de la FC no es totalmente fiable**.

% FC _{máx}	% VO ₂ _{máx}
50	28
60	42
70	56
80	70
90	83
100	100

Marion y col. (1994)

- Cuando la intensidad del esfuerzo se mantiene constante, a niveles submáximos de esfuerzo, la FC se estabiliza → **Estado estable de la FC**: Ritmo óptimo del corazón para satisfacer las exigencias circulatorias a este nivel específico de esfuerzo. Tiene una clara relación con el "steady state" o estado estacionario del VO₂. Para cada incremento de intensidad, la FC alcanza **un nuevo valor estable al cabo de 1-2 min**. Si la actividad se prolonga, en especial en ambientes calurosos y húmedos, la FC tiende a aumentar (termorregulación → desplazamiento cardiovascular).

➤ **FACTORES QUE AFECTAN A LA FC:**

- La FC normalmente ↓ **con la EDAD**. Generalmente se ha aceptado que la **FC_{máx} = 220 - edad en años** (formula de Astrand); sin embargo esta fórmula ha recibido numerosas críticas, de hecho, **los valores individuales varían considerablemente** de este valor promedio.
- ↑ **con la TEMPERATURA**, con la **HUMEDAD** y con la **ALTITUD**.

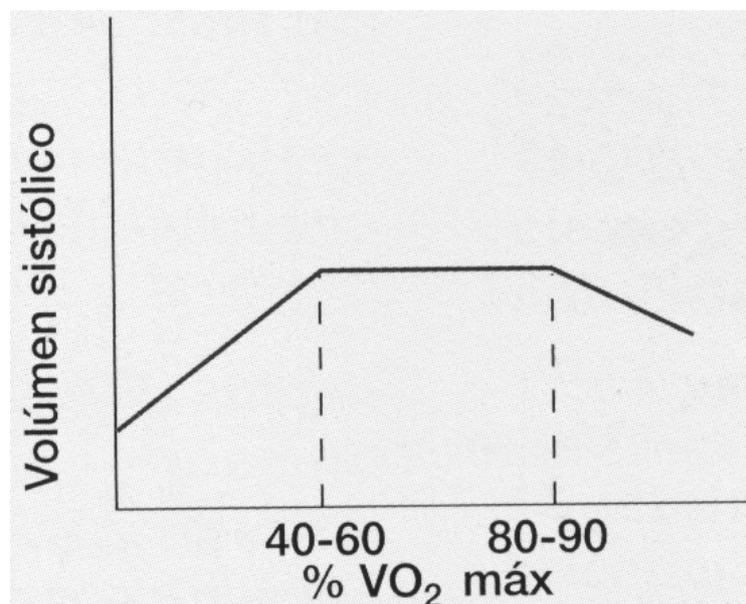
5.2. VOLUMEN SISTÓLICO (VS):

➤ **FACTORES QUE MODULAN EL VS:**

- Volumen de **sangre venosa que regresa al corazón**.
- **Distensibilidad ventricular**.
- **Contractilidad ventricular**.
- **Tensión arterial** aórtica o pulmonar.

➤ **EL VS AUMENTA CON EL EJERCICIO:**

- El VS aumenta con ritmos crecientes de esfuerzo, pero **solamente hasta intensidades de ejercicio de entre el 40 y el 60%**; entonces el VS se estabiliza en mayor o menor grado hasta intensidades del 90%, en las que el volumen sistólico puede llegar a disminuir. No obstante, **deportistas de alto nivel** son capaces de incrementar su VS a mayores niveles de intensidad.



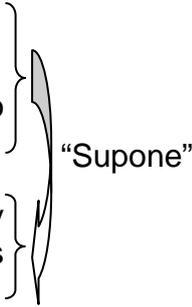
- **El VS en reposo es mayor en decúbito supino**, ya que la sangre no se acumula en las extremidades y regresa más fácilmente al corazón.

➤ **ORIGEN DEL INCREMENTO DEL VS DURANTE EL EJERCICIO FÍSICO:**

- **Mecanismo de Frank-Starling:** A mayor estiramiento de los ventrículos, cuando se llenan durante la diástole, mayor fuerza de contracción ventricular y por tanto mayor VS.

Para que el mecanismo funcione, el **retorno venoso debe incrementarse. ¿Cómo?:**

- Activación simpática de áreas inactivas (vasoconstricción).
- Activación simpática generalizada del sistema venoso (vasoconstricción)
- Movilización de los depósitos sanguíneos de reserva y redistribución del flujo sanguíneo desde las áreas inactivas hacia las activas.
- Acción de bombeo de la contracción muscular y la respiración.



El mecanismo de Frank-Starling parece tener su **mayor influencia a niveles de intensidad bajos**, cuando la FC no limita el tiempo diastólico de llenado de las cavidades del corazón. Posiblemente es el **principal mecanismo de adaptación ante los cambios posturales** (especialmente al pasar de la bipedestación a decúbito).

- **Aumento de la contractilidad del corazón.** Tiene sus mayores efectos a **ritmos de esfuerzo altos**, en los que se reduce la duración de la diástole.

