

Nutrientes, oxígeno y energía

Como habrás leído en la página anterior, los roncadorees tienen menor cantidad de oxígeno en la sangre que las personas que no roncan; esto se debe a que llega menor cantidad de aire a sus pulmones y, por lo tanto, también es menor la cantidad de oxígeno que llega a sus células. En consecuencia, se sienten cansados y fatigados al emprender las tareas que realizan durante el día. Esto nos lleva a la siguiente conclusión: *dormir mal atenta seriamente contra una buena calidad de vida*. Basta un ejemplo como dato revelador: los especialistas en el sueño sostienen que las personas que no han descansado lo suficiente durante la noche y al día siguiente van al trabajo manejando su auto, tienen mayor probabilidad de sufrir accidentes de tránsito.

C ¿Por qué necesitan oxígeno las células? ¿Qué relación tiene este gas con la energía? (Si no lo recordás, revisa el capítulo 5).

Cualquier célula viva, sea de vida independiente o que forme parte de un organismo pluricelular, necesita energía para llevar a cabo todas las reacciones químicas que hacen posible el movimiento, la síntesis de moléculas complejas a partir de otras moléculas sencillas, la división celular, etc., como viste en el capítulo 5. Por lo tanto, *la energía es necesaria para realizar cualquier trabajo celular*.

Cada inspiración, por ejemplo, es posible porque cada una de las células de tu diafragma (músculo abdominal)

se contrae y, al hacerlo, permite el ingreso de aire a tus pulmones. Cuanto más “exigente” sea el trabajo –como subir una escalera, andar en bicicleta, correr o levantar un peso–, mayor será la cantidad de energía que vas a necesitar (figura 8-3).

Ahora bien, ¿qué “estrategias” se ponen en juego en cada una de las células que les permite obtener energía? La clave está en la **respiración celular**, que, como ya sabés, consiste en la oxidación de los nutrientes de los alimentos, principalmente la glucosa –aunque también pueden oxidarse ácidos grasos– en presencia de oxígeno. Mediante este proceso se libera energía, que queda “almacenada” por un tiempo en el ATP.

Más adelante, en este capítulo, veremos con más detalle este proceso.



Fig. 8-3. Andar en bicicleta, saltar o correr requieren mucha energía y, por lo tanto, “consumen” muchas calorías (unidades en que se mide la energía que tienen almacenada los alimentos).

3. Una forma de evaluar la cantidad de energía que consume un individuo a lo largo del día es midiendo el gasto energético de manera indirecta, a partir del consumo de oxígeno. ¿Cómo se darán cuenta los investigadores de que la persona en estudio ha “consumido” mucha energía?

4. Teniendo en cuenta lo que leíste en esta página, ¿cómo explicarías la siguiente observación?

Cuando una persona corre o realiza un ejercicio muy intenso, aumenta la frecuencia respiratoria (cantidad de inspiraciones y espiraciones por minuto).

5. ¿Por qué se afirma en el texto que la energía queda almacenada “por un tiempo” en el ATP?

6. Si las células necesitan constantemente ATP, ¿por qué razón éste nunca se termina? ¿Qué hipótesis formularías para la producción de ATP?

profundización

El ATP se presenta al mundo. “Una pequeña y hermosa máquina molecular: el motor de la vida. Dependemos de su óptimo funcionamiento para todo nuestro accionar y particularmente para las más complejas funciones intelectuales”. Así se refirió el comité que otorgó el Premio Nobel de Química en 1997 a los científicos Paul D. Boyer y John E. Walker, por haber descubierto cómo se sintetiza la adenosina trifosfato (ATP) mediante la enzima ATP sintetasa. Los investigadores trabajaron sobre la forma en que las células del organismo producen, almacenan, utilizan y transfieren energía, demostrando el proceso global del mecanismo energético de la vida. Pero la aparición del ATP en el mundo de la ciencia fue hace varias décadas atrás, cuando en 1953 el Premio Nobel de Medicina le fuera otorgado al profesor alemán Fritz Lipmann, al demostrar que el ATP es el portador universal de la energía química, a través de sus llamados enlaces fosfato ricos en energía.

