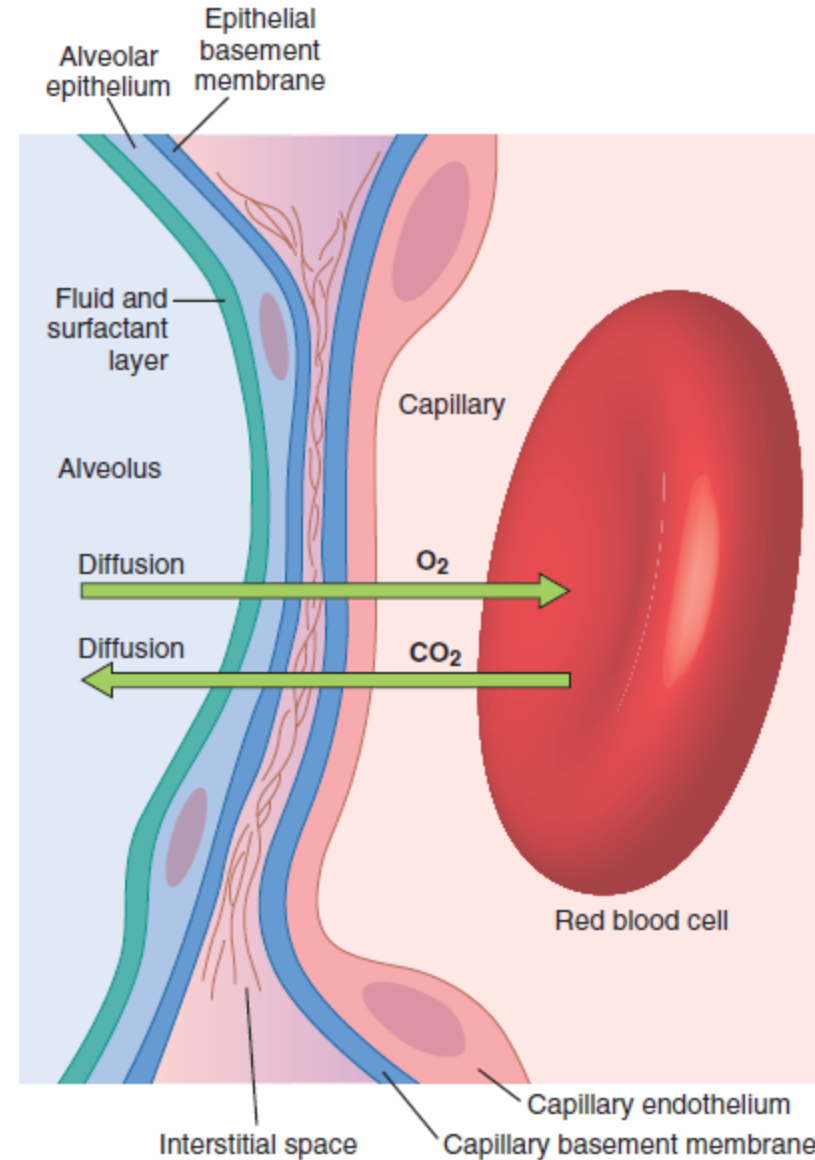
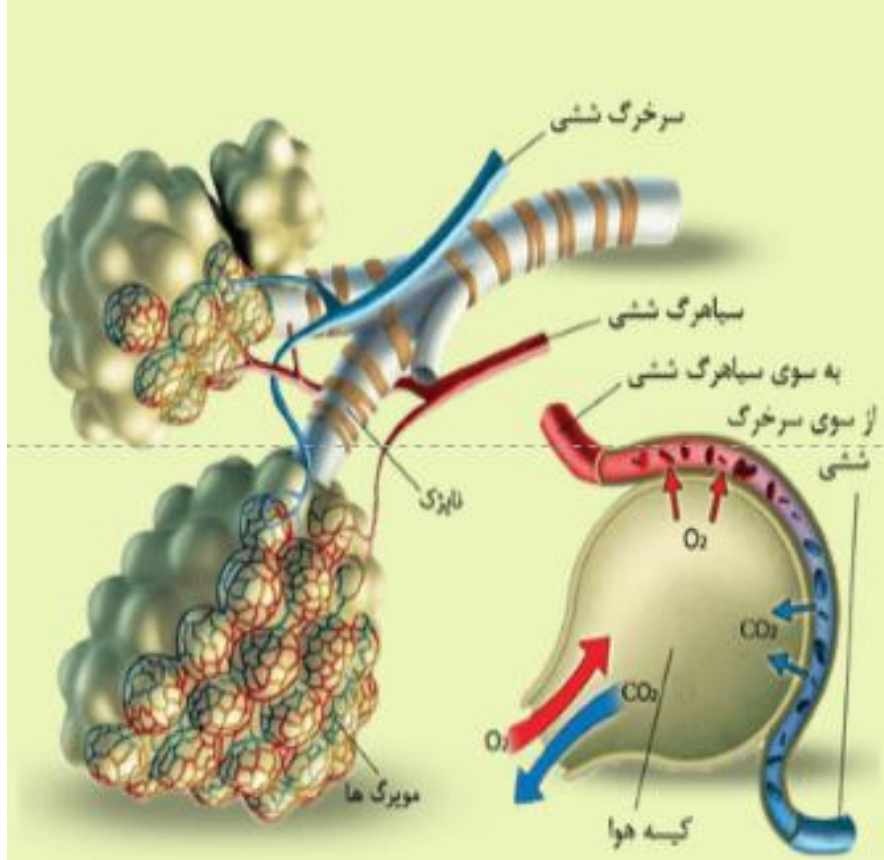


فیزیولوژی تنفس قسمت دوم

دکتر محسن محمدی

انتشار گاز از غشای تنفسی



60 x 10.88 in

اصول فیزیکی تبادل گاز، انتشار اکسیژن و دی اکسید کربن از غشای تنفسی

- انتشار

- فشار سهمی گاز: مثلا فشار سهمی اکسیژن را با PO_2 نشان می دهند

- $$\text{فشار سهمی} = \frac{\text{غلظت گاز حل شده}}{\text{ضریب انحلال}}$$

ضریب انحلال برای گازهای تنفسی مهم در دمای بدن برابر مقادیر زیر است:	
۰.۰۲۴	اکسیژن
۰.۰۵۷	دی اکسید کربن
۰.۰۱۸	مونواکسید کربن
۰.۰۱۲	نیتروژن
۰.۰۰۸	هلیوم

میزان انتشار

$$D = \frac{\Delta P \times A \times S}{d \times \sqrt{mv}}$$

۱/۰	اکسیژن
۲۰/۳	کربن دی اکسید
۰/۸۱	کربن مونو اکسید
۰/۵۳	نیتروژن
۰/۹۵	هلیوم

ضریب انتشار:

اندازه گیری ظرفیت انتشار غشای تنفسی

• برای اندازه گیری ظرفیت انتشار غشای تنفسی از CO (مونوکسید کربن) استفاده می‌شود، چون وقتی از غشاء تنفسی عبور می‌کند، به هموگلوبین متصل می‌شود و بخش محلول در خون به جا نمی‌گذارد و فشار آن در خون صفر خواهد بود. پس فشار CO بین دو سوی غشای تنفسی برابر با فشار سهمی آن در هوای حبابچه‌های است. برای تبدیل ظرفیت انتشار مونوکسید کربن به ظرفیت انتشار اکسیژن، این مقدار را در ۱.۲۳ ضرب می‌کنیم؛ زیرا ضریب انتشار اکسیژن ۱.۲۳ برابر مونوکسید کربن است. به این ترتیب ظرفیت متوسط انتشار مونوکسید کربن در مردان جوان در حال استراحت 17 ml/min/mmHg و ظرفیت انتشار اکسیژن ۱.۲۳ برابر آن، یعنی 21 ml/min/mmHg است.