5.3. GASTO CARDIACO (Q):

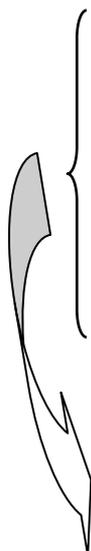
- **En reposo** el Q es aproximadamente de 5 l/min, valor que varía en función del tamaño corporal.
- **Durante el ejercicio se produce un aumento del Q proporcional a la intensidad del esfuerzo hasta un 60-70% del VO₂máx.** La relación lineal entre Q e intensidad del ejercicio no debe sorprendernos puesto que el propósito principal del incremento en el Q es satisfacer la demanda incrementada de oxígeno de los músculos. **A partir del 60-70% del VO₂máx se pierde linealidad y tiende a estabilizarse** en sus valores máximos.

- **En esfuerzos de alta intensidad el Q tiende a disminuir** (st en personas sedentarias) por la taquicardia excesiva, que disminuye el llenado diastólico.
- **SUPUESTO:** Si nuestra FC es de 50 latidos/min cuando estamos tendidos, ésta aumentará a 55 latidos/min cuando estamos sentados y a 60 al ponernos de pie.

¿POR QUÉ?

Una de las razones es que al ir incorporándonos incrementa la participación de los **músculos posturales**, lo que eleva la **intensidad del esfuerzo**. Así, se necesitará suministrar más oxígeno y nutrientes a los músculos activos. Por otro lado, al incorporarnos la **fuerza de la gravedad reduce el retorno venoso** al corazón, lo que **limita el llenado ventricular**, y de esta forma, el VS. Para compensar este fenómeno y asegurar un correcto Q, se produce un incremento de la frecuencia cardíaca.

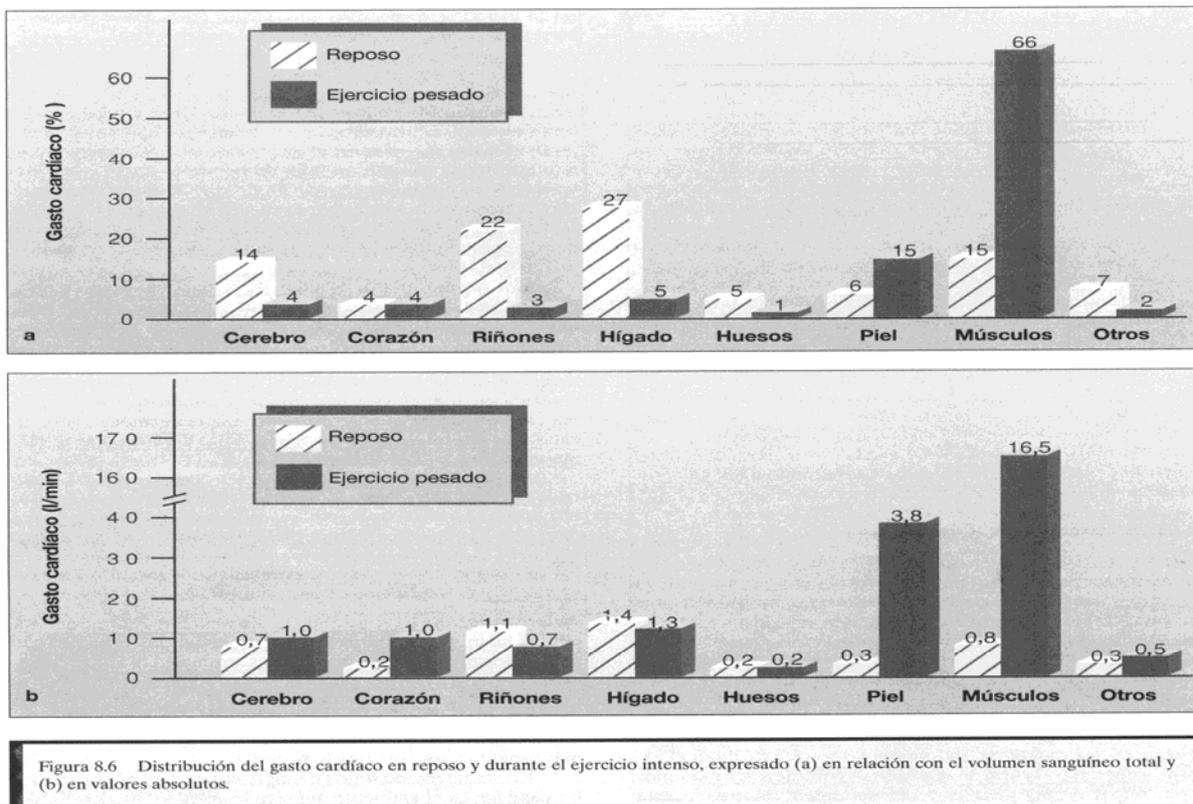
- **DURANTE LA REALIZACIÓN DE EJERCICIO FÍSICO INCREMENTAL (intensidad creciente):**

- 
- **Fases iniciales (baja intensidad):** El mayor Q se debe a un aumento de la **FC** y del **VS**.
 - **Cuando el nivel de ejercicio rebasa el 40 ó 60% de la capacidad individual:** El VS se ha estabilizado o ha comenzado a aumentar a un ritmo mucho más lento. Por lo tanto, los nuevos incrementos del Q son el resultado **principalmente** de aumentos de la **FC**.

LA FC ES EL FACTOR MÁS IMPORTANTE EN EL AUMENTO DEL Q DURANTE EL EJERCICIO (López Chicharro-2001).

5.4. FLUJO DE SANGRE:

➤ REDISTRIBUCIÓN DE LA SANGRE DURANTE EL EJERCICIO:



- **En reposo** sólo un 15-20 % del Q se dirige hacia los músculos, pero durante la realización de **ejercicios agotadores** los músculos reciben entre un 80-85 % del Q.