El sistema respiratorio humano

Veamos ahora cuáles son los órganos que componen el sistema respiratorio en el ser humano y cuál es la función de cada uno de ellos (figura 8-8).

- **Fosas nasales.** Aquí se humecta, calienta y limpia el aire que ingresa en el cuerpo (figura 8-9). Son dos cavidades separadas por un tabique, tapizadas internamente por una membrana, la **mucosa**, provista de glándulas que segregan una sustancia viscosa y pegajosa: el mucus o moco nasal. Esta membrana, rica en vasos sanguíneos, también se denomina **mucosa roja** para diferenciarla de la **mucosa amarilla**, que contiene los receptores sensoriales que nos permiten percibir los olores.
- **Faringe.** Es un conducto compartido por el sistema respiratorio y el sistema digestivo; por él pasan tanto el aire como los alimentos. La faringe se conecta con otro órgano respiratorio, la laringe, por medio de la **epiglotis** (figura 8-10). Se trata de un cartílago localizado en la garganta, detrás de la lengua y al frente de la laringe, que permite que el aire pase a la laringe y a los pulmones. Cuando tragamos un bocado, la epiglotis se dobla hacia atrás y tapa la laringe, impidiendo que los alimentos lleguen a la tráquea. Después de deglutir, la epiglotis retorna a su posición original.

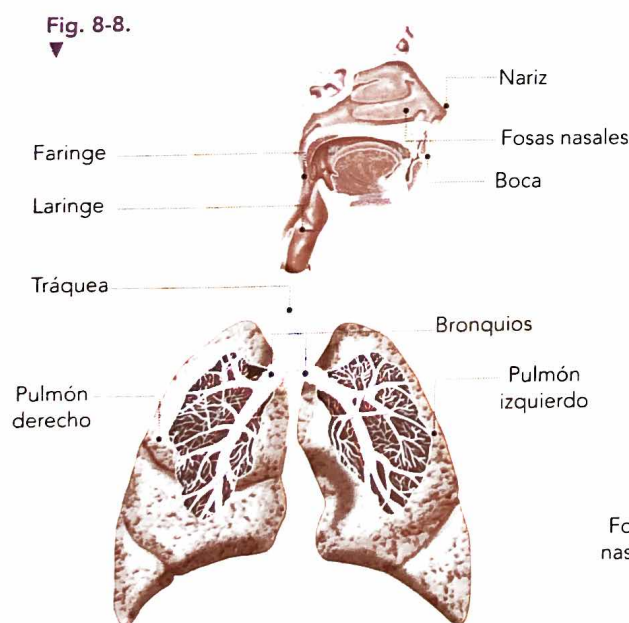
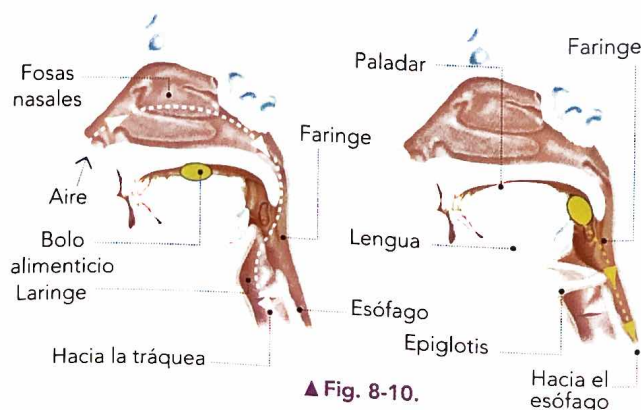
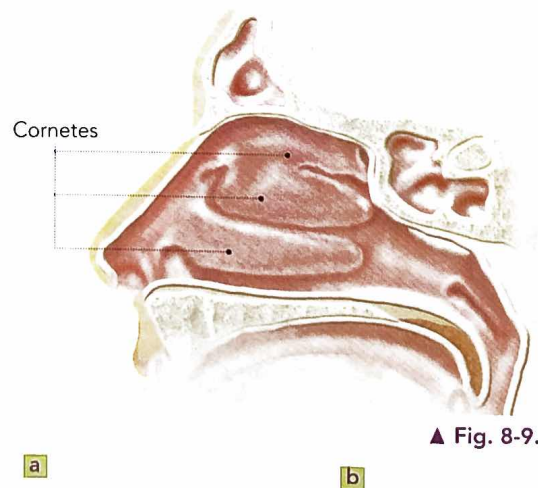


Fig. 8-8. Sistema respiratorio humano.