خون وریدی	خون شریانی	هوای آلوئولی یا حبابچه‌های	هوای مرطوب دمی	هوای جو	گاز
۴۰	۹۵	۱۰۴	۱۴۹	۱۵۹	PO ₂
۴۵	۴۰	۴۰	۰	۰	PCO ₂

انتشار اکسیژن از حبابچه‌ها به خون مویرگ ریوی

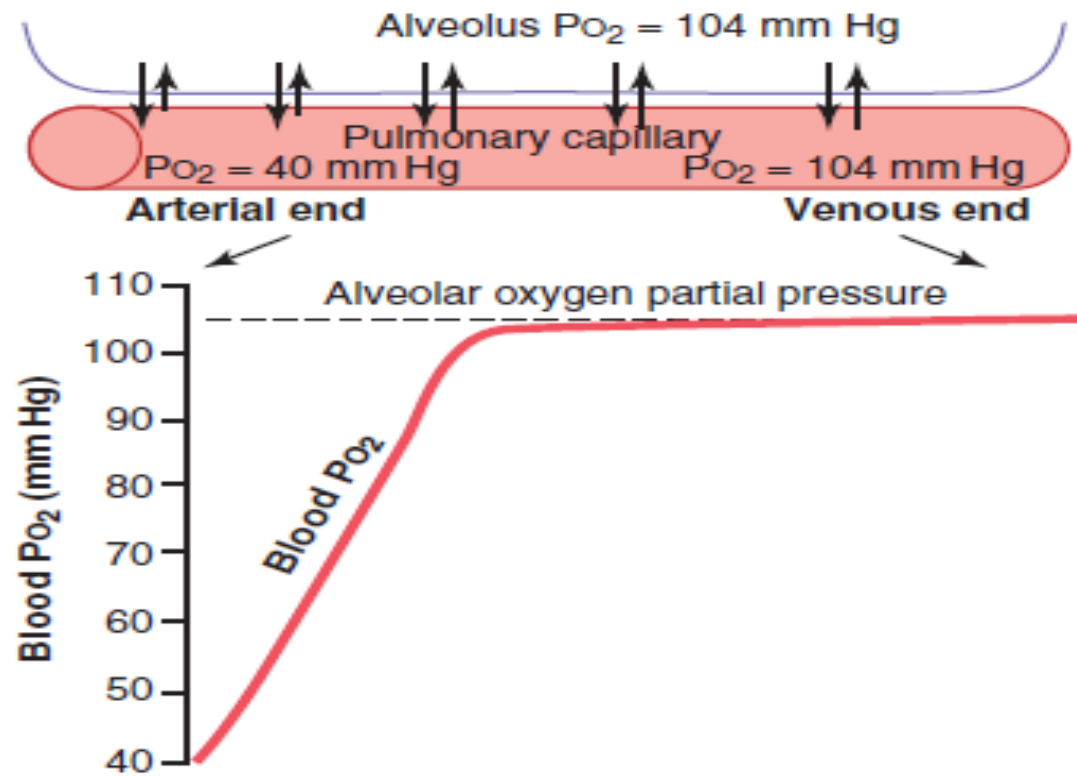


Figure 41-1. Uptake of oxygen by the pulmonary capillary blood. (Data from Milhorn HT Jr, Pulley PE Jr: A theoretical study of pulmonary capillary gas exchange and venous admixture. *Biophys J* 8:337, 1968.)

انتقال اکسیژن در خون شریانی

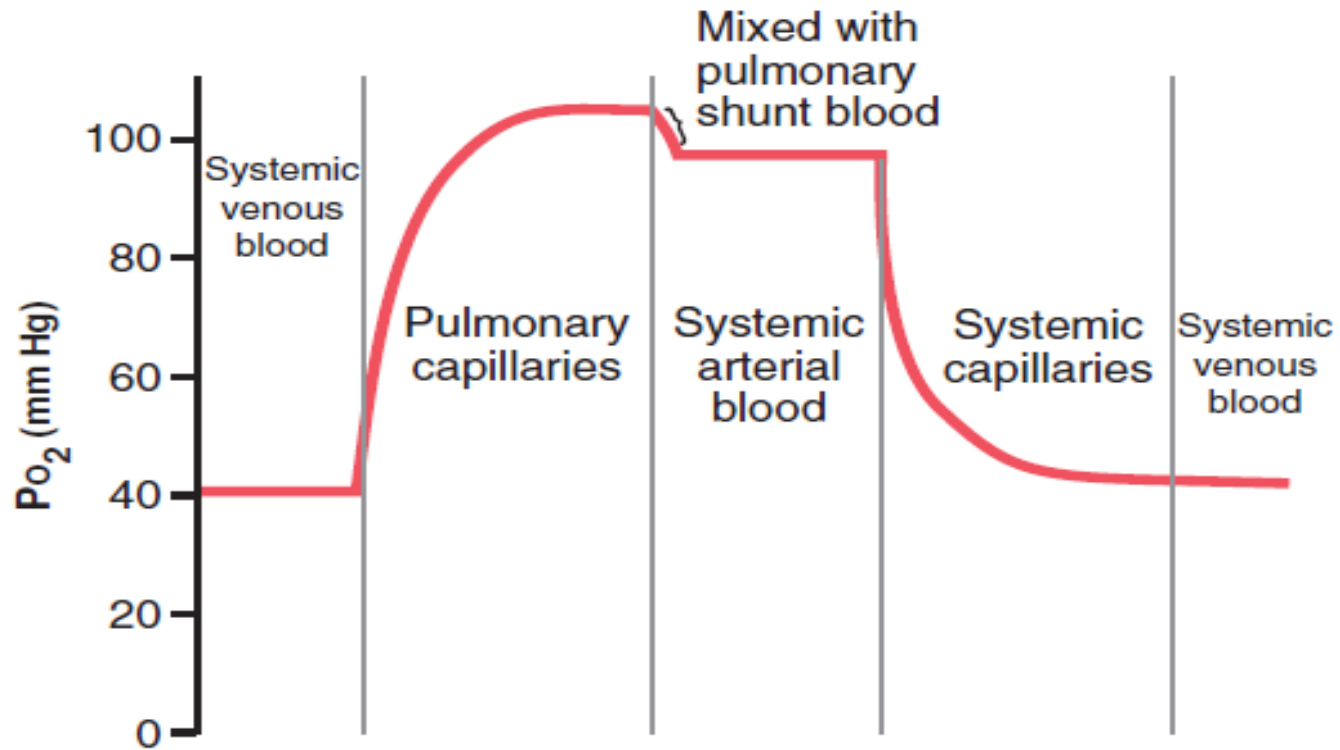


Figure 41-2. Changes in P_{O_2} in the pulmonary capillary blood, systemic arterial blood, and systemic capillary blood, demonstrating the effect of venous admixture.