- El desplazamiento de sangre hacia los músculos se consigue principalmente **reduciendo el flujo sanguíneo a los riñones, el hígado, el estómago y los intestinos.**

¿CÓMO SE PRODUCE ESTA REDISTRIBUCIÓN?

El factor más importante y determinante del flujo sanguíneo es el diámetro del vaso. **LA REDISTRIBUCIÓN SE PRODUCE fundamentalmente DE DOS FORMAS:**

A. ESTIMULACIÓN SIMPÁTICA (factores nerviosos):

- Vasoconstricción en riñones, hígado, estómago, intestinos, etc.
- Vasodilatación músculos y corazón.

B. AUTORREGULACIÓN (factores locales) → Vasodilatación en el tejido muscular fruto de los estímulos que provoca el incremento del ritmo metabólico. A saber:

- ↓ O₂ (Hipoxia), ↓ Glucemia (y otros nutrientes).
- ↑ CO₂, ↑ H⁺ (ácido láctico), ↑ K⁺.
- ↑ Óxido nítrico, ↑ prostaciclina.
- Hiperosmolaridad
- ↑ Temperatura y ↓ pH.

➤ Considerando que **las necesidades de los diversos tejidos del cuerpo están cambiando constantemente**, es verdaderamente **ASOMBROSO** que el **SISTEMA CARDIOVASCULAR** pueda responder tan eficazmente, garantizando un adecuado flujo de sangre a las áreas donde es más necesario.

➤ **DESPLAZAMIENTO CARDIOVASCULAR:** Durante el ejercicio prolongado, en ambientes calurosos y húmedos se producen las siguientes respuestas fisiológicas:

- 
- ↓ **Volumen sanguíneo** debido a:
 - Pérdida de H₂O con la SUDORACIÓN.
 - Tránsito de FLUIDOS de la sangre HACIA LOS TEJIDOS debido al ↑ presión hidrostática.
 - **Redistribución de la sangre hacia la periferia** para enfriarla.
- ↓ Retorno venoso → ↓ VS → ↑ FC (para mantener el Q)

LA FC NO PUEDE COMPENSAR EL ↓ VS A INTENSIDADES ELEVADAS ya que alcanza su FC_{máx} a un nivel de intensidad más bajo → **LIMITANDO EL RENDIMIENTO.**

5.5. TENSIÓN ARTERIAL (TA):

- **La TA** es la presión ejercida por la sangre **sobre las paredes de los vasos**. Se refiere generalmente a la presión de la sangre sobre las arterias. Se expresa con dos números (TAS y TAD):
 - **Tensión arterial sistólica (TAS):** Corresponde a la gran presión producida por la contracción (sístole) ventricular → 120 mmHg.
 - **Tensión arterial diastólica (TAD):** Corresponde a la presión que soportan las arterias durante la relajación (diástole) ventricular → 80 mmHg.

- **SEGÚN EL PRINCIPIO FUNDAMENTAL DE LA CIRCULACIÓN** se tiene que mantener una elevada presión en las arterias para conseguir mantener el flujo por el sistema cardiovascular. Dos de los factores más importantes que afectan a la tensión arterial son el **GASTO CARDÍACO Y LA RESISTENCIA PERIFÉRICA**.
 - **Resistencia periférica** → Oposición al flujo sanguíneo impuesta por la fuerza de fricción entre la sangre y las paredes de los vasos.