Fig. 8-9. Corte de nariz donde se observan las fosas nasales. En la región lateral de cada fosa nasal se encuentran los cornetes, que son salientes óseos revestidos de mucosa.

Fig. 8-10. Corte del cuello donde se observa la relación entre los sistemas digestivo y respiratorio: **a**, la epiglotis permite el paso del aire hacia la laringe; **b**, la epiglotis impide el paso del bolo alimenticio hacia la laringe.

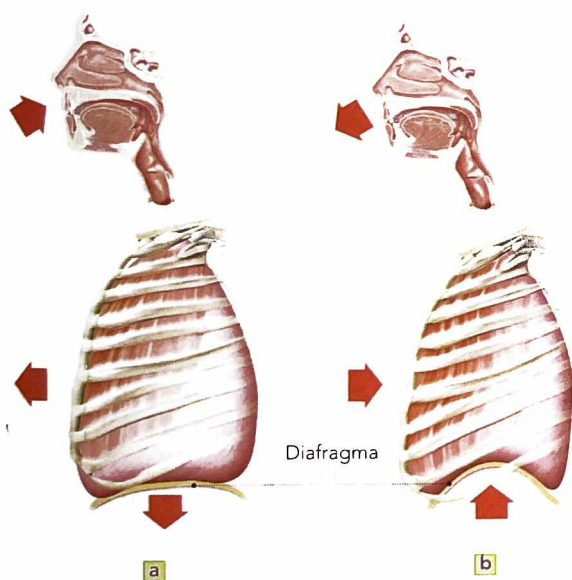
- **Laringe.** Es un órgano tubular que conecta la faringe con la tráquea. Está constituida por diversas piezas cartilaginosas que se mantienen juntas por ligamentos y músculos. Contiene las **cuerdas vocales**, membranas que vibran al pasar el aire entre ellas durante la espiración y nos permiten hablar.
- **Tráquea.** Es un **conducto hueco** que se origina en la base de la laringe y termina dividiéndose en dos bronquios. Tanto los bronquios como la tráquea están formados por anillos cartilaginosos que permiten que siempre haya una "luz" (espacio) por donde circule el aire.
- **Árbol bronquial.** Los bronquios penetran en los pulmones y se dividen formando el árbol bronquial. Cada una de sus ramificaciones es cada vez de menor calibre (grosor) y constituyen los **bronquiolos** y los **bronquiolitos**, que culminan en los **alvéolos**.
- **Pulmones.** Son dos órganos esponjosos de forma piramidal cuya base se apoya en el músculo diafragma. Están revestidos por una fina membrana que los protege: la **pleura**. Cada pulmón está formado por millones de alvéolos, los cuales se encuentran rodeados de capilares sanguíneos. Entre los alvéolos y los capilares se realiza el intercambio gaseoso o **hematosis**.



La mecánica respiratoria

El aire llega al interior de los pulmones a través de las **vías respiratorias** (fosas nasales, faringe, laringe, tráquea, bronquios). Dentro de los alvéolos pulmonares se produce el intercambio gaseoso (hematosis) entre éstos y los capilares que los rodean; este proceso te lo explicaremos con más detalle en la próxima página.

Para que la hematosis se realice de manera eficiente es imprescindible que el aire de los pulmones se renueve constantemente, es decir que la entrada y salida de aire, o **ventilación pulmonar**, se produzca de manera continua. El mecanismo que permite esto se llama **mecánica respiratoria**, y se divide en dos fases: la inspiración y la espiración (figura 8-11).



▲ Fig. 8-11. Mecánica respiratoria: a, inspiración; b, espiración.



7. Observa la figura 8-12 y responde.

¿Se habrá modificado la frecuencia respiratoria de este atleta durante el ejercicio físico? ¿Y una vez que éste haya terminado? Si fuera así, explica por qué.