انتشار اکسیژن از مویرگ‌های محیطی به مایعات بافتی

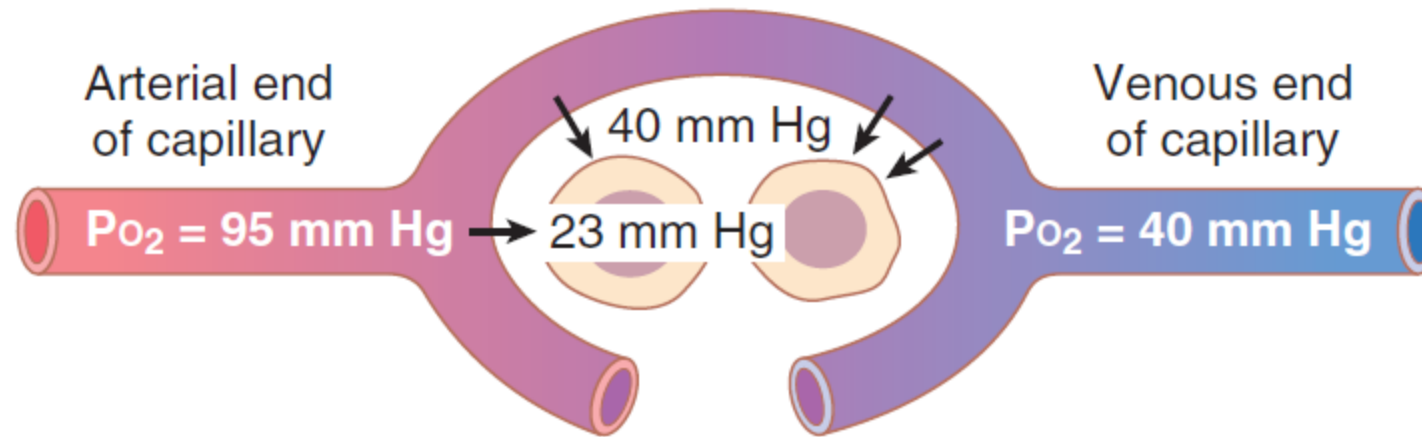


Figure 41-3. Diffusion of oxygen from a peripheral tissue capillary to the cells. (P_{O_2} in interstitial fluid = 40 mm Hg, and in tissue cells = 23 mm Hg.)

انتشار CO_2 از سلول‌های بافتی به مویرگ‌های بافتی و از مویرگ‌های ریوی به داخل حبابچه‌ها

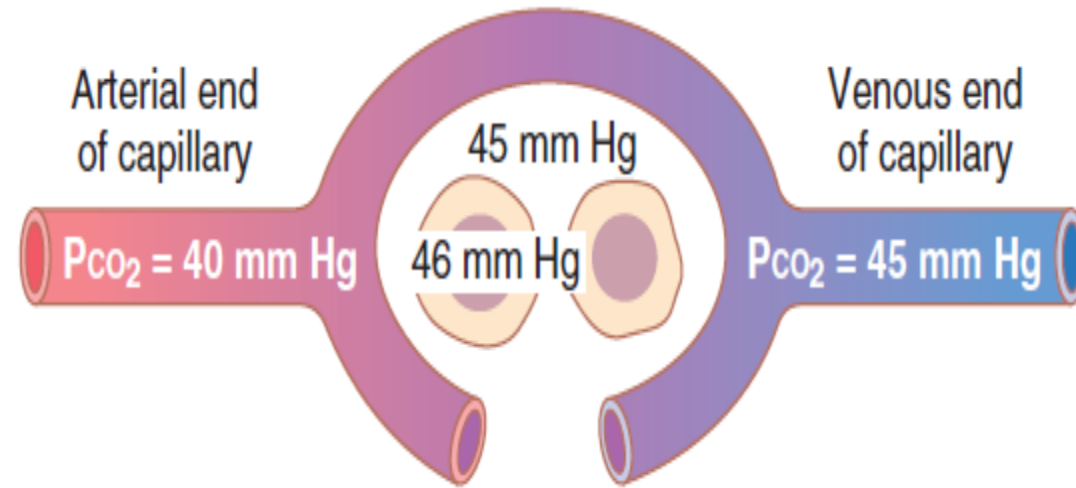


Figure 41-5. Uptake of carbon dioxide by the blood in the tissue capillaries. (PCO_2 in tissue cells = 46 mm Hg, and in interstitial fluid = 45 mm Hg.)

انتقال اکسیژن در خون

- در حالت طبیعی حدود ۹۷% اکسیژن به صورت **ترکیب با هموگلوبین**، در خون حمل می‌شود
- ۳% باقیمانده به صورت **محلول در پلاسما** حمل می‌شود

منحنی تجزیه هموگلوبین- اکسیژن:

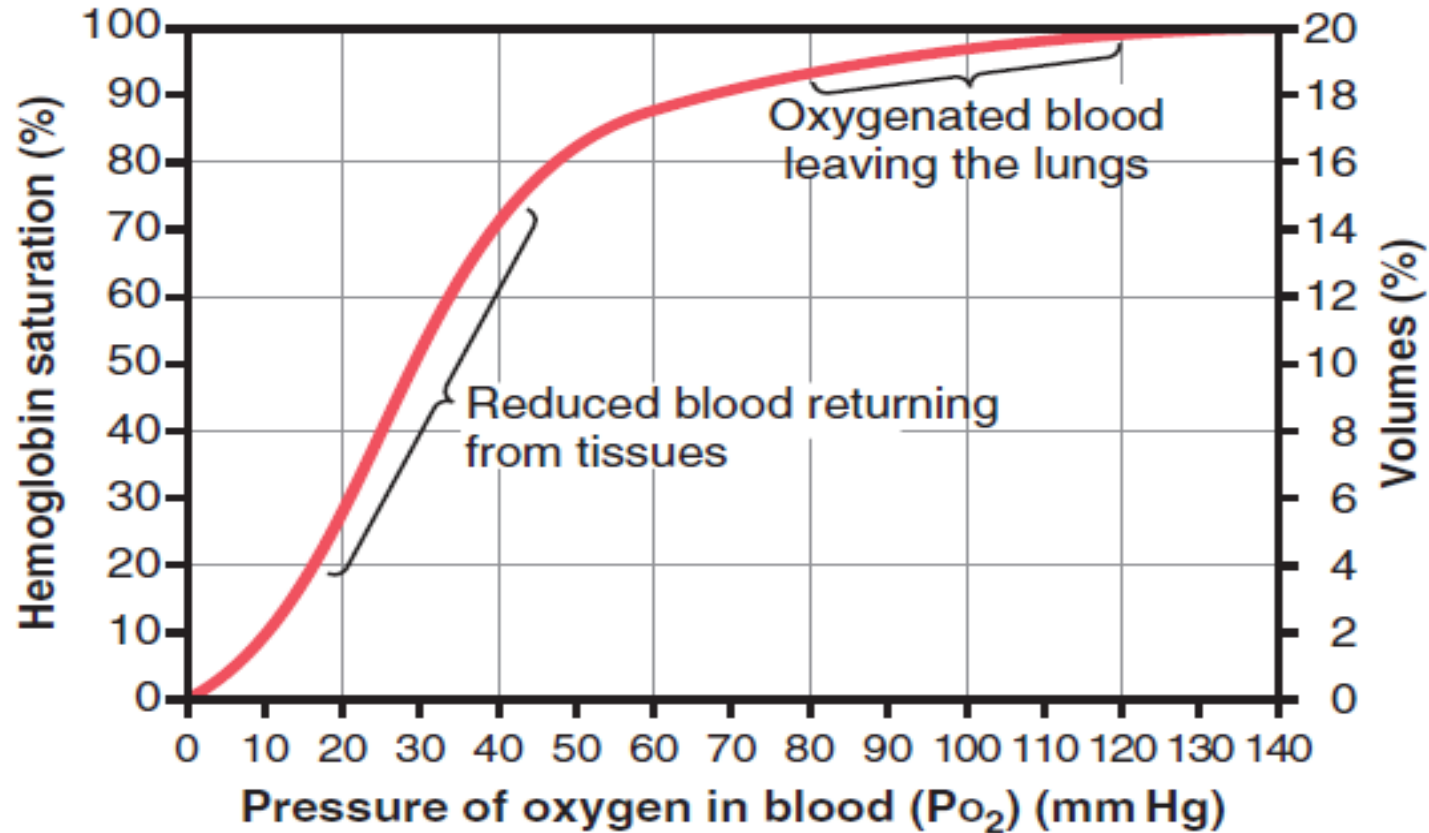


Figure 41-8. Oxygen-hemoglobin dissociation curve.

در شرایط طبیعی چند میلی‌لیتر اکسیژن به وسیله هر ۱۰۰ میلی‌لیتر خون از ریه‌ها به بافت‌ها انتقال می‌یابد؟

• خون شخص طبیعی محتوی حدود ۱۵ گرم هموگلوبین در هر صد میلی‌لیتر خون است و هر گرم هموگلوبین می‌تواند حداکثر با حدود ۱/۳۴ میلی‌لیتر اکسیژن (با ۱/۳۹ میلی‌لیتر اکسیژن در صورتی که هموگلوبین خالص باشد، اما این مقدار به علت ناخالصی‌هایی از قبیل متهموگلوبین کاهش می‌یابد) ترکیب شود؛ بنابراین، $۱۵ \times ۱/۳۴ = ۲۰/۱$ یعنی به طور متوسط هموگلوبین موجود در ۱۰۰ میلی‌لیتر خون می‌تواند هنگامی که هموگلوبین ۱۰۰ درصد اشباع است به طور تقریباً دقیق با ۲۰ میلی‌لیتر اکسیژن ترکیب شود.

• مقدار کل اکسیژن ترکیب شده با هموگلوبین در خون شریانی سیستمیک طبیعی که ۹۷ درصد از اکسیژن اشباع شده تقریباً ۱۹/۴ میلی‌لیتر برای هر ۱۰۰ میلی‌لیتر خون است. هنگام عبور خون از مویرگ‌های بافتی، این مقدار به طور متوسط به ۴/۱۴ میلی‌لیتر (فشار اکسیژن ۴۰ میلی‌متر جیوه با اشباع هموگلوبین ۷۵ درصد) کاهش می‌یابد. به این ترتیب، در شرایط طبیعی حدود ۵ میلی‌لیتر اکسیژن به وسیله هر ۱۰۰ میلی‌لیتر خون از ریه‌ها به بافت‌ها انتقال می‌یابد.

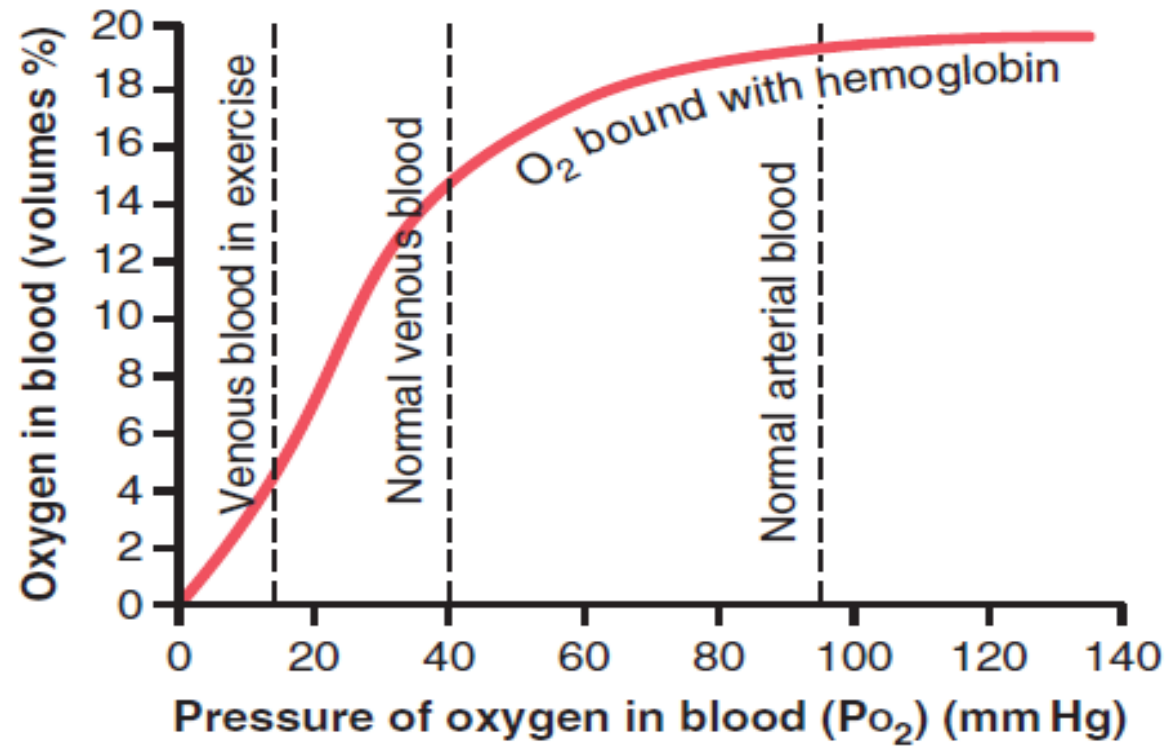


Figure 41-9. Effect of blood P_{O_2} on the quantity of oxygen bound with hemoglobin in each 100 milliliters of blood.