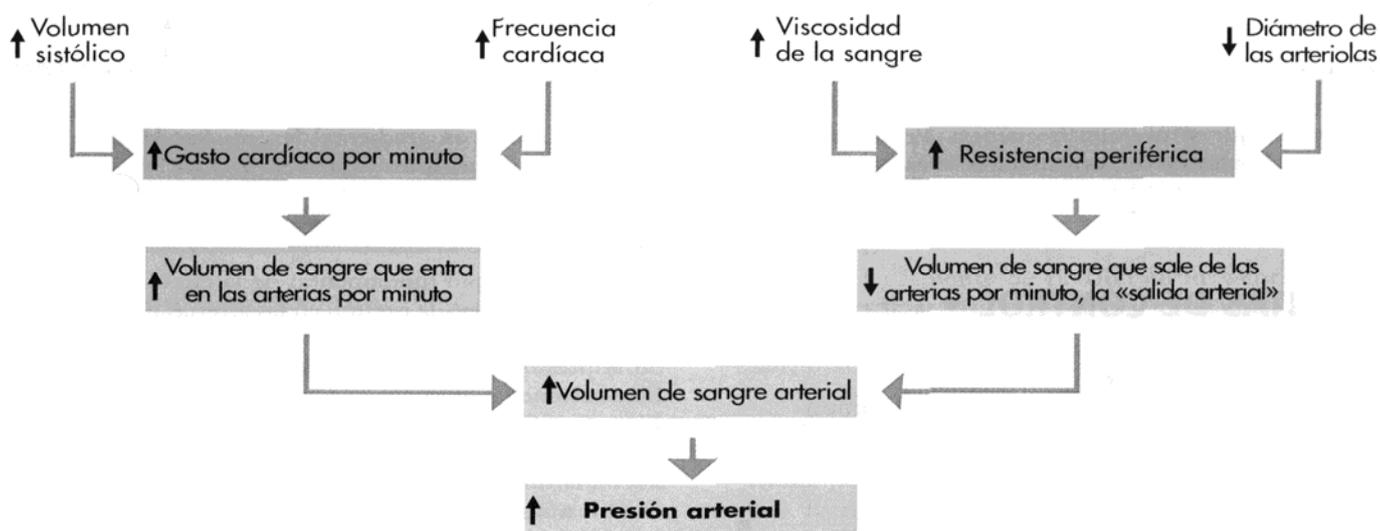


Figura 19-11 Relación entre el volumen de sangre arterial y la presión arterial. La presión arterial es directamente proporcional a la masa de sangre arterial. El gasto cardíaco (GC) y la resistencia periférica (RP) también son directamente proporcionales a la masa de sangre, pero por razones opuestas: el GC modifica la *entrada* de sangre en las arterias y la RP modifica la *salida* de las mismas. Si el volumen minuto del corazón aumenta, la cantidad de sangre que llega a las arterias también es mayor y tiende a aumentar la masa de sangre en ellas. Si se eleva la resistencia periférica, se reduce la cantidad de sangre que sale de las arterias, lo que tiende a aumentar la masa de sangre que queda en las mismas. Así pues, el aumento del GC y de la RP da lugar a un aumento de la masa de sangre arterial, lo que eleva la presión arterial.

- **LA TAS AUMENTA** tanto en los **ejercicios dinámicos** como en los **estáticos** y tanto en los **ejercicios de resistencia** como en los de **fuerza**.
 - **Es consecuencia principalmente del $\uparrow Q$.**
 - **Facilita el** proceso de **transporte**.
 - **En deportistas de alto nivel** puede pasar de 120 mmHg en reposo a 240-250 mmHg.
 - **La TAS se estabiliza durante la realización de ejercicios de resistencia a niveles constantes de intensidad submáxima.** Si el ejercicio se prolonga la TAS puede comenzar a reducirse gradualmente (dilatación de las arteriolas de los músculos activos).
- **LA TAD:**
 - **Cambia poco o nada** durante la realización de pruebas **dinámicas o de resistencia**.
 - **Aumenta** con la realización de pruebas **estáticas y de fuerza**.
- **AL FINALIZAR EL EJERCICIO** se produce un **DESCENSO RÁPIDO** de la tensión arterial mediado por un descenso brusco del retorno venoso. **No es aconsejable detener súbitamente el ejercicio** pues se puede producir una situación de **hipotensión** → Malestar, vértigo y lipotimias, o complicaciones mayores en personas con problemas cardiacos.
- **LA MANIOBRA DE VALSALVA** produce un **incremento importante de la TA** (Ej.: Halterofilia).

5.6. LA SANGRE:

- **LA DIFERENCIA ARTERIOVENOSA DE OXÍGENO (dif. a-vO₂) AUMENTA (puede llegar a triplicarse)** → la dif. a-vO₂ representa la medida en que el O₂ es extraído de la sangre con su paso por los tejidos.
 - Esto sucede porque la concentración de O₂ venoso disminuye durante el ejercicio mientras que el contenido arterial de O₂ permanece prácticamente invariable.
- **EL VOLUMEN DE PLASMA SE REDUCE DURANTE EL EJERCICIO** → Cuando la TA aumenta en el ejercicio, el fluido es expulsado de los capilares por **incrementos de la presión hidrostática** (\uparrow fluido intersticial) y es llevado hacia los músculos como resultado de la **presión osmótica**, resultante de la acumulación de productos de desecho en las fibras musculares.

- Durante **ejercicios prolongados** o realizados en **ambientes calurosos** se pierde una cantidad creciente de fluido del plasma por la **sudoración**.
- En **actividades de unos pocos minutos** de duración los cambios en el fluido corporal y en la regulación de la temperatura **tienen poca importancia práctica**.

HEMOCONCENTRACIÓN: ↓ Porción fluida de la sangre → ↑ Fracción corpuscular y de proteínas → ↑ **Hematocrito:** Si el hematocrito supera el 60% el aumento de la viscosidad de la sangre puede reducir el flujo de esta, limitando el transporte de oxígeno.

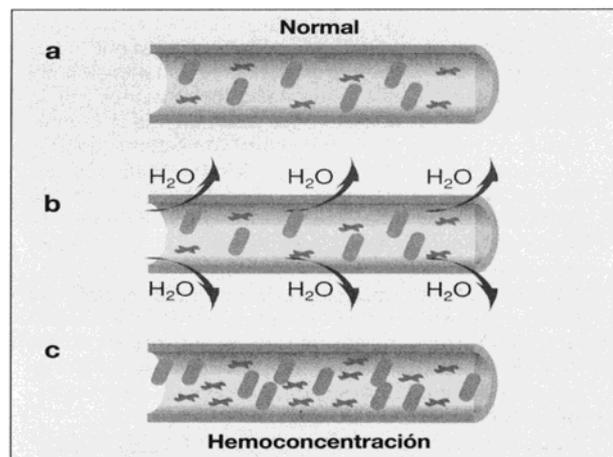


Figura 8.17 (a) Vaso sanguíneo con una concentración normal de sangre. (b) La hemoconcentración tiene lugar cuando el H₂O abandona los vasos sanguíneos, (c) incrementando la concentración de las sustancias que permanecen en el vaso.

ESTAS MODIFICACIONES SON TRANSITORIAS, retornando a valores normales después de actividades físicas de larga duración a las **24-48 horas**.