8. ¿Qué relación encontrarás entre la mecánica respiratoria y la respiración celular aeróbica?
9. Suponé que tuvieras que medir la modificación del tamaño de la cavidad torácica durante el proceso de mecánica respiratoria. ¿Cómo lo harías?

■ **Inspiración.** Durante esta fase se contraen los **músculos intercostales** y el **diafragma**, lo que provoca el aumento del volumen de la cavidad torácica. Como consecuencia de este aumento de volumen, la presión dentro del tórax disminuye, y es menor que la presión atmosférica. Debido a esta diferencia de presiones entra aire por las vías respiratorias y los pulmones se agrandan (figura 8-11 a).

■ **Espiración.** En esta fase se relajan los músculos intercostales y el diafragma, "empujando" a los pulmones. Entonces, la presión de gases en el interior de la cavidad torácica es mayor que la presión atmosférica y, debido a esta diferencia de presión, el aire es exhalado. En este momento, tanto la cavidad torácica como los pulmones disminuyen su volumen (figura 8-11 b).

El ciclo de inspiración y espiración o **frecuencia respiratoria**, en condiciones normales de reposo, se repite un promedio de diecisiete veces por minuto, introduciendo en cada inspiración 500 ml de aire. Una vez que ese aire ha sido expulsado, puede salir otro litro y medio de aire mediante una espiración forzada —llamada **capacidad vital**—, y aún queda aproximadamente otro litro que no puede salir, ni siquiera con esfuerzo; a este volumen de aire se lo denomina **volumen residual**. La suma de todos los volúmenes de aire pulmonar permite establecer la **capacidad pulmonar total**, que se calcula entre seis y ocho litros de aire.



▲ Fig. 8-12. Salto en garrocha.

La hematosis

E Observa la figura 8-13. Explica por qué la composición del aire inspirado es diferente de la del aire espirado.

Una vez que el aire ha recorrido las vías respiratorias llega a los alvéolos pulmonares, estructuras que constituyen las **unidades funcionales del pulmón**.

Aquí se lleva a cabo la **"respiración externa"** o hematosis, proceso que, como ya dijimos, consiste en el intercambio gaseoso entre los alvéolos y los finísimos capilares que lo rodean.

Para interpretar la hematosis (figura 8-14) es necesario hacer referencia a la estructura conformada por los alvéolos y los capilares, ambos compuestos por paredes muy delgadas, constituidas por una sola capa de células. Esta característica permite que los gases se difundan de manera rápida y eficiente; además, se debe considerar la cantidad de oxígeno y de dióxido de carbono que se encuentra dentro de ambas estructuras, porque *esta diferencia de concentraciones es fundamental para que el proceso de difusión se lleve a cabo*.

- En los alvéolos hay aire rico en oxígeno, que ha ingresado durante la inspiración; por lo tanto, *la concentración de oxígeno es mayor en los alvéolos que en los capilares que los rodean*, y esto determina que el oxígeno se difunda hacia los capilares.
- Por otro lado, *los capilares tienen mayor concentración de dióxido de carbono que los alvéolos*, que proviene de la circulación de retorno, producto del metabolismo celular; el dióxido de carbono se difunde, entonces, hacia los alvéolos.

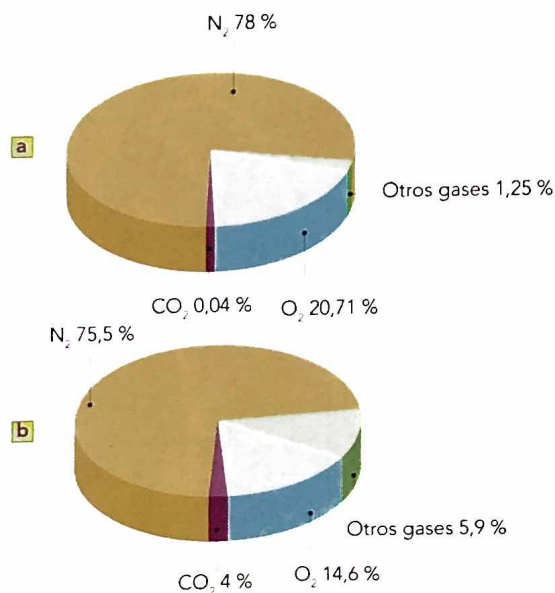


Fig. 8-13. Gráficos que representan la composición del aire inspirado (a) y espirado (b).