منحنی تجزیه هموگلوبین- اکسیژن:

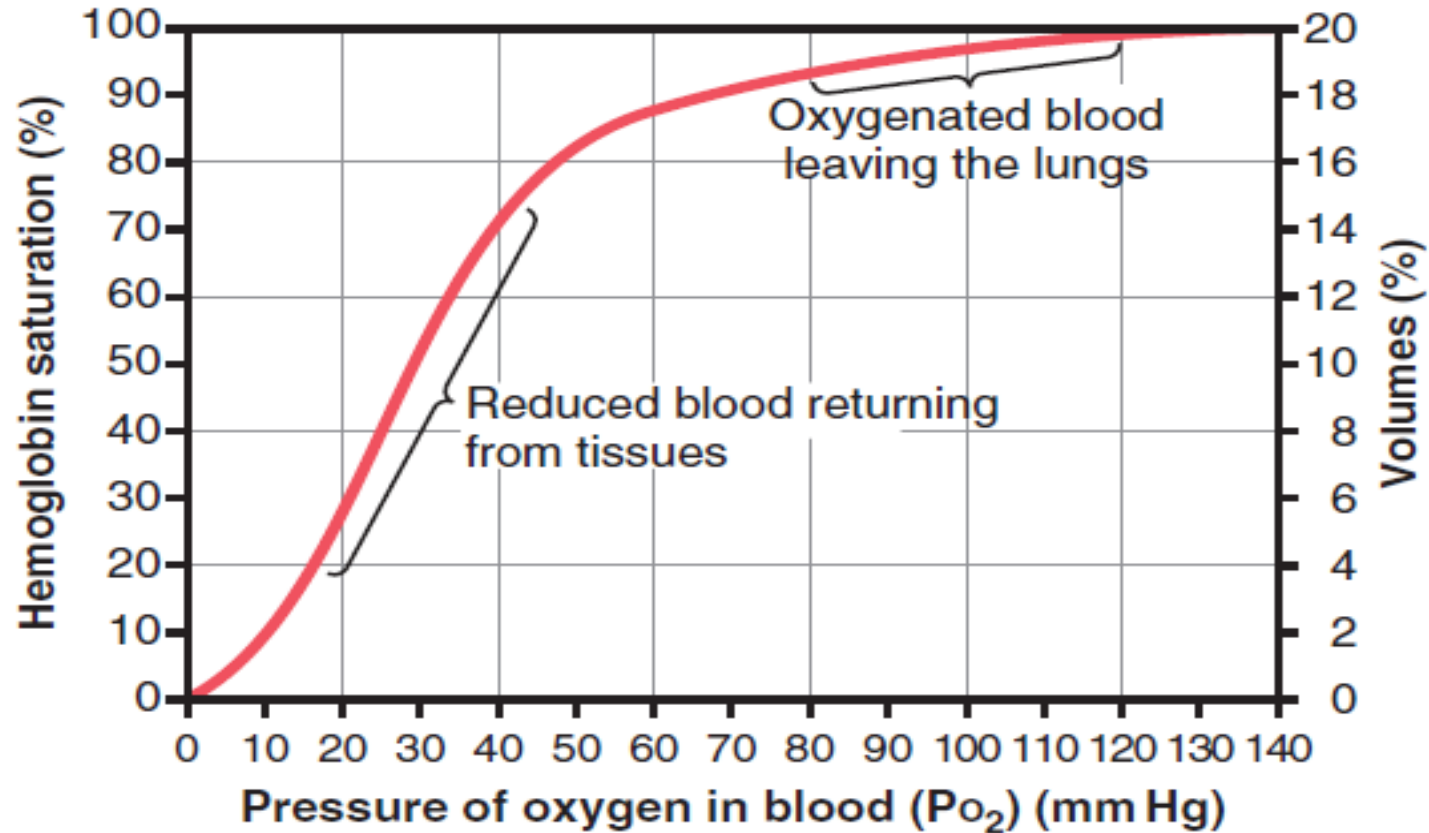


Figure 41-8. Oxygen-hemoglobin dissociation curve.

عوامل موثر بر شیفٹ منحنی

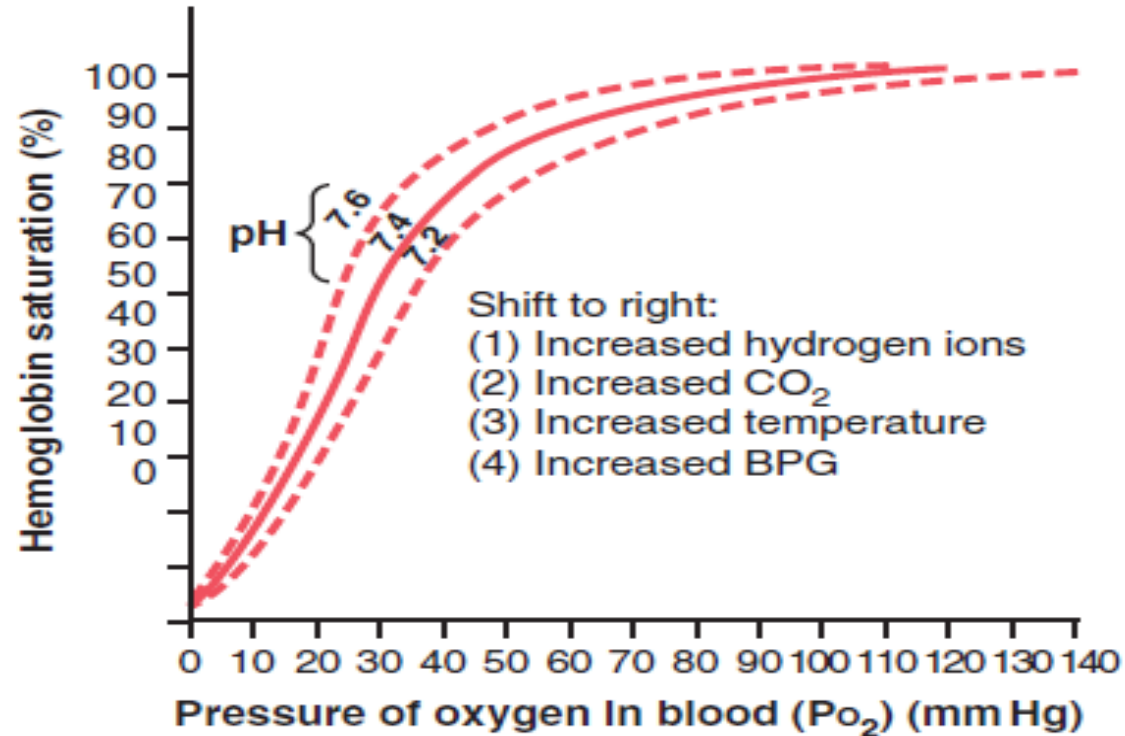


Figure 41-10. Shift of the oxygen-hemoglobin dissociation curve to the right caused by an increase in hydrogen ion concentration (decrease in pH). BPG, 2,3-biphosphoglycerate.