- **El ejercicio puede provocar una HEMÓLISIS INTRAVASCULAR** como consecuencia de:
 - **Compresiones** de los capilares por la contracción muscular.
 - **Microtraumatismos**.
 - Aumento de la **velocidad de circulación** sanguínea durante el esfuerzo.

La hemólisis intravascular parece ser el **ORIGEN DE LOS BAJOS NIVELES DE HIERRO SÉRICO** (depleción de hierro) encontrados tras **ejercicios prolongados**.

- Cuando el ejercicio intenso (más intenso de lo habitual), principalmente excéntrico, produce **DOMS** (Delayed Onset Muscular Soreness), suele aparecer en sangre una gran cantidad de **enzimas intramusculares y mioglobina**, indicadores de daños en el sarcolema.

- **pH SANGUÍNEO:**
 - **En reposo: 7,4.**

 - **Durante el ejercicio:**
 - INTENSIDADES NO SUPERIORES AL 50% DEL VO_2 máx → No se producen apenas cambios.

 - Cuando se SUPERA EL 50% DEL VO_2 máx → Al principio se produce un descenso gradual del pH sanguíneo, pero conforme nos acercamos al agotamiento (mayor predominio de la vía anaeróbica) se hace más pronunciada, llegando a valores de 7 o inferiores.

ADAPTACIONES CARDIOVASCULARES AL EJERCICIO

5.7. TAMAÑO DEL CORAZÓN:

- **LA ECOCARDIOGRAFÍA** permite valorar el tamaño de las cavidades cardíacas y el grosor de las paredes miocárdicas.
- **EL MIOCARDIO**, al igual que los músculos esqueléticos, experimentan **CAMBIOS COMO EL RESULTADO DEL ENTRENAMIENTO CRÓNICO** → **HIPERTROFIA CARDÍACA** (contribuye a la cardiomegalia).

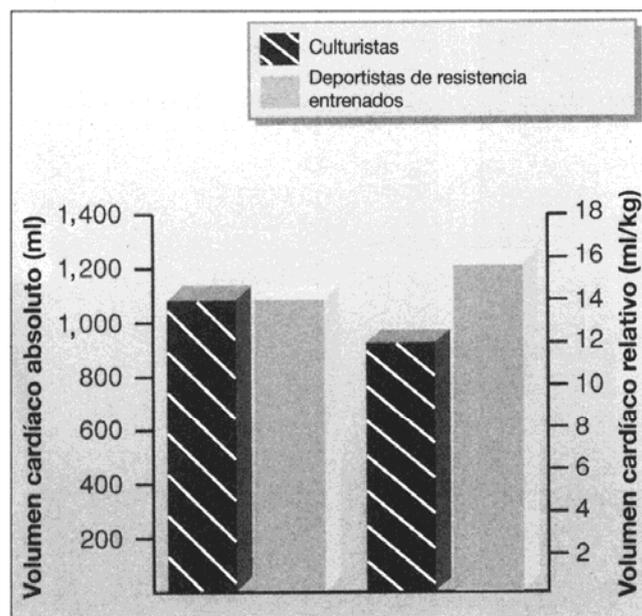


Figura 10.2 Diferencias en las dimensiones del corazón entre culturistas de élite y corredores de fondo altamente entrenados, expresadas como volumen cardíaco absoluto y en relación con el peso corporal. Datos de Urhausen y Kindermann (1989).

- **EL VENTRÍCULO IZQUIERDO**, la cavidad del corazón que realiza el mayor esfuerzo, es el que sufre los **cambios más grandes** en respuesta al entrenamiento.
- **TRADICIONALMENTE:**
 - **Ejercicio de resistencia/dinámico** → **Hipertrofia excéntrica:** Dilatación del ventrículo izquierdo sin variación de los espesores parietales.
 - **Ejercicio de fuerza/isométrico** → **Hipertrofia concéntrica:** Engrosamiento de las paredes sin dilatación del ventrículo izquierdo.

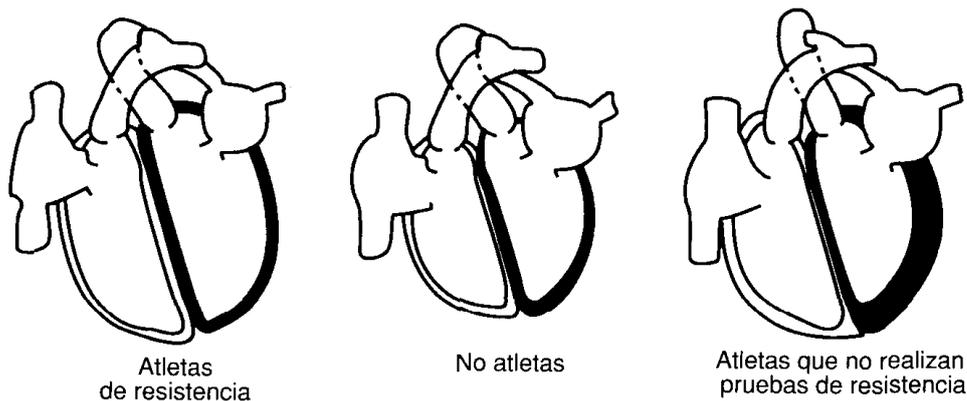


Fig. 9-7. En los atletas de resistencia (como los nadadores y los corredores de larga distancia) la hipertrofia cardíaca consiste en un aumento del tamaño de la cavidad ventricular izquierda; no se produce ningún aumento del espesor de las paredes del corazón. En los atletas no dedicados a pruebas de resistencia (como los luchadores o los lanzadores de bala) la hipertrofia cardíaca consiste en un aumento en el espesor de pared ventricular; no se produce ningún aumento en el tamaño de la cavidad. (Basada en datos de Morganroth y col., 1975, y Zeldis y col., 1978.)