La hemoglobina, una proteína muy especial

En la sangre, tanto el oxígeno como el dióxido de carbono son transportados por la **hemoglobina**, proteína presente dentro de los glóbulos rojos. Esta proteína tiene la particularidad de "cargar" los gases respiratorios y "liberar" el oxígeno en las células y el dióxido de carbono en los alvéolos.

La hemoglobina es una macromolécula formada por 574 aminoácidos. *La unión del oxígeno con la hemoglobina (HbO₂) depende de la cantidad de oxígeno que haya en la sangre*. Cuanto mayor porcentaje de este gas esté disponible, mayor será la presión que ejerza, lo que favorecerá esta unión.

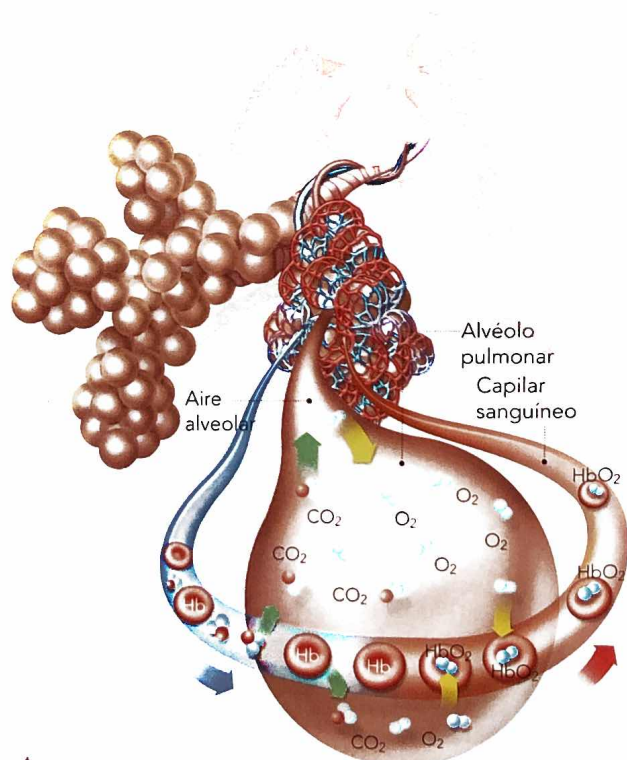



Fig. 8-14. La presión parcial de oxígeno en el aire inspirado (105 mm Hg) es mayor que en la sangre de los capilares alveolares (40 mm Hg). Por tal motivo, el oxígeno se difunde de los alvéolos hacia los capilares. El dióxido de carbono se difunde en sentido contrario al oxígeno, ya que la presión de dióxido de carbono es mayor en los capilares que en los alvéolos.

profundización

Superficie es lo que sobra. ¿Hay suficientes alvéolos pulmonares para la hematosis? Sólo basta con observar las cifras para conocer la respuesta: los capilares alveolares ocupan una superficie de 6.000 m² y rodean a 600 millones de alvéolos, que representan una superficie de 100 m² para el intercambio gaseoso.