انتقال دی اکسید کربن در خون

- در شرایط استراحت عادی به طور متوسط ۴ میلی لیتر دی اکسید کربن در هر ۱۰۰ میلی لیتر خون از بافت‌ها به ریه‌ها منتقل می‌شود.
- **انتقال به حالت محلول:** فقط حدود ۳/ میلی لیتر CO_2 در هر میلی لیتر خون انتقال می‌یابد که این معادل **۷ درصد** کل CO_2 می‌باشد.
- مقدار دی اکسید کربنی که می‌تواند توسط ترکیب **کاربامینو هموگلوبین** و پروتئین‌های پلازما از بافت‌های محیطی به ریه‌ها حمل شوند حدود **۳۰ درصد** کل مقدار منتقل شده است
- انتقال دی اکسید کربن عمدتاً به شکل **یون بی‌کربنات حدود ۷۰ درصد** (مهم‌ترین روش انتقال دی اکسید کربن)

انتقال دی اکسید کربن عمدتاً به شکل یون بی کربنات حدود ۷۰ درصد (مهمترین روش انتقال دی اکسید کربن)

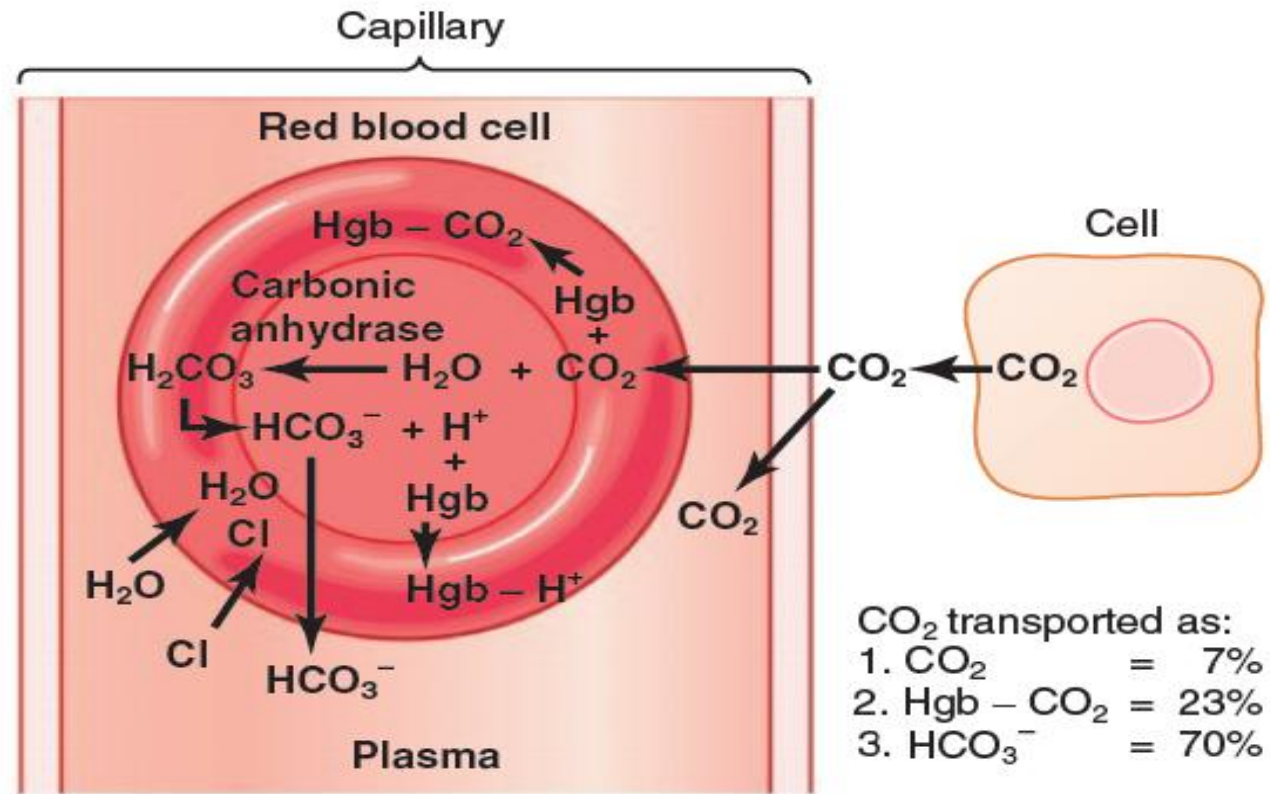
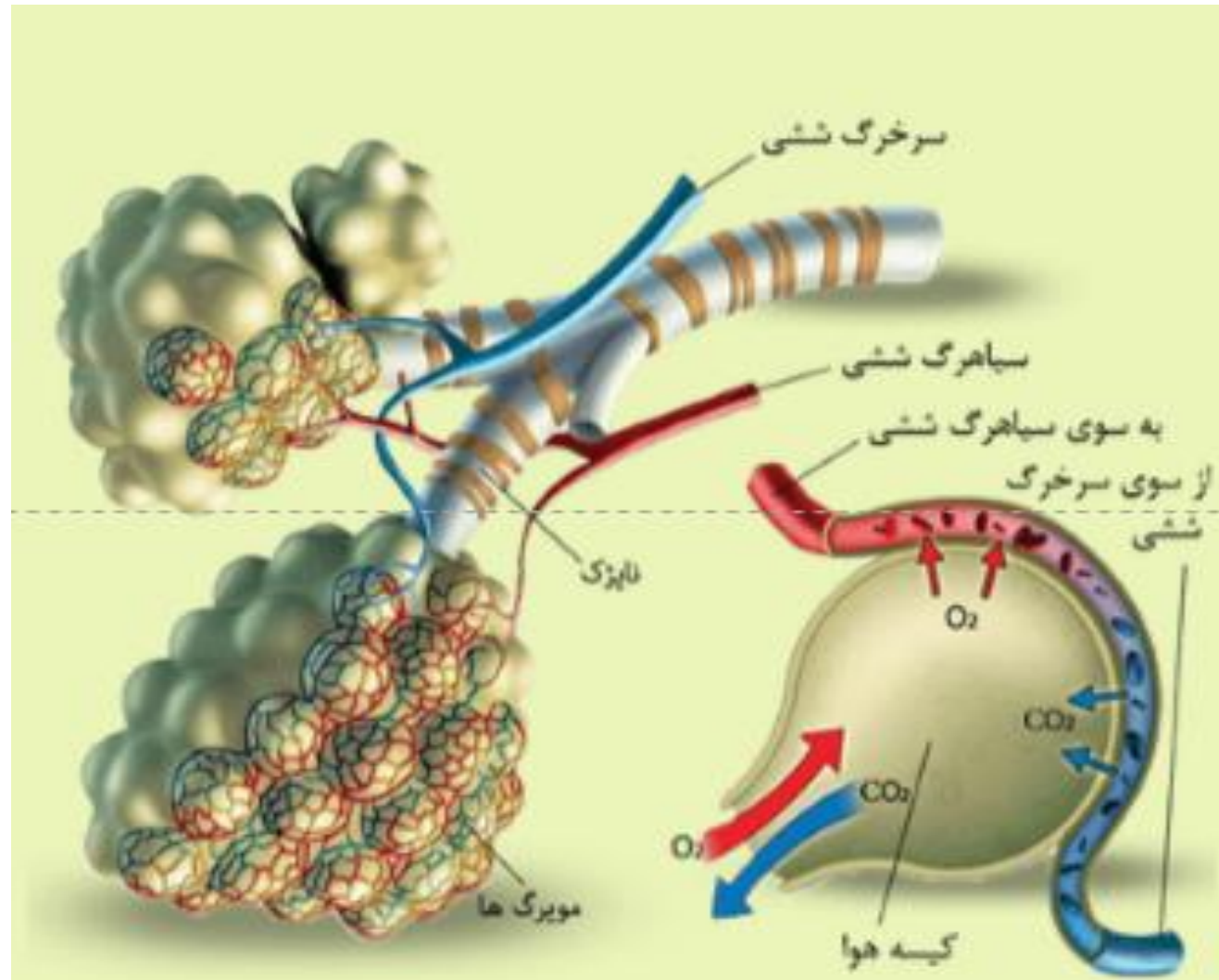