➤ **EN LA ACTUALIDAD:**

- **Entrenamiento de resistencia:**

- ↑ DIMENSIONES INTERNAS DEL VENTRÍCULO IZQUIERDO, principalmente como respuesta a un incremento en el llenado ventricular.
- ↑ (aunque menos) GROSOR DE LA PARED VENTRICULAR IZQUIERDA, incrementando la fuerza máxima de las contracciones de esta cavidad.
- ↑ DISTENSIBILIDAD MIOCÁRDICA.
- ↑ DENSIDAD CAPILAR, proporcional al engrosamiento de la pared miocárdica.

- **Entrenamiento de fuerza → NO SE PRODUCEN MODIFICACIONES SIGNIFICATIVAS sobre el corazón (López Chicharro 2001).**

5.8. VOLUMEN SISTÓLICO:

➤ **Después del entrenamiento de resistencia, el VS AUMENTA:**

- En reposo
- Durante la realización de ejercicios a un nivel submáximo
- Durante la ejecución de esfuerzos máximos.

Posición erguida →	No entrenados	Deportistas de resistencia
Reposo	50-60 ml	80-110 ml
Ejercicio máximo	100-120 ml	160-200 ml

➤ **FACTORES IMPORTANTES QUE PRODUCEN EL ↑ VS (en resistencia):**

- ↑ **VDF**¹. Debido principalmente al ↑ plasma sanguíneo, y también al ↑ distensibilidad miocárdica y el ↑ del ventrículo izquierdo.
- ↑ **Contractilidad** del ventrículo izquierdo. Producido por:
 - HIPERTROFIA DEL MIOCARDIO.
 - MECANISMO DE FRANK-STARLING (↑ distensibilidad miocárdica).

5.9. FRECUENCIA CARDIACA:

➤ **LA FC EN REPOSO SE REDUCE CONSIDERABLEMENTE** (↑ influencia del SNP y ↓ influencia del SNS) como consecuencia del **entrenamiento de resistencia:**

- **En una persona sedentaria que se inicia en un programa de resistencia aeróbica**, generalmente la reducción es de alrededor de 1 pulsación por semana durante las primeras fases del entrenamiento.
- Gran cantidad de **deportistas de resistencia muy entrenados** presentan una FC en reposo ≤ 40 latidos/min, incluso inferiores a 30 latidos/min.

➤ **↓ FC DURANTE ESFUERZOS SUBMÁXIMOS** → La reducción de la FC submáxima es proporcional a la cantidad de entrenamiento aeróbico realizado.

- Después de un programa de entrenamiento de resistencia de **6 meses** de duración, es frecuente que la FC se reduzca **20-40 latidos/min** para una intensidad submáxima determinada → Depende del nivel inicial del deportista y de las características del entrenamiento.

➤ **LA FC_{máx.} PERMANECE INVARIABLE O SE REDUCE LEVEMENTE** con el entrenamiento de resistencia. En deportistas de resistencia altamente entrenados, esta pequeña reducción parece tener su origen en

¹ **VOLUMEN DIASTÓLICO FINAL (VDF):** Cantidad de sangre que contiene el ventrículo izquierdo al final de su diástole, es decir, al final de su llenado.

la idoneidad de maximizar el VS, ya que la menor FC aumenta el tiempo de llenado del ventrículo izquierdo y por tanto la cantidad de sangre que puede eyectar con su contracción → **El VS es el factor más importante en la determinación de las diferencias individuales del VO₂máx** (López Chicharro 2001).

➤ ↓ **PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA FC con la mejora de la resistencia:**

- La curva de recuperación de la FC es una excelente herramienta para rastrear el progreso de un deportista con el entrenamiento aeróbico → **Índice del acondicionamiento cardiorrespiratorio**
- Sin embargo, la curva de recuperación de la FC **no debe utilizarse para comparar un deportista con otro.**