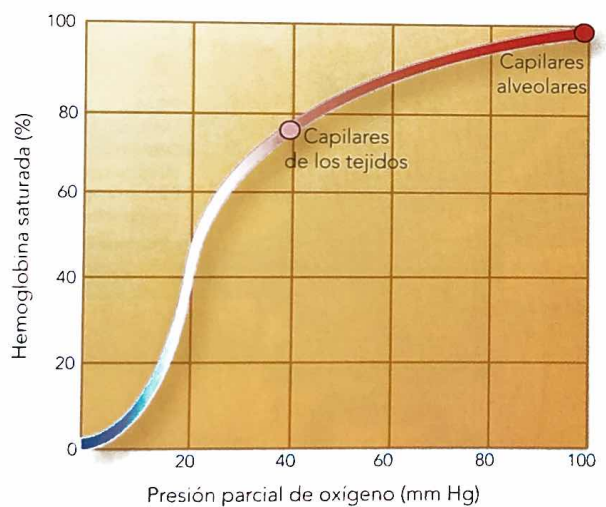
En otras palabras: cuando la concentración de oxígeno en el medio externo es alta, como sucede en el aire atmosférico o el alveolar, la hemoglobina lo capta y pasa a hemoglobina oxigenada u **oxihemoglobina**, y cuando la concentración de oxígeno es baja, como sucede en los tejidos internos, la hemoglobina lo libera y pasa a hemoglobina desoxigenada o, simplemente, hemoglobina. Así se transporta el 98% del oxígeno en los vertebrados. El otro 2% se transporta disuelto en el plasma. 

La hemoglobina también transporta el 30% del dióxido de carbono. La unión de este gas con la hemoglobina se denomina **carbaminohemoglobina**. El resto de dióxido de carbono se transporta disuelto en el plasma (7%) y en forma de ion bicarbonato, HCO_3^- (63%).

La relación que existe entre la presión parcial de oxígeno y su unión con la hemoglobina se puede representar por medio de una curva, cuyos valores se determinan

experimentalmente, llamada **curva de equilibrio hemoglobina-oxígeno** (figura 8-15). En el gráfico se observa que, en los alvéolos pulmonares, la presión parcial de oxígeno y el grado de saturación de la hemoglobina alcanzan su mayor valor. (El "grado de saturación" es la relación entre la cantidad de moléculas de la oxihemoglobina que hay en un momento dado y la máxima cantidad que podría haber en esas condiciones; suele expresarse en porcentaje).

Resumiendo: una vez que el oxígeno ingresó en los capilares, es transportado a través del torrente sanguíneo por la hemoglobina hacia cada una de las células del cuerpo. Luego, se produce la "**respiración interna**": el oxígeno ingresa en las células y el dióxido de carbono pasa de las células hacia los capilares. Finalmente, el oxígeno llega a su último destino: las **mitocondrias**, donde se lleva a cabo la respiración celular. De eso nos ocuparemos a continuación.



◀ **Fig. 8-15.** Curva de equilibrio hemoglobina-oxígeno. En los tejidos, la presión parcial de oxígeno es de 40 mm Hg. Por debajo de 60 mm Hg, el oxígeno se desprende rápidamente de la hemoglobina.



10. La unión de la hemoglobina con el oxígeno es reversible, lo que significa que pueden disociarse. ¿Te parece que esto favorece la respiración celular? ¿Dónde se llevará a cabo esta disociación?
Para responder esta pregunta observá la figura 8-15. ¿Qué variables están representadas? Describí cómo se relacionan entre ellas.

profundización

El asesino invisible. Llegó el invierno y el **monóxido de carbono (CO)** comienza a cobrar sus primeras víctimas. Este gas incoloro, inodoro e invisible, es uno de los enemigos más temibles de nuestro sistema respiratorio. Cuando un combustible, como el gas de la cocina o de una estufa, no se degrada completamente hasta CO_2 y vapor de agua, se origina CO . ¿Cómo podemos darnos cuenta de que la combustión es completa? Cuando la llama es azulada; si ésta es anaranjada o amarillenta, la combustión es incompleta y en el ambiente hay CO . En ese caso, las personas pueden sentir somnolencia,

pesadez y mareos. Estos síntomas se deben a que la hemoglobina tiene una gran afinidad por el CO , *unas 250 veces más que con el oxígeno*. Por ello, si en el ambiente hay CO , éste se fija en el mismo lugar que se pondría el oxígeno, formándose la **carboxihemoglobina**, y allí permanece. La hemoglobina queda así inutilizada para el transporte de oxígeno. Es el **envenenamiento por monóxido de carbono**, que puede matarnos por asfixia. Los datos son sorprendentes: sólo el 1% de CO en el aire es suficiente para matar a una persona si lo respira en 5 minutos.