Figure 41-13. Transport of carbon dioxide in the blood.

اثر هالدان و بوهر

• هالدان:

• بوهر



نسبت تهویه به خون رسانی VA/Q

۱- نسبت تهویه به جریان خون طبیعی است:

خون وریدی	خون شریانی	هوای آلوئولی یا حبابچه‌های	هوای مرطوب دمی	هوای جو	گاز
۴۰	۹۵	۱۰۴	۱۴۹	۱۵۹	PO ₂
۴۵	۴۰	۴۰	۰	۰	PCO ₂

حالت دوم: نسبت VA/Q برابر صفر باشد:

- هنگامی که VA صفر باشد ولی Q وجود داشته باشد، نسبت VA/Q نیز صفر خواهد بود (مثلاً در انسداد راه‌های هوایی)؛ یعنی تهویه در آلوئولی وجود ندارد ولی جریان خون عبوری از اطراف آن آلوئول برقرار است. در این صورت **گازهای آلوئولی با گازهای خون وریدی به تعادل می‌رسند** و هوای درون آلوئول ترکیب گازهای خون وریدی را خواهد داشت (فشار O₂ برابر با ۴۰ و CO₂ برابر ۴۵).
- هرگاه نسبت VA/Q کمتر از حد طبیعی یا صفر باشد (مثلاً در انسداد راه‌های هوایی) نسبت خاصی از خون وریدی که از مویرگ‌های ریوی عبور می‌کند اکسیژن نمی‌گیرند (حدود ۲٪ برون ده قلبی) و ایجاد شنت فیزیولوژیک می‌کنند.
- در حقیقت خون عبوری بدون اینکه تبادلی داشته باشد مستقیماً به قلب چپ برمی‌گردد و اصطلاحاً **شانت فیزیولوژیک** ایجاد می‌شود. در شانت، فشار گازی در آلوئول‌ها با فشارهای خون وریدی به تعادل می‌رسند. **هرچه شنت فیزیولوژیک بیشتر باشد مقدار خونی که هنگام عبور از ریه‌ها اکسیژنه نمی‌شود بیشتر می‌شود.**
- در **قاعده ریه** تهویه در مقایسه با جریان خون اندکی کمتر بوده و نسبت تهویه به جریان خون ۶ / مقدار ایده آل است. در این ناحیه قسمت اندکی از خون نمی‌تواند به طور طبیعی اکسیژنه شود و این مقدار نمودار **شنت فیزیولوژیک** است.

حالت سوم: نسبت VA/Q برابر بی‌نهایت باشد:

- هنگامی که Q صفر باشد و وجود نداشته باشد این نسبت VA/Q بی‌نهایت می‌شود؛ یعنی آلوئولی که تهویه می‌شود، فاقد جریان خون باشد. در این صورت گازهای آلوئولی با هوای مرطوب دمی به تعادل می‌رسند
- هرگاه نسبت VA/Q بیشتر از حد طبیعی یا بی‌نهایت باشد (مثلاً در آمبولی ریه)، اکسیژن موجود در آلوئول‌ها بیشتر از مقداری است که خون جاری بتواند آن‌ها را انتقال بدهد در این صورت می‌گویند تهویه این آلوئول‌ها به هدر رفته است. لذا به آن فضای مرده فیزیولوژیک می‌گویند
- در **قله ریه**، نسبت تهویه به جریان خون تا $2/5$ برابر بزرگ‌تر از مقدار ایده آل است که موجب بروز مقدار متوسطی از **فضای مرده فیزیولوژیک** در این ناحیه از ریه می‌شود.