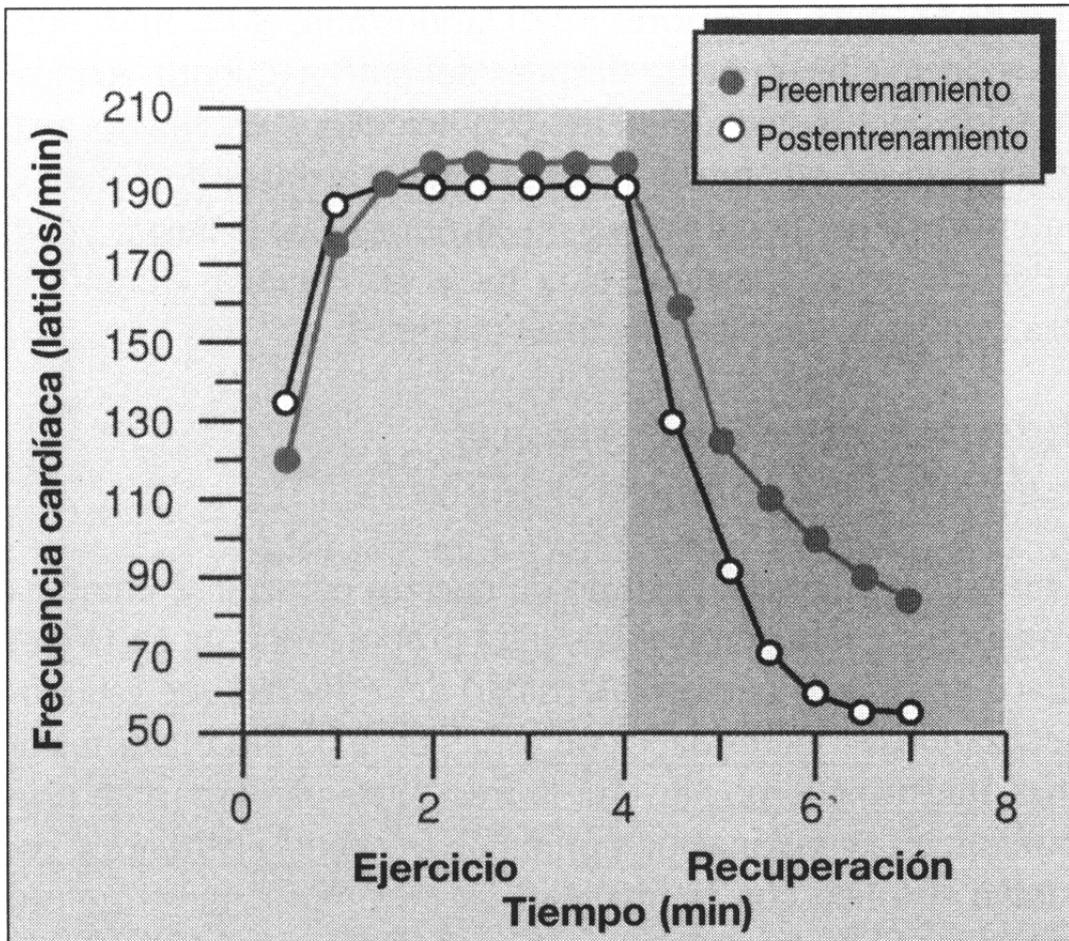


Figura 10.5 Cambios en la recuperación de la frecuencia cardíaca con el entrenamiento de resistencia.

- **EL ENTRENAMIENTO CONTRA RESISTENCIA TAMBIÉN conduce a ritmos cardiacos reducidos durante el reposo y el ejercicio submáximo.** No obstante, estas reducciones no son tan evidentes (en algunos estudios no se han encontrado cambios) ni tan grandes como las observadas con el entrenamiento de resistencia.

5.10. GASTO CARDIACO:

- **LOS CAMBIOS EN LA FC Y EL VS EN RESPUESTA AL ENTRENAMIENTO VAN EMPAREJADOS Y COMPARTEN UN OBJETIVO COMÚN:** Permitir que el corazón expulse la mayor cantidad de sangre oxigenada (aumentar el Q) con el menor coste energético posible. Todo parece indicar que **el corazón gasta menos energía al contraerse con menos frecuencia pero con más fuerza.**
- **EL Q EN REPOSO O DURANTE EJERCICIO SUBMÁXIMO PERMANECE INVARIABLE O SE REDUCE LIGERAMENTE** con el entrenamiento.
- **GRAN \uparrow Q_{máx} (debido fundamentalmente al \uparrow VSmáx):**
 - Q_{máx} en personas no entrenadas: 14-16 l/min.
 - Q_{máx} en personas entrenadas: 20-25 l/min.
 - Q_{máx} deportistas de alto rendimiento de resistencia: Se llegan a superar los 40 l/min (con VSmáx de 160-200 ml).

5.11. FLUJO SANGUÍNEO:

- **EN VALORES ABSOLUTOS:** El entrenamiento de resistencia produce un **\uparrow flujo sanguíneo a los músculos.**
 - **CAUSAS DEL INCREMENTO:**
 - **\uparrow Capilarización de los músculos entrenados:**
 - EL ENTRENAMIENTO DE RESISTENCIA aumenta el número de capilares por fibra muscular (5-10 %) y la densidad capilar (\uparrow número de capilares por mm² de superficie muscular).
 - Recordemos que EN EL ENTRENAMIENTO DE FUERZA la hipertrofia muscular no se acompaña de un aumento proporcional de la vascularización \rightarrow \downarrow Densidad capilar (número de capilares por mm² de superficie muscular).

Distintos tipos de entrenamiento de fuerza tienen distintos efectos en la vascularización del músculo. Por ejemplo:

Halterófilos tienen menor densidad capilar que las personas sedentarias.

Culturistas tienen mayor densidad capilar que los halterófilos pero menor que los sedentarios.

- **Mayor apertura de los capilares en los músculos entrenados** →
↓ Tono vasomotor.
 - **Mayor efectividad en la redistribución del Q.** Por ejemplo:
 - ↑ TONO VENOSO.
 - DISTRIBUCIÓN DE UNA MAYOR CANTIDAD DE SANGRE A LAS FIBRAS MUSCULARES MÁS ACTIVAS.
- **EN VALORES RELATIVOS:** ↓ **Flujo de sangre en relación a la masa muscular** que participa en el ejercicio. Los músculos compensan este hecho con una mayor capacidad de extracción de oxígeno de la sangre, lo que se refleja en un ↑ **dif. a-vO₂**.
- El menor aporte sanguíneo a la masa muscular activa, **proporciona una mayor disponibilidad del Q para otros tejidos** como la piel → Mejora de la termorregulación.