تنظیم تنفس

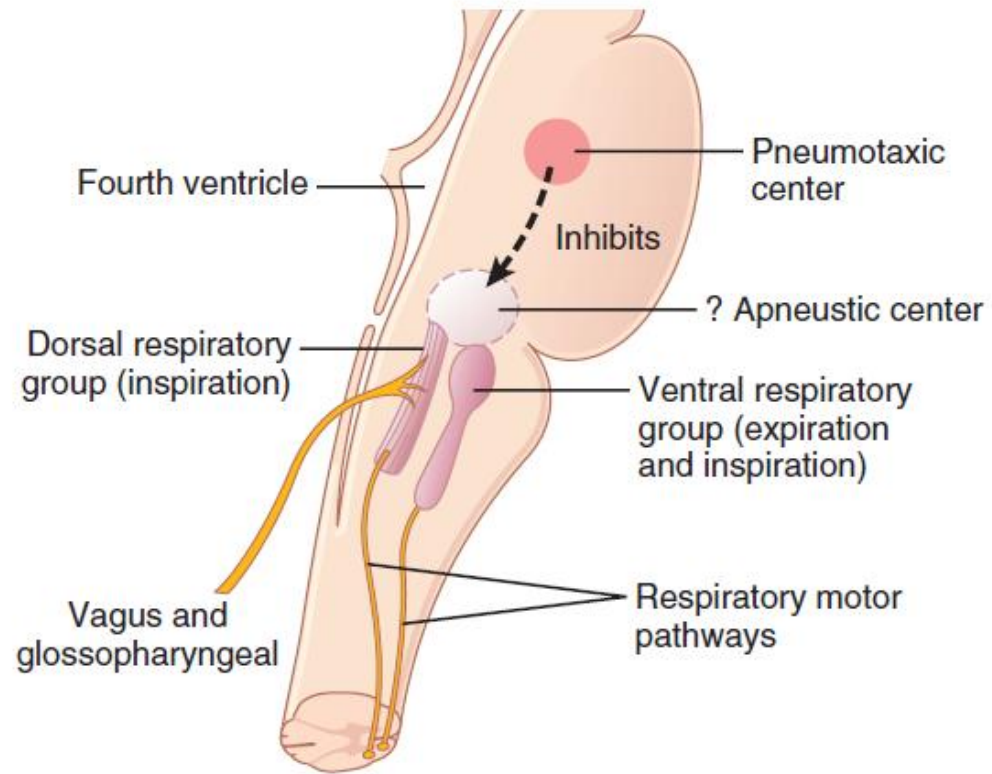
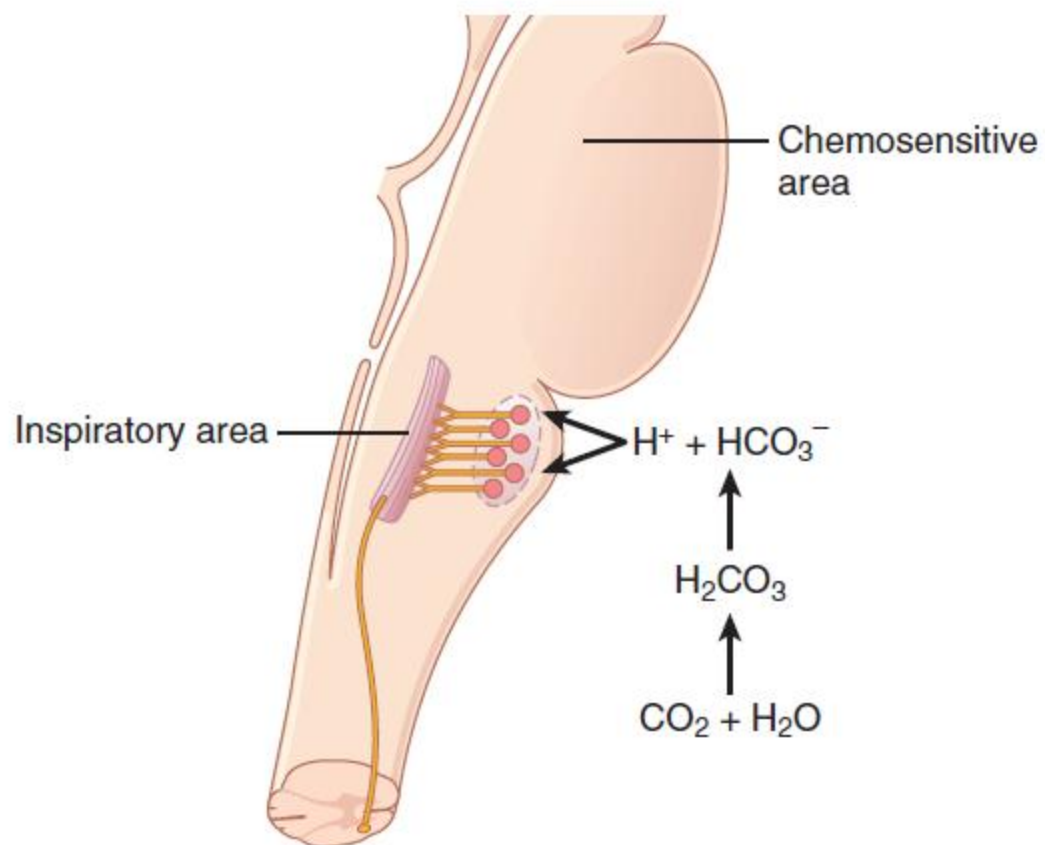


Figure 42-1. Organization of the respiratory center.

کنترل شیمیایی تنفس در سیستم عصبی مرکزی



کمرسپتورهای محیطی اجسام کاروتیدی و آئورتی

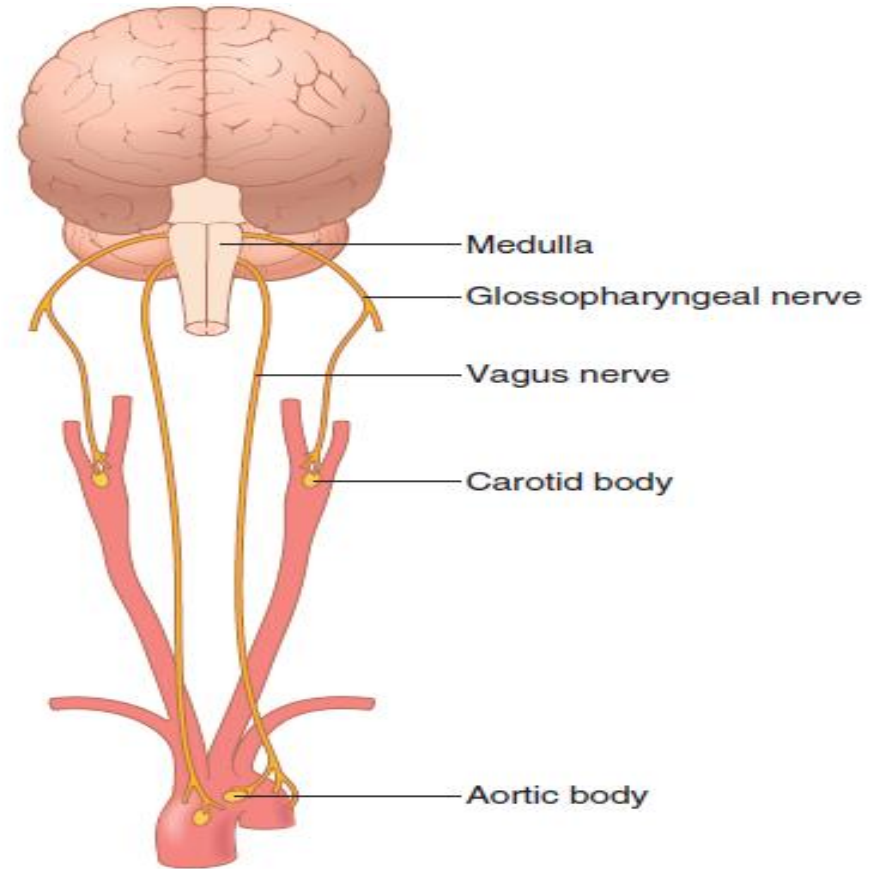


Figure 42-4. Respiratory control by peripheral chemoreceptors in the carotid and aortic bodies.