Posible origen del ↑ dif. a-vO₂:

- EL OXÍGENO SE LIBERA CON MAYOR FACILIDAD DE LA HEMOGLOBINA (desplazamiento hacia la derecha de la curva de disociación de la hemoglobina).
- ↑ DENSIDAD CAPILAR (↑ superficie de intercambio entre sangre y músculo).
- ADAPTACIONES MITOCONDRIALES (↑ mecanismos oxidativos).
- ↑ CONCENTRACIÓN DE MIOGLOBINA.

5.12. TENSIÓN ARTERIAL:

- **ENTRENAMIENTO DE RESISTENCIA: (López Chicharro 2001)**
- **La TAD y la TAS** tienden a ↓ **en reposo y durante esfuerzos submáximos**, especialmente en personas hipertensas.

- ↓ **TAD durante esfuerzos máximos.** El entrenamiento de resistencia tiene pocos o ningún efecto sobre la TAS en esfuerzos máximos.
- A pesar de las grandes presiones arteriales que se alcanzan durante el **ENTRENAMIENTO DE MUSCULACIÓN (CONTRA RESISTENCIA)**, este tipo de práctica **no aumenta la TA en reposo, incluso se han registrado ↓ significativos.**

5.13. VOLUMEN SANGUÍNEO:

- El entrenamiento de resistencia ↑ **VOLUMEN SANGUÍNEO (HIPERVOLEMIA) COMO CONSECUENCIA** principalmente DE UN ↑ **EN EL VOLUMEN DE PLASMA.** El ↑ Volumen de sangre → ↑ Retorno venoso → ↑ $V_{Sm\acute{a}x}$ → ↑ $Q_{m\acute{a}x}$ → ↑ $VO_{2m\acute{a}x}$. Por ello, el incremento en el volumen de plasma es una **adaptación muy importante.**

- **ORIGEN DEL ↑ VOLUMEN DE PLASMA: No se conoce con exactitud.**

- ↑ **Aldosterona**, segregada por la corteza adrenal.
 - ↑ **Hormona antidiurética (ADH)**, segregada por el lóbulo posterior de la hipófisis.
 - ↓ **Hormona natriurética auricular (HNA).**
- ↑ **RETENCIÓN DE H₂O y Na⁺ (principalmente riñones)**

- ↑ **Proteínas en el plasma** → ↑ Presión Osmótica.
- ↑ **RETENCIÓN DE FLUIDO EN LA SANGRE**

5.14. GLÓBULOS ROJOS:

- **EL NÚMERO DE GLÓBULOS ROJOS PUEDE AUMENTAR** como consecuencia del entrenamiento de resistencia, pero **LA GANANCIA EN PLASMA ES NORMALMENTE MUCHO MÁS ELEVADA** → ↓ **HEMATOCRITO** (“anemia del deportista” o “pseudanemia del ejercicio”) → ↓ Viscosidad de la sangre, lo cual puede facilitar el movimiento de la sangre por los vasos sanguíneos, particularmente a través de los vasos más pequeños, los capilares.

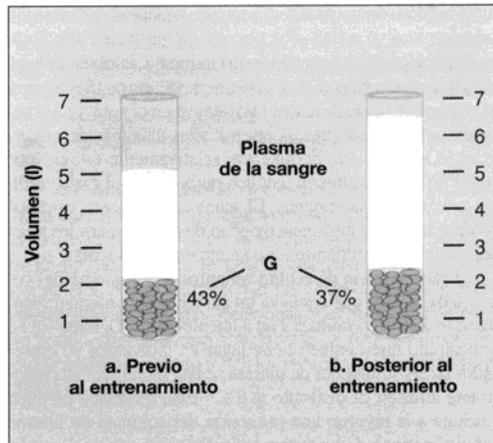


Figura 10.7 Incrementos del volumen sanguíneo y del plasma totales con el entrenamiento de resistencia. Obsérvese que, aunque el hematócrito [% de glóbulos rojos (g)] ha disminuido desde el 43% hasta el 37%, el volumen total de glóbulos rojos ha aumentado ligeramente.

5.15. CONSECUENCIAS DEL DESENTRENAMIENTO EN DEPORTISTAS DE RESISTENCIA AERÓBICA:

➤ **PÉRDIDA DE LA HIPERTROFIA CARDÍACA.**

- Sin embargo, **no está claro si** el aumento del volumen ventricular y del grosor de la pared miocárdica, inducido por el entrenamiento, **regresa totalmente** con la inactividad.

➤ **RÁPIDO ↓ DEL VSmáx** en las primeras 2-4 semanas de inactividad (Coyle y col. 1984, 1986) → ↓ Qmáx.

Este descenso del VSmáx parece estar estrechamente relacionado con un ↓ **VOLUMEN SANGUÍNEO** y, por tanto, con la disminución de la capacidad de retorno venoso de la sangre al corazón.

➤ **CAMBIOS EN LA DENSIDAD CAPILAR** en función del nivel de entrenamiento previo:

- Aunque en personas poco entrenadas se reduce la densidad capilar con la inactividad, parece que el aumento de la densidad capilar que se produce en **personas muy entrenadas** aeróbicamente **no se pierde, al menos durante los 3 primeros meses de inactividad.**
- Por otro lado, aunque la densidad capilar puede no cambiar durante un período de inactividad de hasta 3 meses, la disponibilidad de O₂ para el músculo puede verse alterada por un ↓ **flujo sanguíneo máximo hacia el mismo.**

➤ ↓ **Hemoglobina total en sangre.**